MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

EL CONTENIDO DE ESTE ARCHIVO NO PODRÁ SER ALTERADO O MODIFICADO TOTAL O PARCIALMENTE, TODA VEZ QUE PUEDE CONSTITUIR EL DELITO DE FALSIFICACIÓN DE DOCUMENTOS DE CONFORMIDAD CON EL ARTÍCULO 244, FRACCIÓN III DEL CÓDIGO PENAL FEDERAL, QUE PUEDE DAR LUGAR A UNA SANCIÓN DE **PENA PRIVATIVA DE LA LIBERTAD** DE SEIS MESES A CINCO AÑOS Y DE CIENTO OCHENTA A TRESCIENTOS SESENTA DÍAS MULTA.

DIRECION GENERAL DE
IMPACTO Y RIESGO
AMBIENTAL

Comunicaciones
Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes

PROYECTO: "CARRETERA ACAPULCO-ZIHUATANEJO, TRAMO COYUCA DE BENÍTEZ - PIE DE LA CUESTA, DEL CADENAMIENTO 9+200 AL 20+700"



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL
MODALIDAD REGIONAL

MIA-R

Comunicaciones
Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes

PROYECTO: "CARRETERA ACAPULCO-ZIHUATANEJO, TRAMO COYUCA DE BENÍTEZ - PIE DE LA CUESTA, DEL CADENAMIENTO 9+200 AL 20+700"



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

Capítulo I:

Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental

ÍNDICE

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL..... 5

I.1 NOMBRE DEL PROYECTO. 5

I.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO 5

I.3 DURACIÓN DEL PROYECTO..... 7

I.4 DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE 7

I.4.1 Razón social 7

I.4.2 Registro Federal de Contribuyentes..... 7

I.4.3 Dirección 8

I.4.4 Teléfono de contacto 8

I.4.5 Representante legal..... 8

I.5 DATOS GENERALES DEL RESPONSABLE TÉCNICO DEL ESTUDIO..... 8

I.5.1 Razón social 8

I.5.2 Registro Federal de Contribuyentes..... 9

I.5.3 Dirección 9

I.5.4 Teléfono de contacto 9

I.5.5 Representante legal..... 9

I.6 ESPECIALISTAS COLABORADORES EN LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO 10

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I-1 LONGITUD DE INCIDENCIA DEL PROYECTO POR MUNICIPIO. 5

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA I-1. UBICACIÓN DEL TRAZO DEL PROYECTO "CARRETERA ACAPULCO-ZIHUATANEJO, TRAMO COYUCA DE BENÍTEZ - PIE DE LA CUESTA, DEL CADENAMIENTO 9+200 AL 20+700" 6

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

I.1 NOMBRE DEL PROYECTO.

"Carretera Acapulco-Zihuatanejo, Tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta, del cadenamiento 9+200 al 20+700".

I.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO

El tramo carretero consta de 11.5 km, del cadenamiento 9+200 al 20+700; los primeros 3.8 km se ubican sobre el municipio de Acapulco, del cadenamiento 9+200 al 13+050, y los 7.7 km restantes en Coyuca de Benítez, del cadenamiento 13+050 al 20+700, ambos en el estado de Guerrero (Tabla I-1).

Tabla I-1 Longitud de incidencia del proyecto por municipio.

Estado	Municipio	Longitud (km)	Cadenamiento de inicio	Cadenamiento final
Guerrero	Acapulco de Juárez	3.8	9+200.00	13+050.00
	Coyuca de Benítez	7.7	13+050.00	20+700.00
	Total	11.5	9+200.00	20+700.00

El tramo carretero Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta es parte de la carretera federal 200 Acapulco-Zihuatanejo, la cual corresponde a una vía libre y ruta escénica entre la Laguna de Coyuca y el océano Pacífico.

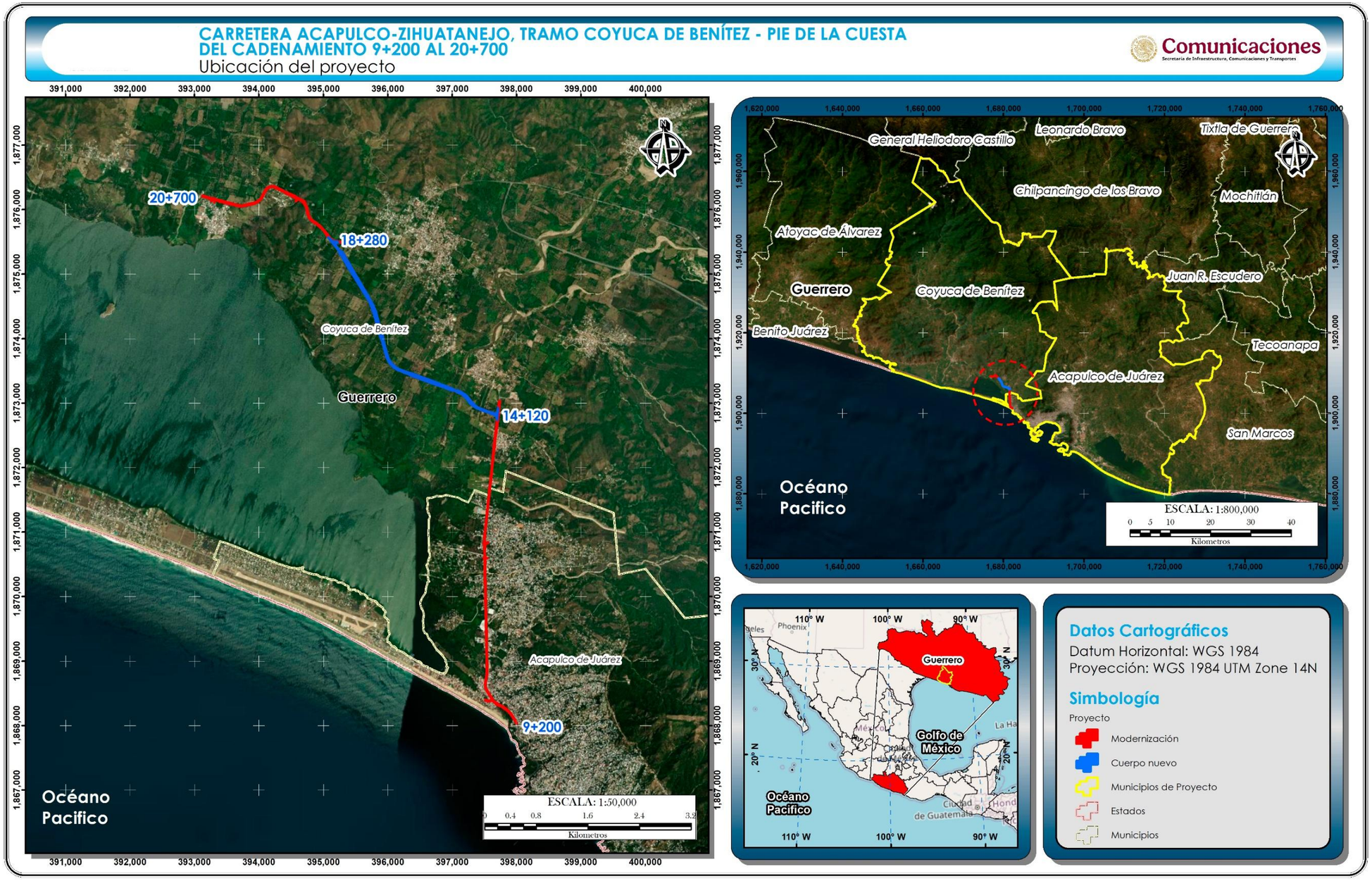


Figura I-1. Ubicación del trazo del proyecto "Carretera Acapulco-Zihuatanejo, Tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta, del cadenamiento 9+200 al 20+700"

I.3 DURACIÓN DEL PROYECTO

Se contemplan **5 años** para el desarrollo de todas las obras y actividades constructivas comprendidas en este proyecto, contados a partir de la obtención de la autorización en materia de impacto ambiental. La etapa de operación y mantenimiento propuesta para el proyecto es de **65 años**, sin embargo, este tipo de proyecto puede tener una vida útil mucho mayor, siempre y cuando se implementen las prácticas de mantenimiento adecuadas.

En el Capítulo II se incluye el Programa general de trabajo para la ejecución del proyecto.

I.4 DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE

I.4.1 Razón social

Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, Dirección General de Carreteras

I.4.2 Registro Federal de Contribuyentes

[redacted]

I.4.3 Dirección

[redacted]

I.4.4 Teléfono de contacto

[redacted]

I.4.5 Representante legal

I.4.5.1 Nombre

[redacted]

I.4.5.2 Número de cédula profesional

[redacted]

I.4.5.3 Correo electrónico

[redacted]

I.5 DATOS GENERALES DEL RESPONSABLE TÉCNICO DEL ESTUDIO

I.5.1 Razón social

[redacted]

I.5.2 Registro Federal de Contribuyentes

[redacted]

I.5.3 Dirección

[redacted]

I.5.4 Teléfono de contacto

[redacted]

I.5.5 Representante legal

I.5.5.1 Nombre

[redacted]

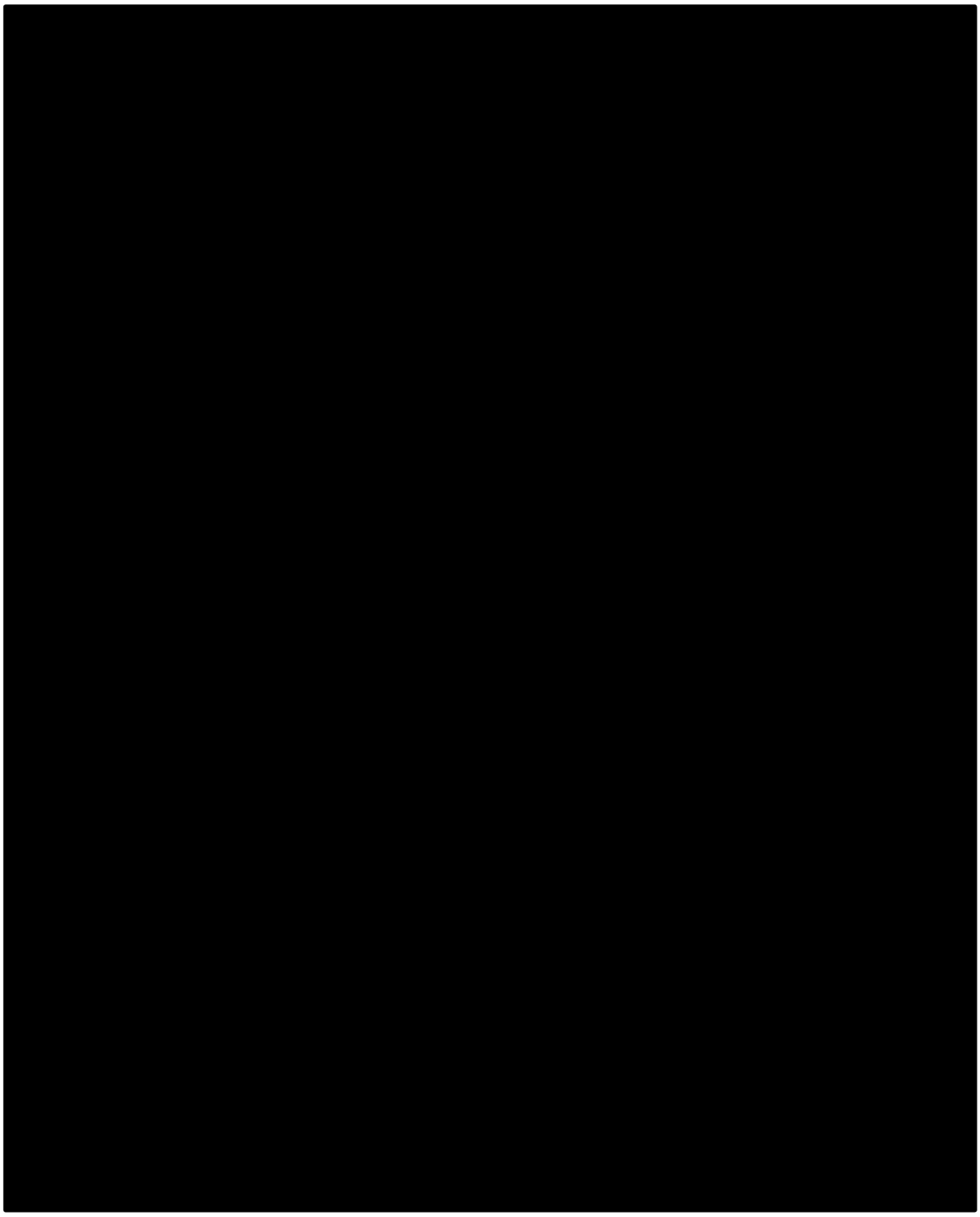
I.5.5.2 Número de cédula profesional

[redacted]

I.5.5.3 Correo electrónico

[redacted]

I.6 ESPECIALISTAS COLABORADORES EN LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO



Comunicaciones
Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes

PROYECTO: "CARRETERA ACAPULCO-ZIHUATANEJO, TRAMO COYUCA DE BENÍTEZ - PIE DE LA CUESTA, DEL CADENAMIENTO 9+200 AL 20+700"



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

Capítulo II:

Descripción de las obras o actividades y, en su caso, de los programas o planes parciales de desarrollo

ÍNDICE

II. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES Y, EN SU CASO, DE LOS PROGRAMAS O PLANES PARCIALES DE DESARROLLO 13

II.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO 13

II.1.1 Naturaleza del proyecto 17

II.1.2 Justificación 19

II.1.2.1 Objetivo genera del proyecto 20

II.1.2.1.1 Objetivos específicos 21

II.1.3 Ubicación física y dimensiones del proyecto 22

II.1.3.1 Ubicación 22

II.1.3.2 Dimensiones del proyecto conforme a las superficies de aprovechamiento 29

II.1.4 Inversión requerida 35

II.2 CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO 35

II.2.1 Superficies de afectación 36

II.2.1.1 Modernización y libramiento 39

II.2.1.2 Paraderos 41

II.2.1.3 Entronques 43

II.2.1.3.1 Entronque Pie de la Cuesta 43

II.2.1.3.2 Entronque Pedregoso I 46

II.2.1.3.3 Entronque Pedregoso II 48

II.2.1.3.4 Entronque Cerro de Oro 50

II.2.1.3.5 Entronque La Esmeralda 52

II.2.1.3.6 Entronque Brasilia 54

II.2.1.3.7 Entronque Embarcadero 56

II.2.1.4 Puentes 58

II.2.1.4.1 Puente El Pedreguero 59

II.2.1.4.2 Puente El Conchero II 63

II.2.1.4.3 Puente La Loma 66
II.2.1.4.4 Puente Embarcadero I 69
II.2.1.4.5 Puente Embarcadero II 72
II.2.1.5 Obras de drenaje menor 75
II.2.1.6 Señalización de obras 79
II.2.2 Programa de trabajo 81
II.2.3 Preparación del sitio y construcción 83
II.2.3.1 Preparación del sitio 83
II.2.3.1.1 Delimitación de áreas de trabajo 83
II.2.3.1.2 Obras provisionales 83
II.2.3.1.3 Rescate y reubicación de individuos de flora y fauna 86
II.2.3.1.4 Desmonte 87
II.2.3.1.5 Despalme y nivelación 88
II.2.3.1.6 Limpieza del terreno 89
II.2.3.1.7 Instalación de señalamientos 90
II.2.3.1.8 Fresado de carpeta asfáltica 91
II.2.3.1.9 Demolición de puentes 93
II.2.3.1.10 Obras de drenaje menor 94
II.2.3.2 Construcción 96
II.2.3.2.1 Bancos de material 96
II.2.3.2.2 Cortes 100
II.2.3.2.3 Excavaciones 100
II.2.3.2.4 Compactación 101
II.2.3.2.5 Terraplenes 101
II.2.3.2.6 Capa de transición 103
II.2.3.2.7 Capa subyacente 104
II.2.3.2.8 Capa subrasante 104

II.2.3.2.9 Base hidráulica 104

II.2.3.2.10 Riego de impregnación EAI-60 105

II.2.3.2.11 Carpeta asfáltica 105

II.2.3.2.11.1 Riego de Liga 106

II.2.3.2.11.2 Mezcla asfáltica 106

II.2.3.2.11.3 Tendido de la mezcla asfáltica 107

II.2.3.3 Obras complementarias para entronques 109

II.2.3.3.1 Bordillos 109

II.2.3.3.2 Protección 110

II.2.3.3.3 Cunetas 111

II.2.3.3.4 Lavaderos 112

II.2.3.4 Construcción de puentes 112

II.2.3.4.1 Puente El Predregero 113

II.2.3.4.2 Puente El Conchero II 113

II.2.3.4.3 Puente La Loma 114

II.2.3.4.4 Puente Embarcadero I 115

II.2.3.4.5 Puente Embarcadero II 116

II.2.4 Operación y mantenimiento 117

II.2.4.1 Conservación del Pavimento 117

II.2.4.1.1 Auscultación 117

II.2.4.1.2 Evaluación 118

II.2.4.1.3 Estudios 118

II.2.4.1.4 Dictamen Técnico 118

II.2.4.2 Obras de drenaje 119

II.2.4.2.1 Auscultación 119

II.2.4.2.2 Dictamen 120

II.2.4.3 Taludes 120

II.2.4.3.1 Auscultación 120

II.2.4.4 Puentes 121

II.2.4.5 Deshierbes del derecho de vía 122

II.2.4.6 Reposición de señales 122

II.2.5 Desmantelamiento y abandono de las instalaciones 122

II.2.6 Residuos 123

II.2.6.1 Generación de residuos en las etapas de preparación del sitio y construcción 124

II.2.6.1.1 Generación y manejo de residuos sólidos urbanos 124

II.2.6.2 Generación y manejo de residuos de manejo especial 128

II.2.6.2.1 Generación y manejo de residuos peligrosos 134

II.2.7 Emisiones y descargas 142

II.2.8 Generación de gases efecto invernadero 144

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA II- 1. LONGITUD DE INCIDENCIA DEL PROYECTO POR MUNICIPIO. 14

TABLA II- 2. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL PROYECTO. 16

TABLA II- 3. COORDENADAS UTM DEL EJE DEL PROYECTO. 22

TABLA II- 4 USOS DE SUELO Y TIPOS DE VEGETACIÓN DENTRO DEL ÁREA DEL PROYECTO. 33

TABLA II- 5. RELACIÓN DE OBRAS Y SUPERFICIES CONSIDERADAS EN EL PROYECTO 38

TABLA II- 6. UBICACIÓN Y SUPERFICIES DE AFECTACIÓN DE LOS ENTRONQUES DEL PROYECTO. 43

TABLA II-7. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL ENTRONQUE PIE DE LA CUESTA DEL PROYECTO. 44

TABLA II-8. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL ENTRONQUE PEDREGOSO I DEL PROYECTO. 46

TABLA II- 9. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL ENTRONQUE PEDREGOSO II DEL PROYECTO. 48

TABLA II- 10. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL ENTRONQUE CERRO DE ORO DEL PROYECTO. 50

TABLA II- 11. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL ENTRONQUE LA ESMERALDA DEL PROYECTO. 52

TABLA II-12. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL ENTRONQUE BRASILIA DEL PROYECTO. 54

TABLA II-13. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL ENTRONQUE EMBARCADERO DEL PROYECTO. 56

TABLA II- 14. UBICACIÓN Y SUPERFICIES DE AFECTACIÓN DE LOS PUENTES CONTEMPLADOS COMO PARTE DEL PROYECTO. 58

TABLA II- 15. COMPARACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DESCRIPTICAS DEL PUENTE EL PEDREGUERO ACTUAL Y LA MODERNIZACIÓN PROPUESTA COMO PARTE DEL PROYECTO. 61

TABLA II- 16. COMPARACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DESCRIPTICAS DEL PUENTE ACTUAL, EL CONCHERO I, Y LA MODERNIZACIÓN PROPUESTA, EL CONCHERO II, COMO PARTE DEL PROYECTO. 64

TABLA II- 17. COMPARACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DESCRIPTICAS DEL PUENTE LA LOMA ACTUAL Y LA MODERNIZACIÓN PROPUESTA COMO PARTE DEL PROYECTO. 67

TABLA II- 18. COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DESCRIPTIVAS DEL PUENTE EMBARCADERO I ACTUAL Y LA MODERNIZACIÓN PROPUESTA COMO PARTE DEL PROYECTO. 70

TABLA II- 19. COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DESCRIPTICAS DEL PUENTE EMBARCADERO II ACTUAL Y LA MODERNIZACIÓN PROPUESTA COMO PARTE DEL PROYECTO. 73

TABLA II- 20. GASTOS DE DISEÑO DE LAS OBRAS DE DRENAJE MENOR QUE FORMAN PARTE DEL PROYECTO. 76

TABLA II- 21. PROGRAMA GENERAL DE TRABAJO PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO. 82

TABLA II- 22. LISTADO DE SEÑALES A EMPLEAR POR FRENTE DE TRABAJO. 91

TABLA II- 23. INCLINACIÓN DE TALUDES EN TERRAPLENES..... 103

TABLA II- 24. CONSUMO ESTIMADO DE COMBUSTIBLE EN MAQUINARIA PESADA DURANTE LAS ETAPAS DE PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN. 145

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA II-1. UBICACIÓN DEL TRAZO DEL PROYECTO "CARRETERA ACAPULCO-ZIHUATANEJO, TRAMO COYUCA DE BENÍTEZ - PIE DE LA CUESTA, DEL CADENAMIENTO 9+200 AL 20+700". 28

FIGURA II-2. DISTRIBUCIÓN DE LOS TIPOS DE USOS DE SUELO Y VEGETACIÓN PRESENTES EN EL SAR DEFINIDO PARA EL PROYECTO CON BASE EN LA CARTA DE USOS DE SUELO Y VEGETACIÓN, ESCALA 1:250,000, SERIE VII DEL INEGI. 31

FIGURA II-3. USOS DE SUELO Y VEGETACIÓN PRESENTES SOBRE EL TRAZO DEL PROYECTO CON BASE EN LA CARTA DE USOS DE SUELO Y VEGETACIÓN, ESCALA 1:250,000, SERIE VII DEL INEGI. 32

FIGURA II-4. UBICACIÓN DE LAS SUPERFICIES DE AFECTACIÓN A LA VEGETACIÓN FORESTAL, MISMAS QUE SE SOLICITAN PARA EFECTUAR EL CAMBIO DE USO DE SUELO. 34

FIGURA II-5. SECCIÓN DE LA AMPLIACIÓN DE LA CARRETERA A UNA TIPO A2, PARA LOS TRAMOS 1 Y 3. 39

FIGURA II-6. SECCIÓN DEL NUEVO CUERPO CARRETERO PARA EL TRAMO DEL LIBRAMIENTO. 40

FIGURA II-7. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE UN PARADERO DOBLE PARALELO 41

FIGURA II-8. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE UN PARADERO DOBLE DESFASADO. 42

FIGURA II-9. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL DISEÑO Y ESTRUCTURA DE TECHUMBRE QUE SE CONTEMPLA EN LOS PARADEROS. ... 42

FIGURA II-10. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN GRÁFICA DEL ENTRONQUE PIE DE LA CUESTA EN EL CADENAMIENTO 9+732. 45

FIGURA II-11. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN GRÁFICA DEL ENTRONQUE PEDREGOSO I EN EL CADENAMIENTO DE REFERENCIA 11+970. 47

FIGURA II-12. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN GRÁFICA DEL ENTRONQUE PEDREGOSO II EN EL CADENAMIENTO DE REFERENCIA 12+180. 49

FIGURA II-13. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN GRÁFICA DEL ENTRONQUE CERRO DE ORO DEL PROYECTO 51

FIGURA II-14. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN GRÁFICA DEL ENTRONQUE LA ESMERALDA EN EL CADENAMIENTO DE REFERENCIA 18+120. 53

FIGURA II-15. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN GRÁFICA DEL ENTRONQUE BRASILIA EN EL CADENAMIENTO DE REFERENCIA 19+020 ... 55

FIGURA II-16. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN GRÁFICA DEL ENTRONQUE EMBARCADERO EN EL CADENAMIENTO DE REFERENCIA 20+520. 57

FIGURA II-17. SECCIÓN TRANSVERSAL DE LOS PUENTES. 59

FIGURA II-18. CONDICIÓN ACTUAL DEL PUENTE EL PEDREGUERO, UBICADO EN EL CADENAMIENTO 11+740 DE LA CARRETERA FEDERAL ACAPULCO – ZIHUATANEJO. 60

FIGURA II-19. UBICACIÓN DEL PUENTE EL PEDREGUERO EN EL CADENAMIENTO DE REFERENCIA 11+740 DEL PROYECTO. 62

FIGURA II-20. CONDICIÓN ACTUAL DEL PUENTE CONCHERO I, EL CUAL SE ENCUENTRA EN EL KM 14+430 DE LA CARRETERA ACAPULCO – ZIHUATANEJO. 63

FIGURA II-21. UBICACIÓN DEL PUENTE EL CONCHERO II EN EL CADENAMIENTO DE REFERENCIA 14+930 DEL PROYECTO. 65

FIGURA II-22. CONDICIÓN ACTUAL DEL PUENTE LA LOMA, UBICADO EN EL KM 18+485.5 DE LA CARRETERA FEDERAL ACAPULCO – ZIHUATANEJO. 66

FIGURA II-23. UBICACIÓN DEL PUENTE LA LOMA EN EL CADENAMIENTO DE REFERENCIA 18+480 DEL PROYECTO 68

FIGURA II-24. CONDICIÓN ACTUAL DEL PUENTE EMBARCADERO I, UBICADO EN EL KM 20+075 DE LA CARRETERA FEDERAL ACAPULCO – ZIHUATANEJO. 69

FIGURA II-25. UBICACIÓN DEL PUENTE EMBARCADERO I EN EL CADENAMIENTO DE REFERENCIA 20+080 DEL PROYECTO 71

FIGURA II-26. CONDICIÓN ACTUAL DEL PUENTE EMBARCADERO II, UBICADO A LA ALTURA DEL KM 20+500 DE LA CARRETERA ACAPULCO – ZIHUATANEJO. 72

FIGURA II-27. UBICACIÓN DEL PUENTE EMBARCADERO II EN EL CADENAMIENTO DE REFERENCIA 20+500 DEL PROYECTO 74

FIGURA II-28. UBICACIÓN DE LAS OBRAS DE DRENAJE MENOR EN EL TRAZO DEL PROYECTO 78

FIGURA II-29. ESQUEMA DE SEÑALIZACIÓN A EMPLEAR PARA CARRILES. 79

FIGURA II-30. SEÑALIZACIÓN CONTEMPLADA EN EL CADENAMIENTO 19+723 AL 20+700. 80

FIGURA II-31. ESQUEMA DE SEÑALIZACIÓN A EMPLEARSE EN PARADEROS. 80

FIGURA II-32. SECCIÓN ESTRUCTURAL TIPO DEL EJE DE LA CARRETERA. 89

FIGURA II-33. CROQUIS DE LOCALIZACIÓN (FIGURA ARRIBA) Y CORTE ESQUEMÁTICO DE LOSA DE CONCRETO DE 5.4 M X 1.5 M CONTEMPLADA EN EL CADENAMIENTO 11+096.95 (FIGURA ABAJO). 95

FIGURA II-34. CROQUIS DE LOCALIZACIÓN (FIGURA ARRIBA) Y CORTE ESQUEMÁTICO DE TUBO DE CONCRETO DE 1.00 M Ø CONTEMPLADO EN EL CADENAMIENTO 18+920.78 (FIGURA ABAJO). 95

FIGURA II-35. UBICACIÓN DE LOS BANCOS DE MATERIAL PÉTREOS IDENTIFICADOS PARA LA OBTENCIÓN DE MATERIAL PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO. 99

FIGURA II-36. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LOS BORDILLOS POR CONSTRUIR COMO OBRA COMPLEMENTARIA EN ENTRONQUES. ... 110

FIGURA II-37. DETALLES DE OBRA COMPLEMENTARIA TIPO CUNETA. 111

FIGURA II-38. DETALLE DE OBRA COMPLEMENTARIA TIPO LAVADERO. 112

FIGURA II-39. SECCIÓN TRANSVERSAL DEL PUENTE EL PEDREGUERO EN EL CADENAMIENTO DE REFERENCIA 11+740 DEL PROYECTO. 113

FIGURA II-40. SECCIÓN TRANSVERSAL DEL PUENTE EL CONCHERO II EN EL CADENAMIENTO DE REFERENCIA 14+930 DEL PROYECTO. 114

FIGURA II-41. SECCIÓN TRANSVERSAL DEL PUENTE LA LOMA EN EL CADENAMIENTO DE REFERENCIA 18+480 DEL PROYECTO. .. 115

FIGURA II-42. SECCIÓN TRANSVERSAL PUENTE EMBARCADERO I EN EL CADENAMIENTO DE REFERENCIA 20+080 DEL PROYECTO. 116

FIGURA II-43. SECCIÓN TRANSVERSAL PUENTE EMBARCADERO II EN EL CADENAMIENTO DE REFERENCIA 20+500 DEL PROYECTO. 117

FIGURA II-44. PRÁCTICA DE DIFERENCIACIÓN Y SEPARACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN UN FRENTE DE TRABAJO. 125

FIGURA II-45. EJEMPLO DE HABILITACIÓN DE ESTACIONES PARA LA COLECTA TEMPORAL DE RESIDUOS SÓLIDOS QUE SE PUEDEN USAR EN LOS FRENTES DE TRABAJO. 126

FIGURA II-46. EJEMPLO DE RETIRO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LOS FRENTES DE TRABAJO HABILITADOS EFECTUADO POR UNA EMPRESA PRIVADA AUTORIZADA. 127

FIGURA II-47. EJEMPLO DE MALAS PRÁCTICAS EN LA DISPOSICIÓN TEMPORAL DE RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL DURANTE LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN, MISMAS QUE DEBERÁN EVITARSE. 131

FIGURA II-48. EJEMPLO DE LA HABILITACIÓN Y SEÑALIZACIÓN DE ÁREAS ESPECÍFICAS PARA LA DISPOSICIÓN TEMPORAL DE RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL DURANTE LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN. 132

FIGURA II-49. EJEMPLO DEL MANEJO Y TRANSPORTE DE ALGUNOS TIPOS DE RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL GENERADOS DURANTE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE PROYECTOS EN DESARROLLO. 133

FIGURA II-50. ROMBO DE SEGURIDAD O SÍMBOLO INTERNACIONAL QUE INDICA EL NIVEL DE RIESGO DE UNA SUSTANCIA PARA LA SEGURIDAD Y SALUD HUMANA Y CLASIFICACIÓN DE SUSTANCIAS QUÍMICAS A USAR. 135

FIGURA II-51. EJEMPLOS DE LA PREVENCIÓN DE LA GENERACIÓN Y MANEJO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS DURANTE LAS ETAPAS DE PREPARACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE PROYECTOS DE OBRA CIVIL. 139

FIGURA II-52. MANEJO CORRECTO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS DURANTE LAS ETAPAS DE PREPARACIÓN Y CONSTRUCCIÓN.... 139

FIGURA II-53. DISPOSICIÓN EN CONTENEDORES QUE EVITEN DERRAMES Y ASEGUREN SU MANEJO, ALMACENAJE TEMPORAL Y TRANSPORTE. 141

FIGURA II-54. EJEMPLO DE EMISIONES DE CONTAMINANTES A LA ATMÓSFERA Y MEDIDAS A IMPLEMENTAR PARA MITIGARLAS DURANTE LAS ETAPAS DE PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO. 144

FUNDAMENTO JURÍDICO

La integración de este capítulo tiene como objetivo el dar cumplimiento a lo dispuesto en el artículo 13, fracción II, del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, el cual establece que las manifestaciones de impacto ambiental, en su modalidad regional, deberán contener:

> *II. Descripción de las obras o actividades y, en su caso, de los programas o planes parciales de desarrollo;*

De conformidad con lo anterior, en este apartado se establece de manera puntual y detallada la ubicación física del proyecto, sus colindancias o referencias, las características particulares del proyecto, las dimensiones, y cada uno de los elementos que lo integran, de igual forma se presenta información cartográfica que destaca las condiciones fisiográficas y la expresión gráfica espacial del proyecto respecto de los principales atributos del ambiente.

Asimismo, se presenta información del uso actual del suelo y las superficies de afectación por uso y por concepto, de igual forma se describe de manera concreta y objetiva las principales actividades que integran las diferentes etapas del proyecto: Preparación del sitio, construcción y operación y mantenimiento.

II. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES Y, EN SU CASO, DE LOS PROGRAMAS O PLANES PARCIALES DE DESARROLLO

II.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto **"Carretera Acapulco-Zihuatanejo, tramo Coyuca de Benítez-Pie de la Cuesta, del cadenamiento 9+200 al 20+700"** que se somete al procedimiento de evaluación y dictaminación en materia de impacto ambiental a través de la presente manifestación de impacto ambiental, modalidad regional (MIA-R), pretenden llevar a cabo la construcción y modernización del tramo de carretera federal libre "Acapulco – Coyuca de Benítez". Esta importante vía de comunicación es parte de la carretera federal 200, también conocida como La Costera, la cual recorre la costa del Pacífico, desde Tapachula, Chiapas, hasta Tepic, Nayarit. Con sus aproximadamente 2,000 km de longitud, es una de las vías de comunicación más largas e importantes del país.

En el estado de Gurrero, esta vía de comunicación recorre toda la Costa Chica, cruza el municipio de Acapulco, también reconocido como región, para llegar hasta el municipio de la Unión de Isidoro de Montes de Oca, colindante con el estado de Michoacán, pasando por los municipios de la Costa Grande, incluyendo el centro turístico de Ixtapa Zihuatanejo. A lo largo de su trayecto, esta carretera conecta importantes centros turísticos, como Huatulco, Puerto Escondido, Acapulco, Ixtapa – Zihuatanejo, Manzanillo, Puerto Vallarta, Punta Mita, por nombrar algunos.

Además de la relevancia turística, esta carretera conecta relevantes regiones productivas, tanto del sector primario como secundario. En ella existen importantes puertos de altura, entre ellos: Manzanillo, Colima, el de mayor movimiento de contenedores en el Pacífico; Lázaro Cárdenas, Michoacán, de tipo industrial y el de mayor profundidad, especializado en carga automotriz; Puerto Vallarta, comercial y

turístico; Salina Cruz, Oaxaca; Acapulco, Guerrero, importante por su movimiento de carga y turístico. Además, atraviesa importantes regiones con alta producción agrícola, pecuaria y pesquera, entre las que destacan la producción de plátano, mango, limón, palma de coco, ganado bovino para carne.

El proyecto que se somete a evaluación pretende la construcción y modernización de la carretera Acapulco – Zihuatanejo, en el tramo que va de Pie de la Cuesta, en el municipio de Acapulco, a El Embarcadero, municipio de Coyuca de Benítez. El tramo carretero consta de 11.5 km, del cadenamiento 9+200 al 20+700; los primeros 3.8 km se ubican sobre el municipio de Acapulco, del cadenamiento 9+200 al 13+050, y los 7.7 km restantes en Coyuca de Benítez, del cadenamiento 13+050 al 20+700 (Tabla II-1).

Tabla II- 1. Longitud de incidencia del proyecto por municipio.

Municipio	Longitud (km)	Cadenamiento de inicio	Cadenamiento final
Acapulco de Juárez	3.8	9+200.00	13+050.00
Coyuca de Benítez	7.7	13+050.00	20+700.00
TOTAL	11.5	9+200.00	20+700.00

El tramo carretero Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta es parte de la carretera federal 200 Acapulco-Zihuatanejo, la cual corresponde a una vía libre y ruta escénica entre la Laguna de Coyuca y el océano Pacífico. Se trata de un acceso importante hacia Acapulco y Coyuca de Benítez, que en el pasado ha tenido obras de rehabilitación, pero que debido al intenso tránsito de vehículos particulares y de carga, aunado a eventos meteorológicos, entre ellos huracanes, continúan actuando los procesos de deterioro de la carpeta asfáltica y obras de drenaje. Por lo que, para brindar seguridad a los usuarios, reducir costos y disminuir los tiempos de traslado, es necesario atender el deterioro de la vía y mejorar las condiciones operativas actuales. Al respecto, la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transporte (SICT) contempla la modernización del tramo carretero Pie de la

Cuesta - Coyuca de Benítez, del cadenamiento 9+200 al 20+700, en una longitud total de 11.5 km.

El proyecto inicia en la localidad de Pie de la Cuesta, Acapulco, mediante una ampliación de 7.0 m a 12.0 m de ancho de corona de la carretera federal 200. Incluye un libramiento hacia el municipio de Coyuca de Benítez, desde la localidad El Conchero hasta la localidad Brasilia. Posteriormente, continua otro tramo de ampliación de 12.0 m de corona hasta llegar a la localidad El Embarcadero. Durante su recorrido, se tiene planeado la construcción de siete entronques a nivel, 10 paraderos dobles para dar orden y seguridad al transporte público, 16 obras hidráulicas de drenaje menor y cinco puentes como obras de drenaje mayor.

De manera previa a la elaboración de la presente MIA-R, se llevaron a cabo diversos estudios en campo, entre ellos: levantamiento de daños, geotecnia, mecánica de suelos, estudio de tránsito para conocer al aforo vehicular, levantamiento topográfico y sondeos de PCA (Pozos a Cielo Abierto). La información recabada en campo fue analizada a través de trabajos de gabinete por personal técnico especializado en la materia, y derivado de los trabajos anteriormente referidos, se pudo definir el proyecto constructivo y de señalamiento que se presenta a través del presente estudio.

La obra proyectada corresponde a un camino tipo A2 conforme la clasificación de carreteras de la SICT, con pendiente gobernadora promedio de 4 %, con dos carriles de 3.5 m, un carril por cada sentido, más acotamientos laterales de 2.5 m de cada lado (Tabla II-2). Conforme a lo anterior, el ancho total de corona es de 12 m, dentro de un derecho de vía (DDV) de 40 m.

Cabe mencionar que, el eje del proyecto se encuentra desplazado variablemente, tanto a la izquierda, como a la derecha del eje de la carretera actual, en función de las características topográficas del trazo, para disminuir en la medida de lo posible, la realización de cortes y la construcción de terraplenes.

Tabla II- 2. Características geométricas del proyecto.

Concepto	Características
Tránsito diario promedio anual (TDPA)	20,628 Vhs por sentido
Velocidad	60 – 80 km h^{-1}
Longitud total	11.5 km
Curvatura máxima	10.5°
Pendiente máxima	5.69 %
Pendiente gobernadora	4.00 %
Número de carriles	2
Ancho DDV	40 m
Ancho de corona	12 m
Ancho de calzada	7 m
Ancho del carril	3.5 m
Ancho del acotamiento	2.5 m
Espesor de pavimento	0.40 m
Entronques a nivel	7
Paraderos	10
Puentes (obras de drenaje mayor)	5
Obras de drenaje menor	16

Para la construcción del libramiento y la modernización de la carretera se requerirá de materiales pétreos, los cuales serán obtenidos de bancos de materiales comerciales existentes en la región. Este material se utilizará para las estructuras del pavimento y, aunque se realizarán cortes, este producto se empleará en la construcción de terraplenes siempre y cuando el material cumpla con las especificaciones técnicas de consistencia y granulometría requeridas.

II.1.1 Naturaleza del proyecto

Como ya se mencionó anteriormente, el tramo carretero Pie de la Cuesta - Coyuca de Benítez es parte de la carretera federal 200 Acapulco - Zihuatanejo. Es una importante vía de acceso para el transporte local y turístico de los municipios de Acapulco de Juárez y Coyuca de Benítez, ofreciendo acceso hacia la Laguna y Barra de Coyuca y conecta con el Puerto de Acapulco.

Por su ubicación e importancia para las actividades turísticas, productivas y comerciales, es un tramo que sufre de tráfico intenso y actualmente presenta estado de deterioro que necesita atención urgente para brindar seguridad operativa de los usuarios, reducir los tiempos y costos de traslado.

La modernización considera las obras necesarias para solucionar el deterioro antes mencionado, por lo cual se contempla la ampliación del ancho de corona de 7.0 a 12.0 m para la conformación de un camino tipo A2, incluyendo un libramiento, siete entronques a nivel, 10 paraderos, 16 obras hidráulicas de drenaje menor y cinco puentes como obras de drenaje mayor, todas con el debido señalamiento.

Con la modernización del tramo carretero y la construcción del libramiento, se pretende contar con una vía de comunicación que permita viajar de manera rápida y segura entre los municipios de Acapulco y Coyuca de Benítez, conectando a su vez las localidades aledañas al trazo como Cerrito de Oro, El Conchero, Brasilia, El Embarcadero, entre otras; por lo que será un beneficio para los residentes, visitantes y turistas de la costa guerrerense.

El proyecto no incluye la selección, estudio ni solicitud de autorización para explotación de bancos de material, toda vez que ya existen bancos comerciales cercanos al proyecto que cuentan con los permisos necesarios para operar.

El proyecto no atraviesa ni se encuentra dentro de ningún Área Natural Protegida de jurisdicción federal, estatal o municipal.

Este es un proyecto de infraestructura carretera de jurisdicción federal y se encuentra incluido en las actividades que requieren autorización en materia de impacto ambiental por la SEMARNAT, de acuerdo con lo establecido en los artículos 28, fracciones I, VII y X, de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y el artículo, 5 incisos B), O) fracción I y R) fracción I, de su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA), que a la letra establecen lo siguiente:

LGEEPA

> *"**Artículo 28**. La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente. Para ello, en los casos que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría:*
>
> *I. Obras hidráulicas, vías generales de comunicación, oleoductos, gasoductos, carboductos y poliductos;*
>
> *VII. Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas;*
>
> *X.- Obras y actividades en humedales, ecosistemas costeros, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales.*

REIA

> *"**Artículo 5**. Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental:*
>
> *…*
>
> *B) VÍAS GENERALES DE COMUNICACIÓN:*
>
> *Construcción de carreteras, autopistas, puentes o túneles federales vehiculares o ferroviarios; puertos, vías férreas, aeropuertos, helipuertos, aeródromos e infraestructura mayor para telecomunicaciones que afecten áreas naturales*

protegidas o con vegetación forestal, selvas, vegetación de zonas áridas, ecosistemas costeros o de humedales y cuerpos de aguas nacionales…

…

O) CAMBIOS DE USO DEL SUELO DE ÁREAS FORESTALES, ASÍ COMO SELVAS Y ZONAS ÁRIDAS:

I. Cambio de uso del suelo para actividades agropecuarias, acuícolas, de desarrollo inmobiliario, de infraestructura urbana, de vías generales de comunicación o para el establecimiento de instalaciones comerciales, industriales o de servicios en predios con vegetación forestal, con excepción de la construcción de vivienda unifamiliar y del establecimiento de instalaciones comerciales o de servicios en predios menores a 1000 metros cuadrados, cuando su construcción no implique el derribo de arbolado en una superficie mayor a 500 metro cuadrados, o la eliminación o fragmentación del hábitat de ejemplares de flora o fauna sujetos a un régimen de protección especial de conformidad con las normas oficies mexicanas y otros instrumentos jurídicos aplicable;

…

R) OBRAS Y ACTIVIDADES EN HUMEDALES, MANGLARES, LAGUNAS, RÍOS, LAGOS Y ESTEROS CONECTADOS CON EL MAR, ASÍ COMO EN SUS LITORALES O ZONAS FEDERALES:

I. Cualquier tipo de obra civil…"

II.1.2 Justificación

El proyecto denominado **"Carretera Acapulco-Zihuatanejo, tramo Coyuca de Benítez-Pie de la Cuesta, del cadenamiento 9+200 al 20+700"** es una obra que se ubica dentro del sector de vías generales de comunicación, con especificaciones de una carretera tipo A2. Este tipo de vías de comunicación están conformadas por dos carriles, uno por cada sentido, con sus áreas de acotamiento, de acuerdo con el *Apéndice para la clasificación de los caminos y puentes a que se refiere el Artículo 6o. del Reglamento sobre el peso, dimensiones y capacidad de los vehículos de autotransporte que transitan en los caminos y puentes de jurisdicción federal*.

Es importante mencionar que la obra carretera se construirá con recursos federales ejercidos por la SICT en el estado de Guerrero. Con la modernización de este

camino se mejorará el nivel de servicio que generará ahorros en los costos de operación vehicular, se disminuirá el tiempo de recorrido y se incrementará la seguridad de los usuarios, además se generarán ahorros en el transporte de bienes y productos, otorgando accesibilidad a diversas localidades de los municipios de Acapulco y Coyuca de Benítez, repercutiendo en un incremento en la actividad turística, coadyuvando al desarrollo económico y social de la región.

El proyecto se sustenta en el levantamiento de daños de la superficie de rodamiento existente en ambos sentidos de la carretera en estudio, a través del cual se identificaron daños de las condiciones físicas, con deformaciones principalmente de tipo longitudinal o roderas, algunos baches de tipo superficial, grietas de tipo piel de cocodrilo en tramos específicos, en grado ligero, cuya profundidad máxima llega a 20 mm. En zonas deformadas existen algunas grietas, que están asociadas a las roderas, que van de muy ligeras a ligeras, predominando las de tipo longitudinal.

En términos generales, si bien el pavimento existente en todo el tramo se puede calificar como regular, se considera necesario realizar la modernización que se describe a través de la presente MIA-R, junto con la construcción del libramiento que se plantea como parte integral del proyecto, para elevar el nivel de servicio al desahogar áreas congestionadas, dar orden y seguridad al transporte público a través de los 10 paraderos dobles, conectar las comunidades más importantes a través de los siete entronques propuesto y asegurar el mantenimiento de los escurrimientos intermitentes con los cinco puentes como obras de drenaje mayor.

II.1.2.1 Objetivo genera del proyecto

La realización del presente proyecto tiene como objetivo general modernizar el tramo de la carretera federal 200 Pie de la Cuesta – Coyuca de Benítez, para garantizar un flujo más rápido y seguro de los pobladores y visitantes en la región o

que usan esta importante vía de comunicación que conecta el estado de Guerrero con los estados colindantes con el océano Pacífico.

II.1.2.1.1 Objetivos específicos

Los objetivos específicos establecidos para el desarrollo del proyecto son:

- Utilizar parcialmente el derecho de vía de la carretera federal 200 para la ampliación y modernización de una vía general de comunicación que responda a las necesidades de la población.
- Construir un libramiento que reduzca tiempos de traslado, y evite que el tránsito de largo itinerario circule a través de las localidades densamente pobladas de El Conchero, Kilómetro Diecisiete y Bajos del Ejido, lo cual además, mejorará la calidad de vida de sus habitantes.
- Crear una vía de comunicación que estructure en forma integral el transporte de pasajeros y de carga.
- Fomentar el desarrollo económico regional favoreciendo el comercio regional y la conexión de los centros turísticos del estado.

Esta carretera no solo será una infraestructura que atienda las necesidades de comunicación de los pobladores, sino que está planeada para llevarse a cabo dentro de una visión de respeto al medio ambiente y a las normativas vigentes en materia de protección ecológica. La integración de tecnologías y prácticas sostenibles en su construcción minimizará el impacto ambiental, protegiendo los recursos naturales de la región, como las comunidades vegetales y las cuencas hidrográficas cercanas. Además, se promoverán medidas de conservación y protección ambiental, asegurando que el crecimiento económico no se realice a expensas de la biodiversidad local.

II.1.3 Ubicación física y dimensiones del proyecto

II.1.3.1 Ubicación

El proyecto se pretende ubicar en la región geográfica conocida como Costa Grande, incidiendo en 3.8 km en el municipio de Acapulco de Juárez y en 7.7 km en el municipio de Coyuca de Benítez, ambos dentro del estado de Guerrero. El proyecto comprende una superficie total de 255,662.65 m^2. En la Tabla II-3 se indican las coordenadas UTM, datum horizontal WGS84 zona 14N, que delimitan el eje del proyecto y en la Figura II-1 se muestra la ubicación del trazo.

Tabla II- 3. Coordenadas UTM del eje del proyecto.

Eje de proyecto		
Coordenadas UTM Z14N WGS84		
Vértice	X	Y
1	398,008.32	1,868,035.56
2	397,936.22	1,868,152.06
3	397,933.06	1,868,157.17
4	397,923.73	1,868,171.51
5	397,913.77	1,868,185.42
6	397,903.20	1,868,198.87
7	397,892.04	1,868,211.84
8	397,880.30	1,868,224.29
9	397,868.02	1,868,236.20
10	397,855.22	1,868,247.56
11	397,841.92	1,868,258.32
12	397,828.16	1,868,268.48
13	397,813.95	1,868,278.02
14	397,799.33	1,868,286.91
15	397,784.33	1,868,295.13
16	397,768.97	1,868,302.68
17	397,763.53	1,868,305.20
18	397,755.77	1,868,308.80
19	397,747.23	1,868,312.76
20	397,740.69	1,868,315.79
21	397,737.43	1,868,317.31

Eje de proyecto		
Coordenadas UTM Z14N WGS84		
Vértice	X	Y
22	397,734.17	1,868,318.83
23	397,730.91	1,868,320.36
24	397,727.66	1,868,321.90
25	397,724.42	1,868,323.47
26	397,721.19	1,868,325.06
27	397,717.97	1,868,326.69
28	397,714.78	1,868,328.34
29	397,711.60	1,868,330.04
30	397,708.45	1,868,331.78
31	397,697.77	1,868,338.19
32	397,687.45	1,868,345.16
33	397,677.53	1,868,352.68
34	397,668.03	1,868,360.74
35	397,658.98	1,868,369.29
36	397,650.41	1,868,378.33
37	397,642.34	1,868,387.81
38	397,634.80	1,868,397.72
39	397,632.72	1,868,400.66
40	397,630.68	1,868,403.63
41	397,628.68	1,868,406.62
42	397,626.72	1,868,409.64

Eje de proyecto		
Coordenadas UTM Z14N WGS84		
Vértice	X	Y
43	397,624.78	1,868,412.67
44	397,622.86	1,868,415.72
45	397,620.97	1,868,418.78
46	397,619.09	1,868,421.85
47	397,617.22	1,868,424.93
48	397,615.35	1,868,428.01
49	397,611.62	1,868,434.17
50	397,557.52	1,868,523.47
51	397,553.06	1,868,530.83
52	397,550.83	1,868,534.51
53	397,548.62	1,868,538.19
54	397,546.42	1,868,541.89
55	397,544.25	1,868,545.60
56	397,542.12	1,868,549.34
57	397,540.04	1,868,553.10
58	397,538.02	1,868,556.90
59	397,536.07	1,868,560.73
60	397,534.20	1,868,564.60
61	397,532.43	1,868,568.52
62	397,528.30	1,868,578.86
63	397,524.89	1,868,589.46
64	397,522.21	1,868,600.27
65	397,520.27	1,868,611.23
66	397,519.08	1,868,622.30
67	397,518.64	1,868,633.43
68	397,518.97	1,868,644.56
69	397,519.29	1,868,648.85
70	397,519.72	1,868,653.13
71	397,520.23	1,868,657.40
72	397,520.83	1,868,661.66
73	397,521.49	1,868,665.90
74	397,522.20	1,868,670.14
75	397,522.96	1,868,674.38
76	397,523.76	1,868,678.60
77	397,524.58	1,868,682.82

Eje de proyecto		
Coordenadas UTM Z14N WGS84		
Vértice	X	Y
78	397,525.40	1,868,687.04
79	397,527.06	1,868,695.48
80	397,537.88	1,868,750.47
81	397,539.04	1,868,756.35
82	397,542.11	1,868,773.98
83	397,544.43	1,868,791.73
84	397,545.98	1,868,809.56
85	397,546.77	1,868,827.44
86	397,546.78	1,868,845.34
87	397,546.66	1,868,851.34
88	397,505.57	1,870,850.52
89	397,505.45	1,870,856.52
90	397,505.37	1,870,874.75
91	397,505.86	1,870,892.98
92	397,506.94	1,870,911.17
93	397,508.59	1,870,929.33
94	397,509.23	1,870,935.29
95	397,681.46	1,872,542.97
96	397,693.82	1,872,658.36
97	397,694.76	1,872,667.11
98	397,695.22	1,872,671.49
99	397,695.68	1,872,675.87
100	397,696.11	1,872,680.25
101	397,696.50	1,872,684.63
102	397,696.84	1,872,689.01
103	397,697.11	1,872,693.41
104	397,697.32	1,872,697.80
105	397,697.43	1,872,702.20
106	397,697.44	1,872,706.60
107	397,697.34	1,872,711.00
108	397,696.57	1,872,721.62
109	397,695.06	1,872,732.17
110	397,692.82	1,872,742.58
111	397,689.87	1,872,752.82
112	397,686.20	1,872,762.82

Eje de proyecto		
Coordenadas UTM Z14N WGS84		
Vértice	X	Y
113	397,681.85	1,872,772.54
114	397,676.83	1,872,781.94
115	397,671.17	1,872,790.97
116	397,664.89	1,872,799.57
117	397,658.03	1,872,807.72
118	397,650.62	1,872,815.37
119	397,642.69	1,872,822.49
120	397,634.29	1,872,829.04
121	397,625.45	1,872,834.98
122	397,616.22	1,872,840.30
123	397,612.30	1,872,842.30
124	397,608.34	1,872,844.21
125	397,604.33	1,872,846.02
126	397,600.28	1,872,847.75
127	397,596.21	1,872,849.41
128	397,592.11	1,872,851.02
129	397,588.00	1,872,852.57
130	397,583.87	1,872,854.09
131	397,579.73	1,872,855.59
132	397,575.59	1,872,857.07
133	397,567.30	1,872,860.03
134	397,451.06	1,872,901.61
135	397,445.41	1,872,903.63
136	397,429.19	1,872,909.85
137	397,413.26	1,872,916.81
138	397,397.66	1,872,924.48
139	397,382.43	1,872,932.86
140	397,367.60	1,872,941.92
141	397,353.19	1,872,951.64
142	397,339.24	1,872,962.01
143	397,325.78	1,872,973.00
144	397,312.83	1,872,984.60
145	397,300.43	1,872,996.77
146	397,288.59	1,873,009.49
147	397,277.34	1,873,022.74

Eje de proyecto		
Coordenadas UTM Z14N WGS84		
Vértice	X	Y
148	397,273.56	1,873,027.40
149	397,253.32	1,873,052.36
150	397,246.02	1,873,061.38
151	397,242.36	1,873,065.88
152	397,238.70	1,873,070.38
153	397,235.02	1,873,074.86
154	397,231.31	1,873,079.32
155	397,227.56	1,873,083.75
156	397,223.77	1,873,088.14
157	397,219.93	1,873,092.48
158	397,216.03	1,873,096.77
159	397,212.06	1,873,101.00
160	397,208.01	1,873,105.15
161	397,198.13	1,873,114.62
162	397,187.82	1,873,123.61
163	397,177.09	1,873,132.09
164	397,165.96	1,873,140.06
165	397,154.47	1,873,147.48
166	397,142.63	1,873,154.34
167	397,130.48	1,873,160.63
168	397,125.25	1,873,163.13
169	397,119.97	1,873,165.52
170	397,114.65	1,873,167.84
171	397,109.29	1,873,170.07
172	397,103.92	1,873,172.24
173	397,098.52	1,873,174.36
174	397,093.10	1,873,176.43
175	397,087.67	1,873,178.47
176	397,082.23	1,873,180.48
177	397,076.79	1,873,182.49
178	397,065.90	1,873,186.50
179	396,983.89	1,873,216.69
180	396,235.92	1,873,492.08
181	396,226.16	1,873,495.68
182	396,221.28	1,873,497.48

Eje de proyecto		
Coordenadas UTM Z14N WGS84		
Vértice	X	Y
183	396,216.41	1,873,499.28
184	396,211.54	1,873,501.10
185	396,206.67	1,873,502.94
186	396,201.82	1,873,504.81
187	396,196.98	1,873,506.72
188	396,192.16	1,873,508.66
189	396,187.36	1,873,510.66
190	396,182.58	1,873,512.72
191	396,177.83	1,873,514.83
192	396,162.97	1,873,522.01
193	396,148.47	1,873,529.87
194	396,134.34	1,873,538.41
195	396,120.63	1,873,547.60
196	396,107.37	1,873,557.41
197	396,094.58	1,873,567.84
198	396,082.29	1,873,578.86
199	396,070.53	1,873,590.43
200	396,059.32	1,873,602.55
201	396,048.70	1,873,615.17
202	396,038.67	1,873,628.28
203	396,029.27	1,873,641.85
204	396,020.52	1,873,655.84
205	396,012.43	1,873,670.22
206	396,005.02	1,873,684.97
207	395,998.31	1,873,700.04
208	395,992.31	1,873,715.42
209	395,990.57	1,873,720.32
210	395,988.90	1,873,725.24
211	395,987.28	1,873,730.18
212	395,985.71	1,873,735.14
213	395,984.19	1,873,740.11
214	395,982.70	1,873,745.10
215	395,981.25	1,873,750.09
216	395,979.81	1,873,755.09
217	395,978.39	1,873,760.09

Eje de proyecto		
Coordenadas UTM Z14N WGS84		
Vértice	X	Y
218	395,976.98	1,873,765.09
219	395,974.16	1,873,775.10
220	395,801.78	1,874,386.53
221	395,800.16	1,874,392.31
222	395,792.50	1,874,418.02
223	395,784.09	1,874,443.50
224	395,774.94	1,874,468.73
225	395,765.06	1,874,493.67
226	395,754.45	1,874,518.32
227	395,743.12	1,874,542.64
228	395,731.09	1,874,566.62
229	395,718.36	1,874,590.24
230	395,704.95	1,874,613.48
231	395,701.87	1,874,618.63
232	395,329.11	1,875,243.01
233	395,326.04	1,875,248.17
234	395,311.80	1,875,271.39
235	395,297.01	1,875,294.26
236	395,281.68	1,875,316.78
237	395,265.83	1,875,338.92
238	395,249.45	1,875,360.68
239	395,245.78	1,875,365.43
240	395,002.08	1,875,681.35
241	394,998.42	1,875,686.10
242	394,988.34	1,875,698.57
243	394,977.70	1,875,710.57
244	394,966.53	1,875,722.08
245	394,954.84	1,875,733.06
246	394,942.67	1,875,743.50
247	394,930.04	1,875,753.38
248	394,925.23	1,875,756.97
249	394,835.92	1,875,823.57
250	394,831.11	1,875,827.16
251	394,822.12	1,875,834.30
252	394,813.57	1,875,841.96

Eje de proyecto		
Coordenadas UTM Z14N WGS84		
Vértice	X	Y
253	394,805.50	1,875,850.13
254	394,797.93	1,875,858.76
255	394,790.90	1,875,867.84
256	394,784.42	1,875,877.32
257	394,778.53	1,875,887.17
258	394,773.24	1,875,897.36
259	394,768.57	1,875,907.84
260	394,764.53	1,875,918.59
261	394,761.16	1,875,929.57
262	394,758.44	1,875,940.72
263	394,757.20	1,875,946.59
264	394,741.88	1,876,018.99
265	394,740.64	1,876,024.86
266	394,737.91	1,876,036.07
267	394,734.51	1,876,047.09
268	394,730.45	1,876,057.89
269	394,725.75	1,876,068.42
270	394,720.42	1,876,078.66
271	394,714.48	1,876,088.55
272	394,707.95	1,876,098.06
273	394,700.87	1,876,107.16
274	394,693.24	1,876,115.82
275	394,685.11	1,876,124.00
276	394,676.49	1,876,131.68
277	394,667.43	1,876,138.82
278	394,657.96	1,876,145.40
279	394,648.10	1,876,151.40
280	394,637.90	1,876,156.79
281	394,632.52	1,876,159.43
282	394,280.37	1,876,332.17
283	394,271.76	1,876,336.40
284	394,267.44	1,876,338.51
285	394,263.12	1,876,340.60
286	394,258.79	1,876,342.66
287	394,254.42	1,876,344.65

Eje de proyecto		
Coordenadas UTM Z14N WGS84		
Vértice	X	Y
288	394,250.02	1,876,346.57
289	394,245.58	1,876,348.39
290	394,241.09	1,876,350.10
291	394,236.56	1,876,351.66
292	394,231.97	1,876,353.07
293	394,227.33	1,876,354.29
294	394,218.33	1,876,356.06
295	394,209.22	1,876,357.06
296	394,200.05	1,876,357.30
297	394,190.90	1,876,356.77
298	394,181.83	1,876,355.47
299	394,172.89	1,876,353.42
300	394,164.16	1,876,350.62
301	394,155.70	1,876,347.10
302	394,147.56	1,876,342.89
303	394,139.80	1,876,338.00
304	394,132.48	1,876,332.48
305	394,125.65	1,876,326.37
306	394,119.36	1,876,319.70
307	394,116.29	1,876,316.01
308	394,113.37	1,876,312.20
309	394,110.59	1,876,308.29
310	394,107.93	1,876,304.30
311	394,105.37	1,876,300.23
312	394,102.91	1,876,296.11
313	394,100.51	1,876,291.95
314	394,098.18	1,876,287.76
315	394,095.87	1,876,283.55
316	394,093.59	1,876,279.32
317	394,089.04	1,876,270.88
318	394,061.48	1,876,219.81
319	394,057.97	1,876,213.29
320	394,056.21	1,876,210.04
321	394,054.45	1,876,206.78
322	394,052.68	1,876,203.54

Eje de proyecto		
Coordenadas UTM Z14N WGS84		
Vértice	X	Y
323	394,050.88	1,876,200.30
324	394,049.07	1,876,197.08
325	394,047.22	1,876,193.87
326	394,045.35	1,876,190.68
327	394,043.43	1,876,187.52
328	394,041.47	1,876,184.38
329	394,039.46	1,876,181.27
330	394,032.54	1,876,171.42
331	394,025.06	1,876,161.99
332	394,017.05	1,876,153.00
333	394,008.54	1,876,144.50
334	393,999.54	1,876,136.49
335	393,990.10	1,876,129.02
336	393,980.25	1,876,122.11
337	393,970.01	1,876,115.78
338	393,959.43	1,876,110.05
339	393,948.53	1,876,104.94
340	393,937.35	1,876,100.47
341	393,925.94	1,876,096.65
342	393,922.38	1,876,095.61
343	393,918.82	1,876,094.62
344	393,915.24	1,876,093.69
345	393,911.65	1,876,092.80
346	393,908.05	1,876,091.95
347	393,904.44	1,876,091.13
348	393,900.82	1,876,090.34
349	393,897.21	1,876,089.56
350	393,893.58	1,876,088.80
351	393,889.96	1,876,088.05
352	393,882.72	1,876,086.54
353	393,788.50	1,876,066.94
354	393,777.74	1,876,064.70
355	393,772.35	1,876,063.58
356	393,766.96	1,876,062.48
357	393,761.57	1,876,061.42

Eje de proyecto		
Coordenadas UTM Z14N WGS84		
Vértice	X	Y
358	393,756.16	1,876,060.40
359	393,750.74	1,876,059.45
360	393,745.31	1,876,058.59
361	393,739.86	1,876,057.82
362	393,734.40	1,876,057.18
363	393,728.93	1,876,056.67
364	393,723.44	1,876,056.32
365	393,714.13	1,876,056.11
366	393,704.82	1,876,056.39
367	393,695.54	1,876,057.16
368	393,690.08	1,876,057.85
369	393,684.65	1,876,058.68
370	393,679.23	1,876,059.65
371	393,673.84	1,876,060.74
372	393,668.47	1,876,061.93
373	393,663.12	1,876,063.20
374	393,657.79	1,876,064.54
375	393,652.47	1,876,065.93
376	393,647.15	1,876,067.36
377	393,641.85	1,876,068.80
378	393,631.23	1,876,071.68
379	393,118.00	1,876,211.15

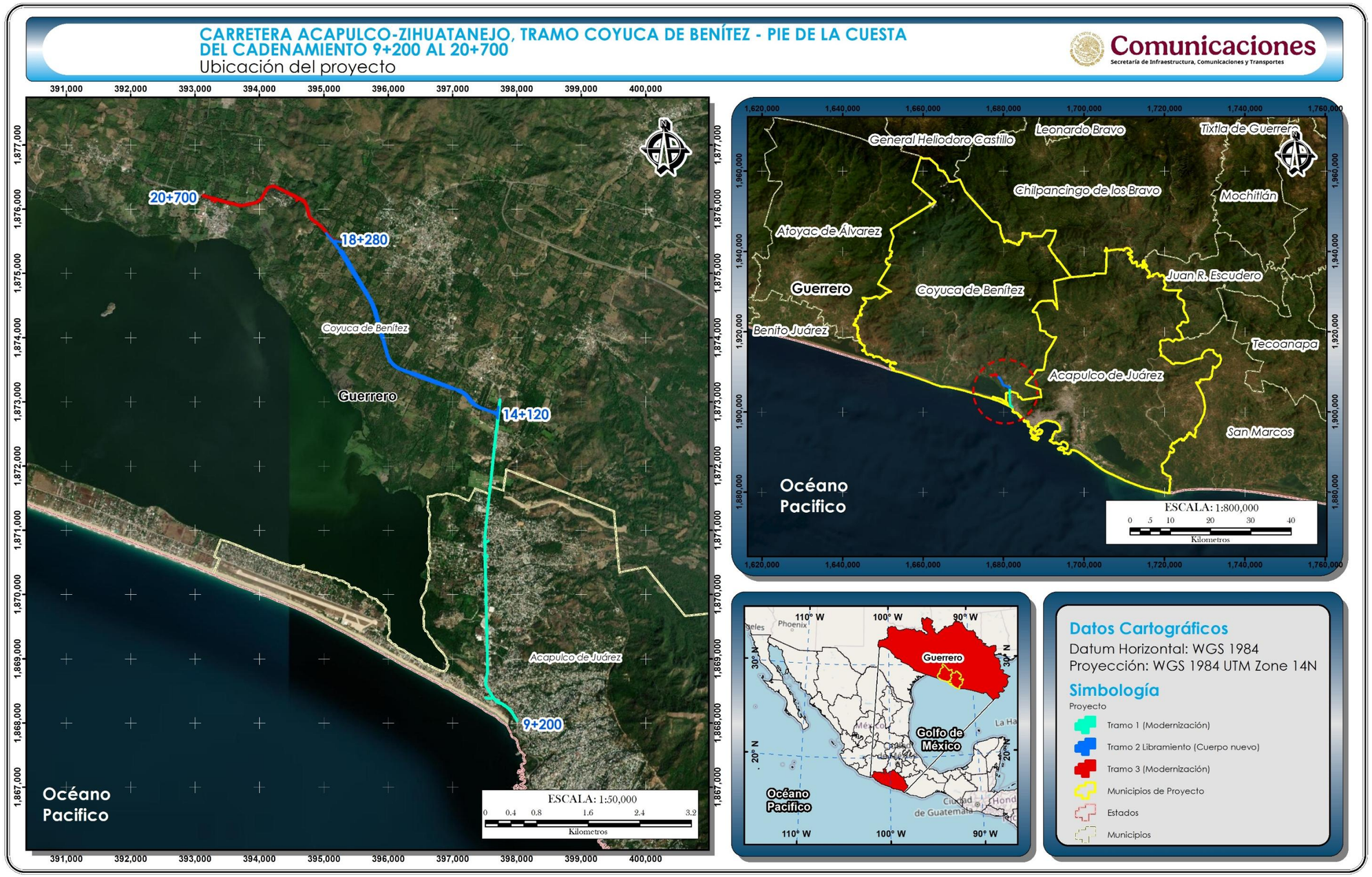


Figura II-1. Ubicación del trazo del proyecto "Carretera Acapulco-Zihuatanejo, Tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta, del cadenamiento 9+200 al 20+700".

II.1.3.2 Dimensiones del proyecto conforme a las superficies de aprovechamiento

Tomando como referencia la carta de Usos de Suelo y Vegetación, escala 1:250,000, serie VII del INEGI 2018, en el Sistema Ambiental Regional definido para el proyecto conforme a lo establecido en el Capítulo IV, se reportan 19 usos de suelo y tipos de vegetación, tal y como se muestra en la Figura II-2, y se enlistan a continuación:

- Agricultura de temporal anual y permanente
- Agricultura de temporal permanente.
- Asentamientos humanos.
- Bosque de encino.
- Cuerpo de agua.
- Manglar.
- Pastizal cultivado.
- Selva baja caducifolia.
- Selva mediana subcaducifolia.
- Selva mediana subperennifolia.
- Tular.
- Vegetación de dunas costeras.
- Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino.
- Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino.
- Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subcaducifolia.
- Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino.
- Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia.
- Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subcaducifolia
- Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia.

Por otro lado, a nivel del área del proyecto, es decir, dentro de la superficie de intervención prevista de 255,662.65 m^2, la misma carta en referencia presentada a través de la Figura II-3, reporta solo cuatro usos de suelo y tipos de vegetación: asentamientos humanos, agricultura de temporal permanente y vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia.

La carta de usos de suelo y vegetación, escala 1:250,000, serie VII, publicada por el INEGI en el 2021, es una importante herramienta para determinar los posibles usos de suelo y vegetación en un área de interés, además de ser la fuente oficial en esta materia. Sin embargo, en trabajos que requieren presentar la información en detalle corren el riesgo de cometer importantes errores en la determinación de los usos de suelo, tipos de vegetación y superficies, ello tomando en cuenta que esta cartografía se elaboró usando información obtenida a partir de la aplicación de técnicas de fotointerpretación con imágenes geomedianas de la constelación satelital Landsat seleccionadas con año base 2018 (INEGI, 2021). Aunado a la desactualización de dicha información, hay que tener en cuenta que esta carta tiene una escala de 1:250,000, lo que implica que se pierde detalle cuando se requiere trabajar con áreas pequeñas.

Aún y con las deficiencias que representa el comparar superficies basadas en esta cartografía, tales como la escala en la que están elaboradas, la desactualización de la información y la diferenciación entre comunidades vegetales, es una herramienta oficial valiosa, que auxilia en la caracterización vegetal de áreas a diferentes niveles de análisis, como es el caso que nos ocupa.

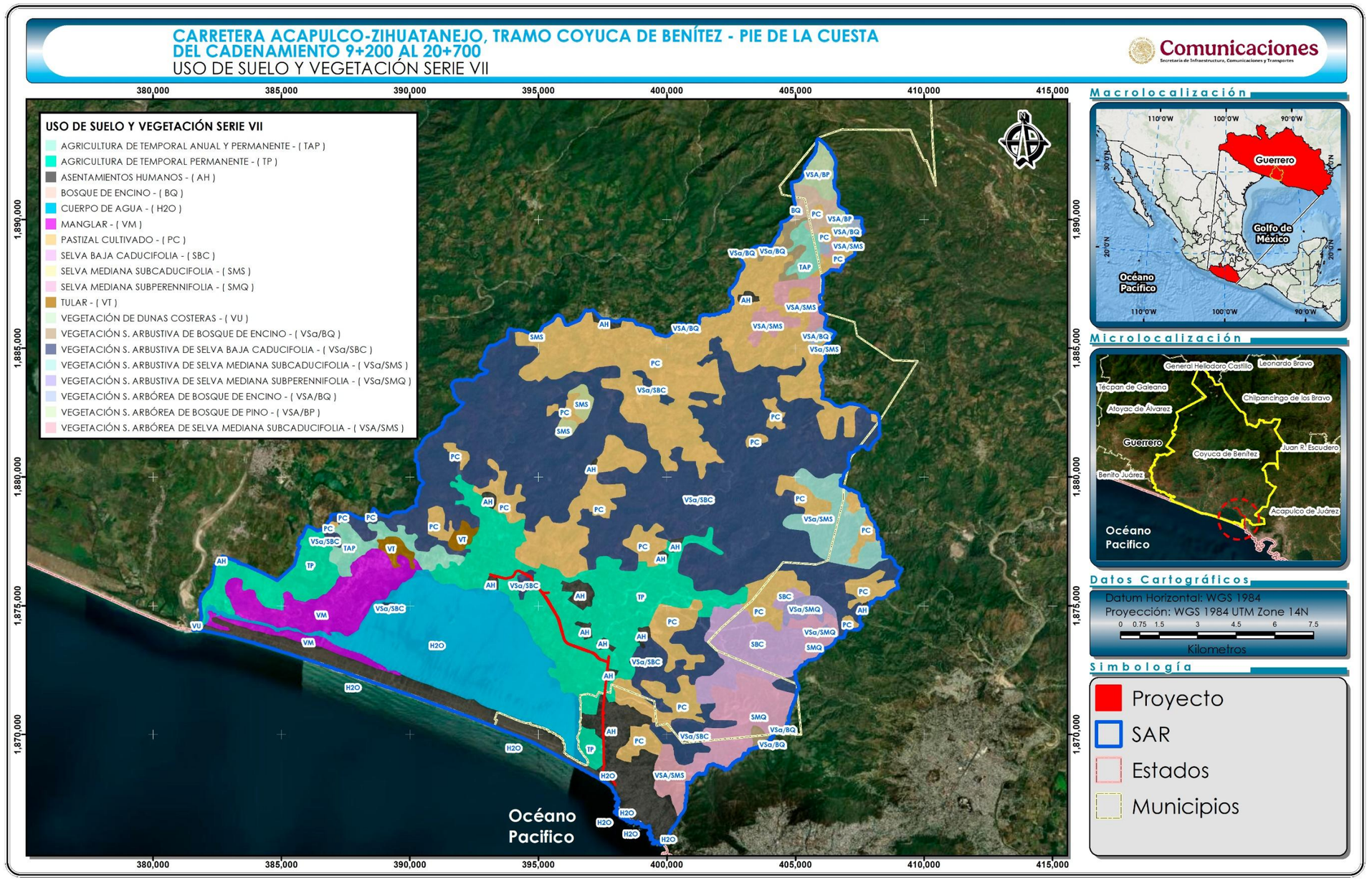


Figura II-2. Distribución de los tipos de usos de suelo y vegetación presentes en el SAR definido para el proyecto con base en la carta de usos de suelo y vegetación, escala 1:250,000, serie VII del INEGI.

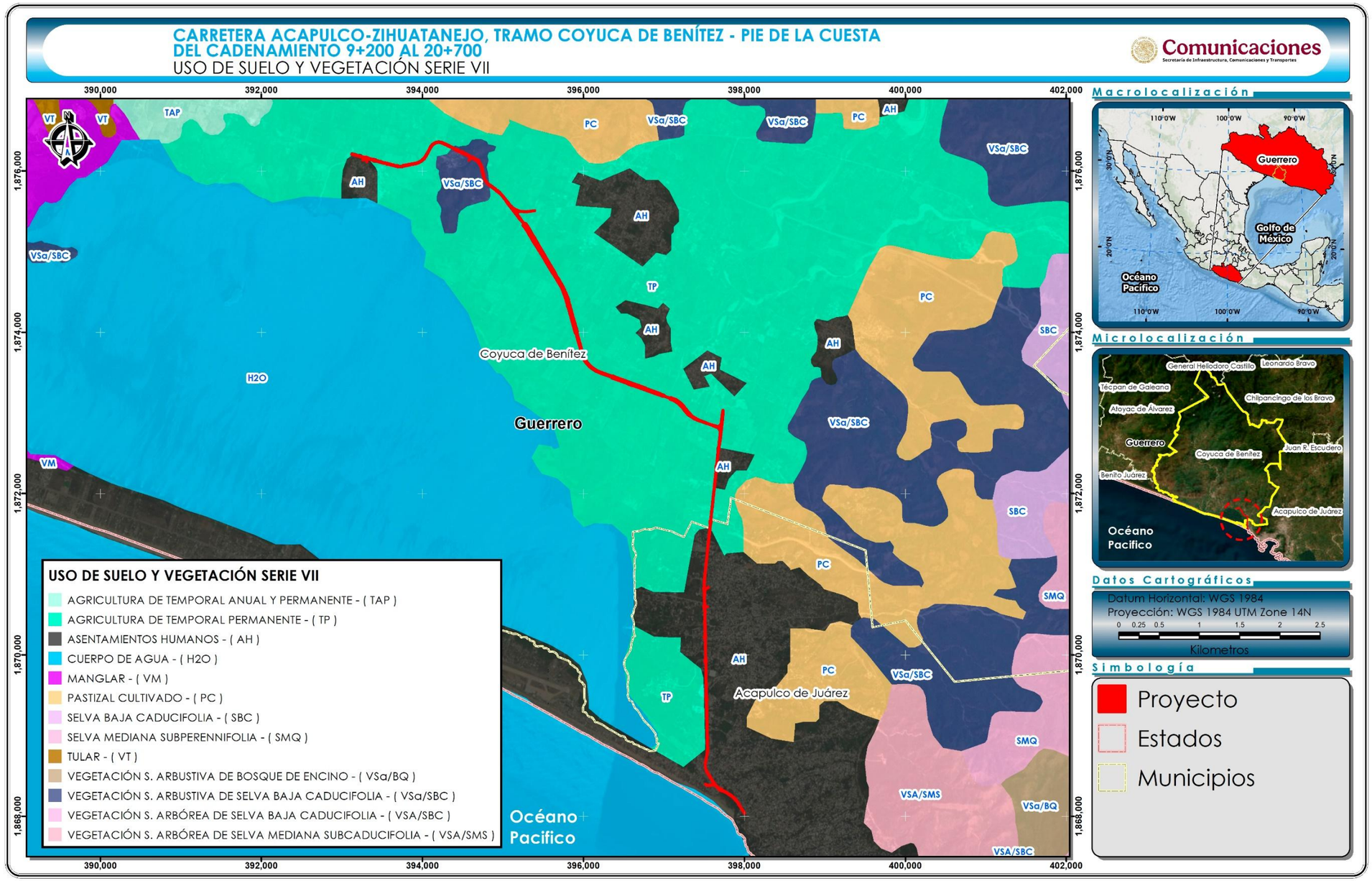


Figura II-3. Usos de suelo y vegetación presentes sobre el trazo del proyecto con base en la carta de usos de suelo y vegetación, escala 1:250,000, serie VII del INEGI.

A fin de reducir los errores en la definición de los usos de suelo y vegetación que presenta la carta del INEGI, se realizó un levantamiento en campo. Como resultado del trabajo realizado se identificaron cuatro distintos usos de suelo y tipos de vegetación en el área del proyecto, siendo dominante la agricultura de temporal permanente cubriendo el 48.87% de los 255,662.65 m^2, seguida por el área sin vegetación aparente con el 30.99 %, los asentamientos humanos con el 10.77 % y el área con cobertura de vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, la cual solo estuvo presente en el 9.38 % de la superficie del área del proyecto (Tabla II-4).

Asimismo, derivado del levantamiento en campo se pudo identificar que, de los 255,662.65 m^2 de superficie total del proyecto, solo el 9.38 % corresponde a vegetación forestal con presencia de vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia; para lo cual, se solicitará el Cambio de Uso de Suelo de Terrenos Forestales (CUSTF) a través de la presentación del Estudio Técnico Justificativo (ETJ) correspondiente.

Tabla II- 4 Usos de suelo y tipos de vegetación dentro del área del proyecto.

No.	Uso de suelo	Uso de suelo y/o vegetación	Superficie (m^2)	Superficie (ha)	Proporción %
1	Forestal	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	23,976.07	2.398	9.38
	Subtotal		**23,976.07**	**2.398**	**9.38**
1	No forestal	Agricultura de temporal permanente	124,932.35	12.493	48.87
2		Sin vegetación aparente	79,217.18	7.922	30.99
3		Asentamientos humanos	27,537.05	2.754	10.77
	Subtotal		**231,686.58**	**23.169**	**90.62**
	Totales		**255,662.65**	**25.566**	**100.00**

En la siguiente figura se muestran las superficies con cobertura vegetal forestal que serán afectadas por el desarrollo del proyecto y que, por consiguiente, requieren de autorización para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

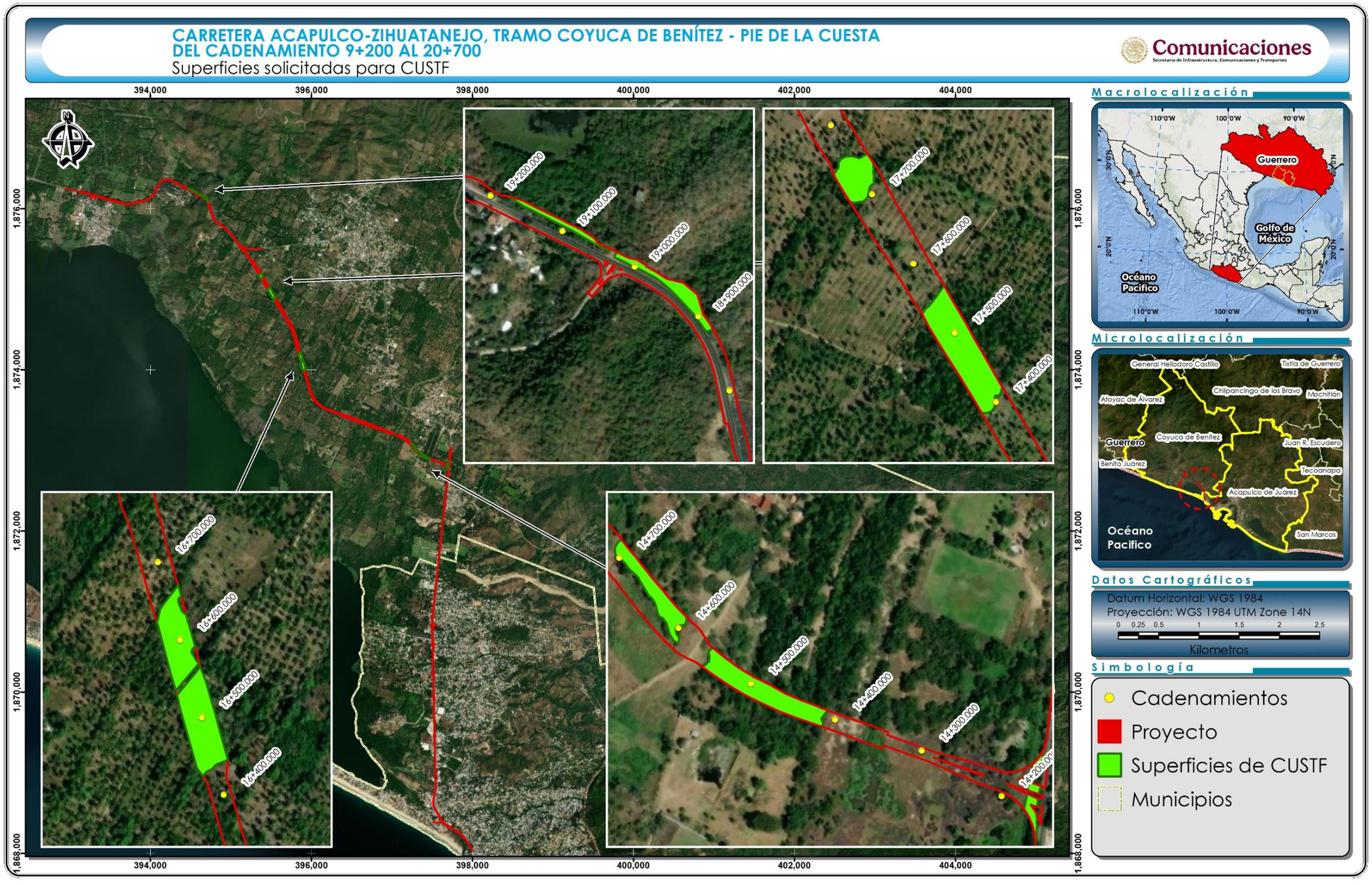


Figura II-4. Ubicación de las superficies de afectación a la vegetación forestal, mismas que se solicitan para efectuar el cambio de uso de suelo.

II.1.4 Inversión requerida

El costo total de la modernización de la carretera será de $90'923,682.50 (Noventa millones novecientos veintitrés mil seiscientos ochenta y dos pesos 50/100 M.N), los cuales serán recursos de tipo federales ejercidos por la SICT.

Los costos necesarios para aplicar las medidas de mitigación serán del 5% del costo total del proyecto.

II.2 CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO

Previo a cualquier estudio o levantamiento topográfico, se llevó a cabo la evaluación del pavimento existente mediante un levantamiento de daños, el cual se presenta en el Anexo B. En términos generales, el pavimento existente en todo el tramo se pudo calificar como regular. En toda la superficie de rodamiento existente en ambos sentidos de la carretera en estudio se identificaron daños en las condiciones físicas, siendo principalmente deformaciones de tipo longitudinal o roderas, algunos baches de tipo superficial.

En tramos específicos se observaron grietas de tipo piel de cocodrilo, en grado ligero, cuya profundidad máxima llega a 20 mm. En algunas zonas deformadas se identificaron algunas grietas ligeras asociadas a las roderas, clasificándose de muy ligeras a ligeras, predominando las de tipo longitudinal. Aunado a la problemática anteriormente mencionada, se trata de una vía con problemas constantes de congestionamiento vehicular.

Bajo el contexto anterior, se consideró necesario realizar los estudios en campo para la modernización de la carretera existente, incluyendo dentro del proyecto un libramiento que desahogue el congestionamiento que se ocasiona durante la circulación por distintos centros poblacionales. Los estudios realizados para el

planteamiento técnico – operativo del proyecto fueron: 1) geotecnia, que corresponde a análisis de las propiedades físicas, mecánicas y estratigrafía del suelo, esencial para definir la cimentación adecuada, evitar asentamientos o inestabilidad y prevenir problemas; 2) mecánica de suelos, el cual resulta esencial para definir la capacidad de compactación, estabilidad de taludes y sistemas de drenaje; 3) estudio de tránsito para conocer al aforo vehicular; 4) levantamiento topográfico, y, 5) sondeos de PCA (Pozos a Cielo Abierto). La información recabada en campo fue analizada a través de trabajos de gabinete por técnicos especializados en cada uno de los temas, a través de la cual se pudo definir el proyecto constructivo y de señalamiento que se describe a continuación.

II.2.1 Superficies de afectación

La carretera actual es de tipo C, y con la modernización planteada se podrá transformar a una carretera tipo A2. Como parte de la modernización, se contempla dar orden y seguridad al transporte público a través de la construcción de 10 paraderos dobles, conectar las comunidades más importantes a través de siete entronques y asegurar el mantenimiento de los escurrimientos intermitentes con cinco puentes como obras de drenaje mayor. Además, se contempla la construcción de un libramiento que permitirá desahogar áreas congestionadas.

El trazo del proyecto se diferencia en tres tramos según las características técnico-constructivas (Tabla II-5), y en su conjunto, contemplan una superficie total de carretera proyectada de 255,662.65 m^2. El primero inicia en la zona urbana de la localidad Pie de la Cuesta, en dirección noroeste, comprende del cadenamiento 9+200 al 14+120 y contempla la modernización de la carretera existente. Actualmente, este tramo de carretera cubre una superficie de 30,878.41 m^2 y, con la ampliación de 7.0 m a 12.0 m de ancho de corona se afectará una superficie adicional de 18,000.24 m^2. En este tramo se contemplan, además, ocho paradas,

cuatro entronques y un puente; la superficie total de afectación para este tramo es de 77,522.96 m^2.

El segundo tramo va del cadenamiento 14+120 al 18+280, en el cual se contempla la conformación de un libramiento o cuerpo nuevo, con una superficie de afectación, incluyendo ceros y corona, de 120,190.67 m^2, mismo que se reincorpora a la carretera original una vez librando los núcleos poblacionales. Lo anterior, sumado a un entronque y un puente contemplados dentro de este segundo tramo del proyecto, resulta en una superficie de afectación de 132,677.94 m^2.

El tercer tramo contempla la modernización de la carretera existente y va del cadenamiento 18+280 al 20+700. Actualmente este tramo de la carretera cubre una superficie de 9,972.14 m^2, y se incrementa a 24,746.21 m^2 por la ampliación a 12.0 m de ancho de corona, incluyendo línea de ceros. Este tercer tramo del proyecto también contempla dos paradas, dos entronques y tres puentes, que sumado a la modernización resulta en una superficie de afectación de 45,461.75 m^2.

A través del Anexo C se presenta el archivo electrónico en formato kml, con el desplante del proyecto, incluyendo la totalidad de obras y superficies de afectación.

Tabla II- 5. Relación de obras y superficies consideradas en el proyecto.

Estructura	Nombre	Cadenamiento referencia	Cadenamiento (Inicio – Final)	Superficie	
				m²	ha
Tramo 1 (Modernización), del km 9+200 al 14+120					
Entronque	Pie de la Cuesta	9+732	9+565 al 9+880	5,723.38	0.57
Puente	El Pedreguero	11+740	11+715.50 al 11+763.50	717.57	0.07
Entronque	Pedregroso I	11+970	11+850 al 12+040	2,892.38	0.29
Entronque	Pedregroso II	12+180	12+040 al 12+400	4,477.79	0.45
Entronque	Cerro de Oro	0+267.8	13+920 al 14+350	11,931.13	1.19
Paradas	1 al 8			2,902.07	0.29
Ampliación				18,000.24	1.80
Carretera existente				30,878.41	3.09
			Subtotal	**77,522.96**	**7.75**
Tramo 2 (Tramo Nuevo - Libramiento), del km14+120 al km 18+280					
Puente	El Conchero II	14+930	14+898.15 al 14+976.15	1,080.05	0.11
Entronque	La Esmeralda	18+120	17+960.56 al 18+420	11,407.22	1.14
Ceros				77,784.76	7.78
Corona				42,405.91	4.24
			Subtotal	**132,677.94**	**13.27**
Tramo 3 (Modernización), del km 18+280 al 20+700					
Puente	La Loma	18+480	18+468.31 al 18+497.63	460.67	0.05
Entronque	Brasilia	19+020	18+760 al 19+220	9,660.24	0.97
Puente	Embarcadero I	20+080	20+047.70 al 20+103.70	962.63	0.10
Puente	Embarcadero II	20+500	20+535.16 al 20+625.16	1,245.79	0.12
Entronque	Embarcadero	20+520	20+320 al 20+700	8,326.38	0.83
Paradas	9 y 10			59.83	0.01
Ampliación				5,878.47	0.59
Carretera existente				9,972.14	1.00
Ceros				8,895.61	0.89
			Subtotal	**45,461.75**	**4.55**
Superficie total de la carretera proyectada				**255,662.65**	**25.57**

II.2.1.1 Modernización y libramiento

Para los tres tramos se contempla proyectar una carretera tipo A2, con corona de 12.0 m de ancho y carpeta de concreto asfáltico. Los tramos 1 y 3, en los que se contempla la ampliación de la carretera existente (Figura II-5), se tendrá una carretera con dos carriles de 3.5 m de ancho cada uno, lo que indica un carril en cada sentido, y con acotamientos laterales de 2.5 m de ancho. El derecho de vía será de 40 m de ancho, con 20 m a cada lado del eje.

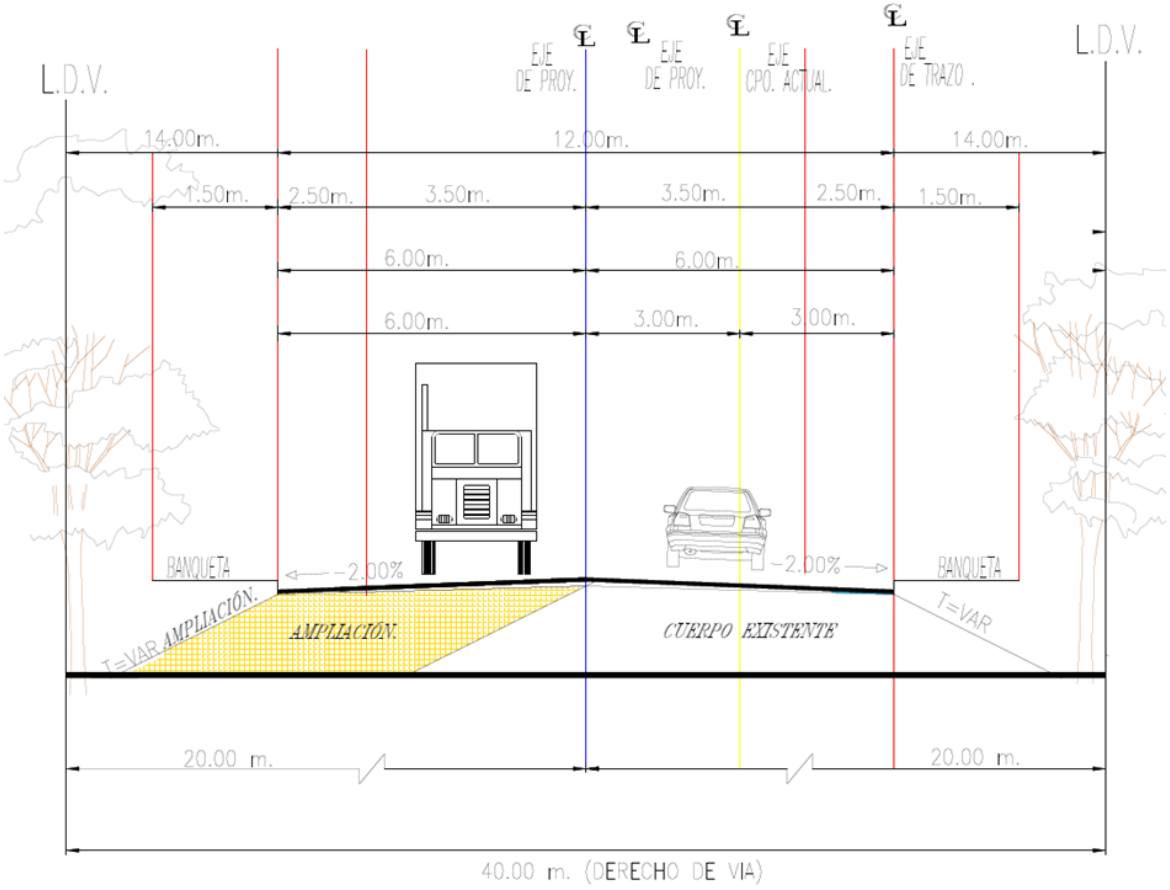


Figura II-5. Sección de la ampliación de la carretera a una tipo A2, para los tramos 1 y 3.

Para el tramo 2 (libramiento), que corresponde a un cuerpo nuevo con carpeta de concreto asfáltico, también corresponderá a un camino tipo A2 (Figura II-6). Este tramo del proyecto contará también con dos carriles de 3.5 m de ancho cada uno y con acotamientos laterales de 2.5 m de ancho, para un ancho de corona de 12.0 m sin división central. El derecho de vía será también de 40 m de ancho, con 20 m a cada lado del eje del nuevo cuerpo carretero.

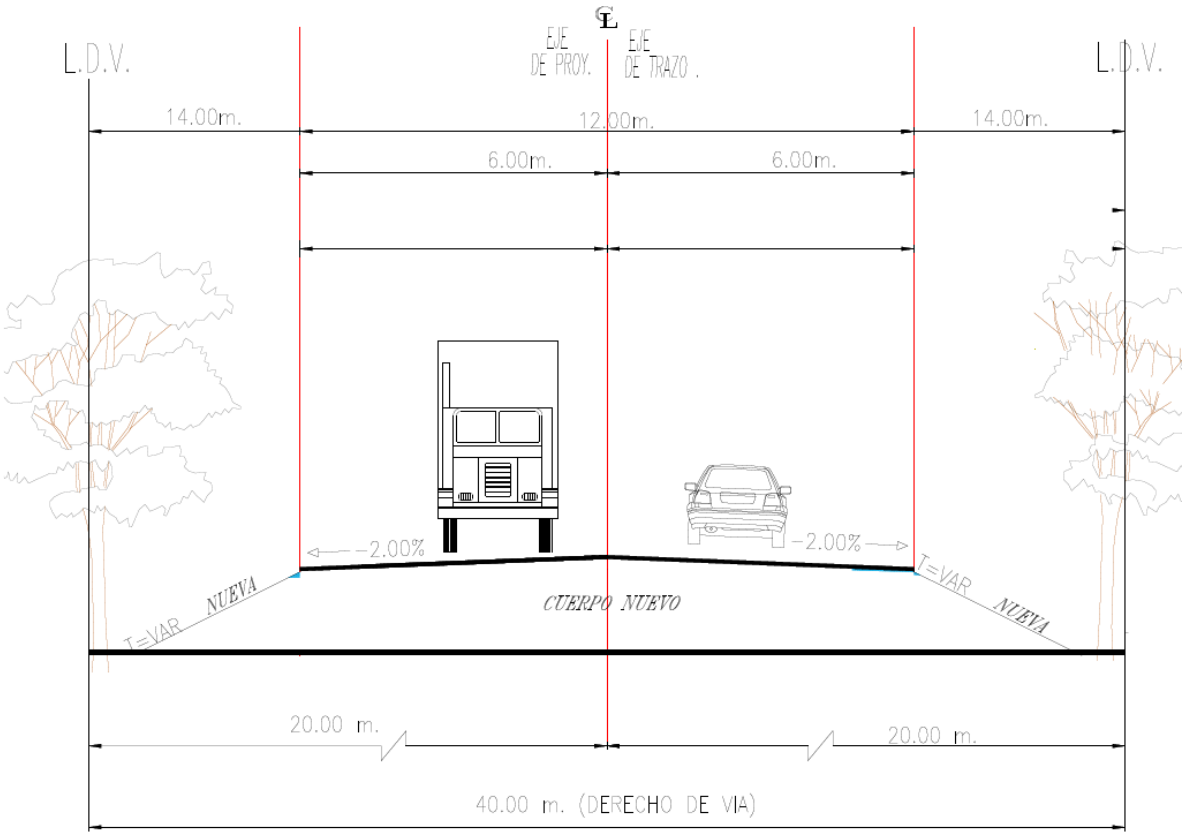


Figura II-6. Sección del nuevo cuerpo carretero para el tramo del libramiento.

II.2.1.2 Paraderos

Los paraderos de autobuses son elementos clave del mobiliario urbano diseñados para la organización, seguridad y comodidad en el ascenso y descenso de pasajeros del transporte público. La función principal de este componente es crear un espacio donde se permita la parada oficial y segura del transporte público, evitando paradas en lugares no permitidos, garantizando un transporte más eficiente, ordenado y facilitando la movilidad urbana.

Como parte del proyecto se contempla la conformación de 10 paraderos dobles, es decir, uno ubicado a cada lado de la vía, evitando entorpecer el transito sobre la carretera (Figura II.7). En la mayoría de los casos, se contempló ubicar los paraderos de manera paralela, no obstante, los paraderos 4, 5 y 6 son paraderos dobles con un ligero desfase en su ubicación (Figura II.8). Considerando los 10 paraderos se contempla una superficie total de afectación de 2,961.90 m^2 de conformidad con lo indicado en la Tabla II-5.

Las Figuras II-7 y II-8 muestran gráficamente las características de los paraderos dobles paralelos y dobles desfasados; en ambos casos, serán estructuras completas con techumbre (Figura II-9).



Figura II-7. Representación gráfica de un paradero doble paralelo.



Figura II-8. Representación gráfica de un paradero doble desfasado.



Figura II-9. Representación gráfica del diseño y estructura de techumbre que se contempla en los paraderos.

II.2.1.3 Entronques

El proyecto contempla siete entronques a nivel, estratégicos para la conexión segura de los conductores hacia las comunidades principales, a través de los cuales se permitirá el cruce vehicular con dos o más caminos en el mismo plano. El flujo vehicular se gestionará mediante señalización, semáforos e isletas según corresponda, sin utilizar estructuras de puente o túnel. El diseño geométrico se centra en la correcta unión de los ejes troncales y secundarios para asegurar la seguridad y eficiencia en las maniobras de giro. La superficie total de afectación por la construcción de los siete entronques es de **54,418.52** m^2.

La Tabla II-6 presenta los siete entronques que se tienen contemplados construir, sus cadenamientos de referencia y la superficie de desplante de cada uno.

Tabla II- 6. Ubicación y superficies de afectación de los entronques del proyecto.

Nombre	Cadenamiento		Superficie	
	Referencia	Inicio y Fin	m^2	ha
Pie de la Cuesta	9+732	9+565 al 9+880	5,723.38	0.572
Pedregroso I	11+970	11+850 al 12+040	2,892.38	0.289
Pedregroso II	12+180	12+040 al 12+400	4,477.79	0.448
Cerro de Oro	0+267.8	13+920 al 14+350	11,931.13	1.193
La Esmeralda	18+120	17+960.56 al 18+420	11,407.22	1.14
Brasilia	19+020	18+760 al 19+220	9,660.24	0.97
Embarcadero	20+520	20+320 al 20+700	8,326.38	0.83
TOTAL			**54,418.52**	**5.442**

II.2.1.3.1 Entronque Pie de la Cuesta

Obra nueva que pretende iniciar en el cadenamiento 9+565 y concluir en el cadenamiento 9+880 (Tabla II-7). Este entronque permitirá conectar la carretera Acapulco - Zihuatanejo con la comunidad de Pie de la Cuesta a través de la avenida Fuerza Aérea Mexicana, ubicada al oeste y que atraviesa toda la barra que separa a la Laguna de Coyuca con el Océano Pacífico. Este entronque tendrá una superficie total de afectación de 5,723.38 m^2, constará de cuatro carriles, cada uno de 3.5 m de ancho, acotamiento exterior de 2.5 m y un ancho de corona de 20 m.

Tabla II-7. Descripción técnica del entronque Pie de la Cuesta del proyecto.

Concepto	Eje troncal	Eje secundario	Eje 20	Eje 30
Sección tipo	A-2	Entronque a camino	Ramal	Ramal
Cadenamiento (inicio y final)	9+565 al 9+880	10+000 al 10+087.950	20+000 al 20+055.082	30+000 al 30+037.133
Carriles (No.)	4	2	1	1
Ancho de carriles (m)	3.5	5.5	5.5	5.5
Acotamiento exterior (m)	2.5	2.5	2.5	2.5 y 1.0
Ancho de corona (m)	20	16	8	9
Superficie total (m^2)	**5,723.38 m^2**			

La Figura II-10 corresponde al plano que muestra la ubicación y características descriptivas del entronque Pie de la Cuesta por ubicarse en el cadenamiento 9+732 del trazo del proyecto.

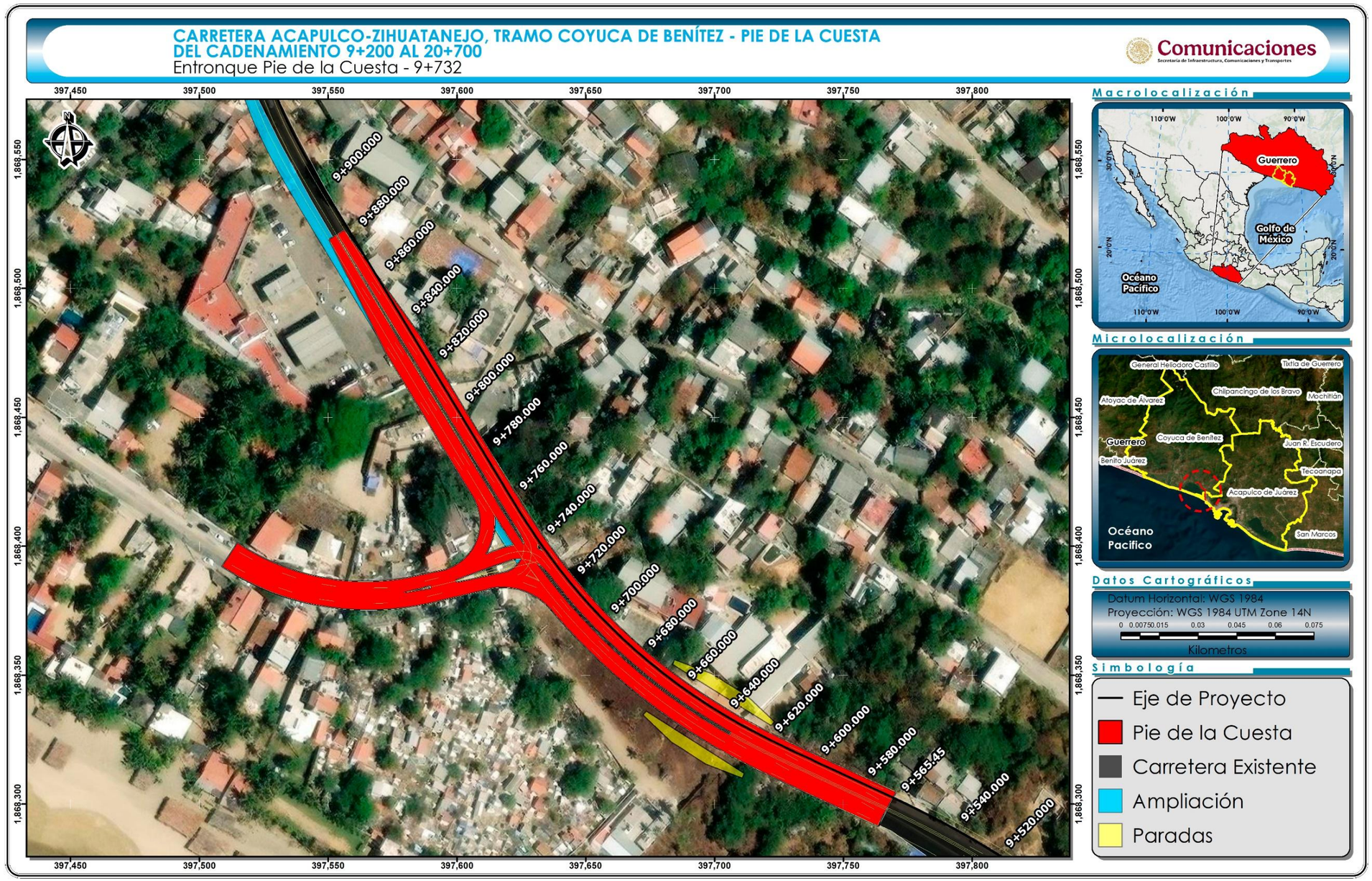


Figura II-10. Ubicación y descripción gráfica del entronque Pie de la Cuesta en el cadenamiento 9+732.

II.2.1.3.2 Entronque Pedregoso I

Esta obra nueva pretende iniciar en el cadenamiento 11+850 y concluir en el cadenamiento 12+040 (Tabla II-8). Este entronque permitirá conectar la carretera Acapulco - Zihuatanejo con la comunidad Pedregoso a través de las calles San Pedro, ubicada al sureste, y San Pablo, ubicada al noreste. Su diseño contempla un entronque de cuatro carriles, cada uno de 3.5 m de ancho, acotamientos de 2.5 m, un ancho de corona de 20 m y una superficie total de afectación de 2,892.38 m^2.

Tabla II-8. Descripción técnica del entronque Pedregoso I del proyecto.

Concepto	Eje troncal	Eje secundario	Eje 20	Eje 30
Sección tipo	A-2	Entronque a camino	Ramal	Ramal
Cadenamiento (inicio y final)	11+850 al 12+040	40+000 al 40+034.75	20+000 al 20+045	30+000 al 30+030.50
Carriles (No.)	4	2	2	2
Ancho de carriles (m)	3.5	3.5	3.5	3.5
Acotamiento exterior (m)	2.5	2.5	0.0	0.0
Ancho de corona (m)	20.0	12.0	7.0	7.0
Superficie total (m^2)	**2,892.38**			

La Figura II-11 corresponde al plano que muestra la ubicación y características descriptivas del entronque Pedregoso I por ubicarse en el cadenamiento de referencia 11+970 del trazo del proyecto.

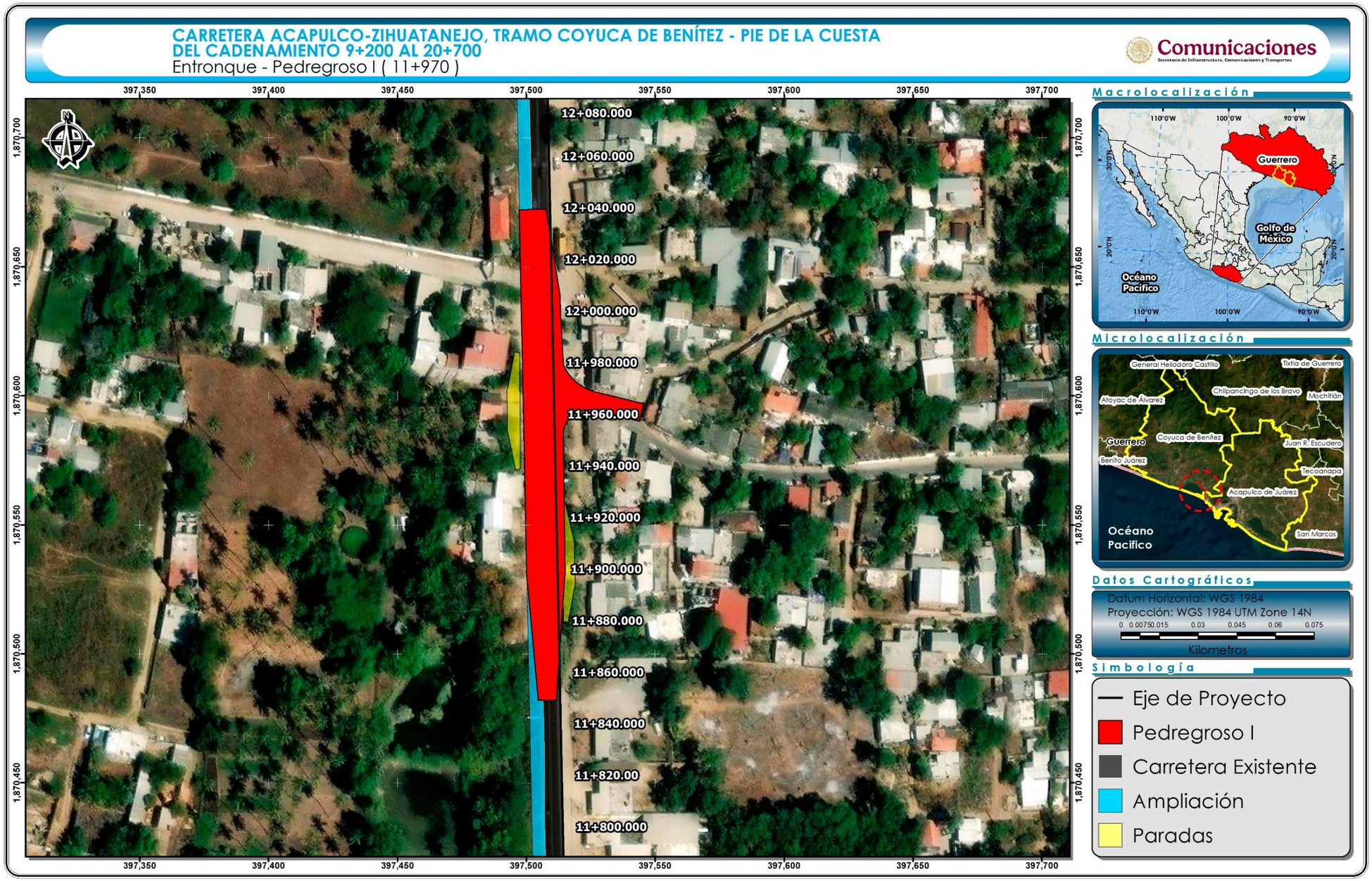


Figura II-11. Ubicación y descripción gráfica del entronque Pedregoso I en el cadenamiento de referencia 11+970.

II.2.1.3.3 Entronque Pedregoso II

Es una obra nueva que pretende iniciar en el cadenamiento 12+040 y concluir en el cadenamiento 12+400 (Tabla II-9). Este entronque tiene la finalidad de conectar la comunidad Pedregoso, a través de la calle Febronio Diaz, ubicada al sureste, y la Laguna, ubicada al noroeste, con la carretera Acapulco – Zihuatanejo. Su diseño contempla un entronque de cuatro carriles, cada uno de 3.5 m de ancho, acotamientos de 2.5 m, un ancho de corona de 20 m y una superficie total de afectación de 4,477.79 m^2.

Tabla II- 9. Descripción técnica del entronque Pedregoso II del proyecto.

Concepto	Eje troncal	Eje secundario 21	Eje 21	Eje 22
Sección tipo	A-2	Entronque a camino	Ramal	Ramal
Cadenamiento (inicio y final)	12+040 al 12+400	21+000 al 21+032.739	22+000 al 22+028.98	23+000 al 23+035.77
Carriles (No.)	4	2	1	1
Ancho de carriles (m)	3.5	3.5	3.5	3.5
Acotamiento exterior (m)	2.5	2.5	0.0	0.0
Ancho de corona (m)	20.0	12.0	3.5	3.5
Superficie total (m^2)	**4,477.79**			

La Figura II-12 corresponde al plano que muestra la ubicación y características descriptivas del entronque Pedregoso II por ubicarse en el cadenamiento de referencia 12+180 del trazo del proyecto.

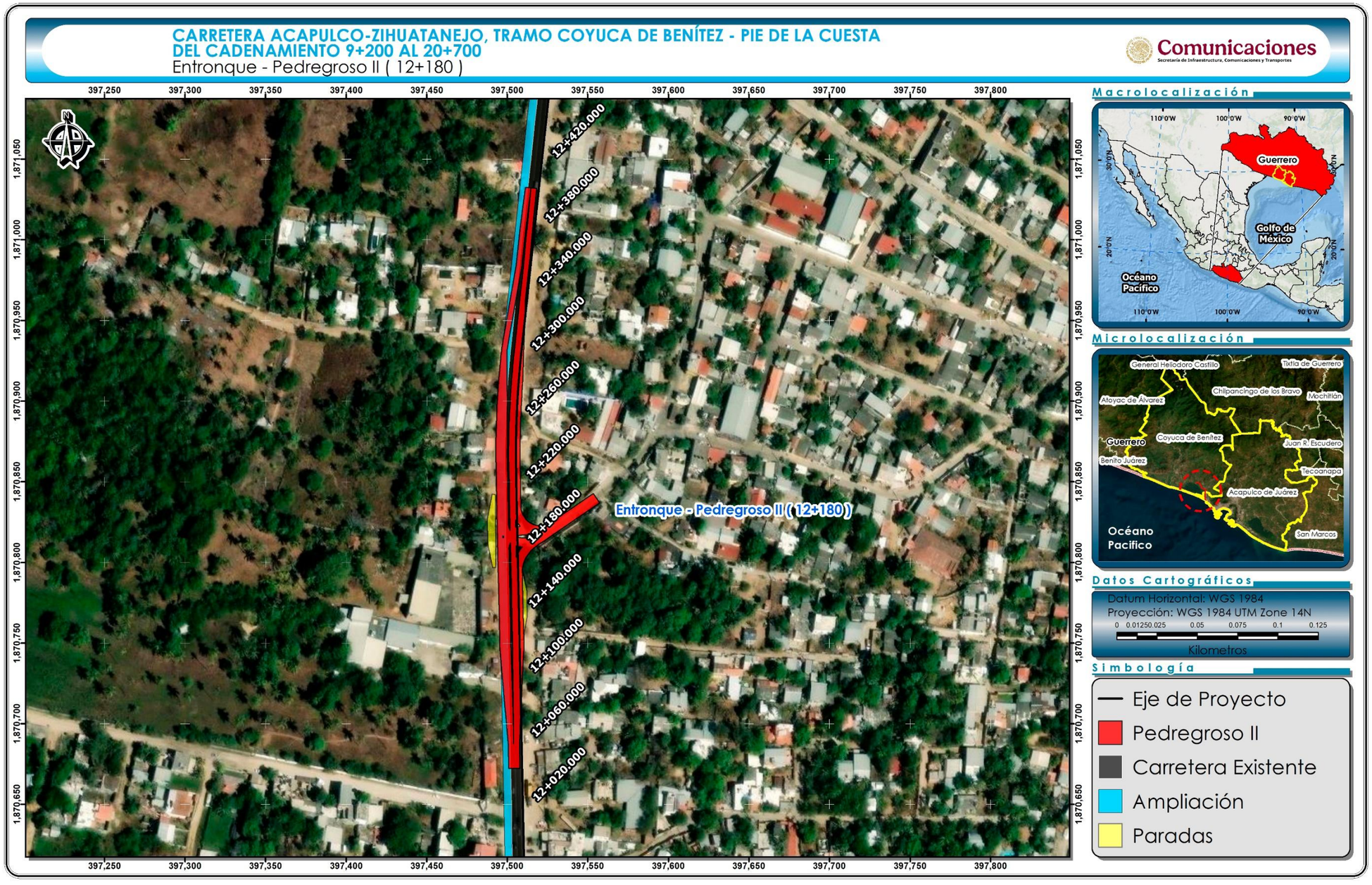


Figura II-12. Ubicación y descripción gráfica del entronque Pedregoso II en el cadenamiento de referencia 12+180.

II.2.1.3.4 Entronque Cerro de Oro

Este entronque es una obra nueva que pretende iniciar en el cadenamiento 13+920, de dirección sur a norte, y finalizar en el cadenamiento 14+350, con dirección noroeste hacia la comunidad Cerro de Oro (Tabla II-10). Está diseñado para conectar el flujo vehicular de la carretera Acapulco - Zihuatanejo con el libramiento a través del eje secundario, y los ejes 2 y 3 hacia Coyuca de Benítez. Su diseño contempla un entronque de cuatro carriles, cada uno de 3.5 m de ancho, acotamientos de 2.5 m, un ancho de corona de 20 m y una superficie total de afectación de 11,931.13 m^2.

Tabla II- 10. Descripción técnica del entronque Cerro de Oro del proyecto.

Concepto	Eje troncal	Eje secundario	Eje 2	Eje 3
Sección tipo	A-2	Entronque a camino	Ramal	Ramal
Cadenamiento (inicio y final)	13+920 al 14+350	1+000 al 1+140	2+000 al 2+099.66	3+000 al 3+104.924
Carriles (No.)	4	2	1	1
Ancho de carriles (m)	3.5	3.5	5.5	5.5
Acotamiento exterior (m)	2.5	2.5	2.5 y 1.0	2.5 y 1.0
Ancho de corona (m)	20.0	12.0	9.0	9.0
Superficie total (m^2)	**11,931.13**			

La Figura II-13 corresponde al plano que muestra la ubicación y características descriptivas del entronque Cerro de Oro por ubicarse en el cadenamiento de referencia 0+267.8 del libramiento y trazo del proyecto.

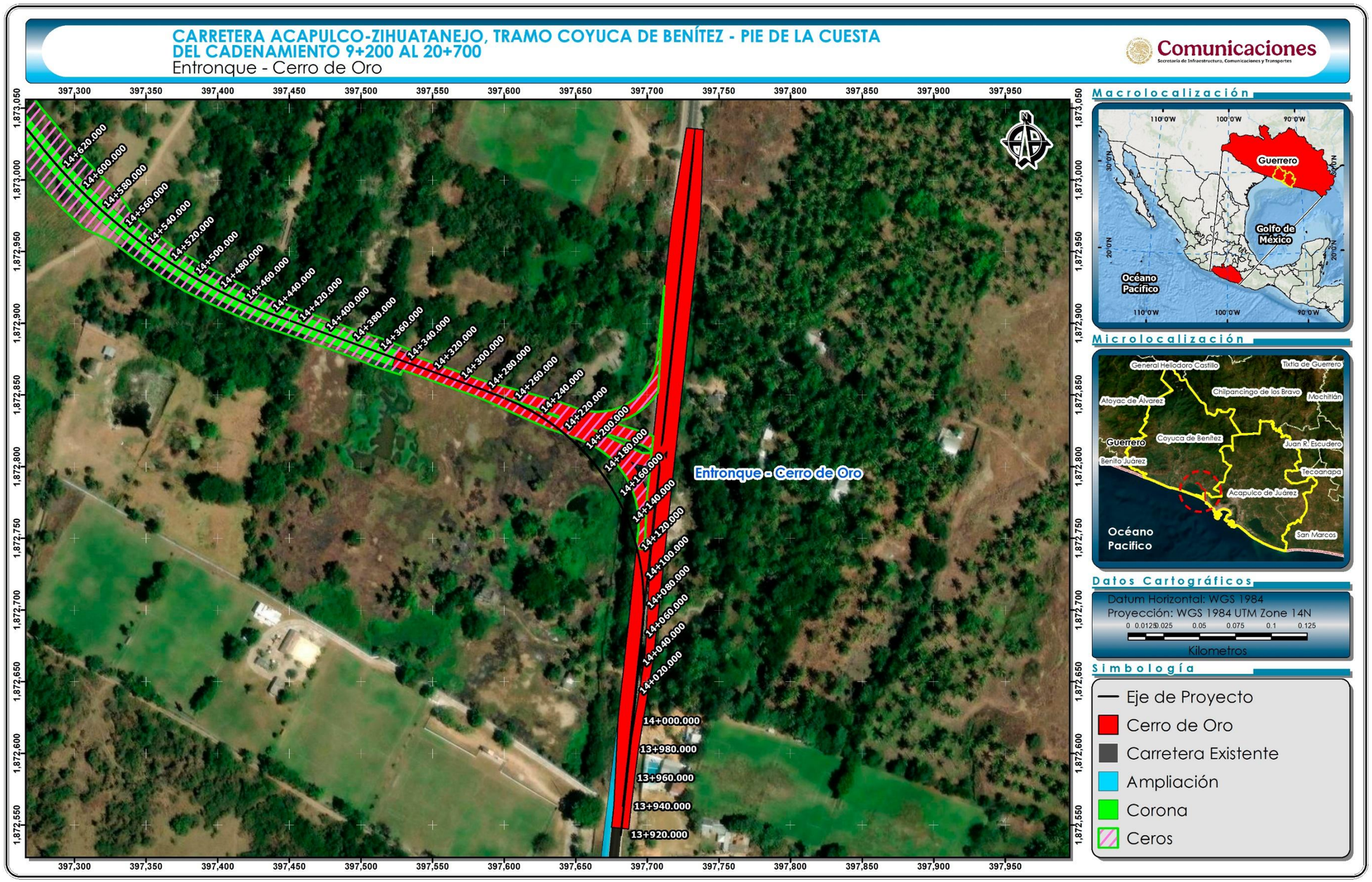


Figura II-13. Ubicación y descripción gráfica del entronque Cerro de Oro del proyecto.

II.2.1.3.5 Entronque La Esmeralda

Obra nueva que pretende iniciar en el cadenamiento 17+960.56 del libramiento y finalizar en el cadenamiento 18+420 (Tabla II-11). Este entronque contempla unir mediante isletas el flujo vehicular que venga del libramiento con la comunidad La Esmeralda, hacia el noroeste con carretera Acapulco - Zihuatanejo y al sureste con el libramiento. Su diseño contempla un entronque de cuatro carriles, cada uno de 3.5 m de ancho, acotamientos de 2.5 m, un ancho de corona de 20 m y una superficie total de afectación de 11,407.22 m^2.

Tabla II- 11. Descripción técnica del entronque La Esmeralda del proyecto.

Concepto	Eje troncal	Eje secundario	Eje 12	Eje 13
Sección tipo	A-2	Entronque a camino	Ramal	Ramal
Cadenamiento (inicio y final)	17+960.56 al 18+420	11+000 al 11+250.876	12+000 al 12+117.435	13+000 al 13+212.125
Carriles (No.)	4	2	1	1
Ancho de carriles (m)	3.5	3.5	5.5	5.5
Acotamiento exterior (m)	2.5	0.0	2.5 y 1.0	1.0
Ancho de corona (m)	20.0	7.0	9.0	7.5
Superficie total (m^2)	**11,407.22**			

La Figura II-14 corresponde al plano que muestra la ubicación y características descriptivas del entronque La Esmeralda por ubicarse en el cadenamiento de referencia 18+120 del trazo del proyecto.

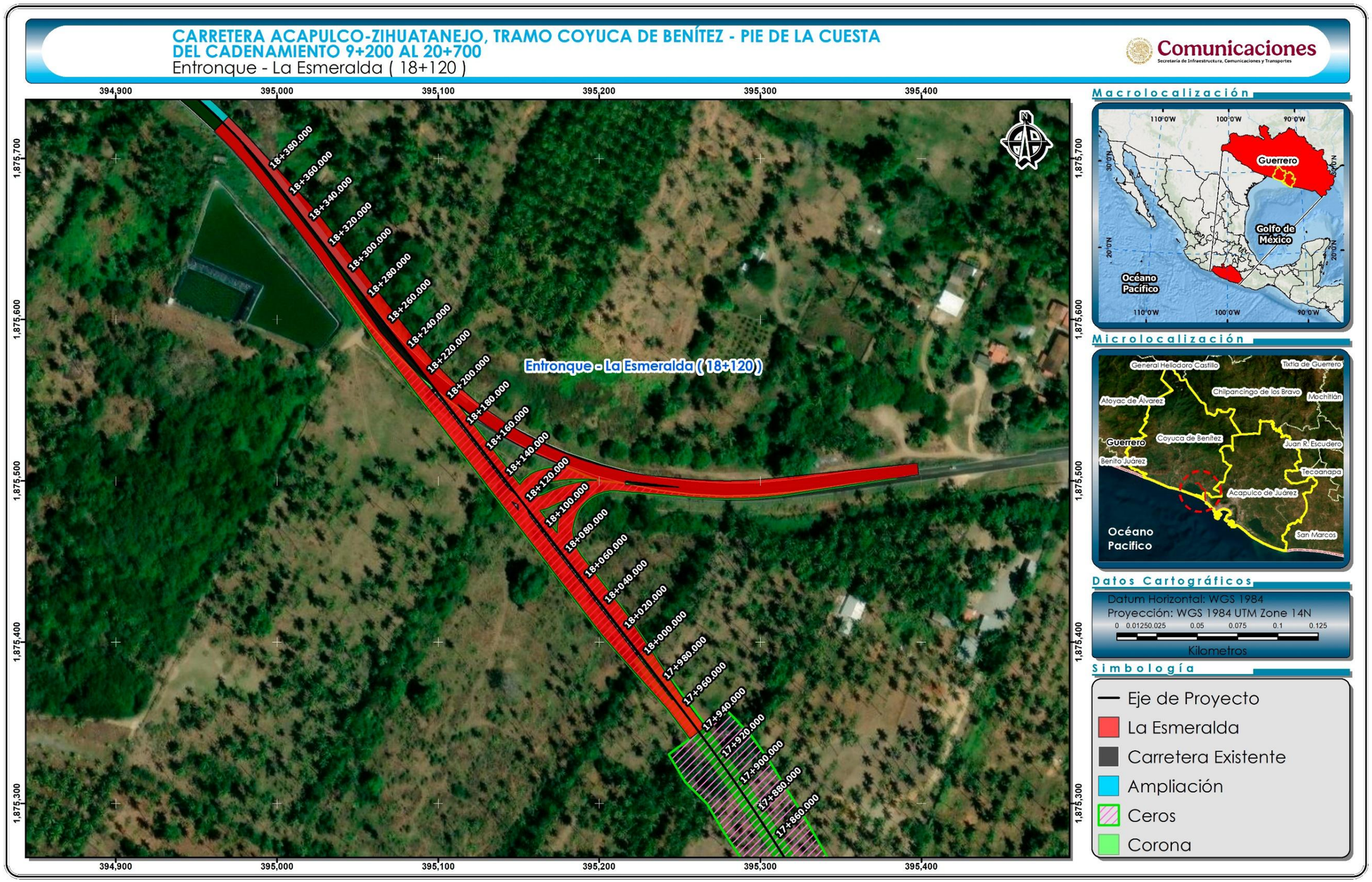


Figura II-14. Ubicación y descripción gráfica del entronque La Esmeralda en el cadenamiento de referencia 18+120.

II.2.1.3.6 Entronque Brasilia

Este entronque es una obra nueva que pretende iniciar en el cadenamiento 18+760 y concluir en el cadenamiento 19+220 (Tabla II-12). Con este entronque se tiene considerado conectar la Comunidad Brasilia con la Carretera Acapulco-Zihuatanejo. Su diseño contempla un entronque de cuatro carriles, cada uno de 3.5 m de ancho, acotamientos de 2.5 m, un ancho de corona de 20 m y una superficie total de afectación de 9,660.24 m^2.

Tabla II-12. Descripción técnica del entronque Brasilia del proyecto.

Concepto	Eje troncal	Eje secundario	Eje 52	Eje 53
Sección tipo	A-2	Entronque a camino	Ramal	Ramal
Cadenamiento (inicio y final)	18+760 al 19+220	50+000 al 50+062.5	52+000 al 52+045	53+000 al 53+030.50
Carriles (No.)	4	2	2	2
Ancho de carriles (m)	3.5	3.5	3.5	3.5
Acotamiento exterior (m)	2.5	2.5	0.0	0.0
Ancho de corona (m)	20.0	12.0	7.0	7.0
Superficie total (m^2)	**9,660.24**			

La Figura II-15 corresponde al plano que muestra la ubicación y características descriptivas del entronque Brasilia por ubicarse en el cadenamiento de referencia 19+020 del trazo del proyecto.

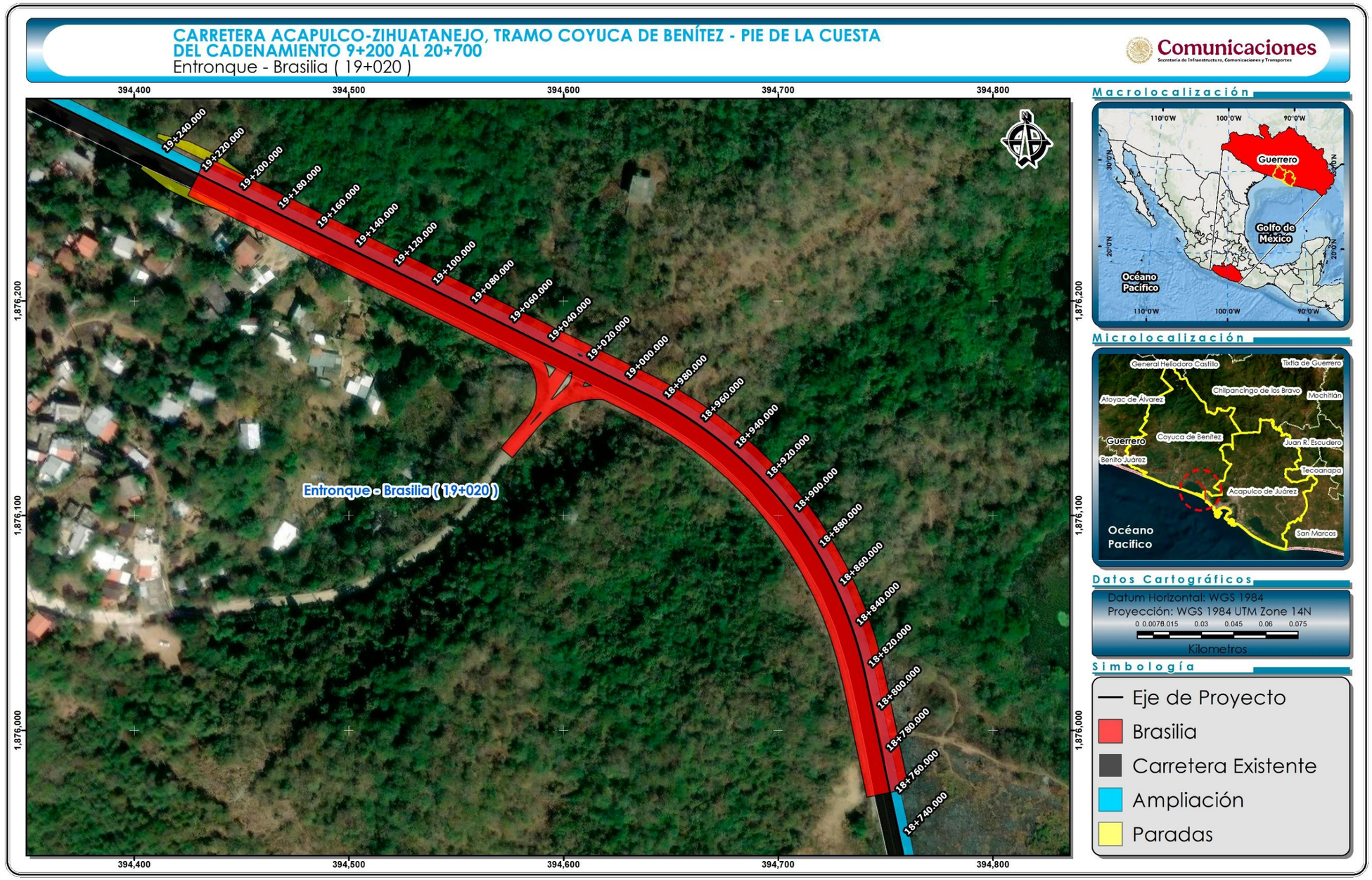


Figura II-15. Ubicación y descripción gráfica del entronque Brasilia en el cadenamiento de referencia 19+020.

II.2.1.3.7 Entronque Embarcadero

Esta obra nueva se pretende iniciar en el cadenamiento 20+320 y concluir en el cadenamiento 20+700 (Tabla II-13). Este entronque tiene la finalidad de conectar la comunidad El Embarcadero, a través de la calle Juan N. Álvarez, ubicada al sureste, y la calle sin nombre, ubicada al suroeste, con la carretera Acapulco - Zihuatanejo. Su diseño contempla un entronque de cuatro carriles, cada uno de 3.5 m de ancho, acotamientos de 2.5 m, un ancho de corona de 20 m y una superficie total de afectación de 8,326.38 m^2.

Tabla II-13. Descripción técnica del entronque Embarcadero del proyecto.

Concepto	Eje troncal	Eje 10	Eje 30
Sección tipo	A-2	Ramal	Ramal
Cadenamiento (inicio y final)	20+320 al 20+700	10+000.00 al 10+600	30+000.00 al 30+478
Carriles (No.)	4	2	1
Ancho de carriles (m)	3.5	3.5	3.5
Acotamiento exterior (m)	2.5	2.5	0.0
Ancho de corona (m)	20.0	12.0	3.5
Superficie total (m^2)	**8,326.38**		

La Figura II-16 corresponde al plano que muestra la ubicación y características descriptivas del entronque Embarcadero por ubicarse en el cadenamiento de referencia 20+520 del trazo del proyecto.



Figura II-16. Ubicación y descripción gráfica del entronque Embarcadero en el cadenamiento de referencia 20+520.

II.2.1.4 Puentes

Para garantiza la continuidad del flujo superficial hídrico y la circulación vial, se realizaron los estudios hidrológicos e hidráulicos y los informes topohidráulicos para cinco puentes, como obras de drenaje mayor. Los puentes El Pedreguero, La Loma, Embarcadero I y Embarcadero II están actualmente operando en los tramos 1 y 3 del proyecto y se propone sustituirlos como parte de las obras de modernización; para ello, su rasante deberá ser ajustada según los gastos hidrológicos validados en los estudios en referencia (Tabla II-14). El puente El Conchero II se ubica en el tramo del libramiento, por lo que requiere ser construido como obra nueva.

La superficie total que comprenden los puentes es de 4,466.71 m^2, siendo los puentes El Conchero II y Embarcadero II los de mayor superficie, con 1,080.05 m^2 y 1,245.79 m^2, respectivamente.

Tabla II- 14. Ubicación y superficies de afectación de los puentes contemplados como parte del proyecto.

Nombre	Cadenamiento		Superficie	
	Referencia	Inicio y final	m^2	ha
El Pedreguero	11+740	11+715.50 al 11+763.50	717.57	0.07
El Conchero II	14+930	14+898.15 al 14+976.15	1,080.05	0.108
La Loma	18+480	18+468.31 al 18+497.63	460.67	0.05
Embarcadero I	20+080	20+047.70 al 20+103.70	962.63	0.10
Embarcadero II	20+500	20+535.16 al 20+625.16	1,245.79	0.12
TOTAL			**4,466.71**	**0.448**

La construcción de los puentes será con elementos de concreto reforzados y prefabricados, principalmente serán a través de trabes AASHTO Tipo III, mismas que serán colocadas con apoyo de grúas (Figura II.17). Para la base de rodamiento de los puestes se construirá una superestructura formada por losas de concreto reforzado, con un ancho total de 12.80 m, sobre trabes de concreto presforzado

para una carga viva IMT 66.5 ton., en dos bandas de circulación soportada en las trabes. Sobre la losa se colocará la carpeta asfáltica de 4 cm de espesor, como superficie de rodamiento. Los esquemas de las estructuras para cada uno de los puentes se presentan en el apartado II.2.3.4 Construcción de puentes.

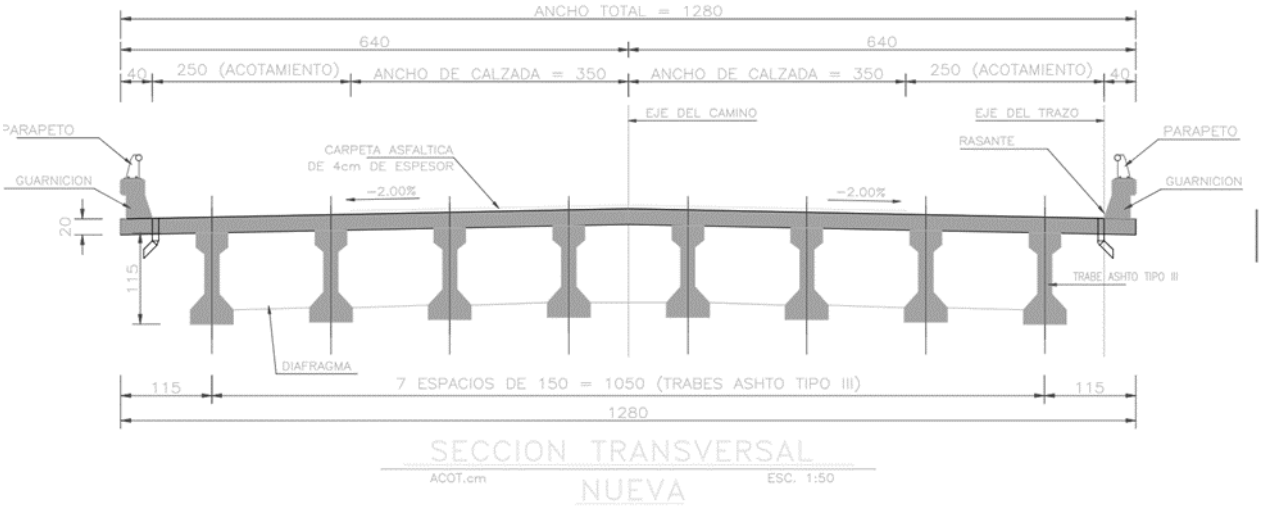


Figura II-17. Sección transversal de los puentes.

A continuación, se describe las características específicas de cada uno de los puentes que conforman el diseño del proyecto.

II.2.1.4.1 Puente El Pedreguero

Actualmente, el cruce de la Carretera Acapulco – Zihuatanejo con el arroyo ubicado en el cadenamiento 11+740 cuenta con un puente El Pedreguero (Figura II-18). Este puente cuenta con tres claros que dan una longitud total de 37.50 m y ancho de corona de 9.54 m. El arroyo en la zona del cruce es de carácter intermitente, con una trayectoria sensiblemente recta. Cuenta con presencia de vegetación en sus márgenes y el material del fondo consiste en gravas y boleos.



Figura II-18. Condición actual del puente El Pedreguero, ubicado en el cadenamiento 11+740 de la carretera federal Acapulco – Zihuatanejo.

Derivado de los estudios hidrológico, hidráulico e informe topohidráulico que fueron efectuados en el sitio y presentados en el Anexo D, se obtuvo un Nivel de Aguas de Diseño (NADI), de 12.31 m (elevación actual del agua) y una velocidad del agua bajo el puente a la entrada de 2.23 m s^{-1}, con un bordo libre 0.43 m.

Con base en los resultados obtenidos, se concluye que el puente actual es hidráulicamente insuficiente ya que la avenida de diseño se obtuvo un bordo libre de 0.43 m, con lo que compromete el funcionamiento hidráulico del puente actual, toda vez que no cuenta con un área suficiente para el tránsito de la avenida de 1,000 años.

Para drenar el gasto de diseño, se propone como parte del proyecto remplazar al existente con un puente nuevo. Este puente tendrá una longitud de 48.00 m, de dos claros, entre los cadenamientos 11+715.50 al 11+763.50, con 12.80 m de ancho de corona y una superficie total de afectación de 717.57 m^2 (Tabla II-15). La rasante sugerida es la elevación 15.34 m. El NADI deberá ser la elevación 12.43 m con una velocidad máxima bajo el puente de 1.25 m s^{-1}. El bordo libre entre el NADI y el nivel

inferior de la trabe de la superestructura será de 1.50 m. Los apoyos del puente deberán estar orientados respecto a la trayectoria de la corriente.

Tabla II- 15. Comparación de las características técnicas descripticas del puente El Pedreguero actual y la modernización propuesta como parte del proyecto.

Concepto	Puente actual	Puente nuevo
Longitud (m)	37.50	48.00
Ancho corona (m)	9.54	12.80
Claros (No.)	3	2
Elevación (m)	12.31	15.34
Q (m^3 s^{-1})	146.27	146.27
NADI (m^3 s^{-1})	12.31	12.43
V (m s^{-1})	2.23	1.25
BL (m)	0.43	1.50
Superficie total (m^2)		**717.57**

La Figura II-19 muestra la ubicación del puente El Pedreguero con respecto a trazo del proyecto, teniendo como referencia el cadenamiento 11+740 del trazo.

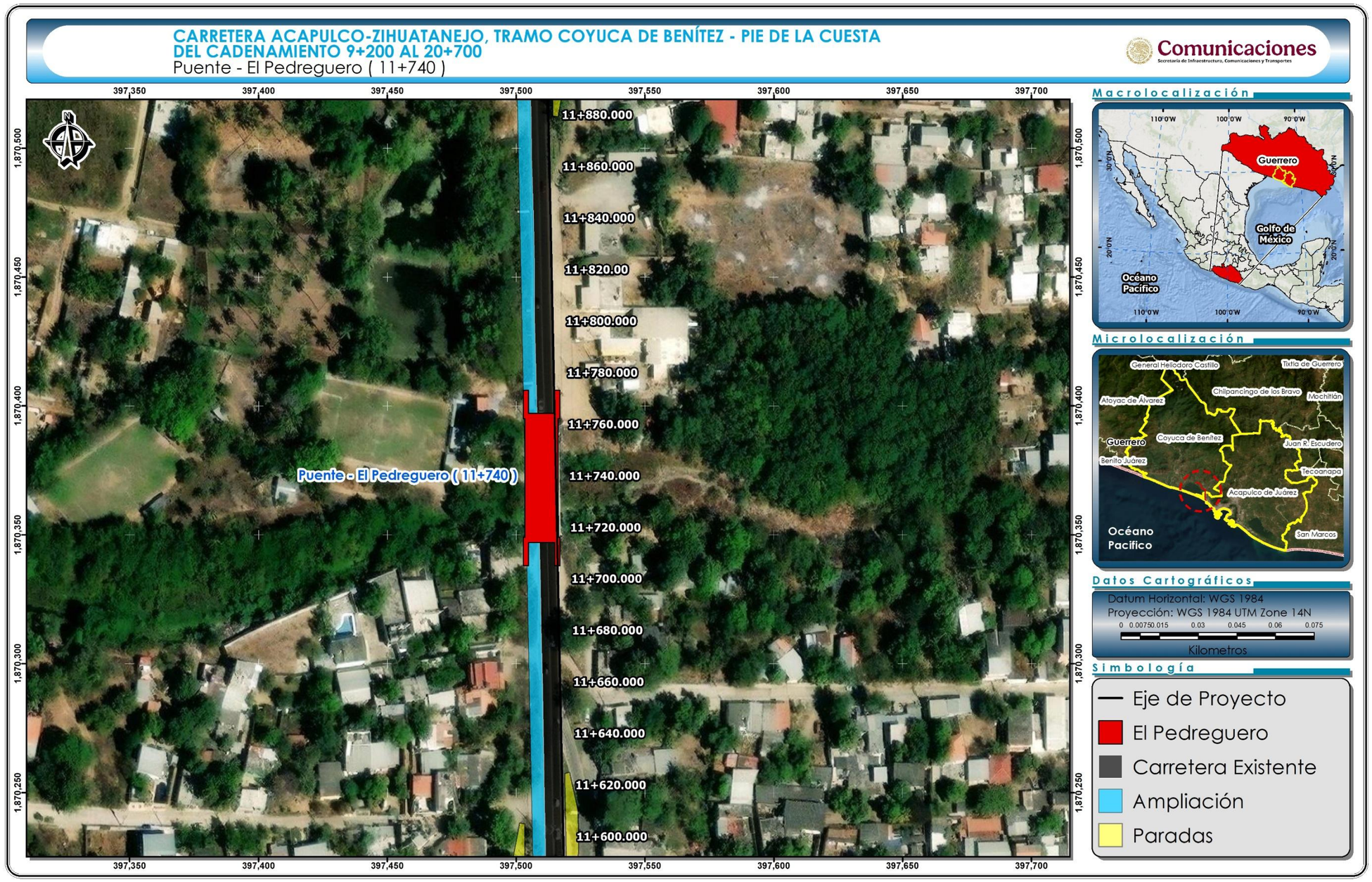


Figura II-19. Ubicación del puente El Pedreguero en el cadenamiento de referencia 11+740 del proyecto.

II.2.1.4.2 Puente El Conchero II

Aguas arriba del nuevo cruce que se propone como parte del eje de proyecto, existe el puente Conchero I, en el km 14+430 de la carretera Acapulco–Zihuatanejo (Figura II-20). Este puente cuenta con tres claros, tiene una longitud total de 67.0 m y ancho de corona de 9.0 m. El arroyo en la zona de cruce es de carácter intermitente, con una trayectoria sensiblemente recta. Cuenta con presencia de vegetación arbustiva en sus márgenes y el material del fondo consiste en piedras.



Figura II-20. Condición actual del puente Conchero I, el cual se encuentra en el km 14+430 de la carretera Acapulco – Zihuatanejo.

Derivado de los estudios hidrológicos e hidráulicos y el informe topohidráulico que fueron efectuados en el sitio, mismos que se incluyen en el Anexo D, se concluye que el puente actual Conchero I es hidráulicamente insuficiente. Este puente tiene una elevación del agua de 6.35 m y un bordo libre de 2.0 m, hasta el nivel bajo trabe de la superestructura.

Para drenar el gasto de diseño, se propone como parte del proyecto la construcción del puente adicional Conchero II. Este puente tendrá 60.00 m de longitud, dos claros, ancho de corona de 12.80 m y una superficie total de afectación de 1,080.05 m^2 (Tabla II-16). La estructura se contempla ubicar entre los cadenamientos 14+898.15 al 14+976.15, la rasante sugerida es la elevación 13.40 m. El NADI deberá ser la elevación 9.80 m con una velocidad máxima del agua bajo el puente de 2.24 m s^{-1}. El bordo libre entre el NADI y el nivel inferior de la trabe de la superestructura será de 2.00 m. Los apoyos del puente deberán estar orientados respecto a la trayectoria de la corriente.

Tabla II- 16. Comparación de las características técnicas descripticas del puente actual, El Conchero I, y la modernización propuesta, El Conchero II, como parte del proyecto.

Concepto	Puente actual Concheros I	Puente propuesto Conchero II
Longitud (m)	67.0	60.0
Ancho corona (m)	9.0	12.80
Claros (No.)	3	2
Elevación (m)	6.35	13.40
Q (m^3 s^{-1})	653.14	653.14
NADI (m^3 s^{-1})	-	9.8
V (m s^{-1})	2.00	2.24
BL (m)	0.43	+2.00
Superficie total (m^2)		**1,080.05**

La Figura II-21 muestra la ubicación del puente nuevo El Conchero II con respecto a trazo del proyecto, teniendo como referencia el cadenamiento 14+930 del trazo del proyecto.

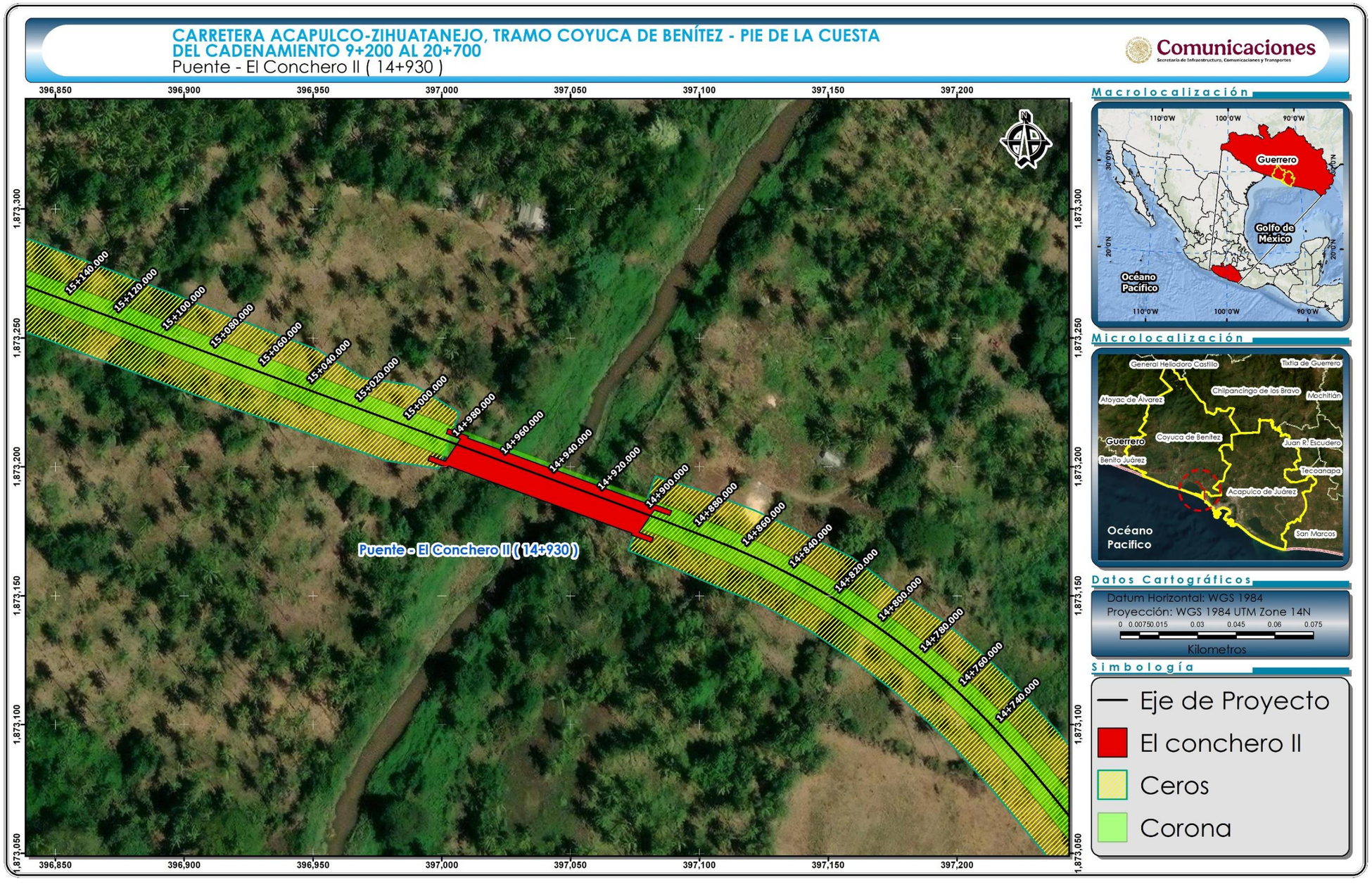


Figura II-21. Ubicación del puente El Conchero II en el cadenamiento de referencia 14+930 del proyecto.

II.2.1.4.3 Puente La Loma

El puente La Loma se encuentra en el km 18+480 donde la carretera federal Acapulco – Zihuatanejo cruza con un cuerpo de agua superficial (Figura II-22). Este puente cuenta con tres claros, tiene una longitud total de 21.52 m y ancho de corona de 7.50 m. El arroyo en la zona de este cruce es de carácter intermitente, con una trayectoria sensiblemente recta, cuenta con presencia de vegetación en sus márgenes y el material del fondo consiste en gravas y boleos.



Figura II-22. Condición actual del puente La Loma, ubicado en el km 18+485.5 de la carretera federal Acapulco – Zihuatanejo.

Derivado de los estudios hidrológicos e hidráulicos y el informe topohidráulico que fueron efectuados en el sitio, incluido en el Anexo D, se obtuvo una elevación del agua de 6.42 m y un bordo libre de 2.00 m, hasta el nivel bajo trabe de la superestructura. Con base en los estudios de campo realizados, se concluye que, si bien el puente actual es hidráulicamente suficiente, derivado de la inspección

física se recomienda su sustitución respetando los valores del nivel de agua y velocidad alcanzadas con el tránsito de los gastos de diseño.

Por lo que, se propone como parte del proyecto remplazar al puente existente con uno nuevo. El diseño del nuevo puente La Loma considera una longitud de 25.00 m, dos claros, un de ancho de corona de 12.80 m, una superficie total de afectación de 460.67 m^2 y una rasante de elevación de 9.20 m (Tabla II-17).

La estructura se contempla ubicar entre los cadenamientos 18+468.31 y 18+497.63. El NADI será de 6.42 m, con una velocidad máxima bajo el puente de 0.83 m s^{-1} y bordo libre entre el NADI y el nivel inferior de la trabe de la superestructura de 2.00 m. Los apoyos del puente estarán orientados respecto a la trayectoria de la corriente.

Tabla II- 17. Comparación de las características técnicas descripticas del puente La Loma actual y la modernización propuesta como parte del proyecto.

Concepto	Puente actual	Puente nuevo
Longitud (m)	21.52	25.00
Ancho corona (m)	7.5	12.80
Claros (Núm)	3	2
Elevación (m)	6.42	9.20
Q (m^3 s^{-1})	24.17	24.17
NADI (m^3 s^{-1})	6.42	6.42
V (m s^{-1})	0.83	0.83
BL (m)	2.00	2.00
Superficie total (m^2)		**460.67**

La Figura II-23 muestra la ubicación del puente nuevo La Loma con respecto al trazo del proyecto, teniendo como referencia el cadenamiento 18+480 del trazo del proyecto.

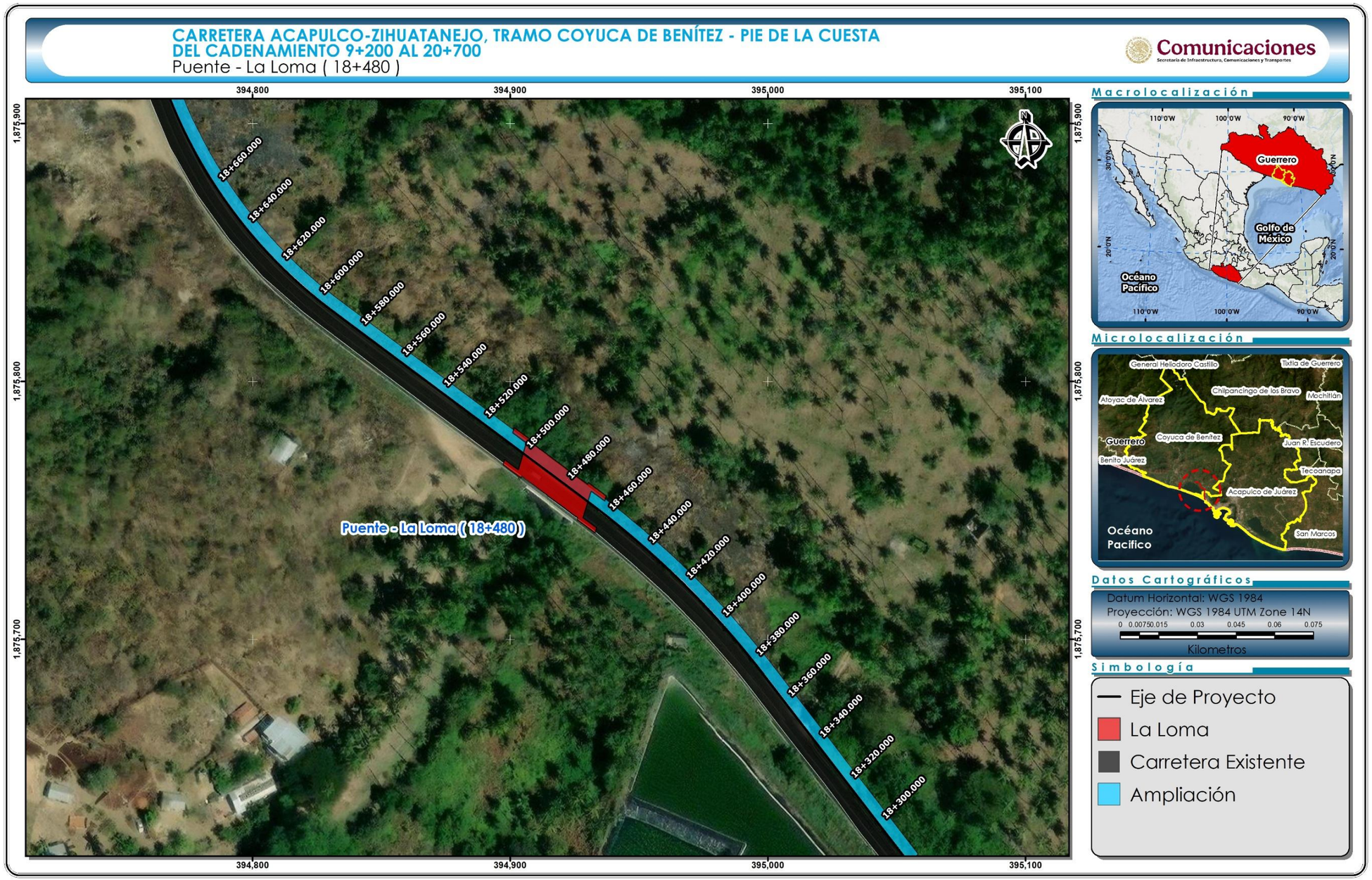


Figura II-23. Ubicación del puente La Loma en el cadenamiento de referencia 18+480 del proyecto.

II.2.1.4.4 Puente Embarcadero I

El puente Embarcadero I se ubica a la altura del km 20+080 de la carretera Acapulco – Zihuatanejo y cruza un pequeño escurrimiento de agua intermitente (Figura II-24). Este puente consta de tres claros y tiene una longitud total de 50.00 m y ancho de corona de 9.75 m. Se identifico que no existe un escurrimiento definido, aunque éste es de carácter intermitente, es auxiliar del puente Embarcadero II. De los resultados del análisis hidráulico, en dos dimensiones el puente Embarcadero I recibe lo caudales excedentes del arroyo Yetla, dando paso a través de la llanura de inundación. En los márgenes del cauce y llanuras de inundación crece vegetación y el material del fondo consiste en arena y gravas.



Figura II-24. Condición actual del puente Embarcadero I, ubicado en el km 20+075 de la carretera federal Acapulco – Zihuatanejo.

Derivado de los estudios hidrológicos e hidráulicos y el informe topohidráulico que fueron efectuados en el sitio, los cuales se incluyen en el Anexo D, se determinó que el gasto de diseño en el área de aportación es de 5.48 m^3 s^{-1}, asociado al periodo de retorno de 1,000 años; sin embargo, el puente Embarcadero I es auxiliar del puente Embarcadero II. De los resultados del análisis hidráulico en dos

dimensiones, el puente Embarcadero I recibe lo caudales excedentes del arroyo Yetla, dando paso a través de la llanura de inundación a un gasto hidráulico de diseño de 40.35 m^3 s^{-1}, asociado a un período de retorno de 1,000 años. Considerando los resultados obtenidos, se concluye que el puente actual es hidráulicamente suficiente, sin embargo, derivado de la inspección física se recomienda su sustitución conservando la rasante actual.

El puente que sustituirá al existente se ubicará entre los cadenamientos 20+047.70 y 20+103.70, tendrá una longitud de 56.00 m, dos claros, un ancho de corona de 14.66 m y una superficie total de afectación de 962.63 m^2, con una rasante de 10.77 m (Tabla II-18). El NADI deberá ser la elevación 6.35 m con una velocidad máxima bajo el puente de 1.59 m s^{-1}. El bordo libre entre el NADI y el nivel inferior de la trabe de la superestructura será de 2.00 m. Los apoyos del puente deberán estar orientados respecto a la trayectoria de la corriente.

Tabla II- 18. Comparativo de las características técnicas descriptivas del puente Embarcadero I actual y la modernización propuesta como parte del proyecto.

Concepto	Puente actual	Puente nuevo
Longitud (m)	50.00	56.00
Ancho corona (m)	9.75	14.66
Claros (Núm.)	3	2
Elevación (m)	6.35	10.77
Q (m^3 s^{-1})	40.35	40.35
NADI (m^3 s^{-1})	6.35	6.35
V (m s^{-1})	1.59	1.59
BL (m)	2.00	2.00
Superficie total (m^2)		**962.63**

La Figura II-25 muestra la ubicación del puente nuevo Embarcadero I con respecto a trazo del proyecto, teniendo como referencia el cadenamiento 20+080 del trazo del proyecto.

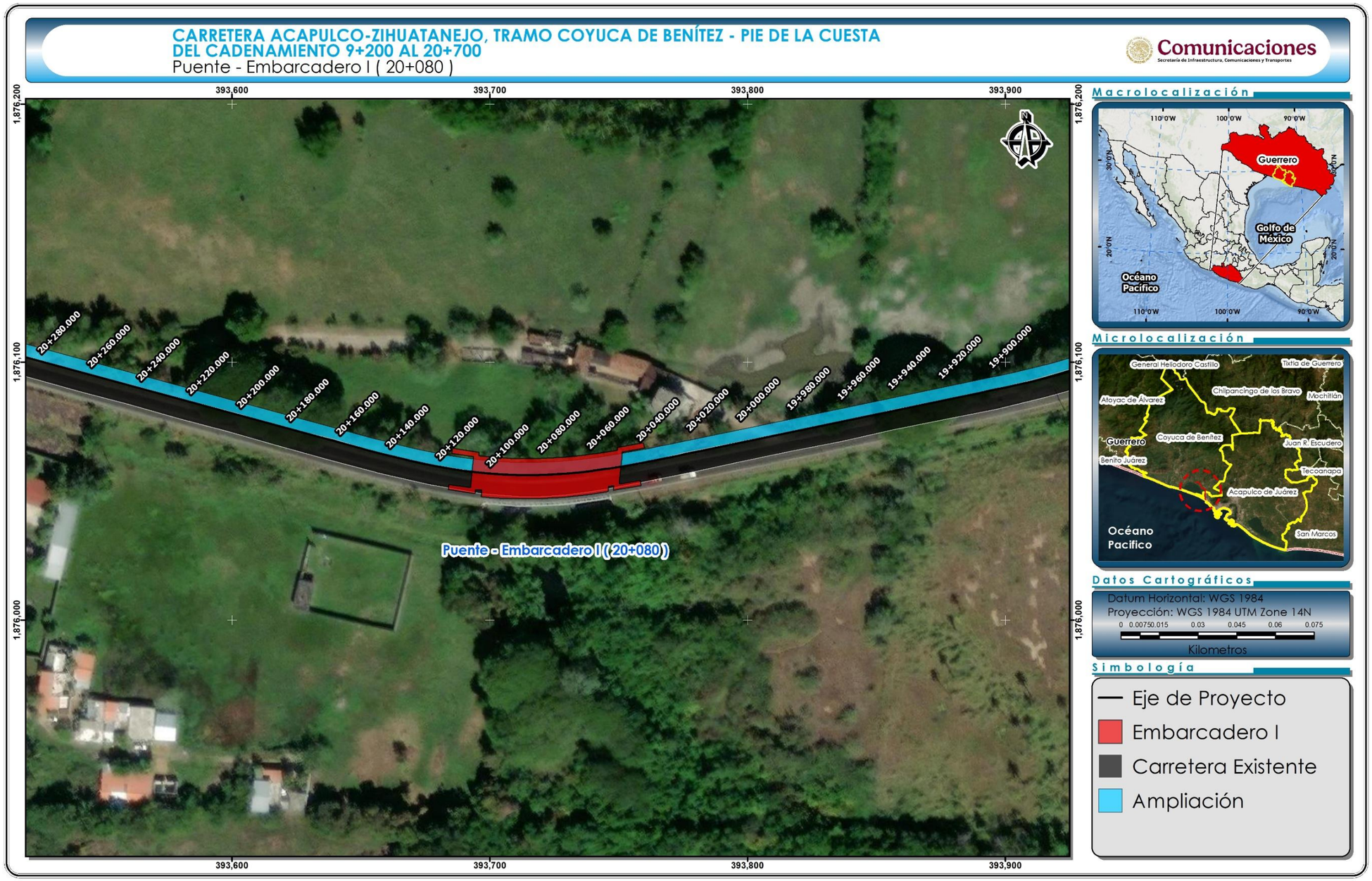


Figura II-25. Ubicación del puente Embarcadero I en el cadenamiento de referencia 20+080 del proyecto.

II.2.1.4.5 Puente Embarcadero II

El puente Embarcadero II se ubica a la altura del km 20+500 de la carretera Acapulco – Zihuatanejo en su cruce con el arroyo Embarcadero (Figura II-26). Se trata de un puente de tres claros, tiene una longitud total de 25.00 m y ancho de corona de 9 m. El arroyo en la zona de cruce es de carácter intermitente, con una trayectoria sinuosa con cambios de dirección cerrados en la zona de cruce, sin embargo, en la época de lluvias llega a incrementar significativamente su cauce causando problemas a los asentamientos aledaños. Cuenta con presencia de vegetación en sus márgenes y llanuras de inundación y su material del fondo consiste en arena y gravas.



Figura II-26. Condición actual del puente Embarcadero II, ubicado a la altura del km 20+500 de la carretera Acapulco – Zihuatanejo.

Derivado de los estudios hidrológicos e hidráulicos y el informe topohidráulico que fueron efectuados en el sitio, incluido en el Anexo D, se obtuvo un nivel de aguas de diseño (NADI), de 12.31 m (elevación actual del agua) y una velocidad del agua bajo el puente a la entrada de 2.23 m s^{-1}, con un bordo libre 0.43 m (Tabla II-19).

Con base en los resultados obtenidos, se concluye que el puente actual es hidráulicamente insuficiente ya que se obtuvo un bordo libre de 0.29 m, con lo que compromete el funcionamiento hidráulico del puente actual.

Para drenar el gasto de diseño, se propone como parte del proyecto remplazar el puente existente con uno nuevo. El puente nuevo se ubica entre los cadenamientos 20+535.16 y 20+625.16, con una longitud de 100.00 m, tres claros, ancho de corona de 12.80 m, una superficie total de afectación de 1,245.79 m^2 y la rasante sugerida es la elevación 12.43 m. El NADI deberá ser la elevación 9.31 m con una velocidad máxima bajo el puente de 2.35 m s^{-1}. El bordo libre entre el NADI y el nivel inferior de la trabe de la superestructura será de 1.50 m. Los apoyos del puente deberán estar orientados respecto a la trayectoria de la corriente.

Tabla II- 19. Comparativo de las características técnicas descripticas del puente Embarcadero II actual y la modernización propuesta como parte del proyecto.

Concepto	Puente actual	Puente nuevo
Longitud (m)	37.50	100.00
Ancho corona (m)	9.0	12.80
Claros (Núm.)	3	3
Elevación (m)	12.31	12.43
Q (m^3 s^{-1})	75.94	110.77
NADI (m^3 s^{-1})	9.31	9.31
V (m s^{-1})	2.23	2.35
BL (m)	0.43	1.50
Superficie total (m^2)		**1,245.79**

La Figura II-27 muestra la ubicación del puente nuevo Embarcadero II con respecto a trazo del proyecto, teniendo como referencia el cadenamiento 20+500 del trazo del proyecto.



Figura II-27. Ubicación del puente Embarcadero II en el cadenamiento de referencia 20+500 del proyecto.

II.2.1.5 Obras de drenaje menor

La ubicación y tipo de obras de drenaje menor son el resultado de los estudios hidrológicos y de los "Dictámenes de obras de drenaje menor", los cuales son el resultado del levantamiento en campo de los escurrimientos superficiales que atraviesan el proyecto. Como la mayoría de las obras se ubican sobre pequeños arroyos o escurrimientos de aguas superficiales menores que no tienen un nombre oficial, para su identificación se asignó un número secuencial del 1 al 16.

A cada cuerpo de agua superficial o escurrimiento identificado, se le realizó su caracterización fisiográfica y se le calculó el gasto de diseño para periodos de retorno de 50 y 100 años, ya que son los más confiables para determinar la magnitud de los escurrimientos. En todos los casos, la caracterización realizada coincidió con obras existentes, en su mayoría en mal estado debido a azolvamiento de entre el 50 % y hasta el 100 % de la obra.

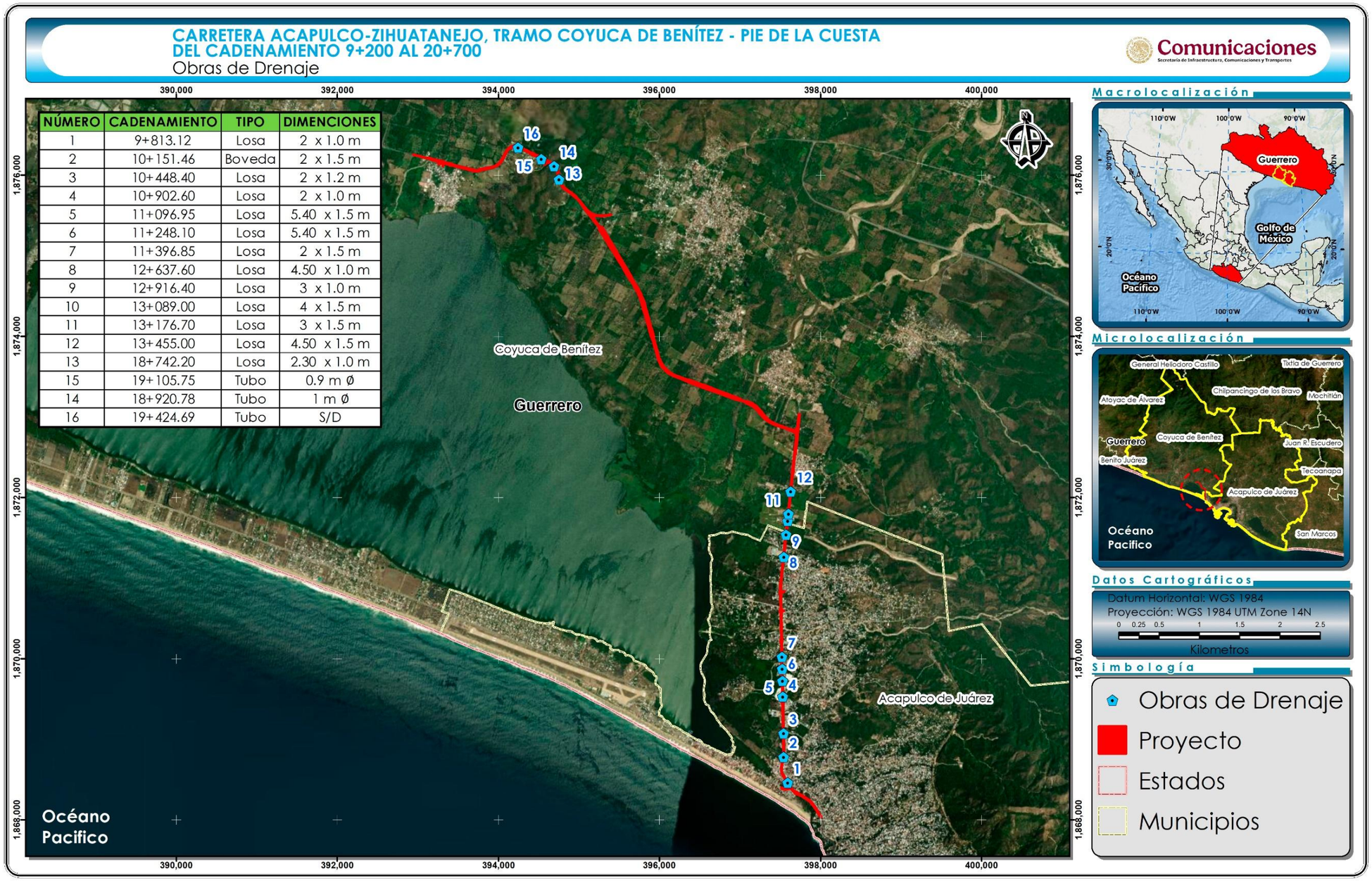
Considerando al mal estado de las obras de drenaje actualmente operando y la ampliación de la corona de 7.0 a 12.0 m contemplada como parte de la modernización del proyecto, deberán ser sustituidas por nuevas obras. Las nuevas obras de drenaje menor a construir serán 12 losas de concreto, tres tubos de concreto y una bóveda de concreto. La ubicación y descripción técnica de cada una de las 16 obras de drenaje menor que planean construir como parte del proyecto se presentan en la Tabla II-20.

Tabla II- 20. Gastos de diseño de las obras de drenaje menor que forman parte del proyecto.

Estación	Microcuenca	Cadenamiento	TR 50	TR 100	Condiciones	Tipo	Dimensiones
Acapulco de Juárez	1	9+813.12	17.15	19.36	En mal estado. Azolvada a un 50%.	Losa de concreto	2.0 x 1.0 m
Acapulco de Juárez	2	10+151.46	10.58	12.09	En mal estado. Azolvada a un 100%.	Bóveda de concreto	2.0 x 1.5 m
Acapulco de Juárez	3	10+448.40	2.08	2.52	En buen estado, pero se recomienda su ampliación debido a la ampliación de la carretera.	Losa de concreto	2.0 x 1.2 m
Acapulco de Juárez	4	10+902.60	72.63	83.96	En mal estado. Azolvado a un 90%.	Losa de concreto	2.0 x 1.0 m
Acapulco de Juárez	5	11+096.95	12.62	14.14	En buen estado, pero recomienda su ampliación debido a la ampliación de la carretera.	Losa de concreto	5.4 x 1.5 m
Acapulco de Juárez	6	11+248.10	8.05	9.02	En buenas condiciones, pero se recomienda su ampliación debido a la ampliación de la carretera.	Losa de concreto	5.40 x 1.5 m
Acapulco de Juárez	7	11+396.85	14.27	15.99	En estado regular. Azolve menor al 30%, pero se recomienda su ampliación.	Losa de concreto	2.0 x 1.5 m
Acapulco de Juárez	8	12+637.60	14.12	15.81	En mal estado. Azolvado menor al 90%.	Losa de concreto	4.5 x 1.0 m
Acapulco de Juárez	9	12+916.40	26.92	31.46	En mal estado. Azolvada menor al 100%.	Losa de concreto	3.0 x 1.0 m
Acapulco de Juárez	10	13+089.00	27.07	31.75	En buenas condiciones, pero se recomienda su ampliación debido a la ampliación de la carretera*.	Losa de concreto	4.0 x 1.5 m
Acapulco de Juárez	11	13+176.70	15.59	18.44	En mal estado. Azolvada al 100%.	Losa de concreto	3.0 x 1.5 m
Acapulco de Juárez	12	13+455.00	13.27	15.71	En mal estado. Azolvado menor al 90%.	Losa de concreto	4.5 x 1.5 m
Laguna de Coyuca	13	18+742.20	1.98	2.54	En mal estado. Azolvado al 70%.	Losa de concreto	2.3 x 1.0 m
Laguna de Coyuca	14	18+920.78	1.37	1.76	En mal estado. Azolvada al 100%.	Tubo de concreto	1.0 m ø
Laguna de Coyuca	15	19+105.75	4.2	5.07	En mal estado. Azolvada al 100%.	Tubo de concreto	0.9 m ø
Laguna de Coyuca	16	19+424.69	3.7	4.53	En mal estado. Azolvada al 100%.	Tubo de concreto	S/D

*Esta obra se encuentra conectada con un cajón que va paralela a la carretera, sobre el lado derecho, al proyectar esta obra se conservará la geometría, ya que esta obra capta el agua de escurrimiento y le da salida en el km 13+089.00.En todas las obras se recomienda la colocación de indicadores de alineamiento a la entrada y salida de la obra.

La Figura II-28 muestra la ubicación y distribución de las 16 obras de drenaje menor. Las primeras 12 obras se ubican dentro del Tramo 1 que va del cadenamiento 9+200.00 al 14+120, en el municipio de Acapulco. Por otro lado, las otras cuatro obras, de la número 13 a la 16, se ubican en el Tramo 3, mismo que va del cadenamiento 18+280 al 20+700, dentro del municipio de Coyuca de Benítez.



NÚMERO	CADENAMIENTO	TIPO	DIMENCIONES
1	9+813.12	Losa	2 x 1.0 m
2	10+151.46	Boveda	2 x 1.5 m
3	10+448.40	Losa	2 x 1.2 m
4	10+902.60	Losa	2 x 1.0 m
5	11+096.95	Losa	5.40 x 1.5 m
6	11+248.10	Losa	5.40 x 1.5 m
7	11+396.85	Losa	2 x 1.5 m
8	12+637.60	Losa	4.50 x 1.0 m
9	12+916.40	Losa	3 x 1.0 m
10	13+089.00	Losa	4 x 1.5 m
11	13+176.70	Losa	3 x 1.5 m
12	13+455.00	Losa	4.50 x 1.5 m
13	18+742.20	Losa	2.30 x 1.0 m
15	19+105.75	Tubo	0.9 m Ø
14	18+920.78	Tubo	1 m Ø
16	19+424.69	Tubo	S/D

Figura II-28. Ubicación de las obras de drenaje menor en el trazo del proyecto.

II.2.1.6 Señalización de obras

Para finalizar la construcción del proyecto de modernización de la carretera, se realizará la colocación de las señales preventivas y restrictivas, así como el pintado con pintura termoplástica de las líneas de separación de los carriles y acotamientos, así como colocación de botones retrorreflejantes en el pavimento (Figura II-29). Para ello, se utiliza equipo menor y brigadas de trabajo que a pie van realizando estas actividades a la vez que van inspeccionando, por última vez, la calidad de los trabajos ya realizados.

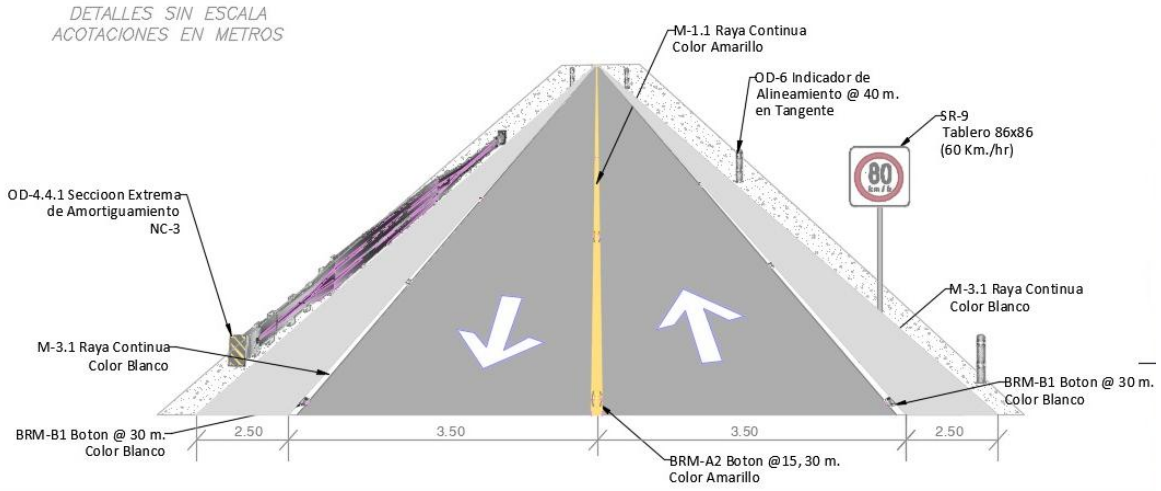


Figura II-29. Esquema de señalización a emplear para carriles.

Adicional a lo anterior, en todas las obras se contempla la instalación de señalamientos verticales y horizontales, las cuales son de carácter preventivo (uso obligatorio del cinturón, curva, curva peligrosa, intersección en T, paradero, etc.) restrictivo (velocidad máxima permitida, no rebasar, etc.), y/o de información general (destino, kilometraje, nombre de los puentes, etc.), así como la instalación de barretas metálicas de seguridad (Figura II-30).

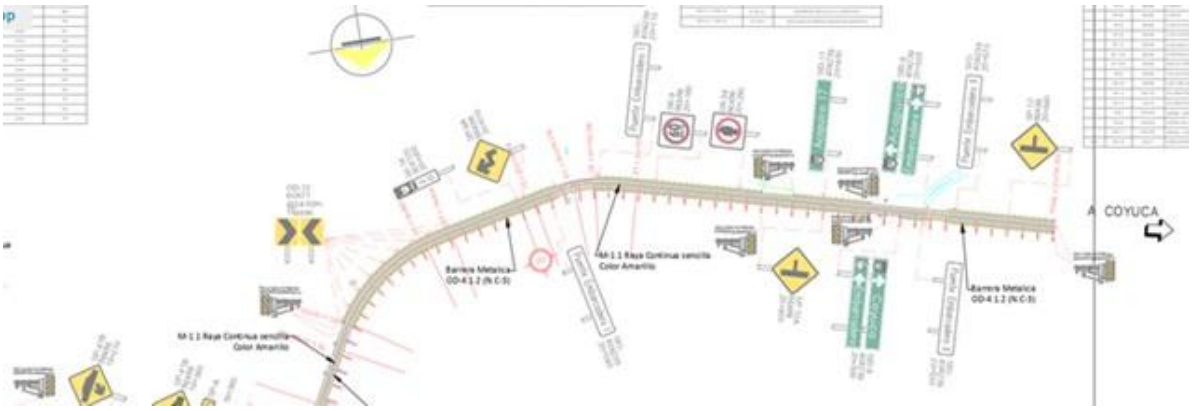


Figura II-30. Señalización contemplada en el cadenamiento 19+723 al 20+700.

Para el caso de los paraderos, se contempla señalizar mediante rayas discontinuas azules el área exclusiva a cada paradero y, con rayas discontinuas blancas los puntos de intersección de inicio y final en cada paradero. Además, los paraderos contendrán letreros informativos para los usuarios locales y visitantes (Figura II-31).

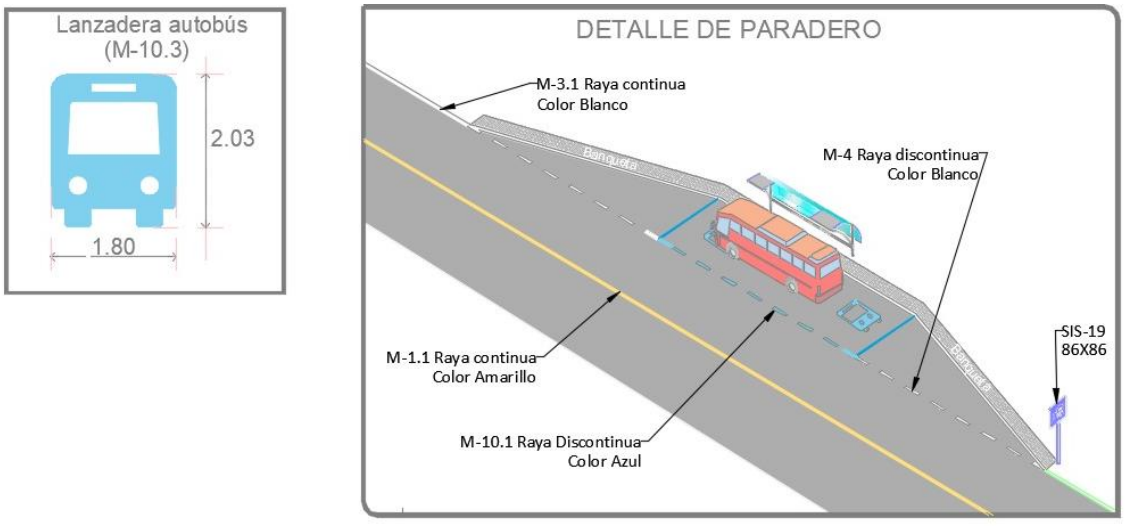


Figura II-31. Esquema de señalización a emplearse en paraderos.

II.2.2 Programa de trabajo

El desarrollo de las obras y actividades que se someten a consideración de la SEMARNAT serán ejecutadas en un periodo de **5 años** para las etapas de preparación del sitio y construcción y de **65 años** adicionales para la operación y mantenimiento del proyecto (Tabla II-21). Es importante tener en cuenta que, dado que el desarrollo de las obras se realizará de manera gradual conforme se vaya requiriendo el avance en los frentes de trabajo, existirán momentos que mientras unas áreas estén desarrollándose actividades concernientes a la etapa de preparación del sitio, en otras áreas y de manera simultánea, se estarán iniciando con actividades concernientes a la etapa de construcción.

Tabla II- 21. Programa general de trabajo para la ejecución del proyecto.

CONCEPTO	AÑOS					
Acción	2026	2027	2028	2029	2030	2031 - 2095
	1	2	3	4	5	6-65
Preparación del sitio						
Delimitación del derecho de vía y áreas de desplante						
Deshierbe y desmonte						
Instalación de señalamientos						
Fresado de carpeta asfáltica						
Desmantelamiento de obras de drenaje (menor y puentes)						
Limpieza del terreno						
Despalme, nivelación y compactación						
Construcción						
Obras provisionales						
Excavaciones y cimentaciones						
Cortes						
Terraplenes						
Capa de transición						
Capa subyacente						
Capa subrasante						
Base hidráulica						
Riego de impregnación						
Carpeta asfáltica						
Paraderos						
Entronques y obras complementarias						
Obras de drenaje menor y puentes						
Señalización de obras						
Operación y mantenimiento						
Conservación del pavimento						
Mantenimiento de obras de drenaje						
Mantenimiento de taludes						
Mantenimiento de puentes						
Reposición de señales						

II.2.3 Preparación del sitio y construcción

II.2.3.1 Preparación del sitio

II.2.3.1.1 Delimitación de áreas de trabajo

La primera actividad para la ejecución del proyecto será delimitar el derecho de vía y el eje de la vía de comunicación de acuerdo con las especificaciones de la carretera. La delimitación se realizará mediante una brigada topográfica que identifica y define los límites de las áreas con marcas visibles para el personal que posteriormente labore en el proyecto. La delimitación de las áreas se realiza con el uso de estacas, cintas de color, banderillas, entre otros.

II.2.3.1.2 Obras provisionales

Durante esta etapa se ubican y delimitarán los espacios que servirán para alojar las obras provisionales como patios de maquinaria, almacenes de obra, comedores para trabajadores y ubicación de oficinas móviles. Todas estas obras serán de carácter provisional y en todos los casos serán ubicados dentro del derecho de vía en superficies desprovistas de vegetación. La habilitación de estas áreas dependerá del requerimiento de acuerdo con el grado de avance en los frentes de trabajo, y es preciso señalar que también se contempla el aprovechar inmuebles e instalaciones existentes dentro de las localidades cercanas a los frentes de obra.

El acceso a los frentes de obra se realizará directamente desde el trazo de la carreta actual y el proyectado para el libramiento, por lo que no será necesaria la construcción de nuevos caminos de acceso.

Baños portátiles. Se instalarán baños portátiles a razón de 1 por cada 15 trabajadores. Para fomentar su uso y evitar el fecalismo al aire libre, se dará servicio de mantenimiento frecuente por parte de la empresa contratada para tal fin. La

disposición final de los residuos será responsabilidad de la empresa contratada que preste el servicio, la cual deberá contar con todos los permisos para su operación y garantizar el tratamiento de los residuos recolectados durante el mantenimiento de los sanitarios.

Comedor. Se habilitarán áreas provisionales de madera con techos de lámina para que los trabajadores puedan consumir sus alimentos, y que a su vez sirva como un área de descanso en su tiempo libre. En estas zonas se colorarán estratégicamente contenedores para el depósito de los distintos tipos de residuos sólidos urbanos.

Bodegas. Se habilitarán bodegas de resguardo de materiales y herramientas, en las que se mantendrán todos los aditamentos que sean necesarios por parte de los trabajadores para el desarrollo de sus actividades. Estas bodegas serán de materiales removibles en todo momento, por lo que serán de madera y metal, con forro de láminas de cartón y zinc, principalmente.

Patio de maquinaria. Se dispondrá de un área para el estacionamiento de maquinaria, equipos y vehículos. Ningún vehículo podrá recibir mantenimiento mayor en los frentes de obra o en el patio de maquinaria, a fin de evitar contaminar el subsuelo. Por lo que, de ser necesario, se emplearán los talleres mecánicos ubicados en las localidades aledañas al sitito del proyecto.

Sitios para el almacenamiento temporal de residuos. Para el acopio y almacenamiento temporal de los distintos tipos de residuos que serán generados durante la etapa de Preparación del sitio y construcción, y cuya descripción, manejo y almacenamiento se establecen puntualmente en el apartado II.2.6 del presente capítulo, será necesario designar áreas específicas para su almacenamiento temporal, hasta que se lleve a cabo su recolección para enviar a sitios de reciclamiento, o bien, para su disposición final,

Durante los trabajos de preparación del sitio y construcción se requerirá de servicios como son agua potable y electricidad.

Agua. Se requerirá agua potable para el consumo de los trabajadores y agua cruda para riegos y conformación de mezclas. El agua cruda será adquirida al gobierno municipal o a un tercero que cuente con sus respectivas autorizaciones, y suministrada mediante pipas. Por ningún motivo se extraerá o aprovechará agua de los mantos freáticos o de cuerpos de agua superficiales.

- El agua utilizada para la obra se obtendrá de las poblaciones cercanas, será cruda como se ha mencionado y no recibirá ningún tratamiento ya que básicamente se requiere para la conformación y compactación de las terracerías y para la preparación del concreto utilizado en la construcción de las alcantarillas.
- En el caso del agua potable para uso de los trabajadores, ésta se obtendrá de potabilizadoras en las poblaciones cercanas, y será suministrada en garrafones de 20 litros.
- El traslado y almacenamiento del agua cruda será en camiones tipo "pipa" de 10,000 litros. El agua necesaria para la obra prácticamente no será almacenada, porque se trasladará y utilizará inmediatamente. Sólo el agua para consumo humano en obra se almacenará en cisternas portátiles de 5,000 litros ubicadas en los frentes de obra, o bien, suministrada mediante garrafones de 20 litros.

Electricidad. Se utilizarán torres de iluminación y generadores de energía portátiles para iluminar y proveer de energía eléctrica a los equipos que lo requieran, tales como equipos de soldadura, cortadoras y sierras para madera y fierro, revolvedoras, entre otros.

Combustible. En la etapa de construcción, el combustible (gasolina y diésel) necesario para el funcionamiento de vehículos, maquinaria y equipos será adquirido en alguna de las estacones de servicio cercanas al proyecto carretero, y será suministrado a la maquinaria en los frentes de obra mediante un camión cisterna con despachador (camión marimba), o bien, en recipientes de metal o plástico que

eviten pérdidas por evaporación y sean seguros para el transporte hasta donde la maquinaria o dispositivo lo necesite.

Actividades para los Tramos 1, 2 y 3, donde se prevé nueva afectación

Las actividades que se describen a continuación aplican a las áreas donde se contempla su afectación por la ampliación del ancho de corona, es decir en los Tramos 1 y 3, así como en el Tramo 2 donde se contempla el libramiento como cuerpo nuevo. Cabe mencionar que el avance de las actividades aquí descritas se realizará de manera gradual conforme lo requiera el proyecto.

II.2.3.1.3 Rescate y reubicación de individuos de flora y fauna

Antes de realizar el desmonte de las superficies de afectación previstas, se procederá a rescatar los individuos de flora silvestre de especies con relevancia ambiental para su posterior reubicación. Este trabajo será realizado por una brigada de especialistas en la identificación y manejo de especies de flora silvestre. Las labores de rescate se apegarán a lo establecido en el Programa de rescate y protección de flora silvestre, mismo que forma parte de los anexos de la presente MIA.

Otra brigada de especialistas llevará a cabo la implementación de las actividades de ahuyentamiento rescate y reubicación de los individuos de fauna silvestre que se encuentren en el derecho de vía y que puedan verse afectados por el desarrollo del proyecto, de conformidad con lo que se ha establecido en el programa correspondiente.

En las actividades de rescate y reubicación de fauna silvestre, se dará mayor énfasis, pero no exclusividad, al rescate de individuos de especies que se encuentren enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Una vez iniciadas las

diversas actividades de construcción y durante el tiempo que dure la misma, se realizarán continuos monitoreos y se rescatarán los organismos que puedan ser identificados durante la realización de las obras.

De forma permanente, es importante fomentar una cultura de respeto a la fauna entre los contratistas y trabajadores, esto se logrará mediante pláticas continuas de concientización a los trabajadores, y el establecimiento de letreros en donde se haga énfasis en la prohibición de molestar e intervenir en la captura de fauna del sitio. Las actividades de caza, pesca, colecta de organismos, huevos, y restos o derivados de los animales silvestres estarán prohibidas, aplicándose sanciones a quienes sean sorprendidos en estas acciones.

II.2.3.1.4 Desmonte

Consiste en la remoción de la vegetación que se encuentra presente en el ancho delimitado para la ampliación de la corona en los Tramos 1 y 3, así como en el Tramo 2 donde se contempla el libramiento como cuerpo nuevo, incluyendo su derecho de vía. Los trabajos se realizarán a través del derribo de árboles y arbustos, desenraice de troncos y corte de maleza. El equipo empleado será según lo ameriten los trabajos, por lo que se podrá hacer uso de motosierras, instrumentos manuales como hachas y machetes o mediante maquinaria para desenraizar los troncos. El desenraice se ejecutará, por lo menos, dentro de las superficies delimitadas a lo largo de la línea de ceros de cortes.

El derribo de los árboles y arbustos será direccional para prevenir afectaciones a individuos de áreas aledañas que no serán susceptibles de desmonte.

Los residuos producto del desmonte deberán ser triturados y empleados para el arrope de taludes de terraplenes, y el material que no sea apto, será transportado al sitio destinado como almacén temporal para luego realizar su disposición final en el banco de desperdicios habilitado por las autoridades.

El desmonte se llevará a cabo de manera paulatina, lo que dará oportunidad a que la fauna terrestre pueda desplazarse hacia sitios de menor perturbación por las actividades de obras. Así mismo, previo a las actividades de despalme, se contará con una brigada de especialistas en fauna silvestres, quienes llevarán a cabo el rescate y reubicación de los individuos de especies de lento desplazamiento, tales como anfibios, reptiles y mamíferos pequeños.

Para la eliminación de la cobertura vegetal, estará prohibido el uso de herbicidas desecantes, retardadores del crecimiento vegetal, fuego controlado, o cualquier otro medio que implique el uso de pesticidas o afectación ambiental adicional. Además, esta actividad únicamente se realizará en las superficies que han sido previstas en esta MIA-R para el desplante del proyecto, y por ningún motivo se realizará la remoción de la cobertura vegetal de áreas distintas a las manifestadas, evaluadas y eventualmente autorizadas.

II.2.3.1.5 Despalme y nivelación

Después de ejecutados los trabajos de desmonte, se procede realizar el despalme del terreno con maquinaria pesada. Esta actividad consiste en remover el material superficial del terreno con el fin de evitar la mezcla de la capa superficial del suelo que contiene alto contenido de materia orgánica con el material de las terracerías.

La superficie del terreno deberá quedar totalmente limpia de cualquier materia vegetal. El despalme se realizará conforme a la superficie delimitada de acuerdo con el diseño ejecutivo del proyecto, y el material producto del despalme será retirado hacia el sitio de disposición final.

Como resultado del desmonte y despalme se generarán residuos de origen vegetal, tierra y una mezcla de ambos. Se calcula un volumen aproximado 211,356.79 m^2 de material producto del desmonte y un volumen de 42,271.36 m^3 de material producto de despalme.

II.2.3.1.6 Limpieza del terreno

Previo a las actividades constructivas será necesario realizar una limpieza del terreno natural, por lo que deberá asegurarse que las áreas que serán intervenidas por el proyecto estén libres de residuos provenientes del retiro de carpeta asfáltica, demolición de puentes, así como de aquellos originados por las actividades de desmonte y despalme.

Actividades de modernización en los Tramos 1 y 3

A continuación, se describen las actividades previstas para la modernización tanto del Tramo 1, que va del cadenamiento 9+200.00 al 14+120, donde la carretera existente cuenta con una superficie actual de 30,878.41 m^2, y del Tramo 3, que va del cadenamiento 18+280 al 20+700, donde la carretera existente cuenta con una superficie de 9,972.14 m^2. En estos tramos se contempla la modernización de la carretera existente mediante la ampliación de 7.0 a 12.0 m del ancho de corona. Para ello, previo al desmonte se realizarán actividades específicas como parte de la preparación del sitio, las cuales se describen a continuación, para después continuar con la formación de la estructura de pavimento que formará la ampliación de la carpeta asfáltica del proyecto, tal y como se muestra en la Figura II-32.

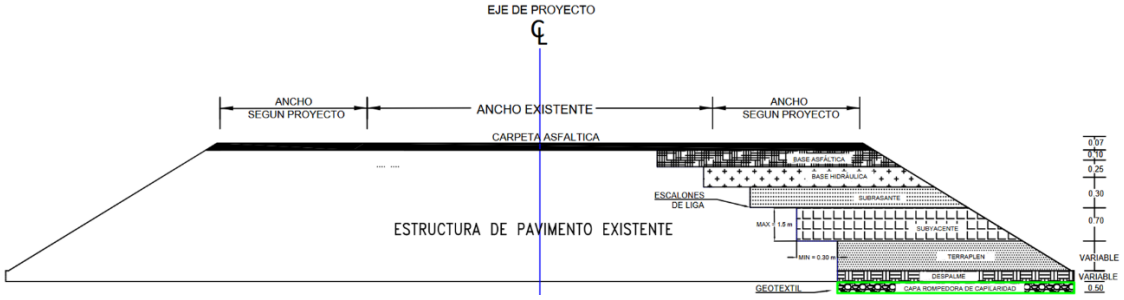


Figura II-32. Sección estructural tipo del eje de la carretera.

II.2.3.1.7 Instalación de señalamientos

En cumplimiento a la Norma Oficial Mexicana NOM-086-SCT2-2023, se instalarán los señalamiento y dispositivos para protección en las zonas de obras viales.

El señalamiento horizontal, vertical y los dispositivos de seguridad en zonas de obras viales, se colocan provisionalmente para guiar al tránsito y resguardar la integridad física de los usuarios de las carreteras y vialidades urbanas, así como del personal que trabaja en las obras.

Al respecto se tiene contemplado que los trabajos necesarios para la modernización de la carretera, no se realice en tramos superiores a los 2 km de construcción, ya que durante la construcción se generará una interferencia a la circulación ordinaria de la carretera.

El objetivo en todo momento será evitar al máximo la afectación a las condiciones ordinarias de circulación, para ello, se darán pausas de 5 a 10 minutos para ir intercalando el flujo de tránsito, esto hasta que los trabajos se concluyan. Durante esta etapa será necesario contar con bandereros que estén comunicados por medio de radios, para ir controlando el tráfico en la zona.

A continuación, se enlistan las señales que se contemplan emplear por frente de trabajo (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**2).

Tabla II- 22. Listado de señales a emplear por frente de trabajo.

CONCEPTO	SEÑAL	DIMENSION	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
	SIP-7 PREV	178x71	2	SEÑAL BAJA "PRECAUCION OBRAS A 200 m."
	SIP-9 CONF	178 x 71	2	SEÑAL BAJA DE "TERMINA TRAMO EN REPARACI
	SPP-1	86x86	2	SEÑAL BAJA DE HOMBRES TRABAJANDO
	SPP-3	86x86	2	SEÑAL BAJA DE BANDERERO
	SPP-6	86x86	2	SEÑAL BAJA CURVA DERECHA
	SPP-6A	86x86	2	SEÑAL BAJA CURVA IZQUIERDA
	T.A.	122x30	4	TABLERO ADICIONAL DE "A XX m"
	SRP-9_60	86x86	2	SEÑAL BAJA DE VELOCIDAD "80 KPH"
	SRP-9_50	86x86	2	SEÑAL BAJA DE VELOCIDAD "80 KPH"
	SRP-9_40	86x86	2	SEÑAL BAJA DE VELOCIDAD "70 KPH"
	SRP-9_30	86x86	2	SEÑAL BAJA DE VELOCIDAD "60 KPH"
			2000	DISPOSITIVO LUMINOSO PARA TAMBO
			22	TAMBOS PARA ALINEAMIENTO DE CARRIL (NARANJ
			2	TABLERO LUMINOSO
			2	BANDERERO
			2000	BARRERA TIPO NEW JERSEY

II.2.3.1.8 Fresado de carpeta asfáltica

Considerando que los Tramos 1 y 3 se desplantarán sobre la carretera existente que actualmente se encuentra operando, para su modernización será necesario llevar a cabo el fresado en un espesor de 0 hasta 5 cm de la carpeta asfáltica

existente, para remover las capas de pavimento deterioradas. Esta actividad dependerá del perfil longitudinal de la superficie de rodamiento actual.

El fresado se realiza con una máquina fresadora con un tambor de picas que trabaja cortado el asfalto en frío a una profundidad controlada, la cual depende del tipo y profundidad necesaria. El uso de esta maquinaria permite rehabilitar la carpeta de rodamiento sin necesidad de demoler completamente la estructura del camino, dejando la superficie trabajada lista para recibir el riego de liga o colocación de una nueva carpeta asfáltica. Además, el material retirado por este medio puede reutilizarse en la conformación de nuevas bases o mezclas asfálticas, previa valoración.

En las zonas donde se detecten baches superficiales o calaveras, se deberán de reparar hasta el nivel de la carpeta actual.

Una vez llevado a cabo los pasos anteriores, se deberán iniciar con los trabajos de renivelación con material de carpeta asfáltica de banco, en un espesor que varié desde 0 hasta 5 cm.

Una vez terminado el fresado, se barrerá e impregnará la superficie de la carpeta asfáltica con emulsión asfáltica del tipo ECI60 a razón de 1.5 L m^{2-1}, lo cual dependerá de la revisión efectuada en campo, pudiendo variar de acuerdo con su textura y composición granulométrica. Posteriormente, se realizará un poreo de la misma con arena exenta de plasticidad.

Finalmente se construirá una sobrecarpeta de 0.08 m de espesor, con mezcla en caliente, con un cemento asfáltico clasificado como PG 64S-22, compactándose al 95% mínimo de su PVM con respecto a la prueba Marshall, en su variante correspondiente a 75 golpes por cara del espécimen.

II.2.3.1.9 Demolición de puentes

Como parte del desarrollo del proyecto, en los tramos de modernización de la carretera que actualmente se encuentra en servicio, se tienen construidos cuatro puentes: El Pedreguero, en el cadenamiento de referencia 11+740 y 37.50 m de longitud; La Loma, con cadenamiento de referencia 18+485.5 y 21.52 m de longitud; Embarcadero I, cadenamiento de referencia 20+075 y 50.00 m de longitud, y, Embarcadero II, con cadenamiento de referencia 20+549.5 y 25.00 m de longitud. Estos puentes fueron construidos para funcionar con el ancho de corona actual de 7.0, pero considerando que el proyecto de modernización de la carretera implica la ampliación del ancho de corona a 12.0 m, estos puentes ya no serán funcionales y requieren ser sustituidos.

Los puentes existentes serán demolidos mediante una técnica de demolición mecánica, sin emplear explosivos. Esta técnica se considera apropiada tomando en cuenta que no se trata de puentes muy largos, no tienen gran altura, no provoca inestabilidad en el terreno y es una manera de garantizar la seguridad tanto para los trabajadores como para la población.

Se trata de una técnica que se realizará con ayuda de medios mecánicos, como retroexcavadoras y excavadoras provistas con martillos neumáticos, rompedoras manuales de percusión (martillo hidráulico manual), grúas y buldócer. Este equipo de demolición mayor es apoyado con equipo manual menor, generalmente equipo auxiliar de corte con soplete, compresores de aire portátiles estándar u otra fuente de energía, tirfors (cables de acero con prisiones de opresores), carretillas, marros, barretas y picos.

Entre las ventajas de la utilización de esta técnica es que tienen un alto rendimiento, se facilita trabajar en superficies verticales y son altamente disponibles. Entre sus desventajas se tiene que necesitan un acceso adecuado, una base firme y plana — lo que no representa un problema dadas las condiciones actuales del terreno en el

que se emplaza el proyecto—, y algunos equipos son ruidos y generan polvo al momento de su operación.

Antes de proceder a cualquier proceso de demolición ya sea manual o mecánico, se procederá a cercar el perímetro con malla, madera, o lonas, evitando con ello que los residuos generados se dispersen, así como potenciales accidentes y para mitigar el efecto visual al exterior.

II.2.3.1.10 Obras de drenaje menor

En todos los casos se retirarán las losas o tubos de concreto de las obras de drenaje existente, dado que se encuentran en malas condiciones o no cumplen con las dimensiones contempladas en la modernización. Los materiales serán retirados y transportados a un sitio de disposición final y se sustituirán mediante nuevas losas, bóveda o tubos de concreto armado, según corresponda de conformidad con las dimensiones indicadas para cada obra, en el apartado II.2.1.5 Obras de drenaje menor.

En el Anexo E se presentan los cortes esquemáticos con las dimensiones para cada obra hidráulica. En la Figura II-33 se muestran, a manera de ejemplo, un croquis de localización y corte esquemático de obra de drenaje con losa y, en la Figura II-34 una de tubo de concreto.

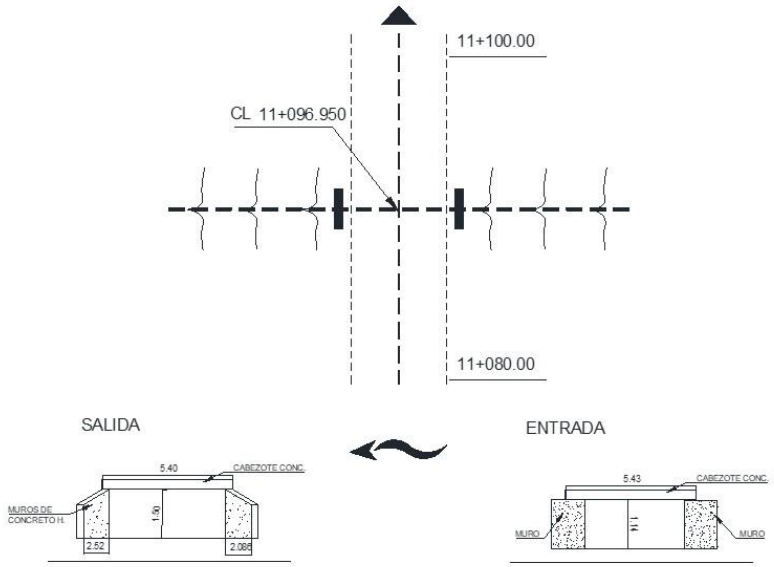


Figura II-33. Croquis de localización (figura arriba) y corte esquemático de losa de concreto de 5.4 m x 1.5 m contemplada en el cadenamiento 11+096.95 (figura abajo).

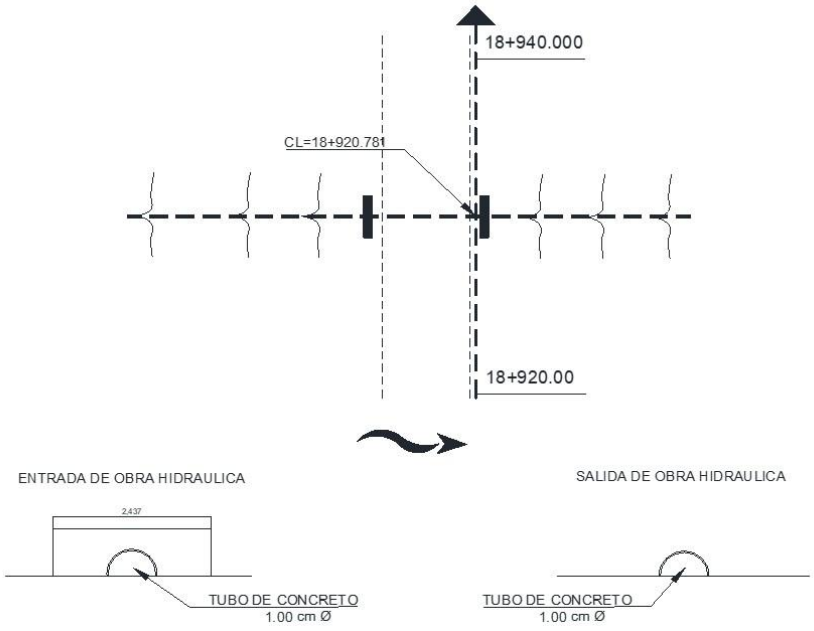


Figura II-34. Croquis de localización (figura arriba) y corte esquemático de tubo de concreto de 1.00 m Ø contemplado en el cadenamiento 18+920.78 (figura abajo).

Adicional a lo anterior, deberá complementarse con la normativa N-CTR-CAR-1-03-002/00; todas las obras deberán protegerse adecuadamente para evitar cualquier daño estructural durante la construcción de las terracerías.

A la par de la realización de las actividades antes descritas en los Tramos 1 y 3 donde se llevará a cabo la modernización de la carretera, se realizarán las actividades de preparación del sitio para el Tramo 2, es decir, para la construcción del nuevo cuerpo carretero que dará lugar al libramiento. Una vez delimitadas las áreas del proyecto, se empezará con los trabajos de desmonte, desenraice y limpieza general de las superficies de afectación prevista, respetando el ancho y longitud definida por el proyecto.

II.2.3.2 Construcción

Los procedimientos constructivos de las terracerías y pavimento deberán cumplir en cada una de sus capas con lo señalado en el Libro N.CTR.CAR.1.04, de las Normas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes vigente en el momento de la construcción, complementándose con los lineamientos que a continuación se describen.

II.2.3.2.1 Bancos de material

Con la finalidad de proponer bancos de material para ser empleados en las diferentes etapas de construcción en la obra, se ubicaron, muestrearon y realizaron ensayes de laboratorio a material de bancos de materiales pétreos activos en la región. Los estudios de laboratorio realizados al material de los bancos de materiales tuvieron la finalidad de conocer sus propiedades mecánicas y tener la certeza de que cumplieran con las especificaciones constructivas particulares de cada caso y poder utilizarse en la construcción del terraplén.

Para usarse en el pedraplén, cuerpo de pedraplén, capa de transición, y subrasante, se ubicaron cuatro posibles bancos de materiales, los cuales se describen a continuación:

1. Banco "El Derrumbe" ubicado en el km 4+750 a una distancia de 5,500 m del proyecto, y está formado por gravas y arenas, mal graduadas, con pocos finos limosos de baja plasticidad (GP-GM-Fc), color café a crema con tono amarillento, medianamente compacta, húmeda, con presencia de fragmentos medianos a chicos de roca. Se recomienda emplear en la formación de pedraplén, cuerpo de pedraplén, capa de transición y subrasante. El banco se encuentra en explotación comercial.
2. Banco "Sin Nombre", ubicado en el km 4+500 a una distancia de 5,000 m del proyecto y está formado por gravas y arenas, mal graduadas, con pocos finos arcillosos de baja plasticidad (GP-GC; SP-SC), color café a crema con tono amarillento, medianamente compacta, húmeda, con presencia de fragmentos medianos a chicos de roca. Se recomienda emplear en la formación de pedraplén, cuerpo de pedraplén, capa de transición y subrasante. El banco se encuentra en explotación comercial.
3. Banco "km 18+600", se ubica en el km 18+600 de la carretera Acapulco – Zihuatanejo, a una distancia de 100 m del proyecto. Este banco de materiales está formado por roca intemperizada, alterada, que al atacarse con equipo de construcción se obtendrán gravas y arenas mal graduadas y fragmentos chicos, con pocos finos arcillosos de baja plasticidad (GP-GC-Fc), color café a crema con tono amarillento, y se recomienda emplear en la formación de pedraplén. El banco ha sido explotado por las condiciones que presenta.
4. Banco "Sin Nombre 2", ubicado en el km 20+500 de la carretera Acapulco – Zihuatanejo, a una distancia de 7,000 m del proyecto. Este banco está formado por una roca intemperizada, alterada, que al atacarse con equipo de construcción se obtendrán gravas y arenas mal graduadas, y fragmentos chicos, con pocos finos arcillosos de baja plasticidad (GP-GC-Fc), color café

a crema con tono amarillento, y se recomienda emplear en la formación de pedraplén. El banco se encuentra en explotación comercial.

Por otro lado, para las capas que integrará la sección del pavimento como son base hidráulica, base asfáltica, carpeta asfáltica y concreto hidráulico, se logró localizar un posible banco de material pétreo, denominado "Trituradora Lomas de San Juan" o "La Loma", ubicado en el km 14+000 desviación derecha a una distancia de 27,000 m del proyecto y está formado por grava-arena de río, mal graduada, con pocos finos limosos de baja plasticidad, color grisáceo, suelta a medianamente compacta, húmeda, con presencia de boleos de aproximadamente un 40% y con tamaños máximos de 9", y que deberá ser sometido a un proceso de trituración parcial o total y cribado, dependiendo de las capas de pavimento en que sea utilizado. El banco se encuentra en explotación comercial.

La Figura II-35 muestra la ubicación de los bancos de materiales pétreos anteriormente descritos con referencia al trazo del proyecto.

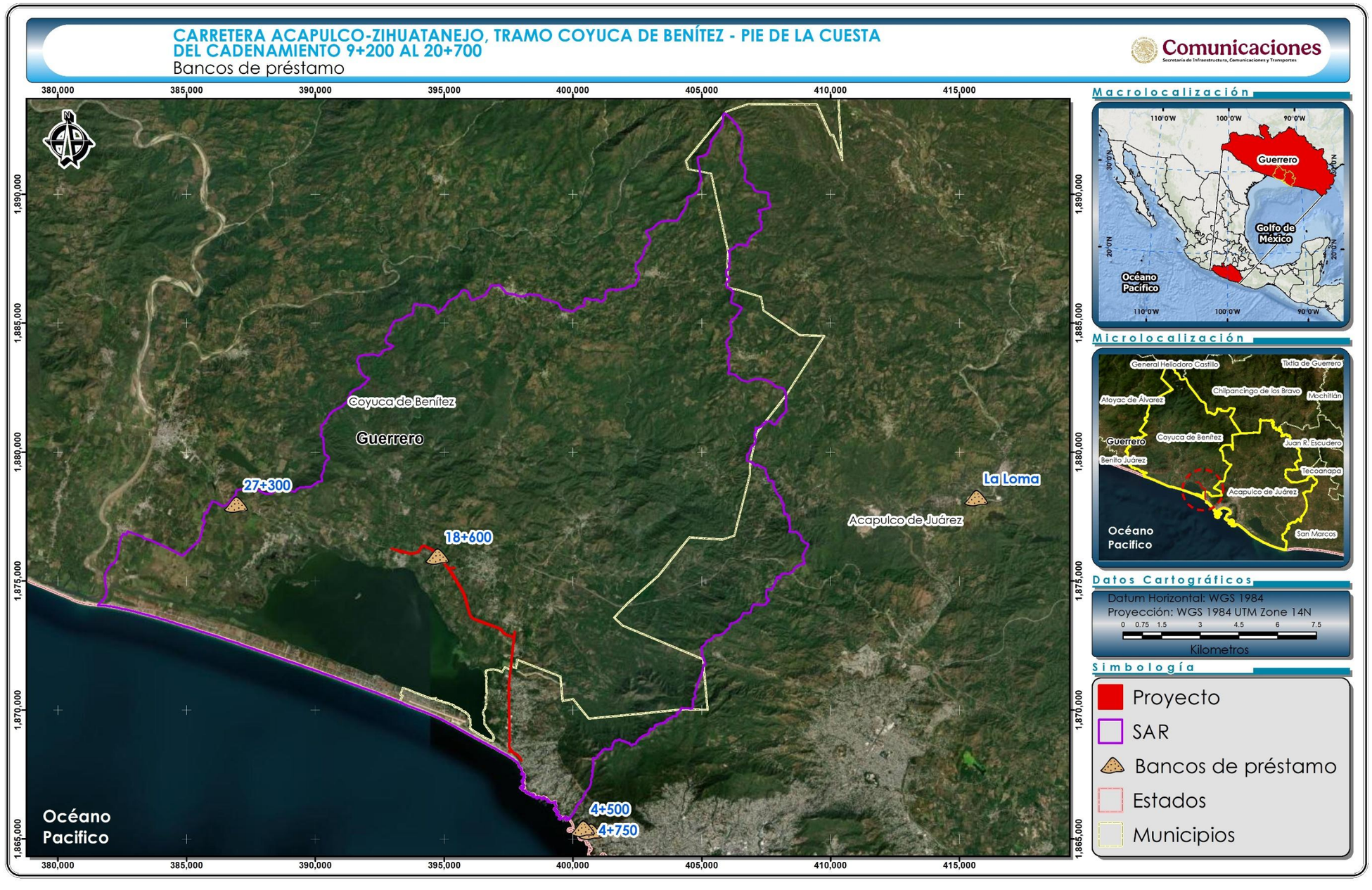


Figura II-35. Ubicación de los bancos de material pétreos identificados para la obtención de material para el desarrollo del proyecto.

II.2.3.2.2 Cortes

Una vez terminados los trabajos de desmonte se delimitarán las zonas de corte mediante estacas en líneas de ceros, que corresponden a excavaciones en el terreno natural, con objeto de preparar y formar la sección de obra. Para ello se usarán barrenadoras, tractores o cargadores frontales necesarios para el acarreo de materiales. Los cortes se ejecutarán respetando la inclinación indicada con el talud señalado en el proyecto de diseño. En el caso de que los materiales de los taludes resulten fragmentados o se tenga una superficie irregular o inestable, el material en estas condiciones será removido y el talud abatido hasta una inclinación que resulte segura para su estabilidad.

Para cortes mayores a los 20 m de altura, se recomienda mantener la inclinación de los taludes, así como la construcción de bermas para mantener la estabilidad del talud. Se prevé generar un volumen aproximado de 30,415.77 m^3 derivado de los cortes. Los materiales producto del corte se utilizarán para construir terraplenes o arroparlos reduciendo la inclinación de sus taludes.

Las cunetas se construirán de forma que su desagüe no cause perjuicio a los cortes ni a los terraplenes, las contracunetas se harán antes o simultáneamente con los cortes.

II.2.3.2.3 Excavaciones

Se llevarán a cabo trabajos de excavación para la cimentación de estructuras y para la construcción de las obras de drenaje, entre otras, contemplándose generar un volumen aproximado de 50,983.20 m^3. El contratista deberá llevar a cabo un estricto control, para evitar que al término de la jornada laboral se queden excavaciones abiertas que permitan la posibilidad que las precipitaciones pluviales saturen la superficie descubierta.

II.2.3.2.4 Compactación

Antes de iniciar los trabajos para la conformación de terraplenes, se rellenarán los huecos resultantes de los trabajos de desmonte y despalme con material compactado, asimismo se compactará el terreno natural o el despalmado. Se contempla la compactación de la cama de los cortes al 95 % de sus PVSM (Peso Volumétrico Seco Máximo), con espesor de 20 cm, PUOT (Por Unidad de Obra Terminada) contemplándose un volumen aproximado de 67,39.87 m^3 y la compactación del terreno natural para desplante de terraplén al 90% de sus PVSM, con espesor de 20 cm PUOT, con un volumen aproximado de 2,345.66 m^3.

Se formará y compactará la capa de transición o subyacente al 95 % de su MVSM de la prueba AASHTO estándar, en un espesor de 50 cm, con material producto de banco. Posteriormente, en toda la vialidad se formará y compactará la capa subrasante al 100 % de su MVSM de la prueba AASHTO estándar, en un espesor de 30 cm, con material producto de banco, cuidando que el tamaño máximo de las partículas para esta capa no sobrepase los 75 mm (3").

II.2.3.2.5 Terraplenes

Los terraplenes se conformarán con materiales producto de cortes o procedentes de bancos de material. Cuando el material sea producto de corte, se realizará una mezcla en una proporción de 70 % de dicho material y 30 % de material de banco, una vez combinados en dicha proporción se tenderá y compactará al 90 % de su M.V.S.M. o bandearse, según sea el caso.

Para el caso de material no compactable para conformación de la capa de terraplén, éste se bandeará con tractor de tal manera que el acomodo de los materiales sea uniforme; posteriormente, se construirá la capa de subrasante conformada con material compactable.

Para el caso en el que se tenga un 30 % de fragmentos de roca de medianos a grandes, previo a su tendido, este material se cribará para separar los fragmentos de roca y dejar solo la porción de material compactable para su utilización, desechando el material grueso. El material se conformará en capas de 20 cm y será extendido en todo lo ancho del terraplén.

Los materiales que se usen para la conformación de terraplenes cumplirán con los requisitos de calidad indicados en la Norma N-CMT-1-01/21. En ningún caso se utilizarán materiales altamente orgánicos como turba (Pt), ni material producto del despalme.

La realización de esta actividad se realizará empleando maquinaria pesada, como motoconformadoras, tractores, cargador frontal y compactador liso o pata de cabra, dependiendo de las características del suelo.

Para ligar el cuerpo del terraplén de la ampliación con el existente, deberán proyectarse escalones de liga con altura mínima de 0.30 m y el ancho que resulte, de acuerdo con la inclinación del talud. La capa de transición o subyacente al 95 % de su MVSM de la prueba AASHTO Estándar se formará y compactará en un espesor de 0.50 m. Finalmente, se formará y compactará la capa subrasante al 100% de su MVSM AASHTO estándar, en un espesor de 0.30 m, cuidando que el tamaño máximo de las partículas no sobrepase los 75 mm.

Derivado del estudio geotécnico, se recomienda emplear cal hidratada en un porcentaje mínimo del 4.0 % para que los materiales puedan emplearse para la conformación de cuerpo de terraplén, compactado al 90% de su M.V.S.M. La estabilización de suelos no requiere de grandes adiciones de cal hidratada, para lograr que el suelo obtenga resistencias más altas. Por lo general, las arcillas y tierras con alto grado de expansión que son estabilizadas con cal hidratada forman una mezcla cementante natural, lo que permite obtener en pocas horas una resistencia mayor a la del mismo suelo compactando sin estabilizador.

En zonas de terraplenes o cortes bajos con nivel freático superficial (NAF), se deberá mejorar el suelo mediante la construcción de una capa rompedora de capilaridad (CRC) de 0.50 m de espesor, con material granular cuyos tamaños deberán cumplir con la norma N-PRY-CAR-4-03-005. Se colocará un geotextil cuyas características cumplan con la norma N-CTM-6-01-002, el cual deberá envolver dicha capa para impedir la migración de finos. En caso de ser necesario se deberán abrir cajas de profundidad suficiente para alojar todas las capas.

Será necesario proteger todos los taludes de los terraplenes y cortes, propiciando el crecimiento de vegetación, uso de mallas metálicas, riego asfáltico o zampeados, para evitar problemas de erosión, originados por los vientos y precipitaciones pluviales, puesto que los materiales existentes en la zona son muy susceptibles a ello.

La inclinación de los taludes de los terraplenes dependerá de su altura (Tabla II-23). Para taludes de entre 0.00 m y 1.00 m de altura deberá tener una inclinación 5:1. Taludes con una altura de entre 1.00 m y 2.00 m de 3:1 y, para taludes de más de 2.00 m de alto se tendrán una inclinación 1.5:1.

Tabla II- 23. Inclinación de taludes en terraplenes.

Altura	Inclinación
De 0.00 m a 1.00 m	5:1
De 1.00 m a 2.00 m	3:1
Mayor a 2.00 m	1.5:1

II.2.3.2.6 Capa de transición

Terminada la capa de terraplén conformada con material no compactable, se construirá la capa de transición que se conformará en capas de 30 cm y será extendido en todo lo ancho del terraplén en capas sucesivas de tal manera que alcance el 95 % de su grado de compactación respecto a su MVSM.

En dado caso de que se llegara a detectar cercano el nivel freático del nivel de desplante, se procurará no desplantar el terraplén sobre la superficie saturada. En este caso se realizará un abatimiento freático o se colocará una primera capa a volteo capaz de soportar el equipo de construcción que dicta el proyecto.

II.2.3.2.7 Capa subyacente

La capa subyacente tendrá espesor de 0.70 m y se compactará al 95 % de su PVSM de acuerdo con la prueba AASHTO Estándar, cumpliendo con las normas N-CMT-1-02/21 y N-CTR-CAR-1-01-009/16.

II.2.3.2.8 Capa subrasante

El material se conformará en capas de 30 cm y será extendido en todo lo ancho del terraplén o terreno natural, de tal manera que pueda ser compactado al 100 % de su grado de compactación indicado en el proyecto. Se vigilará en todo momento el contenido de agua de compactación con la finalidad de obtener la homogeneidad en granulometría y humedad, establecidos en el proyecto. El material se extenderá parcialmente y se humedecerá para la compactación, por medio de riegos y mezclados sucesivos, o eliminando el agua excedente, cumpliendo con las normas N-CMT-1-03/21 y N-CTR-CAR-1-01-009/16.

II.2.3.2.9 Base hidráulica

El material para la conformación de esta base provendrá de un banco de materiales y deberá cumplir con los requisitos de calidad indicados en la Norma CMT 4-02-002/22, Materiales para Bases Hidráulicas.

La base se conformará con capas de material sin compactar y con un espesor homogéneo no mayor a los 25 cm. Esta capa de material se extenderá sobre el ancho de la corona con el espesor adecuado para que el equipo logre compactarlo al 100 % de su PVSM de acuerdo con la prueba AASHTO Modificada, cumpliendo con las normas N-CMT-4-02-002/22 y N-CTR-CAR-1-04-002/11.

II.2.3.2.10 Riego de impregnación EAI-60

Todo el eje de la carretera y los entronques estarán cubiertos con carpeta asfáltica. Una vez terminada la capa de base hidráulica se procederá a colocar un riego de impregnación a base de una emulsión asfáltica de rompimiento lento del tipo EAI-60, en una proporción de 1.4 L m^{2-1}. El material asfáltico empleado deberá cumplir con los requisitos de calidad indicados en la Norma N-CMT-4-05-001, Calidad de Materiales Asfalticos. El riego de impregnación se protegerá cubriéndolo con arena limpia hasta que se coloque la carpeta asfáltica.

II.2.3.2.11 Carpeta asfáltica

Los materiales por emplear en la carpeta asfáltica del eje de la carretera y de los entronques deberán cumplir con lo indicado en el Libro CMT "Características de los Materiales, parte 4 correspondiente a Materiales para Pavimentos" y en el Libro CTR "Construcción, Tema CAR. Carreteras, Título 1. Conceptos de Obra, Título 04. Pavimentos, de la SICT", en la versión vigente en el momento de la construcción.

Para el diseño de la mezcla asfáltica, se recomienda apegarse a lo indicado con lo establecido por las Normas N-CMT-4-05-004/18 referente a la calidad de material asfáltico grado PG.

De acuerdo con las características de la región donde del proyecto, se recomienda emplear un cemento asfáltico clasificado como PG 64S-22 para una intensidad de

tránsito ΣL < 106. Las emulsiones serán del tipo ECI-60 y ECR-65 para riegos de impregnación y liga, respectivamente. El cemento asfáltico será del tipo AC-20, preferentemente modificado con polímeros tipo I-B (SBS ó SB), para el concreto asfáltico, cumpliendo con todos los requisitos señalados en las Normas N.CMT.4.05.002/06 y N.CMT.4.05.003/16 correspondiente a Calidad de Materiales Asfálticos Modificados y Calidad de Mezclas Asfálticas para Carreteras, respectivamente.

Los materiales de la mezcla asfáltica cumplirán con los requisitos de calidad indicados en las Normas N-CMT-4-04, Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas, N-CMT-4-05-003, Calidad de Mezclas Asfálticas para Carreteras. Se formará la capa de base asfáltica de 0.14 m de espesor, con un T.M.A. de 1", con cemento asfáltico grado PG 64H-16, compactándose al 95 % mínimo de su PVM con respecto a la prueba Marshall, en su variante correspondiente a 75 golpes por cara del espécimen. La dosificación de cemento asfáltico se determinará mediante el diseño correspondiente a través del laboratorio que llevará el control de los trabajos.

II.2.3.2.11.1 Riego de Liga

Previo a la aplicación del riego de liga se barrera la superficie de la base hidráulica con la finalidad de retirar el riego de arena que se utilizó para cubrir el riego de impregnación, y dejar limpia la superficie de cualquier agente contaminante.

Se aplicará un riego de liga en toda la superficie de la base hidráulica de tal manera que este sea uniforme, utilizando una emulsión asfáltica de rompimiento rápido del tipo EAR-55, en una proporción de 1.0 L m^{2-1}.

II.2.3.2.11.2 Mezcla asfáltica

La mezcla asfáltica de granulometría densa en caliente que se utilice deberá cumplir con los requisitos de calidad de mezcla asfáltica en caliente indicados en la Norma N-CMT-4-05-003, Calidad de Mezclas Asfálticas para Carreteras.

Para su transportación al sitio de obra se utilizarán camiones de caja metálica cubiertos con una lona de tal manera que lo proteja del polvo, materias extrañas y de la perdida de temperatura durante el trayecto.

La temperatura de la mezcla asfáltica será de acuerdo con lo indicado por el fabricante o lo indicado en el diseño.

II.2.3.2.11.3 Tendido de la mezcla asfáltica

La mezcla asfáltica se tenderá y conformará con una pavimentadora autopropulsada, de tal manera que se obtenga una capa de material sin compactar de espesor uniforme. El tendido se iniciará inmediatamente después de que la mezcla se haya depositado en la tolva receptora de la pavimentadora. Al momento de su aplicación deberá tener la temperatura adecuada o la determinada en la curva de viscosidad temperatura del cemento asfáltico, pero ésta no deberá ser menor a los 140°C.

Posteriormente, se compactará utilizando rodillo liso tipo tándem, seguido de un compactador neumático. La compactación se terminará cuando la mezcla asfáltica tenga una temperatura igual a la mínima conveniente para la compactación y se hayan alcanzado el 95 % de su PVM.

En la última capa de la carpeta compactada se formará un chaflan en las orillas con una base de 1.5 veces el espesor de la carpeta asfáltica, compactándolo con el equipo adecuado.

Antes de iniciar la construcción de la capa de base hidráulica, se verificará que la subrasante cumpla con los niveles fijados en el proyecto, así como con las siguientes tolerancias:

a) Nivel de superficie $\pm$2 cm.

b) Pendiente transversal $\pm$0.5%

c) Profundidad de las depresiones observadas colocando una regla de 3.0 m. de longitud, paralela y normalmente al eje, máximo. 3 cm.

d) Grado de compactación obtenido en por lo menos el 80 % de los puntos determinados en un mínimo de 20 verificaciones, fijados aleatoriamente, con respecto al PVSM de la prueba AASHTO Estándar.

Una vez construida la capa de base hidráulica, se verificará que al término de la construcción se cumpla con los siguientes aspectos y respectivas tolerancias:

a) Nivel de superficie: ±1cm.

b) Pendiente transversal: ±0.5%

c) Profundidad de las depresiones observadas colocando una regla de 3.0 m de longitud, paralela y normalmente al eje: máximo 1 cm.

d) Ancho de la corona, del eje a la orilla, con respecto al proyecto: +5cm.

e) Grado de compactación obtenido en puntos fijados aleatoriamente, con respecto al PVSM de la prueba AASHTO Modificada: ≥100%.

La capa de base asfáltica deberá cumplir con los siguientes aspectos técnicos:

a) Nivel superficie: ±1cm.

b) Pendiente transversal: ±0.5%

c) Profundidad de las depresiones observadas colocando una regla de 3.0 m de longitud, paralela y normalmente al eje: máximo 1 cm.

d) Ancho de la corona, del eje a la orilla, con respecto al proyecto: +5cm.

e) Grado de compactación obtenido en puntos fijados aleatoriamente, con respecto al PVM de la prueba Marshall: ≥95%.

Una vez construida la carpeta asfáltica deberá cumplir con los siguientes aspectos técnicos:

a) Profundidad máxima de las depresiones observadas colocando una regla rígida de 3.0 m de longitud, paralela y normalmente al eje: máximo 0.5 cm.
b) Pendiente transversal: ±0.25%.
c) Espesores:

- Promedio mínimo: Igual al proyecto.
- En el 90% mínimo del número total de determinación de espesores: máximo -0.5 cm.
- En el 10% restante del número total de determinación de espesores: máximo -1 cm.

II.2.3.3 Obras complementarias para entronques

II.2.3.3.1 Bordillos

Con el fin de encausar el agua que caiga en el camino, se construirán bordillos de concreto hidráulico a todo lo largo de las zonas de terraplén. En general, se construirán bordillos en los terraplenes mayores a 1.5 metros de altura conforme a las dimensiones y características indicadas en el proyecto. Para su correcta funcionalidad y seguridad, será indispensable que la descarga de los lavaderos quede fuera de los ceros del terraplén.

No se construirán bordillos y lavaderos en tramos sin pendiente longitudinal. En los tramos en tangente, se dejará un espacio libre para la descarga del escurrimiento hacia los lavaderos ubicados a una distancia de 100 m máximo en tramos curvos y 150 m en tramos en tangente, como lo especifica la normativa M-PRY-CAR-4-02-002/16.

Los bordillos tendrán forma trapezoidal con base inferior de 16 cm, base superior de 8 cm y altura de 12 cm (Figura II-36). Los bordillos se construirán considerando los siguientes aspectos técnicos:

- Serán de concreto hidráulico con una resistencia de f`c= 150 kg/cm².
- Cuando sean colados en el lugar, se utilizarán moldes rígidos sobre el terreno, colocando varillas a cada metro de tal manera que queden anclados al terreno natural.
- Los bordillos de concreto hidráulicos colados en el lugar, deberán curarse de acuerdo con las especificaciones que arroje el proyecto.

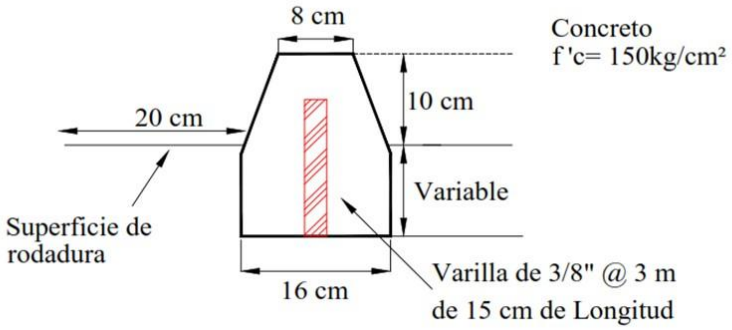


Figura II-36. Descripción técnica de los bordillos por construir como obra complementaria en entronques.

II.2.3.3.2 Protección

En las zonas de balcón y corte se colocará protección de concreto hidráulico con un espesor de 5 a 10 cm de espesor para evitar la acumulación de agua se desplome del pavimento y que se escurra por el talud, el espesor estará a criterio de residente de obra. La protección se construirá sobre el talud para protegerlo del agua con concreto hidráulico y un espesor de 5 a 10 cm de f `c = 150 kg cm^{2-1} a fin de evitar los efectos de erosión por parte del agua. Se protegerá a partir del cero del talud, tanto del cuerpo como del terreno natural, un metro hacia ambos lados.

En caso de que las guarniciones tengan una proyección horizontal en su base hacia la calzada, ésta deberá tener un ancho máximo de 25 cm desde el pie de la base inclinada hasta el plano vertical tangente a la cara interior de la defensa o parapeto.

II.2.3.3.3 Cunetas

La conformación de las zanjas para formar las cunetas se efectuará mediante una excavación de acuerdo con las secciones, niveles, alineación y acabados indicados en el proyecto. Las que se proyecten deberán revestirse invariablemente con concreto hidráulico, de f `c = 150 kg cm^{2-1} y 10 cm de espesor mínimo, a fin de evitar los efectos erosivos del agua.

La pendiente de la cuneta será la misma que la del camino. El recubrimiento de las cunetas con concreto hidráulico se construirá con juntas frías cada metro, mediante el colado de las losas en forma alternada y longitud mínima de 1.0 m (Figura II-37).

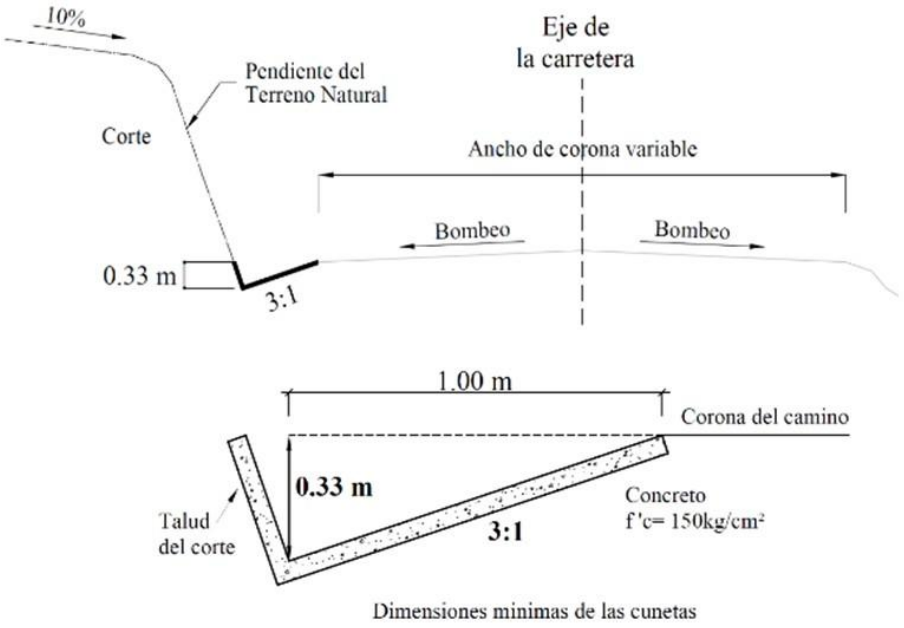


Figura II-37. Detalles de obra complementaria tipo cuneta.

II.2.3.3.4 Lavaderos

Con el fin de dar salida inmediata al agua que caiga en el camino, en las zonas de terraplén se construirán lavaderos de concreto hidráulico a cada 50 m, los cuales desembocarán en el terreno natural. Los lavaderos se construirán sobre el talud y ambos lados de los terraplenes en tangente, de preferencia en las partes con menor altura (Figura II-38).

En ningún caso se colocarán bordillos y lavaderos en tramos sin pendiente longitudinal.

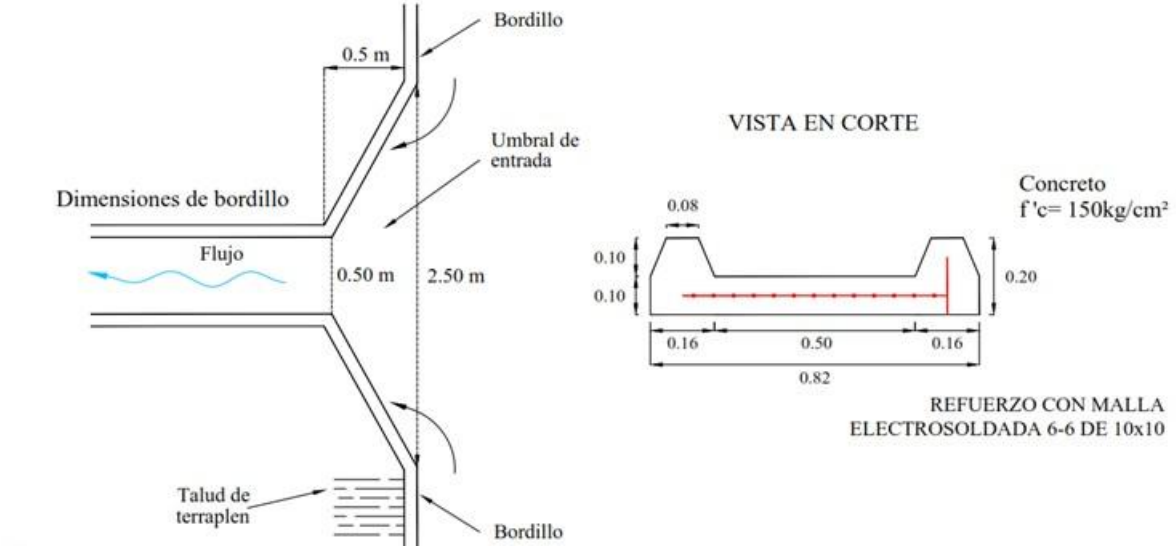


Figura II-38. Detalle de obra complementaria tipo lavadero.

II.2.3.4 Construcción de puentes

Se construirán 5 puentes como obras de drenaje mayor, los cuales atenderán las especificaciones establecidas a través del apartado II.2.1.4 Puentes.

II.2.3.4.1 Puente El Predregero

Se contempla su construcción a través de elementos de concreto reforzados y prefabricados, en particular mediante trabes AASHTO Tipo III, mismas que serán colocadas con apoyo de grúas. Para la base de rodamiento del puente, se construirá una superestructura formada por dos tramos de losas de concreto reforzado, con un ancho total de 12.80 m, sobre ocho trabes de concreto presforzado de 24.0 m para una carga viva IMT 66.5 t, para dos bandas de circulación de 6.40 m soportada en las trabes, con 3.50 m de ancho de calzada, 2.50 m de acotamiento, 1.86 m sobre ancho y 0.40 m de parapeto y guarnición. Sobre las losas se colocará la carpeta asfáltica de 4.0 cm de espesor, como superficie de rodamiento (Figura II-39).

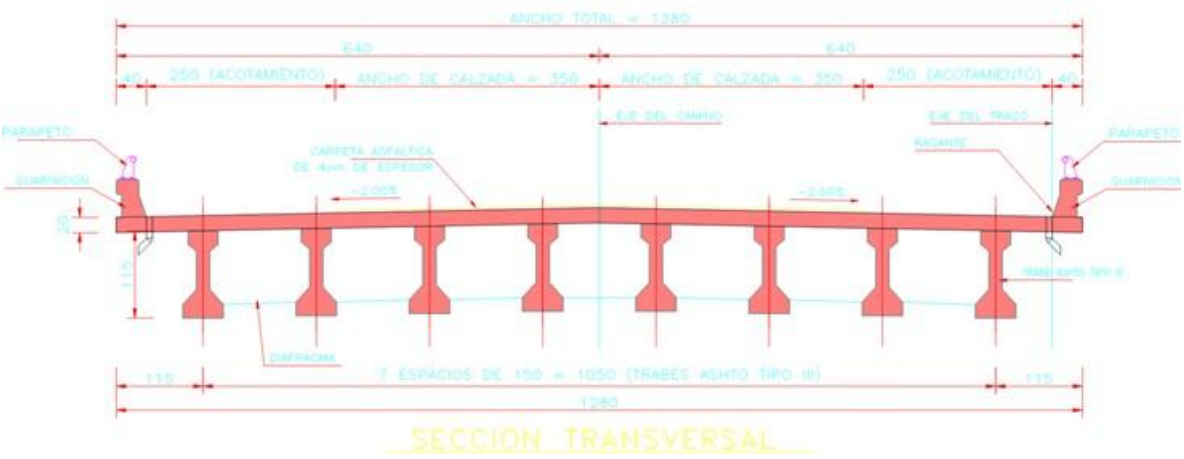


Figura II-39. Sección transversal del puente El Pedreguero en el cadenamiento de referencia 11+740 del proyecto.

II.2.3.4.2 Puente El Conchero II

Para su construcción se contemplan trabes AASHTO Tipo IV a través de elementos de concreto reforzados y prefabricados, mismas que serán colocadas con apoyo de grúas. Para la base de rodamiento del puente, se construirá una superestructura formada por tres tramos de losas de concreto reforzado, con un ancho total de 12.80

m, sobre ocho trabes de concreto presforzado de 24.0 m para cada carga viva IMT 66.5 t, en dos bandas de circulación de 6.40 m soportadas en las trabes, con 3.50 m de ancho de calzada, 2.50 m de acotamiento y 0.40 m de parapeto y guarnición. Sobre la losa se colocará la carpeta asfáltica de 4.0 cm de espesor, como superficie de rodamiento (Figura II-40).

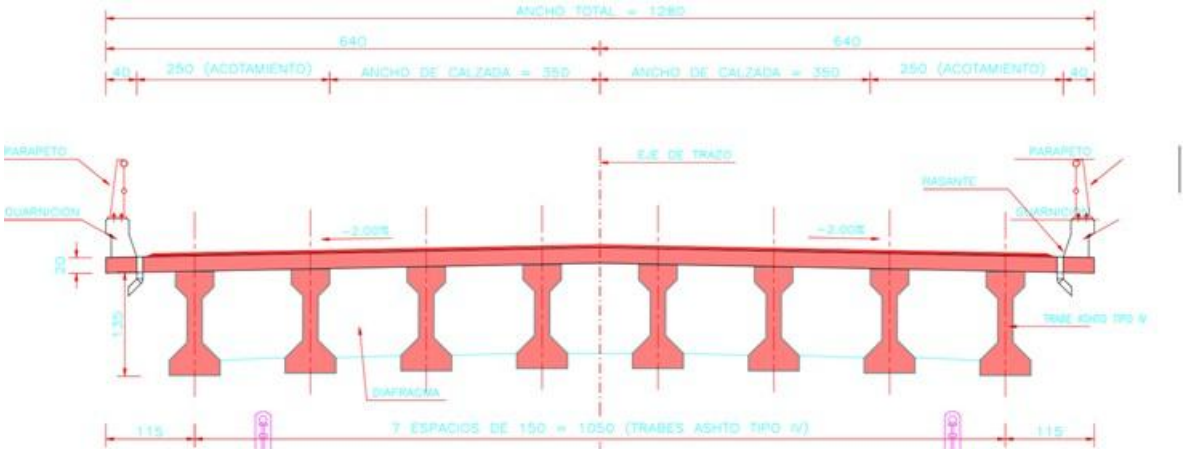


Figura II-40. Sección transversal del puente El Conchero II en el cadenamiento de referencia 14+930 del proyecto.

II.2.3.4.3 Puente La Loma

Su construcción se contempla a través de elementos de concreto reforzados y prefabricados como son trabes AASHTO Tipo IV, mismas que serán colocadas con apoyo de grúas. Para la base de rodamiento del pueste, se construirá una superestructura formada por un tramo de losa de concreto reforzado, con un ancho total de 12.80 m, sobre ocho trabes de concreto presforzado de 24.0 m para una carga viva IMT 66.5 t, para dos bandas de circulación de 6.40 m soportada en las trabes, con 3.50 m de ancho de calzada, 2.50 m de acotamiento y 0.40 m de parapeto y guarnición. Sobre la losa se colocará la carpeta asfáltica de 4 cm de espesor, como superficie de rodamiento (Figura II-41).

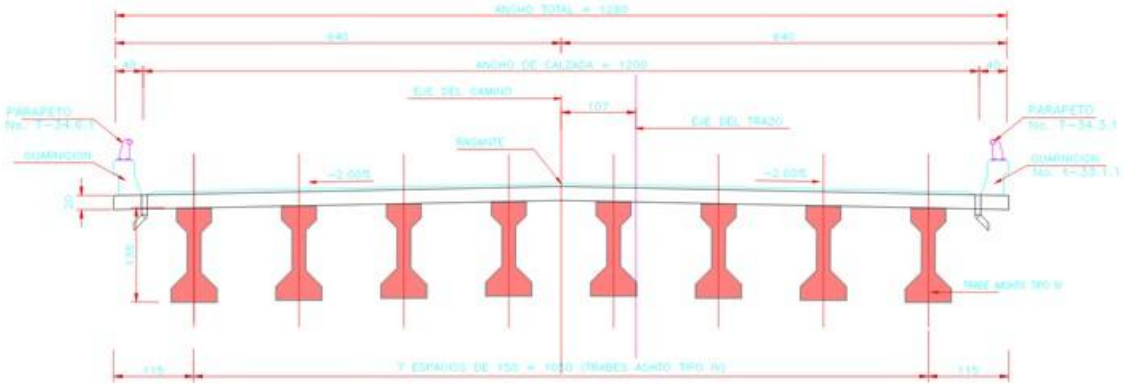


Figura II-41. Sección transversal del puente La Loma en el cadenamiento de referencia 18+480 del proyecto.

II.2.3.4.4 Puente Embarcadero I

Para su construcción se contemplan trabes AASHTO Tipo IV a través de elementos de concreto reforzados y prefabricados, mismas que serán colocadas con apoyo de grúas. Para la base de rodamiento del pueste, se construirá una superestructura formada por tres tramos de losas de concreto reforzado, con un ancho total de 14.66 m, sobre nueve trabes de concreto presforzado de 28.0 m para cada carga viva IMT 66.5 t, para dos bandas de circulación de 6.40 m y 8.26 m soportadas en las trabes, con 3.50 m de ancho de calzada, 2.50 m de acotamiento y 0.40 m de parapeto y guarnición. Sobre las losas se colocará la carpeta asfáltica de 4 cm de espesor, como superficie de rodamiento (Figura II-42).

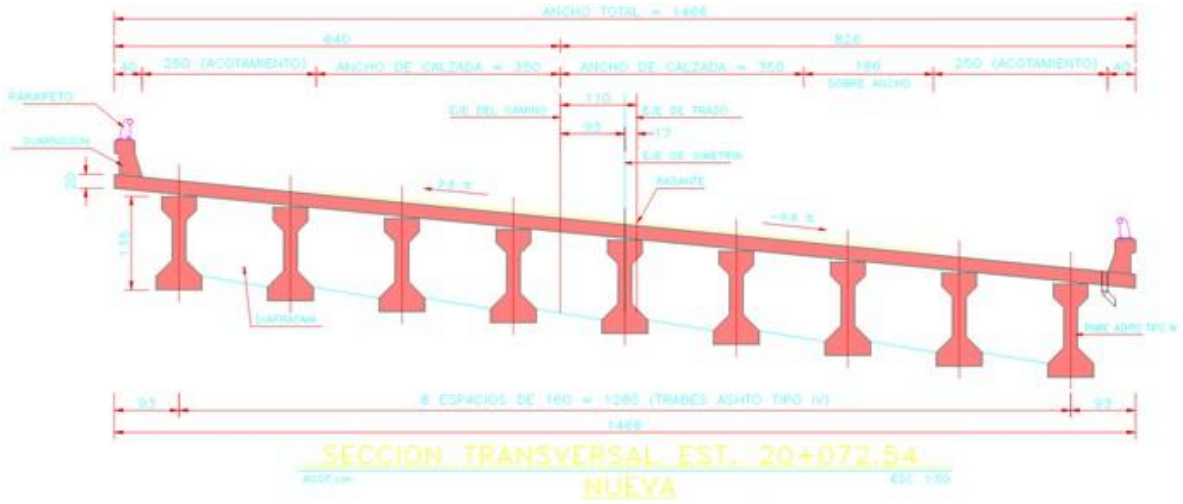


Figura II-42. Sección transversal puente Embarcadero I en el cadenamiento de referencia 20+080 del proyecto.

II.2.3.4.5 Puente Embarcadero II

Para su construcción se contemplan trabes AASHTO Tipo IV a través de elementos de concreto reforzados y prefabricados, mismas que serán colocadas con apoyo de grúas. Para la base de rodamiento del puente, se construirá una superestructura formada por tres tramos de losa de concreto reforzado con un ancho total de 12.80 m simplemente apoyados sobre ocho trabes de concreto presforzado de 24.0 m para cada carga viva IMT 66.5 t, para dos bandas de circulación de 6.40 m soportadas en las trabes, con 3.50 m de ancho de calzada, 2.50 m de acotamiento y 0.40 m de parapeto y guarnición. Sobre la losa se colocará la carpeta asfáltica de 4.0 cm de espesor, como superficie de rodamiento (Figura II-43).

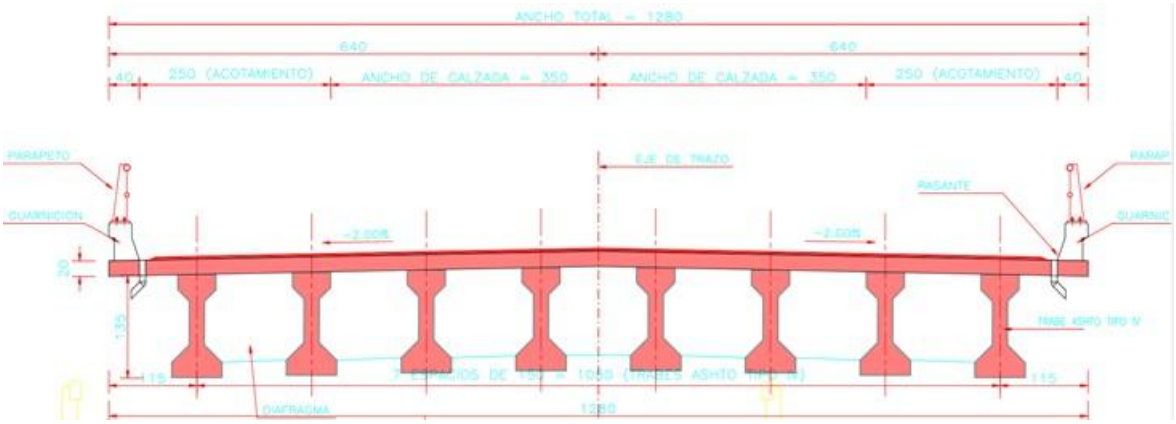


Figura II-43. Sección transversal puente Embarcadero II en el cadenamiento de referencia 20+500 del proyecto.

II.2.4 Operación y mantenimiento

La actividad de operación y mantenimiento se conciernen a la vida útil del proyecto, donde únicamente se tienen contemplado realizar labores de administración y actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de la carretera.

Las actividades de mantenimiento las podemos clasificar en mantenimiento y conservación de la carpeta asfáltica, la limpieza del eje y derecho de vía, mantenimiento y limpieza de las obras de drenaje menor, puentes, cunetas, contracunetas, bordillos y lavaderos, conservación de la estabilidad de taludes y mantenimiento y reemplazo de señalizaciones.

II.2.4.1 Conservación del Pavimento

II.2.4.1.1 Auscultación

La auscultación de pavimentos es aplicable a cualquier carretera para que a través de un sistema de gestión se determinen las inversiones requeridas para conservarla en buen estado de operación, se definan las prioridades de atención y se realice la

programación de los trabajos por ejecutar. La auscultación se realiza con equipos de tecnología reciente de alto rendimiento (que funciona a velocidades de operación) para obtener diversa información sobre las condiciones de servicio y estructurales de los pavimentos.

II.2.4.1.2 Evaluación

La evaluación de un pavimento se aplica a un tramo específico de una carretera y tiene como objetivo determinar las condiciones de servicio, de capacidad estructural y de calidad de materiales, mediante equipo especializado y diversos procedimientos, a fin de determinar su estado de servicio o de funcionamiento.

II.2.4.1.3 Estudios

El análisis de la información obtenida en la evaluación de un pavimento se realiza mediante la aplicación de criterios y métodos de diseño, considerando, además, otros aspectos como el nivel de tránsito prevaleciente y las condiciones de drenaje y climáticas del lugar, a efecto de revisar su vida remanente y definir diversas opciones de rehabilitación o de reconstrucción, que permitan lograr un nuevo periodo de vida útil, con un mejor nivel de servicio y de seguridad, para finalmente seleccionar la que resulte más conveniente, considerando su costo-beneficio.

II.2.4.1.4 Dictamen Técnico

Cuando sólo se requiere mejorar las condiciones de la superficie de rodadura de un tramo específico de una carretera, para resolver fallas de tipo funcional, se formula un Dictamen Técnico, aplicando estudios específicos orientados a confirmar que el origen de las fallas sólo afecta a la superficie de rodadura.

Como resultado del dictamen técnico se determinan los programas de bacheo y reparación de la carpeta asfáltica, de acuerdo con las recomendaciones de la Guía de Procedimientos y Técnicas para la conservación de Carreteras en México.

II.2.4.2 Obras de drenaje

II.2.4.2.1 Auscultación

Para determinar el estado que guardan las obras de drenaje y subdrenaje, se realiza una inspección física detallada en la que se observen todos aquellos detalles que pudieran afectar el sistema de drenaje. Para ello se recurre a la utilización de un formato que permite determinar los aspectos y condiciones de funcionalidad de las obras. Los aspectos por observan son entre otros: fisuras, grietas, deformaciones, aleros, cabezotes, indicios de socavación, azolves, obstrucciones, entre otros, para tener un panorama general de las acciones que son preventivas o correctivas a efecto de proponer los trabajos más adecuados y posibles a realizarse.

En cualquier labor de conservación relacionada con el drenaje, la base para lograr un funcionamiento eficiente del mismo, es disponer de un sistema de inspección establecido que permita una adecuada programación de los trabajos. Estas inspecciones y la programación correspondiente deben sujetarse a los siguientes lineamientos generales:

- Deben efectuarse como mínimo dos inspecciones al año de todo el sistema, de manera que una de ellas se lleve a cabo con la anticipación suficiente para programar las labores de limpieza y/o reparaciones urgentes y terminarlas antes de la temporada de lluvias. Al término de dicha temporada debe efectuarse otra inspección general, con objeto de apreciar los desperfectos que las obras puedan haber sufrido y programar su reparación durante la temporada de secas.

- Independientemente de las anteriores, deben efectuarse inspecciones durante las lluvias fuertes o tormentas y después de ellas, ya que ésta es la única manera efectiva de juzgar si las obras y su funcionamiento son adecuados.
- Durante la temporada de lluvias, debe darse atención preferente a las labores de limpieza, efectuándolas con la periodicidad necesaria para asegurar su adecuado funcionamiento.
- Es necesario señalar que, en el caso de obras de drenaje, las labores de conservación no deben limitarse a mantener en buenas condiciones las existentes, sino que debe estudiarse constantemente su funcionamiento para lograr corregir, mediante las obras adicionales, los defectos u omisiones de proyecto y/o construcción, que la experiencia en la conservación del camino indique como necesarias.

II.2.4.2.2 Dictamen

De la auscultación se define el estado que guardan las estructuras existentes, de la revisión hidráulica se determina si las obras son suficientes y, en caso contrario, se dictamina la necesidad de reforzar, restaurar y/o diseñar estructuras nuevas.

II.2.4.3 Taludes

II.2.4.3.1 Auscultación

Tratándose de carreteras existentes, los taludes en cortes o en terraplenes y las laderas naturales deben auscultarse para determinar su estado y su comportamiento; ésta debe ser una inspección, si bien rutinaria, con cierto grado de detalle, que permita definir si está en buenas condiciones o presenta algún riesgo al usuario de la vialidad, a corto, mediano y largo plazo. La auscultación debe incluir

observaciones de la geología local y regional, de la hidráulica y de la hidrología, de las condiciones del drenaje y subdrenaje actuales, de las obras complementarias de drenaje, del derecho de vía, de su comportamiento geotécnico.

II.2.4.4 Puentes

La forma de conocer la condición exacta y evaluar cada uno de los elementos de un puente, es mediante un programa de inspecciones. La inspección es una actividad compleja, que debe realizarse en forma organizada y sistemática, ya que de ella dependen las recomendaciones para corregir los defectos, señalar restricciones de carga y velocidad, y para minimizar la posibilidad de pasar por alto algunas deficiencias que pueden convertirse en daños severos si no son reparadas a tiempo. Para obtener información satisfactoria, las inspecciones se llevan a cabo con una cierta periodicidad. Se hacen varios tipos de inspección con distintas finalidades:

- ✓ Para trabajos de mantenimiento normal o rutinario.
- ✓ Para evaluación estructural.
- ✓ Para permiso de tránsito de cargas especiales.
- ✓ Por emergencias.

Para programar los trabajos de mantenimiento rutinario, se hace en forma anual, al efectuarse un inventario de las necesidades de todos los elementos del camino. Las inspecciones para evaluación estructural se recomienda realizarlas cada 2 a 4 años, sin embargo, los puentes de condición dudosa o con deficiencias conocidas, se vigilan con mayor frecuencia. Por ser este tipo de inspecciones de carácter minucioso, se requieren herramientas y equipo apropiados.

II.2.4.5 Deshierbes del derecho de vía

Las actividades de mantenimiento están relacionadas con la limpieza del eje y derecho de vía de la cobertura vegetal que en un momento dado pudieran representar un riesgo a los conductores. Esta actividad contempla el corte de arbustos que crezcan en sitios donde pudieran representar un obstáculo para la visibilidad de los conductores y riesgo operativo de la vía. Esta actividad se realiza anualmente, al final de la época de lluvia a lo largo del eje, con apoyo de herramientas manuales.

Esta actividad también se realiza en las obras de drenaje para evitar que la vegetación que crece en las entradas y salidas de las obras favorezca la acumulación de material arrastrado por los flujos hídricos generando azolvamiento y reducción de la capacidad operativa de las obras afectadas.

II.2.4.6 Reposición de señales

Se llevarán a cabo cada vez que una señal deba reponerse o cambiarse con el fin de brindar un adecuado señalamiento y se prevengan accidentes.

II.2.5 Desmantelamiento y abandono de las instalaciones

Debido a la naturaleza del proyecto carretero, resulta difícil contemplar la posibilidad del desmantelamiento y abandono de este tipo de infraestructura es parte de los activos del país. En estos casos, lo más probable es que este tipo de proyectos sean considerados después de un cierto periodo de vida útil como susceptibles de ampliación y modernización como es el caso del presente proyecto, pero nunca del desmantelamiento y abandono.

Las únicas acciones de desmantelamiento corresponden a las obras provisionales que son de carácter temporal y asociadas a la etapa de construcción, tales como las bodegas o almacenes temporales, los comedores y áreas de descanso de los trabajadores, los baños portátiles, el área de concentración para maquinaria, sitios para la disposición temporal de residuos y los sitios habilitados para las oficinas móviles.

II.2.6 Residuos

En función de sus características y orígenes, los residuos a generar en el contexto del proyecto serán clasificados en tres grandes grupos: residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos.

Residuos sólidos urbanos. Los que se generan en las casas habitación como resultado de la eliminación de los materiales que se utilizan en las actividades domésticas, de los productos de consumo y sus envases, embalajes o empaques o los que provienen también de cualquier otra actividad que se desarrolla dentro de los establecimientos o en la vía pública, con características domiciliarias, y los resultantes de las vías y lugares públicos siempre que no sean considerados como residuos de otra índole.

Residuos de manejo especial. Aquéllos generados en los procesos productivos que no reúnen las características para ser considerados residuos sólidos urbanos o peligrosos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos.

Residuos peligrosos. Son aquellos que posean alguna de las características CRETIB que les confieren peligrosidad (corrosividad, C; reactividad, R; explosividad, E; toxicidad, T; inflamabilidad, I; o ser biológico-infecciosos, B), así como los envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados, según lo establece la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los

Residuos (LGPGIR). La norma oficial mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005 establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.

A continuación, se presenta para cada etapa del proyecto la generación manejo y disposición de los residuos que serán generados.

II.2.6.1 Generación de residuos en las etapas de preparación del sitio y construcción

Los residuos generados durante las primeras etapas serán los que se deriven de los trabajadores al ingerir alimentos, los derivados del fresado del pavimento, los residuos de manejo especial producto de la demolición de las obras de drenaje menor y puentes, así como los derivados de la remoción de la vegetación.

II.2.6.1.1 Generación y manejo de residuos sólidos urbanos

Los trabajadores serán la principal fuente generadora de residuos sólidos urbanos durante las primeras etapas. Estos serán principalmente residuos orgánicos generados por el consumo de alimentos de los empleados y residuos inorgánicos conformados por los contendores de unicel y bolsas de plástico donde llevan alimentos, envases de aluminio, PET y cartón de las bebidas refrescantes y envolturas de golosinas.

Los residuos sólidos urbanos que se generen se subclasificarán en orgánicos e inorgánicos con objeto de facilitar su separación primaria y secundaria para, de esta manera, poder diferenciar entre aquellos que se pueden reciclar, los que se pueden usar para composteo y aquellos que ya no tendrían algún uso.

A manera de ejemplo, la Figura II-44 muestra la composición de los residuos de un frente de trabajo en un proyecto en la etapa final de su construcción.



Composición de residuos sólidos en contenedor de un frente de trabajo



Demostración de la composición de residuos sólidos urbanos

Figura II-44. Práctica de diferenciación y separación de residuos sólidos urbanos generados en un frente de trabajo.

Para su colecta y disposición temporal, durante las etapas de Preparación del sitio y construcción, se instalarán contenedores rotulados para diferenciar el tipo de residuos a disponer en ellos. Estos estarán junto a los frentes de trabajo, en lugares estratégicos donde no interfieran con las actividades de obra, tal y como se muestra en la Figura II-45.







Figura II-45. Ejemplo de habilitación de estaciones para la colecta temporal de residuos sólidos que se pueden usar en los frentes de trabajo.

De acuerdo con lo establecido en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su Reglamento, los municipios son los que tienen a su cargo las funciones de manejo integral de residuos sólidos urbanos, por ellos mismos o a través de un tercero, que consisten en la recolección, traslado, tratamiento y su disposición final. En este caso, los residuos sólidos urbanos que se generen serán retirados del predio con la frecuencia requerida para evitar la descomposición, y con ellos la generación de malos olores, en los frentes de trabajo, la cual no debe ser mayor de tres días.

Para el manejo, transporte y disposición final de este tipo de residuos, se contratarán los servicios que brinde el Municipio o una empresa autorizada para ello, la cual deberá probar que cuenta con toda la documentación vigente para brindar el servicio y que garantice el manejo, transporte y disposición final acorde con lo dispuesto en la normatividad, como se muestra en la Figura II-46.



Figura II-46. Ejemplo de retiro de los residuos sólidos urbanos de los frentes de trabajo habilitados efectuado por una empresa privada autorizada.

Durante las etapas de preparación del sitio y construcción, es cuando se deberá tener mayor vigilancia, para evitar la contaminación por el mal manejo de los residuos sólidos urbanos, esto debido a que hay una gran cantidad de trabajadores, quienes por estar inmersos en sus labores y cumplimiento de sus tareas, pierden cuidado en la adecuada disposición de sus residuos; a diferencia de las etapas de operación y mantenimiento, en las cuales es más fácil controlar la disposición y manejo de estos residuos por parte del personal que participe en las actividades de mantenimiento, ya que se tiene personal asignado específicamente para la realización de estas labores y los sitios de generación son fáciles de controlar.

Los restos de vegetación producto de áreas desmontadas (hojas, ramas, troncos) deberán ser retirados o, en su caso, triturados y esparcidos en áreas propuestas como áreas verdes, con el propósito de contribuir al aporte de materia orgánica al suelo y contrarrestar el proceso de erosión. Los residuos orgánicos que se produzcan por la remoción de la vegetación y que no vayan a ser utilizados como mejoradores de suelo, serán separados y dispuestos en el sitio designado por las autoridades para su disposición final.

II.2.6.2 Generación y manejo de residuos de manejo especial

De acuerdo con la clasificación de residuos presentada en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su Reglamento, así como lo indicado en los numerales 6.1 y 6.2 de la norma oficial mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011, los residuos de manejo especial son y se clasifican de la siguiente manera:

I. *Residuos de las rocas o los productos de su descomposición que sólo puedan utilizarse para la fabricación de materiales de construcción o se destinen para este fin, así como los productos derivados de la descomposición de las rocas, excluidos de la competencia federal conforme a las fracciones IV y V del artículo 5 de la Ley Minera;*

II. *Residuos de servicios de salud, generados por los establecimientos que realicen actividades médico-asistenciales a las poblaciones humanas o animales, centros de investigación, con excepción de los biológico-infecciosos;*

III. *Residuos generados por las actividades pesqueras, agrícolas, silvícolas, forestales, avícolas, ganaderas, incluyendo los residuos de los insumos utilizados en esas actividades;*

IV. *Residuos de los servicios de transporte, así como los generados a consecuencia de las actividades que se realizan en puertos, aeropuertos, terminales ferroviarias y portuarias y en las aduanas;*

V. *Lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales;*

VI. *Residuos de tiendas departamentales o centros comerciales generados en grandes volúmenes;*

VII. *Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general;*

VIII. *Residuos tecnológicos provenientes de las industrias de la informática, fabricantes de productos electrónicos o de vehículos automotores y otros que, al transcurrir su vida útil, por sus características, requieren de un manejo específico;*

IX. *Pilas que contengan litio, níquel, mercurio, cadmio, manganeso, plomo, zinc, o cualquier otro elemento que permita la generación de energía en las mismas, en los niveles que no sean considerados como residuos peligrosos en la norma oficial mexicana correspondiente;*

X. *Los neumáticos usados, y*

XI. *Otros que determine la Secretaría de común acuerdo con las entidades federativas y municipios, que así lo convengan para facilitar su gestión integral.*

Durante la etapa de preparación del sitio se generarán residuos de manejo especial producto de las actividades de demolición de los puentes y obras de drenaje menor, material del fresado de pavimentos que no pueda ser reutilizado, así como residuos vegetales y tierra con rocas derivados del desmonte y limpieza del terreno. En la etapa de construcción, resalta la generación de este mismo tipo de residuos producto de las actividades constructivas, entre ellos residuos de concreto, recortes de varilla y otros metales (chatarra), pedacería de madera, entre otros.

En este caso, como parte de la separación primaria de los residuos, se habilitarán áreas dentro del derecho de vía para la disposición temporal de estos residuos. Las áreas por acondicionar para este fin serán parte de las destinas para desplante de infraestructura, es decir, no se afectarán áreas adicionales a las que se tienen previstas en el proyecto.

Las áreas estarán claramente diferencias e indicadas para evitar la dispersión y disposición mezclada de residuos y, al mismo tiempo, facilitar el manejo para su retiro y reciclaje. En este caso, dado que los residuos que se generan y disponen no produzcan ningún lixiviado, no será necesario proteger el suelo para evitar su contaminación y potencial infiltración hacia el del manto freático o escorrentías superficiales.

En la Figura II-47 se muestran condiciones que se deben evitar durante la disposición temporal de estos residuos; la Figura II-48 muestras las condiciones deseadas para el manejo de estos residuos y, la Figura II-49 muestra las ventajas de la separación para el transporte y su disposición final.



Figura II-47. Ejemplo de malas prácticas en la disposición temporal de residuos de manejo especial durante la etapa de construcción, mismas que deberán evitarse.



Figura II-48. Ejemplo de la habilitación y señalización de áreas específicas para la disposición temporal de residuos de manejo especial durante la etapa de construcción.



Figura II-49. Ejemplo del manejo y transporte de algunos tipos de residuos de manejo especial generados durante los procesos constructivos de proyectos en desarrollo.

II.2.6.2.1 Generación y manejo de residuos peligrosos

Los residuos considerados como peligrosos como se indicó anteriormente, están determinados por su nivel de riesgo de acuerdo con sus características CRETIB, es decir, por sus características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad ambiental, inflamabilidad y características biológico-infecciosas. Además, de acuerdo con lo indicado en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, los productos que se mezclen con residuos peligrosos o hayan servido como envase o embalaje de materiales peligrosos, deberán ser tratados también como residuos peligrosos.

El listado de los residuos peligrosos está indicado en la norma oficial mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, en la que también se describe el procedimiento para determinar si los residuos se deben considerar dentro de esta clasificación. Y, por otro lado, en la norma oficial mexicana NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002 se presenta la clasificación y el manejo de los residuos peligrosos bilógico – infecciosos.

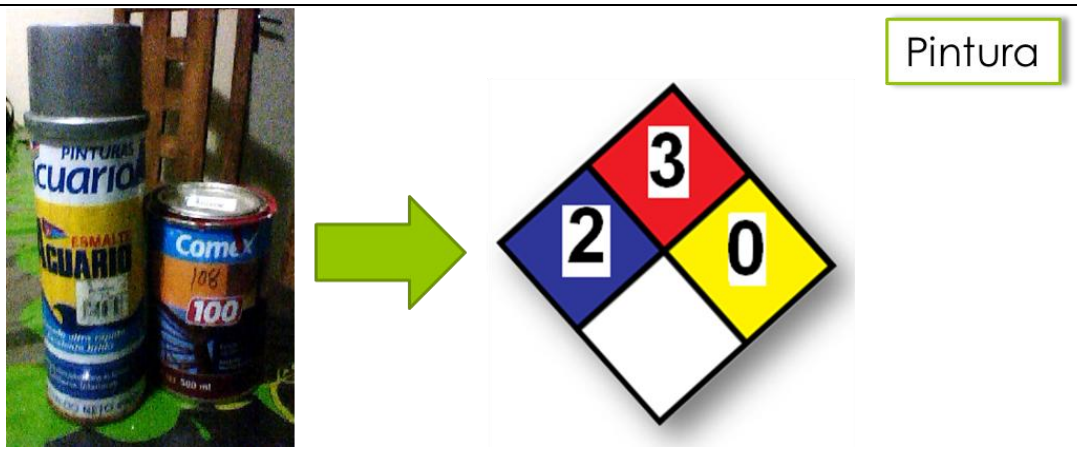
Una de las formas prácticas para determinar el grado CRETIB de las sustancias químicas utilizadas, es revisar el rombo de seguridad, el cual es un símbolo internacional que indica el nivel de riesgo de una sustancia para la seguridad y salud humana, mismo que se muestra en la Figura II-50.



IDENTIFICACION: "TIPOS DE RIESGOS - NFPA"



Fuente: Imagen tomada de la página https://www.uaeh.edu.mx/dlcyt/documentos/conferencias/presentacion_sust_quim_uaeh_julio_2017_hidrobiologo.pdf



Fuente: Imagen tomada de la página https://quimicahogarenp9.wordpress.com/

Figura II-50. Rombo de seguridad o símbolo internacional que indica el nivel de riesgo de una sustancia para la seguridad y salud humana y clasificación de sustancias químicas a usar.

En las etapas de preparación del sitio y construcción es donde el proyecto utilizará un mayor volumen de sustancias químicas, que al final, sus excedentes o envases habrán de convertirse en residuos peligrosos. Dentro de estas sustancias están los

hidrocarburos que se usan en la maquinaria y equipos automotores, tales como maquinaria, camiones y vehículos del personal, y generadores de energía entre otras. Además, también se usan otras sustancias en menor cantidad, tales como pinturas y desmoldantes, cuyos envases deben ser considerados como residuos peligrosos.

Los mayores riesgos de generar residuos peligrosos en este tipo de proyectos, ocurre durante las etapas de preparación del sitio y construcción. Los principales residuos peligrosos que se generarán son envases, trapos, embalajes y suelo contaminado por fugas y derrames de lubricantes y grasas provenientes de la maquinaria y vehículos, ya sea por fallas mecánicas, derrames accidentales o un inadecuado manejo de estas sustancias y sus envases.

La contaminación de suelo por fugas y derrames de equipos automotores se puede prevenir poniendo algún tipo de protector de suelo, en dirección de los depósitos de hidrocarburos o sitios de posibles fugas, durante el tiempo que estarán estacionados o inhabilitados por periodos considerados de tiempo, ejemplo durante la noche o durante el llenado de depósitos. Normalmente se usan charolas o películas de plástico. Un método similar de protección del suelo se puede usar para el resguardo y aplicación de pinturas, desmoldantes y solventes.

Durante los tiempos de operación, la maquinaria puede sufrir desperfectos y fallas por desgastes de piezas, golpes o fallas de manipulación, que pueden ocasionar que se tengan pérdidas de líquidos de los depósitos, mangueras o juntas. Estas pérdidas, si son de consideración, pueden ocasionar contaminación de suelo y material pétreo, el cual tiene que ser levantado y tratado como residuo peligroso al estar contaminado.

Los residuos peligrosos generados en estas dos primeras etapas de desarrollo del proyecto se dispondrán en contenedores perfectamente tapados y etiquetados para evitar su derrame y permitir su manejo, almacenaje temporal y transporte. Residuos peligrosos sólidos y líquidos de hidrocarburos, solventes y pinturas pueden

almacenarse en contenedores metálicos debidamente identificados y, por disposición oficial no deben llenarse a más del 65% de su capacidad.

De igual forma, todo residuo peligroso que se genere en el proyecto deberá ser registrado en la bitácora que se habilite para el manejo del almacén temporal de residuos peligrosos. El manejo de la bitácora tiene como objetivo el llevar un control de los residuos peligrosos que ingresan y salen del almacén temporal y controlar que el tiempo de almacenamiento no rebase los seis meses estipulados en la Ley.










TRANSPORTA DIESEL




DESECHOS AZUFRE
SOLIDOS CONTAMINADOS


ALMACEN TEMPORAL DE SUSTANCIAS QUÍMICAS
GASOLINA
DIESEL




PROTEGE EL MEDIO AMBIENTE
PELIGROSO



Figura II-51. Ejemplos de la prevención de la generación y manejo de los residuos peligrosos durante las etapas de preparación y construcción de proyectos de obra civil.

En el eventual caso de existir algún derrame de aceites, grasas y combustibles, se procederá a recuperarlo (Figura II-52) y a restaurar o restablecer las condiciones físico-químicas del suelo, conforme a la NOM-138-SEMARNAT/SS-2012, que establece los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación.



Figura II-52. Manejo correcto de los residuos peligrosos durante las etapas de preparación y construcción.

Los residuos peligrosos generados en estas dos primeras etapas de desarrollo del proyecto, se dispondrán en contenedores o envases seguros para evitar su derrame y permitir su manejo, almacenaje temporal y transporte. Residuos peligrosos sólidos y líquidos de hidrocarburos, solventes y pinturas pueden almacenarse en contenedores metálicos debidamente identificados y, por disposición oficial, no deben llenarse a más del 80% de su capacidad, como se muestra en la Figura II-53.



Figura II-53. Disposición en contenedores que eviten derrames y aseguren su manejo, almacenaje temporal y transporte.

De igual forma, todo residuo peligroso que se genere en el proyecto deberá ser registrado en la bitácora que se habilite para el manejo del almacén temporal de

residuos peligrosos. El manejo de la bitácora tiene como objetivo el llevar un control de los residuos peligrosos que ingresan y salen del almacén temporal y controlar que el tiempo de almacenamiento no rebase los seis meses estipulados en la Ley.

II.2.7 Emisiones y descargas

El mayor riesgo de que se generé una afectación a la calidad del aire por el desarrollo del proyecto es durante las etapas de preparación del sitio y construcción. Ya que en ellas se concentran las actividades de despalme, fresado del pavimento y movimiento de tierras que ocasionan la dispersión de particulas, aunado al uso de maquinaria, equipos y vehículos automotores necesarios para el movimiento de materiales, residuos y transporte de personal involucrado en la construcción, cuyas emisiones de gases contribuyen en la afectación de la calidad del aire, particularmente si operan en condiciones deficientes de mantenimiento (Figura II-54).

Por ello, la mayoría de las medidas estarán enfocadas a mitigar este impacto durante las dos primeras etapas de ejecución del proyecto, sin que ello implique que durante la etapa de operación no se vayan a realizar actividades para reducir las emisiones al ambiente.

Para mitigar esta afectación, se deberá establecer que los vehículos empleados para el transporte de materiales deberá circular siempre cubiertos con lonas para evitar la dispersión de partículas. De igual manera, para reducir la suspensión de partículas en suelos secos y desprotegidos, se deberán aplicará riegos en la frecuencia requerida. Y, para reducir la emisión de gases producto de una mala combustión, se definirá que todo el equipo, maquinaria y vehículos que se requiera para el desarrollo del proyecto se encuentre en perfectas condiciones mecánicas, para lo cual se seguirá un programa regular de mantenimiento preventivo.





Transporte de material sin protección para evitar la dispersión de partículas





Transporte de material con protección para evitar la resuspensión de partículas





Resuspensión de partículas por operar en áreas secas





Aplicación de riegos para mitigar la resuspensión de partículas en el aire





Emisión de gases en vehículos por falta de mantenimiento

Figura II-54. Ejemplo de emisiones de contaminantes a la atmósfera y medidas a implementar para mitigarlas durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto.

II.2.8 Generación de gases efecto invernadero

Se sabe que el dióxido de carbono (CO_2) es el principal Gas Efecto Invernadero (GEI) que por su volumen resulta relevante de las actividades humanas; a continuación, se identifican las fuentes generadoras de GEI que serán más importantes durante las etapas de preparación del sitio y construcción, ya que, durante la etapa de operación, estas corresponden al total de vehículos que transiten en la carretera, por lo que a continuación se presentan los cálculos.

Para determinar el consumo anual de combustible por la operación de la maquinaria pesada y los equipos automotores que se utilizarán en las etapas de preparación

del sitio y construcción, se utilizaron valores del rendimiento provenientes de otros proyectos similares. Para estos cálculos se tomó en consideración que la jornada laboral será de lunes a sábado, es decir 311 días laborales al año.

Como se muestra en la siguiente tabla, se estima un consumo de 7,648,876 litros de diésel anualmente, durante las etapas de preparación del sitio y construcción.

Tabla II- 24. Consumo estimado de combustible en maquinaria pesada durante las etapas de preparación del sitio y construcción.

Equipo	Unidades	Combustible	Consumo (L día^{-1})	Consumo anual (L)
Preparación del sitio y construcción				
Camioneta tipo pick up	6	Gasolina regular	48.0	89,568.0
Fresadora	4	Diésel	160.0	199,040.0
Excavadora	4	Diésel	56.0	69,664.0
Vibrocompartador	20	Diésel	80.0	497,600.0
Tractor	15	Diésel	800.0	3,732,000.0
Cargador frontal	16	Diésel	160.0	796,160.0
Motoconformadora	8	Diésel	120.0	298,560.0
Compactador	8	Diésel	80.0	199,040.0
Camión de volteo	30	Diésel	90.0	839,700.0
Pipa	12	Diésel	70.0	261,240.0
Construcción				
Petrolizadora	4	Diésel	240.0	298,560.0
Rodillo liso tipo tándem	6	Diésel	100.00	186,600.0
Rodillo neumático	4	Diésel	90.0	11,960.0
Asfaltadora	4	Diésel	136.0	169,184.0
Total				**7,648,876.0**

Los valores de poder calorífico y factores de emisión del diésel reportados por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) en el año 2014, indican un factor de emisión de diésel es de 2.59 kgCO_2/l. Esto da como resultado que derivado de la combustión de un litro de diésel se libera aproximadamente 2.59 kg

de dióxido de carbono equivalente a la atmósfera. Aplicando dicho factor de emisión de diésel al consumo anual anteriormente calculado para las etapas de preparación del sitio y construcción, se tiene un total anual de 19,810.58 t CO_2, cantidad que resulta ser mucho menor a las 25,000 toneladas de bióxido de carbono equivalente (tCO_{2e}), que de acuerdo con el Reglamento del Registro Nacional de Emisiones (RENE), es el umbral a partir del cual se consideran los establecimientos que deberán presentar un reporte con la información de sus emisiones directas e indirectas. Los diferentes sectores deberán reportar obligatoriamente sus emisiones directas e indirectas de gases o compuestos de efecto invernadero de todas sus instalaciones cuando excedan las 25,000 tCO_{2e}. Sin embargo, derivado de los cálculos anteriormente presentados, se tiene que el proyecto no requiere de la presentación de dichos reportes.

Si bien, las emisiones que se estiman no representan ser significativas, eso no implica que no se vayan a implementar o se considere la ejecución de medidas para reducir su volumen. Para no generar mayores emisiones a las estimadas por el consumo de combustible en la maquinara y vehículos pesados, se utilizarían modelos recientes y con mantenimiento frecuente.

NOTA: los anexos (B-E) citados en el presente Capítulo se presentan de manera digital.

Comunicaciones
Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes

PROYECTO: "CARRETERA ACAPULCO-ZIHUATANEJO, TRAMO COYUCA DE BENÍTEZ - PIE DE LA CUESTA, DEL CADENAMIENTO 9+200 AL 20+700"



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

Capítulo III:

Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables

ÍNDICE

III. VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES 10

III.1 PROGRAMAS DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO 10

III.1.1 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio 11

III.1.2 Programa de Ordenamiento Ecológico Local Participativo del Territorio del Municipio de Acapulco de Juárez, Guerrero 23

III.2 DECRETOS Y PROGRAMAS DE CONSERVACIÓN Y MANEJO DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS 63

III.3 PLANES O PROGRAMAS DE DESARROLLO URBANO 67

III.3.1 Programa de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del estado de Guerrero 67

III.3.2 Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Acapulco de Juárez, Guerrero 93

III.3.3 Plan Municipal de Desarrollo Urbano Coyuca de Benítez, Guerrero 104

III.4 NORMAS OFICIALES MEXICANAS 120

III.5 ORDENAMIENTOS JURÍDICOS FEDERALES 129

III.5.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos 129

III.5.2 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su Reglamento en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental 130

III.5.3 Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable 137

III.5.4 Ley General de Vida Silvestre 140

III.5.5 Ley Federal de Responsabilidad Ambiental 145

III.5.6 Ley de Aguas Nacionales 146

III.5.7 Ley General de Cambio Climático 148

III.5.8 Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal 152

III.5.9 Ley General de Bienes Nacionales 154

III.5.10 Conclusión de la vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables 155

III.6 SITIOS RAMSAR 157

III.7 REGIONES PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD DE LA COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD CONABIO 159

III.7.1 RHP Río Atoyac-Laguna de Coyuca 165

III.7.2 RMP Coyuca-Tres Palos 166

III.7.3 Conclusión de la vinculación con las regiones prioritarias para la conservación de la biodiversidad 166

III.8 EN MATERIA DE PLANEACIÓN FEDERAL 167

III.8.1 Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030 167

III.8.2 Programa Sectorial de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes 2025-2030 172

III.8.3 Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2025-2030 174

III.9 PROGRAMA NACIONAL DE RESTAURACIÓN AMBIENTAL 2025-2030 175

III.9.1 Objetivos 176

III.9.2 Orientaciones para la restauración 177

III.9.3 Priorización de sitios, tipos y mecanismos de restauración 178

III.9.4 Mecanismos para la restauración ecológica en sitios prioritarios 180

III.10 CONSULTA A PUEBLOS INDÍGENAS 181

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA III-1. CARACTERÍSTICAS DE LA UNIDAD AMBIENTAL BIOFÍSICA 139 "COSTAS DEL SUR DEL SURESTE DE GUERRERO". 14

TABLA III-2. ESTRATEGIAS SECTORIALES APLICABLES A LA UNIDAD AMBIENTAL BIOFÍSICA 139 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO GENERAL DEL TERRITORIO. 15

TABLA III-3. FICHA TÉCNICA DE LA UGA 13 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL PARTICIPATIVO DEL TERRITORIO DEL MUNICIPIO DE ACAPULCO DE JUÁREZ (POEL-A). 27

TABLA III-4. CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA PARA LA INFRAESTRUCTURA PÚBLICA LINEAL QUE RIGEN EN LAS UGA'S 2 Y 13 DEL POEL-A 35

TABLA III-5. CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA PARA LA INFRAESTRUCTURA PÚBLICA PUNTUAL QUE RIGEN EN LAS UGA'S 2 Y 13 DEL POEL-A 39

TABLA III-6. CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA PARA EL TURISMO DE AVENTURA QUE RIGEN EN LAS UGA'S 2 Y 13 DEL POEL-A 40

TABLA III-7. CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA PARA LA CONSERVACIÓN QUE RIGEN EN LA UGA 2 DEL POEL-A 42

TABLA III-8. CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA PARA EL EQUIPAMIENTO URBANO QUE RIGEN EN LAS UGA 13 DEL POEL-A 43

TABLA III-9. CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA PARA LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS URBANOS QUE RIGEN EN LAS UGA 13 DEL POEL-A 44

TABLA III-10. CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA PARA EL USO HABITACIONAL TURÍSTICO QUE RIGEN EN LA UGA 13 DEL POEL-A 46

TABLA III-11. CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA PARA LOS PARA EL USO INFRAESTRUCTURA PÚBLICA DE ÁREA QUE RIGEN EN LAS UGA 13 DEL POEL-A 49

TABLA III-12. ESTRATEGIAS AMBIENTALES DE LAS UGA'S 2 Y 13 DEL POEL-A 52

TABLA III-13. FICHA TÉCNICA DE LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL 215 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESARROLLO URBANO DEL ESTADO DE GUERRERO 71

TABLA III-14. FICHA TÉCNICA DE LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL 219 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESARROLLO URBANO DEL ESTADO DE GUERRERO 72

TABLA III-15. FICHA TÉCNICA DE LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL 222 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESARROLLO URBANO DEL ESTADO DE GUERRERO 73

TABLA III-16. FICHA TÉCNICA DE LA UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL 262 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESARROLLO URBANO DEL ESTADO DE GUERRERO 74

TABLA III-17. NORMAS OFICIALES MEXICANAS DE SEMARNAT VINCULADAS AL PROYECTO. 122

TABLA III-18. VINCULACIÓN CON LA CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS Y SU CUMPLIMIENTO..... 129

TABLA III-19. VINCULACIÓN CON LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE Y PROPUESTA DE CUMPLIMIENTO. 131

TABLA III-20.VINCULACIÓN CON EL REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL Y PROPUESTA DE CUMPLIMIENTO. 134

TABLA III-21. VINCULACIÓN CON LA LEY GENERAL DE DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE Y PROPUESTA DE CUMPLIMIENTO. 138

TABLA III-22. VINCULACIÓN CON LA LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE Y PROPUESTA DE CUMPLIMIENTO. 141

TABLA III-23. LEY FEDERAL DE RESPONSABILIDAD AMBIENTAL. 145

TABLA III-24. VINCULACIÓN CON LA LEY DE AGUAS NACIONALES Y PROPUESTA DE CUMPLIMIENTO. 146

TABLA III-25. VINCULACIÓN CON LA LEY GENERAL DE CAMBIO CLIMÁTICO Y PROPUESTA DE CUMPLIMIENTO. 149

TABLA III-26. VINCULACIÓN CON LA LEY DE CAMINOS, PUENTES Y AUTOTRANSPORTE FEDERAL Y PROPUESTA DE CUMPLIMIENTO 153

TABLA III-27. VINCULACIÓN CON LA LEY GENERAL DE BIENES NACIONALES Y PROPUESTA DE CUMPLIMIENTO. 154

TABLA III-28. RESUMEN DE LA VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS FEDERALES. 155

TABLA III-29. RELACIÓN DEL PROYECTO CON LAS REGIONES PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD DE LA COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD..... 160

TABLA III-30. SITIOS PRIORITARIOS DE RESTAURACIÓN DEL ESTADO DE GUERRERO A INICIAR EN EL AÑO 2025..... 179

TABLA III-31. SITIOS CON POTENCIAL DE RESTAURARSE ANTES DEL AÑO 2050 EN EL ESTADO DE GUERRERO..... 179

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA III-1. LOCALIZACIÓN DEL TRAZO CARRETERO DENTRO DE LAS UNIDAD AMBIENTAL BIOFÍSICA 139 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO GENERAL DEL TERRITORIO..... 13

FIGURA III-2. MODELO DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO DEL MUNICIPIO DE ACAPULCO DE JUÁREZ CON LA SOBREPOSICIÓN DEL TRAZO DEL PROYECTO CARRETERO..... 29

FIGURA III-3. PLANO D-19 "ESTRUCTURA VIAL" DEL PROGRAMA MUNICIPAL DE DESARROLLO URBANO DE ACAPULCO DE JUÁREZ. 33

FIGURA III-4. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS CON DECRETO FEDERAL MÁS CERCANAS AL TRAMO CARRETERO COYUCA DE BENÍTEZ - PIE DE LA CUESTA..... 65

FIGURA III-5. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS CON DECRETO ESTATAL MÁS CERCANAS AL TRAMO CARRETERO COYUCA DE BENÍTEZ - PIE DE LA CUESTA. 66

FIGURA III-6. UNIDADES DE GESTIÓN TERRITORIAL DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESARROLLO URBANO DEL ESTADO DE GUERRERO, QUE CRUZA EL PROYECTO..... 70

FIGURA III-7. ÁREA DE REGULACIÓN DEL PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO URBANO DE ACAPULCO DE JUÁREZ..... 95

FIGURA III-8. PLANO E-02 "MODELO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL" DEL PROGRAMA MUNICIPAL DE DESARROLLO URBANO DE ACAPULCO DE JUÁREZ..... 99

FIGURA III-9. PLANO D-19 "ESTRUCTURA VIAL" DEL PROGRAMA MUNICIPAL DE DESARROLLO URBANO DE ACAPULCO DE JUÁREZ. 100

FIGURA III-10. PLANO E-03 "ZONIFICACIÓN PRIMARIA" DEL PROGRAMA MUNICIPAL DE DESARROLLO URBANO DE ACAPULCO DE JUÁREZ 102

FIGURA III-11. PLANO E-05Z "ZONIFICACIÓN SECUNDARIA" DEL PROGRAMA MUNICIPAL DE DESARROLLO URBANO DE ACAPULCO DE JUÁREZ 103

FIGURA III-12. ÁREA DE REGULACIÓN DEL PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO URBANO DE COYUCA DE BENÍTEZ..... 106

FIGURA III-13. PLANO E-02 "MODELO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL" DEL PROGRAMA MUNICIPAL DE DESARROLLO URBANO DE COYUCA DE BENÍTEZ..... 108

FIGURA III-14. UBICACIÓN DE LA CARRETERA ACAPULCO-ZIHUATANEJO, TRAMO COYUCA DE BENÍTEZ - PIE DE LA CUESTA, SOBRE EL "MODELO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL" DEL PROGRAMA MUNICIPAL DE DESARROLLO URBANO DE COYUCA DE BENÍTEZ 109

FIGURA III-15. PLANO Z-01-M "ZONIFICACIÓN PRIMARIA MUNICIPAL" DEL PROGRAMA MUNICIPAL DE DESARROLLO URBANO DE COYUCA DE BENÍTEZ 111

FIGURA III-16. UBICACIÓN DE LA CARRETERA ACAPULCO-ZIHUATANEJO, TRAMO COYUCA DE BENÍTEZ - PIE DE LA CUESTA, SOBRE LAS ZONAS PRIMARIAS DEL PROGRAMA MUNICIPAL DE DESARROLLO URBANO DE COYUCA DE BENÍTEZ 113

FIGURA III-17. PLANO Z-02 "ZONIFICACIÓN SECUNDARIA MUNICIPAL" DEL PROGRAMA MUNICIPAL DE DESARROLLO URBANO DE COYUCA DE BENÍTEZ 115

FIGURA III-18. UBICACIÓN DE LA CARRETERA ACAPULCO-ZIHUATANEJO, TRAMO COYUCA DE BENÍTEZ - PIE DE LA CUESTA, SOBRE LAS ZONAS SECUNDARIAS DEL PROGRAMA MUNICIPAL DE DESARROLLO URBANO DE COYUCA DE BENÍTEZ 117

FIGURA III-19. UBICACIÓN DE LOS SITIOS RAMSAR MÁS CERCANOS AL PROYECTO. 158

FIGURA III-20. UBICACIÓN DE LA CARRETERA ACAPULCO-ZIHUATANEJO, TRAMO COYUCA DE BENÍTEZ - PIE DE LA CUESTA DENTRO DE LA RHP RÍO ATOYAC -LAGUNA DE COYUCA 161

FIGURA III-21. UBICACIÓN DE LA CARRETERA ACAPULCO-ZIHUATANEJO, TRAMO COYUCA DE BENÍTEZ - PIE DE LA CUESTA DENTRO DE LA RMP COYUCA-TRES PALOS 162

FIGURA III-22. RHP'S CERCANAS A LA CARRETERA ACAPULCO-ZIHUATANEJO, TRAMO COYUCA DE BENÍTEZ - PIE DE LA CUESTA. 163

FIGURA III-23. AICA'S CERCANAS A LA CARRETERA ACAPULCO-ZIHUATANEJO, TRAMO COYUCA DE BENÍTEZ - PIE DE LA CUESTA. 164

FIGURA III-24. PROYECTOS DE RESTAURACIÓN AMBIENTAL DEFINIDOS POR EL PROGRAMA NACIONAL DE RESTAURACIÓN AMBIENTAL 178

FIGURA III-25. LOCALIDADES CON POBLACIÓN INDÍGENA CERCANA AL TRAZO CARRETERO. 182

FUNDAMENTO JURÍDICO

La integración de este Capítulo tiene como objetivo el dar cumplimiento a lo dispuesto por la Fracción III del Artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, el cual establece que las Manifestaciones de Impacto Ambiental en su modalidad Regional deberán contener la siguiente información:

III. Vinculación con los ordenamientos jurídicos aplicables en materia ambiental y, en su caso con la regulación de uso de suelo

De conformidad con lo anterior, en este apartado se establece de manera puntual y detallada, cómo el proyecto se vincula con los diferentes instrumentos de política ambiental y de planeación, que ordenan la zona donde se ubica el Proyecto, tales como:

I.- En materia de Ordenamientos Jurídicos Federales:

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM);
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA);
- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) y su reglamento;
- Ley General de Vida Silvestre (LGVS);
- Ley General de Cambio Climático (LGCC);
- Programas de Ordenamiento Ecológico del Territorio (POET);
- Decretos de Áreas Naturales Protegidas (ANP), y en su caso, sus Programas de Manejo, y

- Normas Oficiales Mexicanas.

II.- En materia de Planeación:

- Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030;
- Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2025-2030;
- Programa Sectorial de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes 2025-2030;
- Programa Nacional de Restauración Ambiental;
- Planes o programas de Desarrollo Urbano, y
- Regiones Prioritarias para la Biodiversidad de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

Lo anterior, a efecto de proporcionar a la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental (DGIRA) de la SEMARNAT, los elementos de juicio que motivan y sustentan los preceptos más relevantes del proyecto en materia ambiental y que de esta forma, dicha Dirección General esté en posibilidad de aplicar lo dispuesto en el Primero y Segundo Párrafo del Artículo 35 de la LGEEPA, que a la letra dice:

> *"**ARTÍCULO 35** Una vez presentada la manifestación de impacto ambiental, la Secretaría iniciará el procedimiento de evaluación, para lo cual revisará que la solicitud se ajuste a las formalidades previstas en esta Ley, su Reglamento y las normas oficiales mexicanas aplicables, e integrará el expediente respectivo en un plazo no mayor de diez días.*
>
> *Para la autorización de las obras y actividades a que se refiere el artículo 28, la Secretaría se sujetará a lo que establezcan los ordenamientos antes señalados, así como los programas de desarrollo urbano y de ordenamiento ecológico del territorio, las declaratorias de áreas naturales protegidas y las demás disposiciones jurídicas que resulten aplicables".*

III. VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES

III.1 PROGRAMAS DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO

De acuerdo con el Artículo 3º de la LGEEPA, el ordenamiento ecológico es el *"instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos".*

Por su parte el Artículo 19 BIS de la misma Ley dictamina que *El ordenamiento ecológico del territorio nacional y de las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, se llevará a cabo a través de los programas de ordenamiento ecológico:*

I.- General del Territorio;

II.- Regionales;

III.- Locales, y

IV.- Marinos.

Bajo este sentido se realizó un análisis para la identificación de aquellos planes y/o programas de ordenamiento ecológico sobre los que el trazo carretero tiene injerencia, obteniendo, que le es aplicable el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio y el Programa de Ordenamiento Ecológico Local Participativo del Territorio del Municipio de Acapulco de Juárez, Guerrero; para los cuales a continuación se presenta su análisis de vinculación con el proyecto.

III.1.1 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio

El Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) Se decretó y publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF), el 7 de septiembre de 2012. Dicho instrumento tiene como objetivo principal llevar a cabo una regionalización ecológica del territorio nacional y de las zonas sobre las cuales la nación ejerce soberanía y jurisdicción, identificando áreas de atención prioritaria y áreas de aptitud sectorial. Asimismo, tiene por objeto establecer los lineamientos y estrategias ecológicas necesarias para, entre otras, promover la preservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales; promover medidas de mitigación de los posibles impactos ambientales causados por las acciones, programas y proyectos de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal (APF); orientar la ubicación de las actividades productivas y de los asentamientos humanos; fomentar el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales; promover la protección y conservación de los ecosistemas y la biodiversidad; fortalecer el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas; apoyar la resolución de los conflictos ambientales, así como promover la sustentabilidad e incorporar la variable ambiental en los programas, proyectos y acciones de los sectores de la APF.

El POEGT promueve un esquema de coordinación y corresponsabilidad entre los sectores de la APF —a quienes está dirigido este Programa— que permite generar sinergias y propiciar un desarrollo sustentable en cada una de las regiones ecológicas identificadas en el territorio nacional.

Por su escala y alcance, el POEGT no tiene como objeto autorizar o prohibir el uso del suelo para el desarrollo de las actividades sectoriales. Cada sector tiene sus prioridades y metas, sin embargo, en su formulación e instrumentación, los sectores adquieren el compromiso de orientar sus programas, proyectos y acciones de tal forma que contribuyan al desarrollo sustentable de cada región, en congruencia con

las prioridades establecidas en este Programa y sin menoscabo del cumplimiento de programas de ordenamiento ecológico locales o regionales vigentes.

El subrayado es propio.

El POEGT se integra por 80 regiones ecológicas, áreas de atención prioritaria y las áreas de aptitud sectorial, divididas en 18 grupos y 145 unidades denominadas Unidades Ambientales Biofísicas las cuales están caracterizadas por 10 lineamientos y 44 estrategias ecológicas para la preservación, protección, restauración y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

La Carretera Acapulco-Zihuatanejo, tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta, del cadenamiento 9+200 al 20+700 se ubica dentro de la Unidad Ambiental Biofísica (UAB) 139 denominada "Costas del Sur del Sureste de Guerrero", por lo que, para su desarrollo se considera la política ambiental y las estrategias que dispone el POEGT para esta UAB.

La siguiente imagen muestra la influencia del proyecto sobre la UAB en comento:

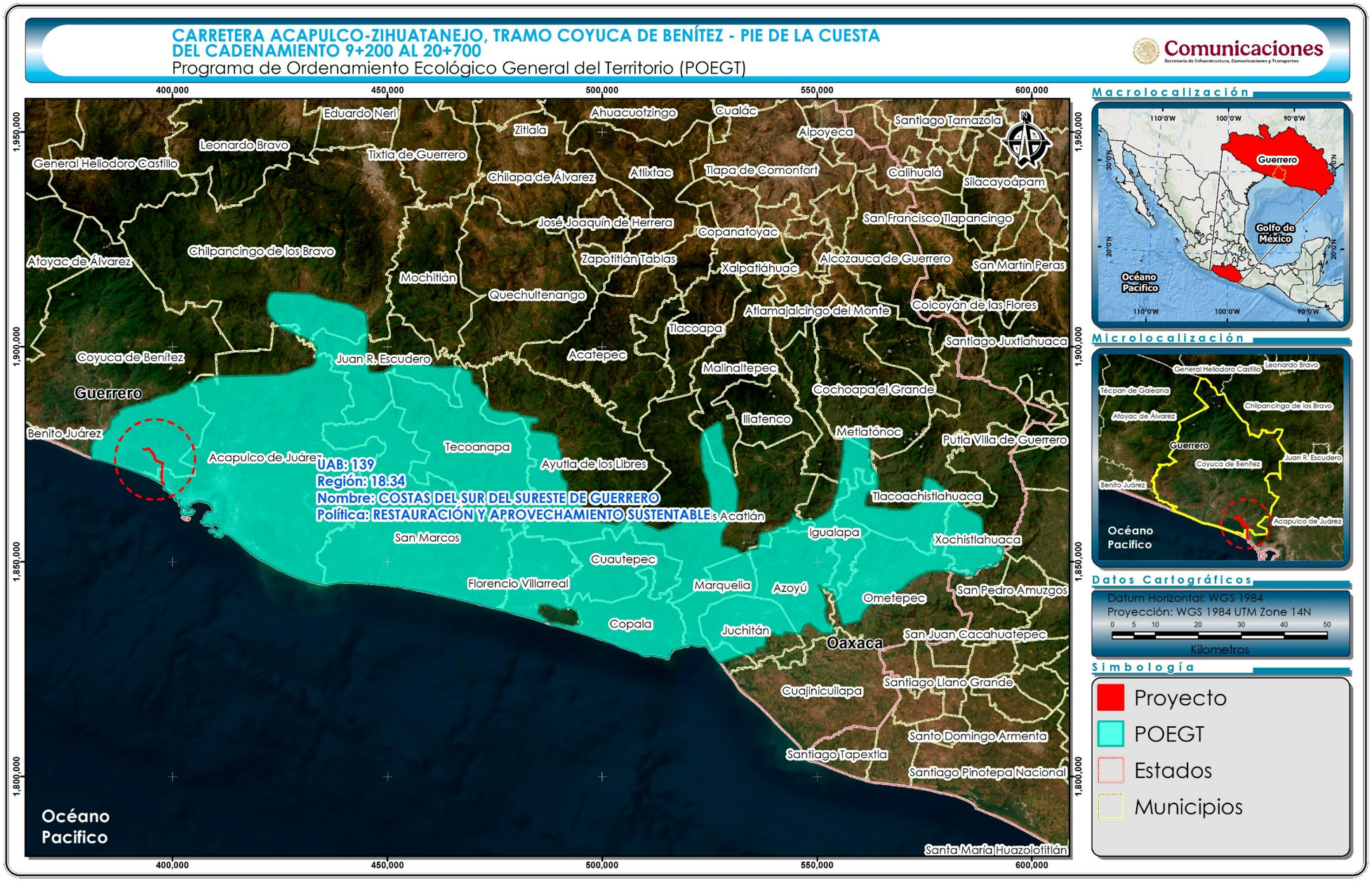


Figura III-1. Localización del trazo carretero dentro de las Unidad Ambiental Biofísica 139 del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio.

Tabla III-1. Características de la Unidad Ambiental Biofísica 139 "Costas del Sur del Sureste de Guerrero".

Estado actual del medio ambiente 2008:
Inestable a crítico. Conflicto Sectorial Medio. *No presenta superficie de ANP's. Alta degradación de los Suelos. Muy alta degradación de la Vegetación. Baja degradación por Desertificación. La modificación antropogénica es de media a alta. Longitud de Carreteras (km): Baja. Porcentaje de Zonas Urbanas: Media. Porcentaje de Cuerpos de agua: Baja. Densidad de población (hab/km^2): Alta. El uso de suelo es Forestal y Agrícola. Con disponibilidad de agua superficial. Con disponibilidad de agua subterránea. Porcentaje de Zona Funcional Alta: 9.4. Alta marginación social. Bajo índice medio de educación. Bajo índice medio de salud. Alto hacinamiento en la vivienda. Bajo indicador de consolidación de la vivienda. Muy bajo indicador de capitalización industrial. Muy alto porcentaje de la tasa de dependencia económica municipal. Bajo porcentaje de trabajadores por actividades remuneradas por municipios. Actividad agrícola: Sin información. Media importancia de la actividad minera. Alta importancia de la actividad ganadera.*

Región Ecológica	***Escenario al 2033***	***Política Ambiental***	***Prioridad de Atención:***
18.34	*Crítico*	*Restauración y aprovechamiento sustentable*	*Muy alta*

Sectores de desarrollo			
Rectores	***Coadyuvantes***	***Asociados***	***Otros de interés***
Turismo	*Forestal Ganadería*	*Agricultura -Minería -Poblacional*	*CFE-SCT*

Estrategias sectoriales
4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 15 BIS, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44.

Tabla III-2. Estrategias sectoriales aplicables a la Unidad Ambiental Biofísica 139 del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio.

<table>
<tr><th>Estrategias</th><th>Vinculación</th></tr>
<tr><td colspan="2">Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio</td></tr>
<tr><td colspan="2">B) Aprovechamiento sustentable</td></tr>
<tr><td>4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales.</td><td rowspan="4">La Fracción III del Artículo 3° de la LGEEPA define al Aprovechamiento sustentable como "la utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos indefinidos.
De la caracterización de los usos de suelo y vegetación en el área del proyecto se identificaron los siguientes:

<table>
<tr><th>No.</th><th>Uso de suelo</th><th>Uso de suelo y/o vegetación</th><th>Superficie ha</th><th>%</th></tr>
<tr><td>1</td><td>Forestal</td><td>Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia</td><td>2.398</td><td>9.38</td></tr>
<tr><td>1</td><td colspan="2">Subtotal</td><td>2.398</td><td>9.38</td></tr>
<tr><td>1</td><td rowspan="3">No forestal</td><td>Agricultura de temporal permanente</td><td>12.493</td><td>48.87</td></tr>
<tr><td>2</td><td>Sin vegetación aparente</td><td>7.922</td><td>30.99</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Asentamientos humanos</td><td>2.754</td><td>10.77</td></tr>
<tr><td>3</td><td colspan="2">Subtotal</td><td>23.169</td><td>90.62</td></tr>
<tr><td>4</td><td colspan="2">Totales</td><td>25.566</td><td>100.00</td></tr>
</table>

De las 25.566 ha con las que cuenta el AP, solo el 9.38 % está cubierta con vegetación forestal, que, si bien no se</td></tr>
<tr><td>5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios.</td></tr>
<tr><td>6. Modernizar la infraestructura hidro-agrícola y tecnificar las superficies agrícolas.</td></tr>
<tr><td>7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales.</td></tr>
<tr><td>8. Valoración de los servicios ambientales.</td></tr>
</table>

Estrategias	Vinculación
	considera como tal su aprovechamiento, el desmonte se hace necesario para el desarrollo del proyecto.
C) Protección de los recursos naturales	
12. *Protección de los ecosistemas.*	El proyecto fue diseñado de manera que en su mayoría se utilizarán campos agrícolas y el propio cuerpo de la carretera existente, con la finalidad de que reducir al mínimo la afectación sobre áreas conservadas, por lo que solo se afectarán 2.398 ha de vegetación forestal, cabe señalar que la UAB 139 tiene como una de sus estrategias (7) el aprovechamiento sustentable de los recursos forestales.
13. *Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de bio-fertilizantes.*	
D) Restauración	
14. *Restauración de ecosistemas forestales y suelos agrícolas.*	Como medida de compensación ambiental, el proyecto se acompaña de un programa de reforestación y revegetación con especies nativas a ejecutarse dentro de la UAB 139. Tal programa se presenta a manera de anexo de esta MIA-R y el cual se espera ser validado por esa DGIRA.
E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios	
15. *Aplicación de los productos del Servicio Geológico Mexicano al desarrollo económico y social y al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovables.*	Estos criterios van orientados hacia la industria minera, no siendo aplicables al proyecto. Cabe señalar que la obtención de materiales para la ejecución de las obras se obtendrá de los bancos de materiales cercanos que cuentan con sus respectivas autorizaciones en materia de impacto ambiental e inventariados por la SICT.
15 bis. *Consolidar el marco normativo ambiental aplicable a las actividades mineras, a fin de promover una minería sustentable.*	

Estrategias	Vinculación
19. *Fortalecer la confiabilidad y seguridad energética para el suministro de electricidad en el territorio, mediante la diversificación de las fuentes de energía, incrementando la participación de tecnologías limpias, permitiendo de esta forma disminuir la dependencia de combustibles fósiles y las emisiones de gases de efecto invernadero.*	Es la Comisión Federal de Electricidad la dependencia encargada de fortalecer la confiabilidad y seguridad energética para el suministro de electricidad en el territorio.
20. *Mitigar el incremento en las emisiones de Gases Efecto Invernadero y reducir los efectos del Cambio Climático, promoviendo las tecnologías limpias de generación eléctrica y facilitando el desarrollo del mercado de bioenergéticos bajo condiciones competitivas, protegiendo la seguridad alimentaria y la sustentabilidad ambiental.*	Corresponde a la administración pública promover las tecnologías limpias. Cabe señalar que con la modernización del tramo carretero Coyuca de Benítez-Pie de la cuesta permitirá un flujo constante en la circulación de vehículos automotores, reduciendo la emisión de gases de efecto invernadero generado.
21. *Rediseñar los instrumentos de política hacia el fomento productivo del turismo.*	En el presente capítulo se evidencia que el proyecto se apega a las regulaciones de los instrumentos de política ambiental aplicables, adoptando medidas de protección, control, prevención y compensación ambiental.
22. *Orientar la política turística del territorio hacia el desarrollo regional.*	Estas dos estrategias van dirigidas al sector turístico por lo que no resultan vinculantes al proyecto.
23. *Sostener y diversificar la demanda turística doméstica e internacional con mejores relaciones consumo (gastos del turista) beneficio (valor de la experiencia, empleos mejor remunerados y desarrollo regional).*	

Estrategias	Vinculación
Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana	
A) Suelo Urbano y Vivienda.	
24. *Mejorar las condiciones de vivienda y entorno de los hogares en condiciones de pobreza para fortalecer su patrimonio.*	Esta estrategia va orientada a los gobiernos locales.
B) Zonas de Riesgo y prevención de contingencias	
25*. Prevenir y atender los riesgos naturales en acciones coordinadas con la sociedad civil.*	Por su ubicación geográfica, el AP es propensa a fenómenos meteorológicos como es el caso de huracanes, por lo que se tendrá una coordinación estrecha con protección civil para actuar de manera responsable si durante la etapa de preparación del sitio y construcción se llegará a presentar algún fenómeno.
C) Agua y Saneamiento	
27. *Incrementar el acceso y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento de la región.*	Esta estrategia va orientada a los gobiernos locales.
D) Infraestructura y equipamiento urbano y regional.	
30. *Construir y modernizar la red carretera a fin de ofrecer mayor seguridad y accesibilidad a la población y así contribuir a la integración de la región.*	Justamente el proyecto "*Carretera Acapulco-Zihuatanejo, Tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta, del Cadenamiento 9+200 al 20+700"* busca modernizar la red carretera a fin de ofrecer mayor seguridad y accesibilidad a la población y así contribuir a la integración y desarrollo de la región.
31. *Generar e impulsar las condiciones necesarias para el desarrollo de ciudades y zonas metropolitanas seguras, competitivas, sustentables, bien estructuradas y menos costosas.*	
E) Desarrollo Social	

Estrategias	Vinculación
***33**. Apoyar el desarrollo de capacidades para la participación social en las actividades económicas y promover la articulación de programas para optimizar la aplicación de recursos públicos que conlleven a incrementar las oportunidades de acceso a servicios en el medio rural y reducir la pobreza.*	El presente proyecto se ejecutará con recursos públicos aportados por la SICT mejorando los servicios de infraestructura carretera en la región.
***34.** Integración de las zonas rurales de alta y muy alta marginación a la dinámica del desarrollo nacional.*	Corresponde a la administración pública la creación de programas que inciten el desarrollo social.
***35.** Inducir acciones de mejora de la seguridad social en la población rural para apoyar la producción rural ante impactos climatológicos adversos.*	
***36.** Promover la diversificación de las actividades productivas en el sector agroalimentario y el aprovechamiento integral de la biomasa. Llevar a cabo una política alimentaria integral que permita mejorar la nutrición de las personas en situación de pobreza.*	
***37.** Integrar a mujeres, indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas.*	
***38.** Fomentar el desarrollo de capacidades básicas de las personas en condición de pobreza.*	
***39.** Incentivar el uso de servicios de salud, especialmente de las mujeres y los niños de las familias en pobreza.*	

Estrategias	Vinculación
40. *Atender desde el ámbito del desarrollo social, las necesidades de los adultos mayores mediante la integración social y la igualdad de oportunidades. Promover la asistencia social a los adultos mayores en condiciones de pobreza o vulnerabilidad, dando prioridad a la población de 70 años y más, que habita en comunidades rurales con los mayores índices de marginación.*	
41. *Procurar el acceso a instancias de protección social a personas en situación de vulnerabilidad.*	
Grupo III. Dirigidas al Fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional	
A) Marco Jurídico	
42. *Asegurar la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.*	Actualmente es la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano asegurar la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.
B) Planeación del Ordenamiento Territorial	
43. *Integrar, modernizar y mejorar el acceso al catastro rural y la información agraria para impulsar proyectos productivos.*	La operación de catastro rural corresponde al Sistema Integral de Catastro y Predial asegurar la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.
44. *Impulsar el ordenamiento territorial estatal y municipal y el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil.*	Además del presente POEGT, existen diversos instrumentos que rigen el desarrollo de la región donde se ubica el proyecto, los cuales se vinculan en los siguientes subapartados.

III.1.1.1 Conclusión de la Vinculación con el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio

Las políticas ambientales (aprovechamiento sustentable, restauración, protección y preservación) son las disposiciones y medidas generales que coadyuvan al desarrollo sustentable. En el instrumento que se analiza, su aplicación promueve que los sectores del gobierno federal actúen y contribuyan en las UAB's hacia este modelo de desarrollo que asegure de mejor manera la sostenibilidad. Cabe señalar que a la UAB 139 le fue establecida una política de restauración y aprovechamiento sustentable.

Como resultado de la combinación de las cuatro políticas ambientales principales, para el POEGT se definieron 18 grupos, los cuales fueron tomados en consideración para las propuestas sectoriales y finalmente para establecer las estrategias y acciones ecológicas en función de la complejidad interior de cada UAB, de su extensión territorial y de la escala.

Realizando un análisis de las estrategias sectoriales aplicables a la UAB 139 se deduce que no existe limitante alguna que impida el desarrollo de este proyecto, toda vez que no contraviene a lo establecido por alguna de estas.

De las estrategias sectoriales presentadas en la tabla anterior, es relevante señalar que las estrategias 4 y 7 contemplan un "*Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales"* y un *"Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales"* respectivamente, pertenecientes al *Grupo I "Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio".* Si bien el proyecto "Carretera Acapulco-Zihuatanejo, tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta, del cadenamiento 9+200 al 20+700" no pretende llevar a cabo el aprovechamiento de flora o fauna silvestre en los términos en que éste se define en la LGVS, sí se implementarán las medidas de prevención, control, mitigación y compensación que resultan aplicables por su desarrollo, mismas que han sido plenamente

desarrolladas en el capítulo VI, a través de las cuales se garantiza la viabilidad de las poblaciones de flora y fauna silvestre que se distribuyen en las superficies de afectación, independientemente de que no vayan a ser objeto de actividades de aprovechamiento.

De igual forma, el planteamiento del proyecto, así como las medidas de prevención, mitigación y compensación ambiental contempladas, se apegan a lo dispuesto por las siguientes estrategias:

> ***30.*** *Construir y modernizar la red carretera a fin de ofrecer mayor seguridad y accesibilidad a la población y así contribuir a la integración de la región.*
>
> ***31****. Generar e impulsar las condiciones necesarias para el desarrollo de ciudades y zonas metropolitanas seguras, competitivas, sustentables, bien estructuradas y menos costosas;*

Lo anterior considerando que el proyecto sometido a avaluación mediante esta MIA-R pretende la construcción y modernización de la carretera Acapulco – Zihuatanejo, en el tramo que va de Pie de la Cuesta, en el municipio de Acapulco, a El Embarcadero, municipio de Coyuca de Benítez.

III.1.2 Programa de Ordenamiento Ecológico Local Participativo del Territorio del Municipio de Acapulco de Juárez, Guerrero

El Programa de Ordenamiento Ecológico Local Participativo del Territorio del Municipio de Acapulco de Juárez, Guerrero (POEL-A), se publicó en el Periódico Oficial del estado de Guerrero el 2 de mayo de 2025. El programa se basa en una serie de diagnósticos y análisis del territorio, tanto desde una perspectiva física y biótica como social y económica, considerando el estado actual del municipio y las tendencias probables, considerando además la evaluación de los impactos ambientales y sociales de las actividades humanas en el territorio, con el fin de identificar las zonas de mayor fragilidad ecológica y las áreas prioritarias para la conservación y restauración de los ecosistemas y la biodiversidad.

El POEL-A tiene por principal objeto: "Orientar la planeación ambiental con visión de largo plazo mediante la integración y adecuación de enfoques, métodos y procedimientos que contribuyan a traducir las políticas de desarrollo en acciones concretas para resolver las problemáticas ambientales y conflictos específicos que experimenta el territorio municipal, considerando el uso sustentable de los recursos naturales, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y servicios ecosistémicos, la consolidación de condiciones para el desarrollo equitativo, así como de la seguridad de la población ante los fenómenos naturales y el impulso económico de los sectores productivos municipales bajo un enfoque de sostenibilidad y resiliencia".

III.1.2.1 Modelo de Ordenamiento Ecológico del Territorio

El Modelo de Ordenamiento Ecológico del Territorio (MOET) del presente instrumento de política ambiental integra las políticas, lineamientos ecológicos,

criterios y estrategias de uso y ocupación del suelo, determinadas con base en los diferentes escenarios y la potencialidad y disponibilidad de los recursos.

El modelo es en este contexto un instrumento de políticas destinado a normar el uso y aprovechamiento del suelo en el ámbito rural, evaluando sus potencialidades y previendo los conflictos, con el objetivo de promover el desarrollo sostenible de Acapulco de Juárez.

El MOET se construyó a partir de un proceso de toma de decisiones para la adecuada planeación a largo plazo del territorio, utilizando como unidad base las Unidades de Gestión Ambiental (UGA).

Cada UGA tiene asignada una política de ordenamiento ecológico, misma que es congruente con el uso de suelo actual y las aptitudes del territorio. Las políticas de cada UGA se articulan a su vez con un lineamiento ecológico, que constituye la meta o estado deseable del territorio a alcanzar en la unidad.

Cada lineamiento a su vez se encuentra vinculado con una serie de estrategias particulares que tienen como fin contribuir al éxito del lineamiento ecológico planteado.

Cada estrategia a su vez integra una serie de acciones particulares que facilitaran el cumplimiento de los lineamientos planteados y se vincula con las iniciativas (programas, proyectos, medidas obras y acciones) de la cartera de proyectos.

El MOET incluye además los usos permitidos y no permitidos en cada UGA, mismos que se establecieron de manera congruente con el lineamiento ecológico de cada unidad, y al mismo tiempo con la aptitud del territorio.

III.1.2.2 Unidades de Gestión Ambiental

Las Unidades de Gestión Ambiental (UGA) representan la unidad básica para la administración del territorio municipal, y en su conjunto forman el Modelo de Ordenamiento Ecológico del Territorio (MOET).

Cada unidad constituye una porción del territorio municipal, y se delimita a partir de sus condiciones de homogeneidad de uso de suelo actual, aptitud del territorio y potencial de desarrollo a largo plazo. La delimitación de las UGA se estructuró a partir de la regionalización ecológica y delimitación de unidades de paisaje y de cuencas. Cada unidad de paisaje constituye un territorio que presenta una combinación específica de variables naturales, urbanas y socioeconómicas,

El MOET quedó integrado por 158 UGA's, de estas La Carretera Acapulco-Zihuatanejo, tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta, únicamente su Tramo 1 se ubica dentro del área de aplicación de dicho modelo, específicamente sobre las UGA's 2 y 13 (ver siguiente figura), de las cuales a continuación se presenta su ficha técnica:

Ficha Técnica de la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) 2 del Programa de Ordenamiento Ecológico Local Participativo del Territorio del Municipio de Acapulco de Juárez.

UGA 2	***Lineamiento general***
	Recuperar la cobertura vegetal y funciones ecológicas de los ecosistemas originales, priorizando aquellas zonas deforestadas por actividades agropecuarias con vocación forestal, así como los territorios que mantengan ecosistemas degradados. La UGA se concibe como un corredor biológico para asegurar la conexión entre la laguna de Coyuca y el Parque Nacional El Veladero, fortaleciendo así la continuidad de los ecosistemas y facilitando el movimiento de la fauna entre estas áreas protegidas.

Datos generales			
Política	***Superficie***	***Población***	***Uso de suelo y vegetación predominantes***
Restauración	*242.8 ha*	*500 a 2,500 habitantes*	*- Agropecuario (35 %)* *- Vegetación perturbada (57.5%)*

Aptitudes			
Asentamientos humanos	***Agropecuario***	***Conservación***	***Turismo***
6.1/10	*4.6/10*	*2.3/10*	*4.6/10*

Datos ambientales			
Índice de prioridad para la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad	*3.8/10*	***Índice de cobertura vegetal***	*4.9/10*
Fijación de carbono	*96.3/10*	***Sensibilidad de los ecosistemas por fragmentación***	*4.5/10*
Prioridad de ecosistemas	*3.1/10*	***Índice de retención de suelos***	*5.9/10*
Sensibilidad de la vegetación por fragmentación	*3.5/10*	***Erosión***	*5.9 ton/ha/año*
Potencial para recarga del acuífero	*8.2/10*	***Riqueza de especies***	*4.1/10*

usos del suelo	
Permitidos	*Infraestructura pública puntual, infraestructura pública lineal, ecoturismo, turismo de aventura y deportes.*
No permitidos	*agrícola, agroindustrial, ganadería intensiva, ganadería extensiva, acuicultura, pesca, forestal maderable, forestal no maderable, asentamientos rurales, asentamientos urbanos, habitacional turístico, equipamiento urbano, industria ligera, minería no metálica, infraestructura pública de área, turismo convencional, agroturismo*

Estrategias ecológicas
E003, E005, E006, E007, E008, E0017, E0019, E0020, E0021, E0026 y E0037.
Criterios de regulación ecológica:
- *IPI01, IPI02, IPI03, IPI04, IPI05, IPI06, IPI07, IPI08, IPI09, IPI10, IPI11, IPI12, IPI13, IPI14.* - *IPp01, IPp02, IPp03, IPp04, IPp05, IPp06, IPp07, IPp08 y IPp09.* - *aI01, TaI02, TaI03, TaI04, TaI05, TaI06, TaI07, TaI08, TaI09, TaI10 y TaI11.* - *Cons05.*

Tabla III-3. Ficha Técnica de la UGA 13 del Programa de Ordenamiento Ecológico Local Participativo del Territorio del Municipio de Acapulco de Juárez (POEL-A).

	Lineamiento general
UGA 13	*Promover el mejoramiento urbano de aquellos barrios de la ciudad que presenten condiciones de rezago y con malas condiciones para una vida digna de las personas. Las acciones de mejoramiento se realizarán bajo un modelo de desarrollo urbano, ordenado, socialmente integrador, económicamente productivo y competitivo, ambientalmente amable y capaz de sostenerse a través del tiempo. Se garantizarán los ejes de la nueva agenda urbana: inclusión urbana, derecho la ciudad, accesibilidad universal e igualdad de género.*

Datos generales			
Política	***Superficie***	***Población***	***Uso de suelo y vegetación predominantes***
Aprovechamiento sustentable	*14,591.5ha*	*50,000 habitantes*	*- Otras categorías (5.0%)* *- Agropecuario (17.1%)* *- Vegetación perturbada (10.7%)* *- Asentamientos humanos (66.1%)*

Aptitudes			
Asentamientos humanos	***Agropecuario***	***Conservación***	***Turismo***
7.3/10	*1.7/10*	*0.5/10*	*6.1/10*

Datos ambientales			
Índice de prioridad para la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad	*0.8/10*	***Índice de cobertura vegetal***	*1.1/10*

Fijación de carbono	*32.1 ton/ha/año*	***Sensibilidad de los ecosistemas por fragmentación***	*1.3/10*
Prioridad de ecosistemas	*0.4/10*	***Índice de retención de suelos***	*1.6/10*
Sensibilidad de la vegetación por fragmentación	*0.7/10*	***Erosión***	*1.6 ton/ha/año*
Potencial para recarga del acuífero	*5.8/10*	***Riqueza de especies***	*6.0/10*

usos del suelo	
Permitidos	*El uso de suelo queda sujeto a lo establecido en el Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Acapulco de Juárez*
No permitidos	*El uso de suelo queda sujeto a lo establecido en el Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Acapulco de Juárez*

Estrategias ecológicas
E013, E0014, E0015, E0017, E0018, E0019, E0020, E0021, E0028, E0029, E0030, E0033, E0039, E0044,

Criterios de regulación ecológica:
- *EqU01, EqU02, EqU03, EqU04, EqU05, EqU06 y EqU07.* - *AshU01, AshU02, AshU03, AshU04, AshU05, AshU06, AshU07, AshU08, AshU09, AshU10, AshU11, AshU12, AshU13, AshU14, AshU15 yAshU16.* - *HTu01, HTu02, HTu03, HTu04, HTu05, HTu06, HTu07, HTu08 y HTu09.* - *IPa01, IPa02, IPa03, IPa04, IPa05, IPa06, IPa07, IPa08, IPa09 y IPa10.* - *IPl01, IPl02, IPl03, IPl04, IPl05, IPl06, IPl07, IPl08, IPl09, IPl10, IPl11, IPl12, IPl13, IPl14.* - *IPp01, IPp02, IPp03, IPp04, IPp05, IPp06, IPp07, IPp08 y IPp09.* - *Tal01, Tal02, Tal03, Tal04, Tal05, Tal06, Tal07, Tal08, Tal09, Tal10 y Tal11.* - *Tur01, Tur02, Tur03, Tur04, Tur05, Tur06 y Tur07.*

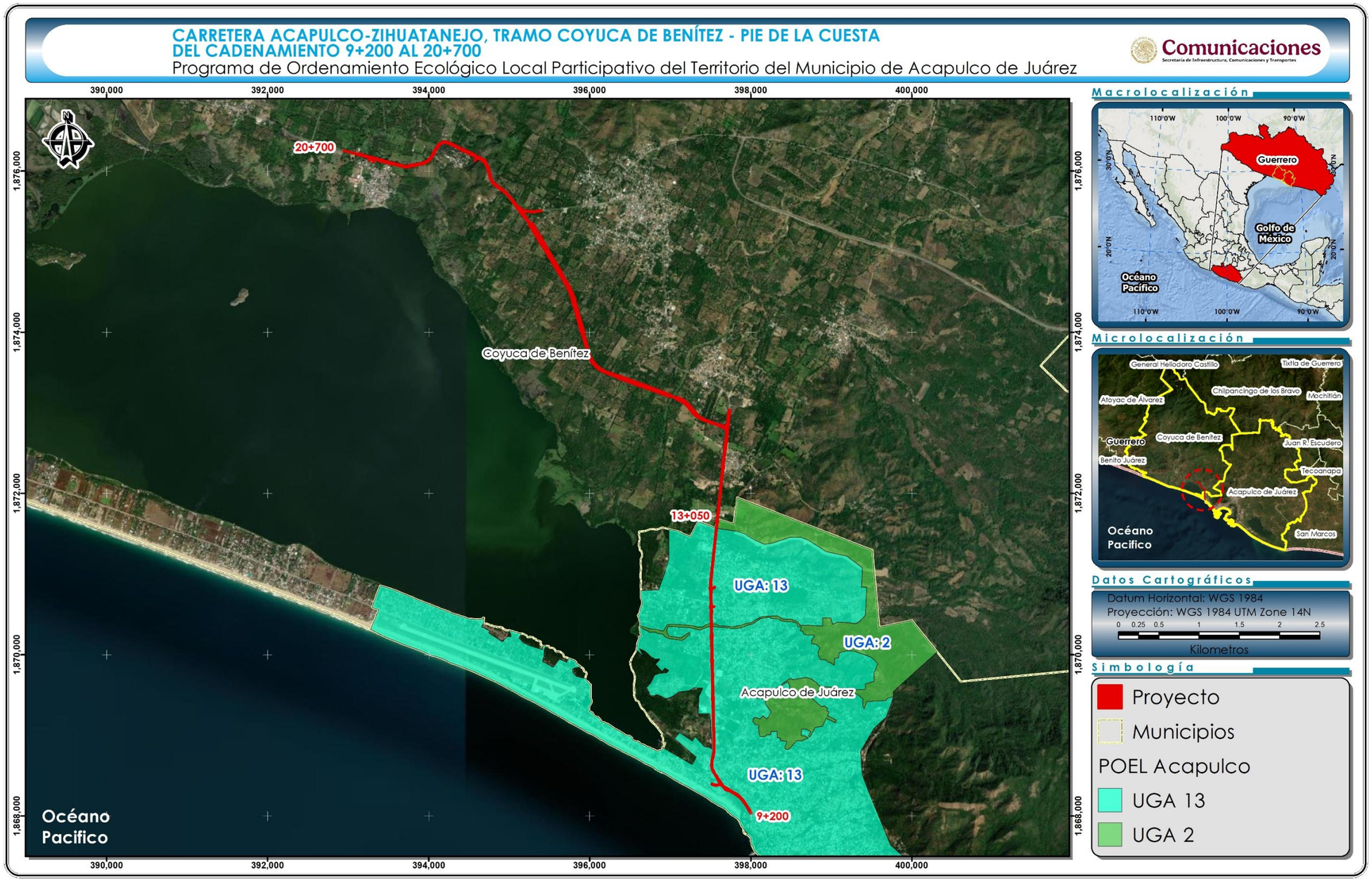


Figura III-2. Modelo de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Municipio de Acapulco de Juárez con la sobreposición del trazo del proyecto carretero.

III.1.2.3 Políticas ambientales

Constituyen el marco global de la gestión del territorio de cada UGA, su asignación considera la diversidad de problemáticas o conflictos ambientales, así como las potencialidades y necesidades de cada unidad, que permitan dirigir el desarrollo de esta hacia la imagen objetivo-deseada, mejorando la calidad de vida de la población acapulqueña.

La UGA 13 cuenta con una política de Aprovechamiento sustentable, mientras que la UGA 2 una política de Restauración, definidas de la siguiente manera:

UGA 2 **política de Restauración**	*Política ecológica dirigida a zonas que han sufrido cambios estructurales en los ecosistemas y presentan un alto grado de fragmentación por la masificación de actividades antropogénicas o de cambio climático.* *En los territorios asignados a esta política, se promueve la aplicación de programas y actividades encaminados a recuperar o minimizar las afectaciones producidas que propicien la evolución y continuidad de los procesos naturales inherentes.*
Vinculación	La presente política no tiene un carácter limitativo o restrictivo, únicamente prioriza la aplicación de programas o actividades de restauración. En relación con el proyecto, esta interacciona con la UGA 2 en dos secciones, la primera de ellas en el km 11+740 donde pretende remplazar el Puente "El Pedreguero" y la segunda del km 12+910 al km 13+050, donde se pretende la ampliación a 12 m del cuerpo carretero existente. Cabe señalar que la UGA 2 tiene a la infraestructura pública lineal como un uso de suelo permitido. En apego a esta UGA, el proyecto prevé acciones de conservación y protección a los componentes hídricos, en el cual se incluyen acciones de restauración sobre el cauce del arroyo que cruza el Puente "El Pedreguero".

UGA 13 **política de Aprovechamiento sustentable**	*Política ecológica asignada a aquellas zonas que por sus características son aptas para el uso y manejo de los recursos naturales, conforme a la capacidad de carga, promoviendo actividades que tengan el menor impacto negativo con base a los indicadores de la autoridad competente. Se reorientarán las actividades productivas conforme a los umbrales de los recursos naturales existentes.* *Las actividades que se desarrollen dentro de esta política serán en forma tal que resulte eficiente, socialmente útil y condicionadas de acuerdo con las características de la zona.*
Vinculación	El proyecto incide del Km 9+200 al km 11+740 y del km 11+751 al 13+050, la ampliación se realizará sobre el derecho de vía exístete, por lo que el proyecto como está planteado no ocasionará impactos ambientales significativos. No se consideran actividades productivas, sin embargo, con las nuevas especificaciones de una carretera tipo A2 que se pretenden se brindará mayor seguridad a los usuarios, reducir costos y disminuir los tiempos de traslado, dar orden y seguridad al transporte público, conectar las comunidades más importantes a través entronques bien diseñados y asegurar el mantenimiento de los escurrimientos intermitentes mediante puentes como obras de drenaje mayor.

III.1.2.4 Usos

Un aspecto básico para promover la adecuada ordenación y gestión del territorio es la identificación y definición de los usos y destinos del suelo factibles de desarrollarse en cada una de las UGA que componen el MOET.

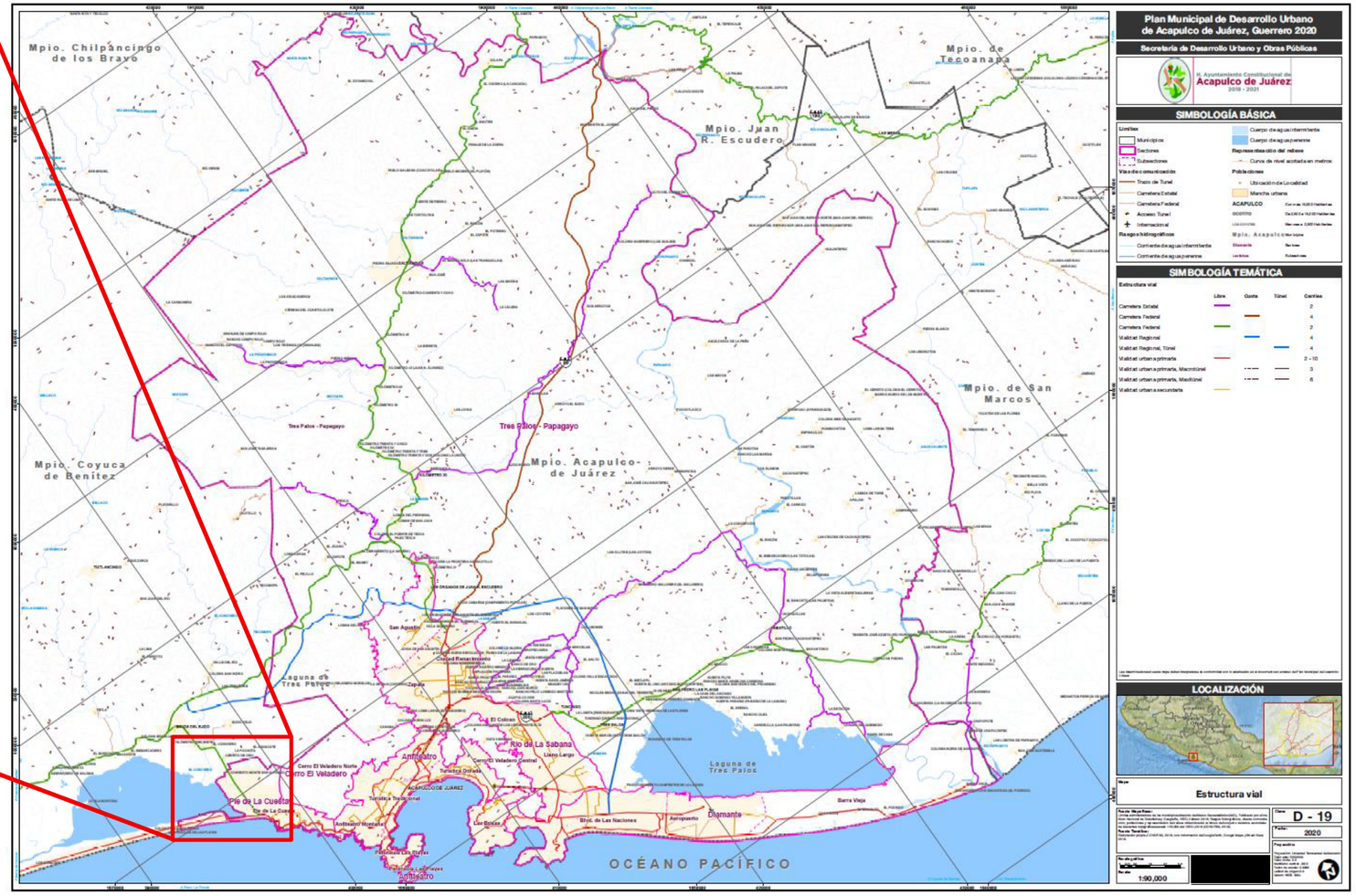
Vinculación:

Como se observó en las fichas técnicas, la UGA 2 tiene a la infraestructura lineal como un uso compatible, por lo que el proyecto carretero tiene afinidad dentro de esta, mientras que para la UGA 13, indica que los usos de suelo permitidos y prohibidos queda sujeto a lo establecido redirige los usos a lo establecido por el Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Acapulco de Juárez (PMDU-A) el cual

define al área de intervención como una carretera federal libre que entronca con una vialidad urbana primaria inmerso sobre la mancha urbana, con base al plano D-19 “Estructura vial” del PMDU-A, por lo que no existe ninguna limitante para su desarrollo, ver siguiente figura.

La vinculación puntual del PMDU-A se presenta en el subapartado III.3.3 del presente capítulo.





SIMBOLOGIA TEMÁTICA

Estructura vial

	Libre	Cuota	Túnel	Carriles
Carretera Estatal				2
Carretera Federal				4
Carretera Federal				2
Vialidad Regional				4
Vialidad Regional, Túnel				4
Vialidad urbana primaria				2 - 10
Vialidad urbana primaria, Macrotúnel				3
Vialidad urbana primaria, Maxitúnel				6
Vialidad urbana secundaria				

Figura III-3. plano D-19 "Estructura vial" del Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Acapulco de Juárez.

III.1.2.5 Criterios de regulación ecológica

Constituyen las condicionantes a las que se encuentra sujeto cada uso asignado como permitido en las UGA, mismas que deberán ser consideradas por cualquier promovente o particular interesado en desarrollar algunas actividad o uso específico en la unidad. Estas condicionantes se definieron para prevenir impactos ambientales o sociales negativos por el desarrollo inadecuado de las actividades humanas, así como para prevenir, mitigar o resolver problemáticas y conflictos ambientales.

En la siguiente tabla se presentan los Criterios de regulación ecológica definidos para las UGA's 2 y 13 así como su análisis y vinculación, empezando por aquellos que son aplicables a ambas UGA's, posteriormente por los aplicables únicamente a la UGA 2 y por último los que aplican solo a la UGA 13.

III.1.2.5.1. Criterios de regulación ecológica aplicables a las UGA's 2 y 13

Tabla III-4. Criterios de Regulación Ecológica para la Infraestructura pública lineal que rigen en las UGA's 2 y 13 del POEL-A

Criterio	Vinculación
Infraestructura pública lineal	
IPI01 *Se permitirá la instalación de infraestructura de disposición lineal para la dotación de servicios básicos a las comunidades como agua potable, alcantarillado o drenaje (el cual deberá incluir el tratamiento de agua residual) y energía eléctrica, con la reducción y mitigación de los impactos significativos. No se permitirá la infraestructura de área.*	El proyecto se trata de una infraestructura lineal correspondiente a una vía general de comunicación, que traerá grandes beneficios a las comunidades aledañas, entre los que están mejorar su conectividad, brindar mayor seguridad a los usuarios y reducir los tiempos de traslado. Se llevará a cabo en su mayoría sobre el derecho de vía de la carretera existente.
IPI02 *Se deberán evitar impactos sobre el flujo de fauna cuando la infraestructura lineal interrumpa los corredores biológicos, construyendo pasos de fauna sobre elevando el trazo vial en una longitud mínima de 100 m por paso o para el caso de sistemas montañosos mediante la incorporación de túneles al diseño del proyecto. La longitud total de los pasos de fauna deberá ser conforme a la longitud de la sección del trazo del proyecto que se encuentre en zonas adyacentes a macizos forestales en una relación no menor al 7.5 %. La empresa responsable de la construcción deberá presentar un estudio avalado por la autoridad competente.*	Considerando que el Tramo 1 a modernizar es el único que se ubica dentro de las UGA's 2 y 13, específicamente del km 9+200 al 13+050, en sus colindancias no se identificaron sitios con vegetación forestal que pudieran fungir como corredores biológicos, ya que se encuentra inmerso dentro de la zona urbana.
IPI03 *Los proyectos de infraestructura lineal que se promuevan en la UGA deberán desarrollarse evitando las zonas identificadas como prioritarias para la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad, el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales, de recarga y para la*	Dentro de las UGA's 2 y 13 solo se contempla la modernización de un cuerpo carretero existente y en operación inmerso dentro de la zona urbana y cuyas obras se desarrollan dentro de su propio derecho de vía, por lo que no se interacciona con zonas identificadas como prioritarias

Criterio	Vinculación
preservación del patrimonio histórico, arqueológico, paleontológico y cultural en el presente instrumento y por las autoridades competentes	para la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad o de recarga y para la preservación del patrimonio histórico, arqueológico, paleontológico y cultural.
***IPI04** La construcción de infraestructura lineal se realizará, de ser posible, sobre el derecho de vía de caminos ya construidos, con la finalidad de evitar la fragmentación de los ecosistemas presentes en el área y el cambio de uso de zona agrícola y forestal.*	Como se ha manejado, dentro de las UGA's 2 y 13, las obras se desarrollan sobre el derecho de vía de la carretera federal 200, acorde a lo establecido en el presente criterio.
***IPI05** Solo se permitirá la instalación de obras de infraestructura siempre y cuando no tengan efectos negativos que modifiquen la estructura o alteren las funciones de los ecosistemas o recursos naturales. No se permitirá infraestructura de área.*	Las áreas de afectación generadas por el proyecto dentro de las UGA's 2 y 13 se desarrollan sobre el derecho de vía de un cuerpo carretero existente, por lo que no se alteran las funciones de los ecosistemas o recursos naturales.
*I**PI06** Entre las medidas para mitigar el impacto ambiental de la infraestructura lineal, la resolución promoverá que el promovente deberá recuperar, en un plazo máximo de cinco años, una cantidad equivalente de biomasa forestal a la que se removerá durante la ejecución del proyecto, en los terrenos designados para la compensación. Se requiere que las especies utilizadas sean nativas. La autoridad competente proporcionará al promovente opciones para la ubicación de estas acciones de compensación.*	El proyecto no prevé remover biomasa forestal dentro de las UGA's 2 y 13, en particular las obras y actividades de modernización y ampliación de la carretera se ubicará sobre el derecho de vía existente.
***IPI07** La instalación de infraestructura lineal deberá evitar impactos significativos sobre el uso de suelo agrícola.*	Las obras y actividades contempladas dentro de esta UGA´s, corresponden a un tramo carretero ya existente que serán objeto de ampliación y modernización sobre el derecho de vía existente.

Criterio	Vinculación
IPI08 *No se permitirá la instalación de infraestructura lineal que genere impactos negativos a la imagen urbana y el patrimonio histórico-cultural del centro de población.*	En las UGA's 2 y 13 no se prevé la instalación de nueva infraestructura lineal, únicamente trabajos de modernización de un cuerpo existente, sin que esto impacte la imagen urbana y el patrimonio histórico-cultural.
IPI09 *Las carreteras existentes y las nuevas obras deberán contar con los pasos de fauna subterráneos suficientes para garantizar la continuidad entre las diferentes poblaciones animales, contemplando un diseño adecuado para garantizar su éxito.*	En el capitulo VI, se propone como una medida de compensación, que los cinco puentes y las 16 obras de drenaje menor, entre ellas 12 losas de concreto, serán acondicionadas para funcionar como pasos de fauna. Al tratarse de cuerpos de agua intermitentes o con una significativa reducción de su caudal durante la época de secas favorece su funcionalidad para que la fauna silvestre los use como pasos. Asimismo, se realizarán monitoreos sobre los individuos, especies y áreas con mayor incidencia de atropellamiento y, con base en dicho análisis se determinará el acondicionamiento de los pasos de fauna, el cual puede ir desde cercados y tipo de cercos para encauzar el paso, hasta acondicionamiento interior de las obras para favorecer su uso.
IPI10 *Los proyectos de infraestructura lineal que se promuevan deberán considerar la incorporación de vegetación arbórea en las zonas de derecho de vía, camellones y banquetas. Las especies deberán ser nativas y acordes a los diferentes tipos de vialidades, para evitar cualquier tipo de riesgo, desde pérdida de visibilidad, hasta deterioro en las construcciones y banquetas, incluyendo la caída de ramas o derribo de árboles por efecto del viento.*	Al tratarse de la modernización de un cuerpo carretero existente, es inviable incorporar vegetación arbórea ya que este se encuentra inmerso dentro de la mancha urbana, haciéndolo riesgoso tanto para las unidades que transiten por la vía carretera, así como a los habitantes de la localidad de Pie de la Cuesta.

Criterio	Vinculación
IPI11 *En el desarrollo de nuevos proyectos de infraestructura lineal se deberá contemplar programas de rescate de fauna silvestre que serán sometidos a su validación por instituciones académicas y de investigación, así como por un comité colegiado ciudadano.*	A manera de anexo se incluye el Programa de ahuyentamiento, rescate, reubicación y liberación de fauna silvestre, en el capítulo VI de este estudio.
IPI12 *En el caso de que la construcción de infraestructura lineal interrumpa los flujos hidrológicos o para su implementación se requieran volúmenes importantes de agua, la empresa responsable de la construcción deberá presentar un proyecto hidráulico avalado por la autoridad competente, que garantice la continuidad del caudal ecológico del flujo interrumpido y la factibilidad del suministro de agua, sin generar afectaciones a los acuíferos del área.*	En el tramo carretero a modernizar localizado dentro de estas UGA´s, existe un Puente denominado "El Pedreguero" que garantiza el flujo hidráulico existente, sin embargo, este será reemplazado, ya que es hidráulicamente insuficiente conforme los resultados obtenidos de los estudios hidrológicos e hidráulicos y los informes topohidráulicos que se realizaron para los puentes considerados como obras de drenaje mayor que considera el proyecto.
IPI13 *Se deberá realizar un estudio para la evaluación de la factibilidad de cada proyecto de infraestructura lineal, que integre factores geotécnicos, hidráulicos, hidrológicos, impacto social y de riesgos, que permitan determinar la infraestructura necesaria para la mitigación de riesgos.*	Durante el diseño del proyecto se realizaron los estudios necesarios para su modernización y ampliación del tramo 1, del proyecto, en particular se presenta como anexo el estudio hidrológico, hidráulico e informe topohidráulico elaborados para el proyecto.
IPI14 *Los estudios, medidas, obras y acciones a desarrollar durante la instalación de nuevos proyectos de infraestructura líneal deberán difundirse a las comunidades rurales o localidades involucradas según corresponda.*	Como se ha manejado, dentro de las UGAS 2 y 13 solo se prevé la modernización de un cuerpo carretero existente y en operación, y se ubicara sobre el derecho de vía existente de la carretera federal 200.

Tabla III-5. Criterios de Regulación Ecológica para la Infraestructura pública puntual que rigen en las UGA's 2 y 13 del POEL-A

Criterios
Infraestructura pública puntual
IPp01 *Solo se permitirá la instalación de obras de infraestructura puntual indispensables para el desarrollo de las personas y que no tengan alternativa de desarrollarse en otro sitio. Las obras de infraestructura puntual no deberán generar efectos negativos que modifiquen la estructura o alteren las funciones de los ecosistemas o recursos naturales.*
IPp02 *Las obras de infraestructura puntual deberán desarrollarse en zonas carentes de vegetación arbórea y arbustiva, y en casos excepcionales se permitirá la remoción de vegetación en una superficie no mayor de 100 m^2.*
IPp03 *No se permitirán obras de infraestructura puntual que generen impactos sobre rasgos patrimoniales (naturales identitarios, arqueológicos, históricos y/o culturales)*
IPp04 *Para la instalación de cualquier proyecto de infraestructura puntual, el promovente deberá recupera en los predios de compensación el equivalente del total de biomasa forestal que será removido por el proyecto, en un período no mayor a cinco años. Las especies utilizadas deberán ser nativas. La autoridad competente presentará al promovente opciones para la ubicación de las acciones de compensación.*
IPp05 *No se permitirá la remoción, ahuyentamiento, relocalización o trasplante de especies en riesgo derivado de la instalación de infraestructura puntual, de acuerdo con el listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010 o su correspondiente actualización o modificación.*
IPp06 *En el desarrollo de nuevos proyectos de infraestructura se deberá contemplar programas de rescate de fauna silvestre que serán sometidos a su validación a los representantes de instituciones académicas y de investigación en el órgano colegiado correspondiente al seguimiento de la instrumentación del presente instrumento*
IPp07 *No se permitirá la instalación de infraestructura puntual que generen impactos a la imagen urbana y el patrimonio histórico-cultural del centro de población.*
IPp08 *Se deberá realizar un estudio para la evaluación de la factibilidad de cada proyecto de infraestructura puntual, que integre factores geotécnicos, hidráulicos, hidrológicos, impacto social y de riesgos, que permitan determinar la infraestructura necesaria para la mitigación de riesgos.*
IPp09 *Los estudios, medidas, obras y acciones a desarrollar durante la instalación de nuevos proyectos de infraestructura puntual deberán difundirse a las comunidades rurales o localidades involucradas según corresponda.*

Vinculación con los criterios de Infraestructura pública puntual: Estos criterios se orientan a aquellas obras de infraestructura que se desarrollan en un sitio específico (dentro de un predio) que tienen como finalidad la prestación de servicios como puede ser el caso de edificios gubernamentales, hospitales, centrales eléctricas, parques vecinales entre otros. El proyecto sometido a evaluación al tratarse de una vía general de comunicación entra dentro del rubro infraestructura lineal, cuyos criterios ecológicos ya fueron vinculados, en la sección anterior.

Tabla III-6. Criterios de Regulación Ecológica para el Turismo de aventura que rigen en las UGA's 2 y 13 del POEL-A

Criterios
Turismo de aventura
TaI01 *Las actividades turísticas realizadas en la UGA estarán limitadas a actividades de turismo alternativo, tales como proyectos ecoturísticos, culturales, turismo de aventura, extremo o rural, evitando proyectos de turismo convencional que impacten negativamente a los ecosistemas, la biodiversidad y los recursos naturales. Dentro de la evaluación del impacto ambiental de cada proyecto se deberá considerar el límite de cambio aceptable de acuerdo con las características ambientales.*
TaI02 *Las obras relacionadas con la actividad turística se realizarán sin afectar los ecosistemas, sin remover la vegetación natural, a fin de no afectar el paisaje y las acciones de restauración ecológica. Los promoventes de proyectos turísticos que se encuentren en áreas ambientalmente sensibles deberán establecer una guía y lineamientos de comportamiento para los visitantes.*
TaI03 *Las obras y actividades relacionadas con la actividad turística se realizarán sin alterar el patrimonio local. Los promoventes de proyectos turísticos que se encuentren en áreas culturalmente sensibles deberán establecer una guía y lineamientos de comportamiento para los visitantes.*
TaI04 *Las actividades de turismo alternativo se limitarán a aquellas que no requieran de infraestructura y equipamiento permanente (por ejemplo, senderismo y observación de fauna silvestre).*

Criterios
Turismo de aventura
Tal05 *Los proyectos turísticos que se promuevan en la UGA deberán contar con un sistema de gestión ambiental, con el objetivo de realizar un manejo integral del agua (considerando su uso y tratamiento), energía, áreas verde y eficiencia de recursos y el manejo de residuos sólidos. Particularmente para estos últimos se deberá considerar su separación en orgánica e inorgánica, así como su valorización o su biodegradación y quedará absolutamente prohibido establecer áreas del terreno como basurero.*
Tal06 *Las obras relacionadas con la actividad turística alternativa deberán emplear materiales biodegradables.*
Tal07 *Las áreas verdes de los proyectos turísticos deberán emplear únicamente vegetación nativa.*
Tal08 *Las actividades turísticas se desarrollarán sin afectar las tradiciones y costumbres de la población local.*
Tal09 *Las actividades turísticas de la UGA deberán contar con una Autorización del Impacto Ambiental que considere las perturbaciones a los ecosistemas, al paisaje, la biodiversidad y los servicios ambientales, y que tome en cuenta el límite de cambio aceptable de la UGA.*
Tal10 *Las actividades turísticas que se desarrollen en la UGA deberán contar con estrictas medidas de prevención y mitigación de incendios forestales. En caso de que se generen incendios forestales derivados de la actividad turística, los promoventes de la actividad serán responsables de compensar el daño ecológico causado.*
Tal11 *Para la rehabilitación de senderos o caminos se deberá utilizar materiales propios de la zona provenientes de sitios debidamente autorizados por la autoridad ambiental competente. Queda prohibido el uso de materiales residuos de la construcción como material para la adecuación o nivelación de caminos o pistas, así como materiales que impidan la filtración de agua pluvial al suelo.*

Vinculación con los criterios de Turismo de aventura: Estos criterios se orientan a las actividades turísticas a realizar dentro de las UGA's, objetivo que no persigue nuestro proyecto al tratarse del desarrollo de una obra de infraestructura lineal, específicamente una carretera, por lo que no resultan vinculables.

III.1.2.5.2. Criterios de regulación ecológica aplicables a la UGA 2

Tabla III-7. Criterios de Regulación Ecológica para la Conservación que rigen en la UGA 2 del POEL-A

Criterio	Vinculación
Conservación	
Cons05 *La selección de áreas para la restauración se basará en criterios científicos que consideren la conectividad ecológica, la presencia de especies clave y la necesidad de protección contra eventos climáticos extremos.*	En relación con el proyecto, esta interacciona con la UGA 2 en dos secciones, la primera de ellas en el km 11+740 donde pretende remplazar el Puente "El Pedreguero" y la segunda del km 12+910 al km 13+050, donde se pretende la ampliación a 12 m del cuerpo carretero existente. Como se puede apreciar, el presente criterio se enfoca en orientar la ejecución de acciones de restauración sin que tenga un fin restrictivo o limitativo. Aspecto por destacar es que la UGA 2 tiene a la infraestructura pública lineal como un uso permitido, adicionalmente, a manera de anexo se presenta el Programa de reforestación y revegetación con especies nativas y el Programa de conservación y protección a los componentes hídricos, en los que se establecen acciones de restauración, que contribuirán con el cumplimiento de este criterio.

III.1.2.5.3. Criterios de regulación ecológica aplicables a la UGA 13

Tabla III-8. Criterios de Regulación Ecológica para el Equipamiento Urbano que rigen en las UGA 13 del POEL-A

Criterio
Equipamiento Urbano
EqU01 *Los equipamientos públicos urbanos deberán incluir ecotecnias que permitan la eficientización del gasto energético, entre las que se incluyen sistemas de alumbrado ahorradores, así como la posibilidad de incluir infraestructura para la generación de energía a partir de fuentes renovables.*
EqU02 *Los equipamientos públicos urbanos deberán incluir sistemas de tratamiento de sus aguas residuales, previo a su descarga.*
EqU03 *Los equipamientos públicos urbanos deberán utilizar vegetación nativa de la región de acuerdo a la paleta vegetal del municipio.*
EqU04 *No se permitirá la modificación, desvío o interrupción de flujos hidrológicos por la instalación de equipamientos públicos urbanos, para lo que se deberán considerar medidas para asegurar su continuidad. Para el caso de áreas verdes se permitirá aprovechar el agua de flujos hidrológicos para la creación de cuerpos de agua artificiales.*
EqU05 *Los equipamientos públicos urbanos deberán favorecer la accesibilidad universal en sus instalaciones, considerando al menos rampas para el acceso de personas discapacitadas.*
EqU06 *Para los casos en los que se remueva cobertura vegetal nativa para la instalación de equipamientos públicos urbanos, se deberán realizar medidas de compensación recuperando la misma cantidad de biomasa medida en metros cúbicos, removida por el proyecto en cualquiera de las UGA de restauración definidas en el presente instrumento.*
EqU07 *Se deberá garantizar la conectividad de los equipamientos públicos a la red de transporte público favoreciendo así la accesibilidad de las personas.*

Vinculación con los criterios de Equipamiento Urbano: Considerando que la UGA 13 se integra principalmente por asentamientos humanos es que le fueron definidos criterios orientados al equipamiento urbano, sin embargo, estas no tienen

relación con el proyecto sometido a evaluación en materia de impacto ambiental al tratarse de una vía general de comunicación y por tanto no resultan vinculantes.

Tabla III-9. Criterios de Regulación Ecológica para los Asentamientos humanos urbanos que rigen en las UGA 13 del POEL-A

Criterio
Asentamientos humanos urbanos
AshU01 *El crecimiento de los asentamientos humanos urbanos deberá desarrollarse priorizando la ocupación de espacios intraurbanos, o en predios contiguos a la zona urbana. En aquellos espacios intraurbanos subutilizados y destinados a otros usos de suelo (agrícola, pecuario, etc) diferentes al urbano, se establecerá un costo predial al menos del doble del asignado en zonas urbanizadas contiguas.*
AshU02 *Aquellos predios estratégicos para la consolidación del asentamiento humano deberán ser priorizados por la autoridad para su urbanización. En caso de que los particulares no estén interesados en su uso urbano, estos solo podrán ser considerados como áreas verdes, en tanto no se actualice el presente instrumento normativo.*
AshU03 *No se permitirá la ocupación de las zonas de crecimiento urbano a mediano plazo hasta no haber consolidado al menos al 50% los espacios intraurbanos disponibles.*
AshU04 *No se permitirá la ocupación de las zonas de crecimiento urbano a largo plazo hasta no haber consolidado al menos al 70% las zonas de crecimiento urbano de mediano plazo.*
AshU05 *El crecimiento de los asentamientos humanos urbanos se deberá desarrollar evitando generar impactos sobre recursos patrimoniales, históricos, arqueológicos, paleontológicos y culturales.*
AshU06 *Solo se permitirá el desarrollo de los asentamientos humanos urbanos resultado del crecimiento natural del centro de población, el cual deberá mantener la morfología urbana y densidad de este.*
AshU07 *No se permitirá el crecimiento de asentamientos humanos urbanos en zonas de riesgo, y se deberá considera una franja de amortiguamiento de al menos 200 m con relación a los desarrollos industriales. Para el caso de zonas ya urbanizadas se deberán desarrollar obras y acciones que mitiguen el riesgo hacia la población. En cualquier procedimiento de cambio de uso de suelo, la Coordinación Municipal de Protección Civil deberá determinar la factibilidad de acuerdo a los*

Criterio
Asentamientos humanos urbanos
riesgos potenciales según sea el caso. Se implementarán medidas de prevención y mitigación específicas para zonas vulnerables a eventos climáticos extremos, como huracanes, incluyendo la planificación del crecimiento de las comunidades rurales y urbanas de manera que se minimice el riesgo de impacto por fenómenos meteorológicos. Para ello se considerará la topografía, la resistencia de las estructuras, la planificación de rutas de evacuación en caso de emergencia, como así el acceso a albergues temporales. En áreas propensas a inundaciones por huracanes, se implementarán medidas adicionales de control de inundaciones y se promoverá la conservación de los ecosistemas costeros como barreras naturales de protección contra tormentas y huracanes.
AshU08 *Los desarrollos habitacionales de más de 20 viviendas deberán contar con un sistema de tratamiento de aguas residuales para el uso y reúso eficiente del agua, autorizado por la autoridad ambiental competente, el cual desarrollará las estrategias para el aprovechamiento de estas. En caso contrario, los desarrolladores deberán cubrir los gastos de conexión hasta la red de drenaje más cercana. No se permite la instalación de fosas sépticas para este tipo de desarrollos.*
AshU09 *Los desarrollos habitacionales de más de 20 viviendas deberán contar con un proyecto de manejo de residuos sólidos que contemple el manejo integral de los residuos generados.*
AshU10 *Para los desarrollos habitacionales de más de 20 viviendas que pretendan instalarse en predios sin cobertura de servicios públicos, será responsabilidad del desarrollador incorporar al proyecto las obras necesarias para la conexión del nuevo desarrollo a las redes de infraestructura municipales.*
AshU11 *En las zonas urbanas carentes de infraestructura de suministro de agua entubada o con déficit en el servicio, en las que no exista factibilidad de servicio se deberán implementar ecotecnias para la recaudación, almacenamiento y filtrado del agua de lluvia que permitan ampliar la cobertura del servicio.*
AshU12 *En las zonas carentes de infraestructura de drenaje o con déficit en el servicio se deberán de implementar ecotecnias para el tratamiento de las aguas residuales como fosas sépticas o sistemas alternativos de tratamiento de aguas residuales.*
AshU13 *El manejo del alumbrado público incluirá medidas para el ahorro de energía y el uso de nuevas tecnologías y alternativas sustentables que mejoren su funcionamiento.*

Criterio
Asentamientos humanos urbanos
AshU14 *No se permitirá la disposición de residuos sólidos en barrancas, escurrimientos, predios baldíos, tiraderos a cielo abierto ni su quema, destinándolos a sitios de disposición final adecuados o centros de acopio de residuos.*
AshU15 *Se protegerán y preservarán las zonas de conservación ecológica de los centros de población, parques urbanos, jardines públicos, áreas verdes y demás bienes de uso común con cubierta vegetal y buscarán nuevos espacios con el fin de generar zonas de esparcimiento y mejorar la calidad de vida de la población.*
AshU16 *En caso de que en el proceso de construcción de cualquier desarrollo urbano se encuentren recursos de interés patrimonial, histórico y/o cultural, la obra deberá detenerse hasta que la autoridad competente en la materia defina las acciones a desarrollar para salvaguardar el patrimonio.*

Vinculación con los criterios de Asentamientos humanos urbanos: Estos criterios se enfocan en la regulación del crecimiento de los asentamientos humanos urbanos y en la construcción de nuevos desarrollos habitacionales, objetivo que no persigue el presente proyecto. Cabe señalar que dentro de la UGA 13 únicamente se contempla la modernización de una carretera existente que actualmente cuenta con las características de una tipo C, que busca ser transformada en una tipo A2.

Tabla III-10. Criterios de Regulación Ecológica para el uso Habitacional turístico que rigen en la UGA 13 del POEL-A

Criterio
Habitacional turístico
HTu01 *Se deberán mantener pasos de libre tránsito de 5 m de ancho entre la línea de costa, playa y zona federal marítimo terrestre, y la vialidad más cercana y paralela al mar, debiendo haber un paso de libre tránsito al menos cada 300 m*

Criterio
Habitacional turístico
HTu02 *El crecimiento de los asentamientos humanos urbanos deberá desarrollarse priorizando la ocupación de espacios intraurbanos, o en predios contiguos a la zona urbana. En aquellos espacios intraurbanos subutilizados y destinados a otros usos de suelo (agrícola, pecuario, etc.) diferentes al urbano, se establecerá un costo predial al menos del doble del asignado en zonas urbanizadas contiguas.*
HTu03 *Aquellos predios estratégicos para la consolidación del asentamiento humano deberán ser priorizados por la autoridad para su urbanización. En caso de que los particulares no estén interesados en su uso urbano, estos solo podrán ser considerados como áreas verdes, en tanto no se actualice el presente instrumento normativo.*
HTu04 *El crecimiento de los asentamientos humanos urbanos se deberá desarrollar evitando generar impactos sobre recursos patrimoniales, históricos, arqueológicos, paleontológicos y culturales.*
HTu05 *No se permitirá el crecimiento de asentamientos (uso habitacional turístico) en zonas de riesgo muy alto y alto, y se deberá considerar una franja de amortiguamiento de al menos 200 m con relación a los desarrollos industriales. Para el caso de zonas de riesgo muy alto y alto ya urbanizadas se deberán desarrollar obras y acciones que mitiguen el riesgo hacia la población. En cualquier procedimiento de cambio de uso de suelo, la Coordinación Municipal de Protección Civil deberá determinar la factibilidad de acuerdo a los riesgos potenciales de acuerdo a cada caso. Se implementarán medidas de prevención y mitigación específicas para zonas vulnerables a eventos climáticos extremos, como huracanes, incluyendo la planificación del crecimiento de las comunidades rurales y urbanas de manera que se minimice el riesgo de impacto por fenómenos meteorológicos. Para ello se considerará la topografía, la resistencia de las estructuras, la planificación de rutas de evacuación en caso de emergencia, como así el acceso a albergues temporales. En áreas propensas a inundaciones por huracanes, se implementarán medidas adicionales de control de inundaciones y se promoverá la conservación de los ecosistemas costeros como barreras*
HTu06 *La ejecución de las obras de urbanización en los nuevos asentamientos humanos a desarrollarse en zonas urbanas y urbanizables estará condicionada a que se cuenten con los títulos de concesión para la explotación, uso o aprovechamiento de Aguas Nacionales y permisos de descarga, así como un dictamen de factibilidad hídrica emitido por la autoridad competente.*
HTu07 *Los desarrollos habitacionales de más de 20 viviendas deberán contar con un sistema de tratamiento de aguas residuales para el uso y reúso eficiente del agua, autorizado por la autoridad ambiental competente, el cual desarrollará las*

Criterio
Habitacional turístico
estrategias para el aprovechamiento de estas. En caso contrario, los desarrolladores deberán cubrir los gastos de conexión hasta la red de drenaje más cercana. No se permite la instalación de fosas sépticas para este tipo de desarrollos.
***HTu08** Los desarrollos habitacionales de más de 20 viviendas deberán contar con un proyecto de manejo de residuos sólidos que contemple el manejo integral de los residuos generados.*
***HTu09** Para los desarrollos habitacionales de más de 20 viviendas que pretendan instalarse en predios sin cobertura de servicios públicos, será responsabilidad del desarrollador incorporar al proyecto las obras necesarias para la conexión del nuevo desarrollo a las redes de infraestructura municipales.*

Vinculación con los criterios para el uso Habitacional turístico: Estos criterios son muy similares a los enfocados a los asentamientos humanos urbanos, regulando el establecimiento habitacional turístico, como la construcción de nuevos desarrollos habitacionales, objetivo que no persigue el presente proyecto por lo que no resultan vinculantes al proyecto expuesto en la presente MIA-R.

Tabla III-11. Criterios de Regulación Ecológica para los para el uso Infraestructura pública de área que rigen en las UGA 13 del POEL-A

Criterio
Infraestructura pública de área
IPa01 *Solo se permitirá la instalación de obras de infraestructura de área indispensables para el desarrollo de las personas y que no tengan alternativa de desarrollarse en otro sitio. Las obras de infraestructura no deberán generar efectos negativos que modifiquen la estructura o alteren las funciones de los ecosistemas o recursos naturales.*
IPa02 *Las obras derivadas por infraestructura de área deberán desarrollarse en zonas carentes de vegetación arbórea y arbustiva y en casos excepcionales se permitirá la remoción de vegetación para abatir necesidades de las comunidades rurales. La superficie deberá determinarse de acuerdo a cada proyecto.*
IPa03 *Entre las medidas para mitigar el impacto ambiental de la infraestructura de área, la resolución promoverá que el promovente deberá recuperar, en un plazo máximo de cinco años, una cantidad equivalente de biomasa forestal a la que se removerá durante la ejecución del proyecto, en los terrenos designados para la compensación. Se requiere que las especies utilizadas sean nativas. La autoridad competente proporcionará al promovente opciones para la ubicación de estas acciones de compensación.*
IPa04 *No se permitirá la instalación de infraestructura de área que genere impactos a la calidad de vida de las personas, la imagen urbana y el patrimonio histórico-cultural del centro de población.*
IPa05 *En el desarrollo de nuevos proyectos de infraestructura de área se deberá contemplar programas de rescate de fauna silvestre que serán sometidos a su validación por instituciones académicas y de investigación, así como por un comité colegiado ciudadano.*
IPa06 *No se permitirá la remoción, ahuyentamiento, relocalización o trasplante de especies en riesgo derivado de la instalación de infraestructura puntual, de acuerdo con el listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010 o su correspondiente actualización o modificación.*
IPa07 *No se permitirán obras de infraestructura de área que generen impactos negativos sobre rasgos patrimoniales (naturales identitarios, arqueológicos, históricos y/o culturales)*

Criterio
Infraestructura pública de área
IPa08 *Los proyectos de infraestructura de área deberán considerar medidas en su diseño y funcionamiento para la captación de agua pluvial, la generación de energías limpias, el tratamiento de sus aguas residuales y manejo adecuado de sus residuos sólidos.*
IPa09 *Se deberá realizar un estudio para la evaluación de la factibilidad de cada proyecto de infraestructura de área, que integre factores geotécnicos, hidráulicos, hidrológicos, impacto social y de riesgos, que permitan determinar la infraestructura necesaria para la mitigación de riesgos.*
IPa10 *Los estudios, medidas, obras y acciones a desarrollar durante la instalación de nuevos proyectos de infraestructura de área deberán difundirse a las comunidades rurales o localidades involucradas según corresponda.*

Vinculación con los criterios de Infraestructura pública de área: Como se ha venido mencionado, dentro de la UGA 13 el proyecto únicamente contempla la modernización de una carretera existente cuyas obras se ejecutan dentro de su derecho de vía carentes de vegetación arbórea y arbustiva, sin que se modifique la estructura o alteren las funciones de los ecosistemas o recursos naturales. Cabe señalar que el proyecto se cataloga como una obra de infraestructura pública lineal.

III.1.2.6 Estrategias ambientales

La planeación del territorio con visión de largo plazo debe vincularse con un marco estratégico que identifique los espacios de actuación prioritarios en materia ambiental, mismo que integre estrategias con objetivos particulares, acciones, programas y proyectos que en conjunto incidan sobre la problemática detectada y faciliten el éxito de los lineamientos ecológicos definidos por cada UGA.

Es importante dejar claro que cada una de las estrategias definidas por el POEL-A precisa las dependencias de gobierno de los tres niveles (federal, estatal y municipal) responsables de asegurar el objetivo que persigue cada una de ellas. En este contexto se presentan las estrategias propuestas para el POEL-A para las UGA's 2 y 13:

Tabla III-12. Estrategias Ambientales de las UGA's 2 y 13 del POEL-A

UGA de aplicación	*Estrategia*	Vinculación
2	***E00 3 Restauración Ecológica.*** ***Objetivo:*** *Reconstruir la estructura, funcionalidad y autosuficiencia similares a las presentadas originalmente por aquellos ecosistemas que han sido afectados por el huracán Otis, con el fin de restablecer sus funciones ecológicas. La restauración ecológica se llevará a cabo con una perspectiva explícita de paisaje y funcionalidad ecológica, asegurando interacciones e intercambios adecuados con los ecosistemas circundantes.* ***Responsables:*** *SEMAREN, SEMARNAT, CONANP, Dirección General de ecología y Protección al Ambiente, CONAFOR, OSC*	En relación con el proyecto, esta interacciona con la UGA 2 en dos secciones, la primera de ellas en el km 11+740 donde pretende remplazar el Puente "El Pedreguero" y la segunda del km 12+910 al km 13+050, donde se pretende la ampliación a 12 m del cuerpo carretero existente. Recordemos que esta UGA tiene a la infraestructura pública lineal como un uso permitido, adicionalmente, a manera de anexo se presenta el Programa de reforestación y revegetación con especies nativas y el Programa de conservación y protección a los componentes hídricos, en los que se establecen acciones de restauración. Cabe señalar que el presente criterio se enfoca en orientar la ejecución de acciones de restauración sin que tenga un fin restrictivo o limitativo.
2	***E00 5 Conservación y restauración de suelos.*** ***Objetivo -*** *Conservar los suelos, así como recuperar aquellos degradados, con el fin de contribuir a la restauración de los ecosistemas forestales y a la productividad agrícola, tomando en cuenta los desafíos adicionales presentados por el huracán Otis.* ***Responsables:*** *SEMAREN, SEMARNAT, Dirección de Desarrollo Rural del municipio, CONAFOR*	
2	***E00 6 Creación y fortalecimiento de áreas naturales protegidas.***	El proyecto queda fuera de las ANP's que a la fecha cuentan con decreto, tal y como se puede observar en el apartado III.2 de este capítulo.

UGA de aplicación	*Estrategia*	Vinculación
	Objetivo - *Proteger los ecosistemas y la biodiversidad municipal, particularmente los territorios clasificados como áreas prioritarias para la conservación, incorporándolos mediante nuevas declaratorias y su inclusión al Sistema de Áreas Naturales Protegidas del estado de Guerrero, tomando en cuenta los desafíos adicionales presentados por el huracán Otis.* ***Responsables:*** *SEMAREN, SEMARNAT, CONANP, Dirección General de ecología y Protección al Ambiente, CONAFOR*	
2	***E00 7 Conectividad de ecosistemas.*** ***Objetivo -*** *Promover el flujo biológico e intercambio entre las diferentes áreas de relevancia ambiental para preservar la diversidad biológica de las comunidades biológicas del municipio de Acapulco de Juárez, considerando también los impactos del huracán Otis.* ***Responsables:*** *SEMAREN, SEMARNAT, CONANP, Dirección General de ecología y Protección al Ambiente*	Dentro de la UGA 2, las áreas colindantes con el proyecto se encuentran altamente perturbadas, al tratarse principalmente de áreas urbanas, por lo que no cuentan con características que preservar la diversidad biológica.
2	***E00 8 Protección y recuperación de especies prioritarias.***	El proyecto incide del Km 9+200 al km 11+740 y del km 11+751 al 13+050, la ampliación se realizará sobre el derecho de vía exístete, por lo que el proyecto como

UGA de aplicación	*Estrategia*	Vinculación
	Objetivo - *Establecer las bases y articular los esfuerzos del gobierno municipal, en conjunto con los gobiernos estatal y federal, así como con otros sectores de la sociedad, en la protección y recuperación de la biodiversidad local, priorizando los hábitats críticos o particulares y especies prioritarias endémicas y/o con estatus en la NOM-059- SEMARNAT-2010, considerando también las nuevas condiciones tras el huracán Otis.* ***Responsables:*** *COCyTIEG, SEMAREN, SEMARNAT, CONANP, Dirección General de ecología y Protección al Ambiente, CONAFOR, OSC*	está planteado no ocasionará impactos ambientales significativos. En relación con la presente estrategia, el proyecto contempla un Programa de rescate y reubicación de flora silvestre, así como el Programa de ahuyentamiento, rescate, reubicación y liberación de fauna silvestre, enfocándose a especies prioritarias endémicas y/o con estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010, así como aquellas de lento desplazamiento (ver Anexo F).
13	***E00 13 Gestión integral del agua.*** ***Objetivo*** *- Garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico en todos los componentes del ciclo hidrológico, mediante una gestión y un uso eficiente y eficaz, reconociendo el agua como factor clave para el desarrollo económico y el bienestar social, y promoviendo procesos participativos equitativos e inclusivos, así como la generación de conocimiento y la difusión de información.* ***Responsables:*** *CONAGUA, SEMAREN, SDUOPyOT, SE, CAPAMA*	El proyecto requerirá de agua potable para el consumo de los trabajadores y agua cruda para riegos y conformación de mezclas. El agua cruda podrá obtenerse por medio del abastecimiento municipal mediante pipas. Por ningún motivo se extraerá o aprovechará agua de los mantos freáticos o de cuerpos de agua superficiales, garantizando con ello la sostenibilidad del recurso hídrico.

UGA de aplicación	*Estrategia*	Vinculación
13	***E00 14 Control de emisiones*** ***Objetivo*** *- Mantener los niveles de calidad del aire por debajo de los valores máximos permitidos por la normatividad vigente en la materia, todos los días del año.* ***Responsables:*** *SEMAREN, SEMARNAT, INECC, Ecología y Protección al medio ambiente, Coordinación General de Protección Civil, Secretaria General de Gobierno, Secretaria de salud del Estado de Guerrero, Secretaria de Gestión Integral de Riesgo y Protección Civil del Estado de Guerrero, Comisión de Recursos Naturales Desarrollo Sustentable y Cambio Climático, Comisión para la Protección contra Riesgos Sanitarios del estado de Guerrero (COPRISEG), Coordinación de Ecología, Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable de la UAGro.*	En la etapa de preparación del sitio y construcción se producirán gases de efecto invernadero provenientes principalmente de la operación de vehículos. Cabe señalar que, de acuerdo con la normatividad vigente en la materia, en este caso la ***NOM-041-SEMARNAT-2015*** *Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible".,* señala que los vehículos dedicados a la construcción quedan exentos de su aplicación. No obstante, se exigirá el mantenimiento periódico de la maquinaria automotor. Al momento de la operación del proyecto, no se contempla la emisión relevante de gases a la atmósfera, por lo contrario, en tanto que se trata de reducir tiempos de circulación, la emisión de dichos gases disminuirá considerablemente en la zona.
13	***E00 15 Manejo integral de residuos solidos*** ***Objetivo*** *- Modernizar el manejo de residuos sólidos en el municipio de Acapulco de Juárez mediante una gestión integral que incluya la optimización operativa y administrativa de los sistemas de recolección, reciclaje, tratamiento, producción de composta, compactación y disposición final, con el apoyo de tecnologías*	Para el acopio y almacenamiento temporal de los residuos, se requerirá delimitar áreas temporales, toda vez que durante la etapa de construcción serán generados residuos de manejo especial, que no representan riesgos potenciales de contaminación al suelo; mismos que serán separados, manejados y dispuestos en sitios temporales y diferenciados para su disposición final según el tipo de residuo de que se trate.

UGA de aplicación	*Estrategia*	Vinculación
	complementarias, economías de escala y esquemas de corresponsabilidad con la sociedad. ***Responsables:*** *SEMARNAT, SEMAREN, DGEYPMA, SByDC*	
2 y 13	***E00 17 Gestión integral de riesgos naturales*** ***Objetivo -*** *Generar información sobre las amenazas, la vulnerabilidad y el riesgo con el fin de definir estrategias y acciones de reducción del riesgo vinculadas al desarrollo sostenible, incluyendo la gestión de desastres naturales como el huracán Otis.* ***Responsables:*** *SEMAREN, Secretaría de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil, INECC, SEDATU, Protección Civil, Desarrollo urbano, Obras públicas.*	En todo momento se considerará la información sobre las amenazas, la vulnerabilidad y el riesgo que proporcione la autoridad competente, con el fin de definir estrategias y acciones de reducción del riesgo.
13	***E00 18 Aprovechamiento de energías renovables.*** ***Objetivo -*** *Acelerar la transición a una sustentabilidad energética en todos los sectores y regiones de municipio.* ***Responsables:*** *SEMAREN, INECC, SENER, Desarrollo económico, Ayuntamiento*	Corresponde a la administración pública acelerar la transición a una sustentabilidad energética. Cabe señalar que en la etapa de preparación del sitio y construcción Se utilizarán torres de iluminación y generadores de energía portátiles para iluminar y proveer de energía eléctrica a los equipos que lo demande, como equipos de soldadura, cortadoras y sierras para madera y fierro, revolvedoras, entre otros.

UGA de aplicación	*Estrategia*	Vinculación
2 y 13	***E00 19 Conservación y valorización de los bienes comunes del municipio de Acapulco*** ***Objetivo:*** *La estrategia de conservación y valorización de los bienes comunes del municipio de Acapulco es un plan integral diseñado para proteger, preservar y destacar los recursos naturales, culturales y sociales compartidos que caracterizan a esta región costera. Esta estrategia tiene como objetivo principal asegurar la sostenibilidad a largo plazo de los bienes comunes de Acapulco, promoviendo su uso responsable y equitativo para el beneficio de las generaciones presentes y futuras.* ***Responsables:*** *SEMAREN, SEMARNAT, CONANP, CONAFOR, Dirección General de ecología y Protección al Ambiente, CONAGUA.*	El proyecto no afectará los bienes comunes del municipio de Acapulco, las obras y actividades contempladas para el Proyecto, corresponden a un tramo carretero en operación que serán objeto de ampliación y modernización sobre el derecho de vía existente.
2 y 13	***E00 20 Estrategia integrada para la mitigación y adaptación al cambio climático de Acapulco*** ***Objetivo:*** *Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en sectores clave como el transporte y la energía, mientras se fortalece la resiliencia de la ciudad ante los impactos climáticos mediante la construcción de infraestructuras resistentes, la protección de ecosistemas costeros y la promoción de prácticas agrícolas sostenibles. Esto se logrará mediante la participación*	En la etapa de preparación del sitio y construcción del Proyecto, se producirán gases de efecto invernadero provenientes principalmente de la operación de vehículos que se utilicen para esta obra. Cabe señalar que, de acuerdo con la normatividad vigente en la materia, en este caso la ***NOM-041-SEMARNAT-2015,*** señala que los vehículos dedicados a la construcción quedan exentos de su aplicación. No

UGA de aplicación	*Estrategia*	Vinculación
	comunitaria, la sensibilización sobre el cambio climático, la colaboración interinstitucional y la integración de estrategias de adaptación y mitigación para abordar los desafíos climáticos de manera integral y sostenible. ***Responsables:*** *SEMAREN, SEMARNAT, CONANP, CONAFOR, Dirección General de ecología y Protección al Ambiente, CONAFOR, OSC*	obstante, se exigirá el mantenimiento periódico de la maquinaria automotor. Por su parte, al momento de la operación del proyecto, no se contempla la emisión relevante de gases a la atmósfera, por lo contrario, en tanto que se trata de reducir tiempos de circulación, la emisión de dichos gases disminuirá considerablemente en la zona.
2 y 13	***E00 21 Restauración de los daños producidos por el huracán OTIS*** ***Objetivo:*** *Recuperar y rehabilitar las áreas afectadas por el fenómeno meteorológico, incluyendo infraestructuras dañadas, ecosistemas degradados y comunidades afectadas.* ***Responsables:*** *SEMAREN, SEMARNAT, CONANP, CONAFOR, Dirección General de ecología y Protección al Ambiente, CONAFOR.*	La carretera federal 200 formó parte de los cuerpos carreteros afectados por el huracán Otis en 2023, si bien en su momento la SICT resolvió las afectaciones en los 23 puntos de la Red Carretera del estado de Guerrero, el proyecto en comento con las tecnologías por emplear en la construcción reducirá los impactos potenciales que los fenómenos meteorológicos como Otis llegan a generar sobre la red carretera.
2	***E00 26 Ecoturismo con infraestructura*** ***Objetivo****: Minimizar el impacto negativo sobre el medio ambiente y las comunidades locales, al tiempo que contribuye al desarrollo socioeconómico sostenible de las regiones visitadas. El ecoturismo tiene como propósito*	Esta estrategia se enfoca en obras relacionadas con el ecoturismo, por lo que no guarda relación con el proyecto.

UGA de aplicación	*Estrategia*	Vinculación
	principal la sensibilización ambiental, la protección de áreas naturales, la generación de ingresos para la conservación y el empoderamiento de las comunidades locales a través de la participación en actividades turísticas sostenibles. ***Responsables:*** *SEMAREN, SEMARNAT, CONANP, CONAFOR, Dirección General de ecología y Protección al Ambiente, CONAGUA.*	
13	***E00 28 Ciudades y comunidades sustentables e incluyentes*** ***Objetivo:*** *Crear un entorno urbano en Acapulco que sea sostenible e inclusivo, donde todos los ciudadanos tengan acceso a servicios básicos de calidad, viviendas adecuadas, espacios públicos seguros y saludables, oportunidades de empleo y educación, así como una participación significativa en la toma de decisiones que afecten sus vidas.* ***Responsables:*** *SEMAREN, SEMARNAT, CONANP, CONAFOR, Dirección General de ecología y Protección al Ambiente, OSC.*	Corresponde a las distintas dependencias gubernamentales la atención al desarrollo social regional. Cabe señalar que durante la etapa constructiva el proyecto generará fuentes de empleo temporal para los habitantes de la región.
13	***E00 29 Calidad ambiental urbana*** ***Objetivo:*** *Desarrollar condiciones de habitabilidad en los asentamientos humanos, mejorando su entorno e integrando los elementos de medio ambiente en el municipio de Acapulco, Guerrero.*	El desarrollo de condiciones de habitabilidad en los asentamientos humanos corresponde principalmente a los ayuntamientos.

UGA de aplicación	*Estrategia*	Vinculación
	Responsables: *SEMAREN, SEMARNAT, CONANP, CONAFOR, Dirección General de ecología y Protección al Ambiente, OSC*	
13	***E00 30 Infraestructura verde*** ***Objetivo:*** *Fomentar la armonía entre el desarrollo urbano y el medio ambiente, considerando aspectos como la conservación de áreas verdes, la gestión del agua, la biodiversidad y la mitigación de los efectos del cambio climático.* ***Responsables:*** *SEMAREN, SEMARNAT, CONANP, CONAFOR, Dirección General de ecología y Protección al Ambiente, OSC*	El proyecto plantea una serie de medidas de prevención, mitigación y compensación ambiental, entre las que destacan los siguientes programas ambientales: • Programa de rescate y reubicación de flora silvestre; • Programa de ahuyentamiento, rescate, reubicación y liberación de fauna silvestre; • Programa de reforestación y revegetación con especies nativas; • Programa de manejo, vigilancia y monitoreo ambiental, y • Programa de conservación y protección a los componentes hídricos. Estos programas se presentan como Anexo F de la presente MIA-R. Con su implementación se fomentará una armonía entre el desarrollo del proyecto y el medio ambiente.
13	***E00 33 Equidad de género***	La equidad de género se entiende como la distribución justa y equitativa de derechos, oportunidades, recursos

UGA de aplicación	*Estrategia*	Vinculación
	***Objetivo**: Propiciar igualdad entre mujeres y hombres para el ejercicio pleno de sus derechos y su desarrollo individual.* ***Responsables:** SEMAREN, SEMARNAT, CONANP, CONAFOR, Dirección General de ecología y Protección al Ambiente, CONAFOR, OSC*	y responsabilidades entre hombres y mujeres, adaptándose a sus necesidades específicas para garantizar justicia e imparcialidad. Busca eliminar estereotipos y barreras históricas que limitan el desarrollo personal, profesional y social. En este sentido, el proyecto propiciará la igualdad entre mujeres y hombres, en particular durante la generación de empleos durante todas las etapas del proyecto.
2	***E00 37 Control y manejo de incendios*** ***Objetivo:** reducir al mínimo los riesgos de ocurrencia y los impactos negativos de los incendios en el municipio de Acapulco, Guerrero, México, a través de la prevención, detección temprana, combate y control, la mitigación de impactos y la restauración post-incendios.* ***Responsables:** SEMAREN, SEMARNAT, CONANP, CONAFOR, Dirección General de ecología y Protección al Ambiente, CONAGUA.*	Durante las etapas de preparación del sitio y construcción quedará estrictamente prohibido que los empleados lleguen a crear fogatas, con la finalidad de disminuir la probabilidad de generación de incendios. Asimismo, en la etapa de operación no se podrán realizar quemas como técnica de limpieza del derecho de vía.
13	***E00 39 Conservación y protección de especies de la NOM-059- SEMARNAT-2010*** ***Objetivo**: salvaguardar la diversidad biológica de Acapulco, Guerrero, protegiendo y conservando las especies de flora y fauna enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.*	En relación con la presente estrategia, el proyecto contempla un Programa de rescate y reubicación de flora silvestre, así como el Programa de ahuyentamiento, rescate, reubicación y liberación de fauna silvestre, enfocándose a especies prioritarias endémicas y/o con estatus en la NOM-059-

UGA de aplicación	*Estrategia*	Vinculación
	Responsables: *SEMAREN, SEMARNAT, CONANP, CONAFOR, Dirección General de ecología y Protección al Ambiente, CONAGUA.*	SEMARNAT-2010, así como aquellas de lento desplazamiento (ver Anexo F).
13	***E00 44 Turismo convencional para la sostenibilidad*** ***Objetivo:*** *Promover un desarrollo turístico integral y sostenible que contribuya al crecimiento económico, la conservación del patrimonio natural y cultural, la mejora de la calidad de vida de las comunidades locales, y la preservación del entorno ambiental para las generaciones presentes y futuras.* ***Responsables:*** *SEMAREN, SEMARNAT, CONANP, CONAFOR, Dirección General de ecología y Protección al Ambiente, CONAGUA.*	El proyecto no guarda relación con el turismo convencional, sin embargo, su ejecución mejorará las condiciones de conectividad que actualmente guarda la región, y en consecuencia mejorará la calidad de vida.

III.1.2.7 Conclusión de la vinculación con el Programa de Ordenamiento Ecológico Local Participativo del Territorio del Municipio de Acapulco de Juárez, Guerrero

La modernización de los 3.85 km de la carretera federal 200 (km 9+200 al km13+050) dentro del territorio del municipio de Acapulco de Juárez cumple a cabalidad con las regulaciones establecidas por el presente instrumento de política ambiental, respetando las políticas de desarrollo, la vocación del uso de suelo, apegándose en todo momento a un equilibrio ecológico.

Aspecto por destacar es que la modernización de estos 3.85 km se desarrollan en su mayoría sobre el derecho de vía del cuerpo carretero existente, sin que se llegue afectar vegetación considerada forestal, puesto que las obras se desarrollarán sobre la propia área que ocupa la carretera existente, así como en sitios desprovistos de vegetación, cabe señalar que las UGA's 2 y 13 con las que tiene incidencia el proyecto tienen a la infraestructura pública lineal como un uso permitido, dando viabilidad al desarrollo del proyecto "Carretera Acapulco-Zihuatanejo, Tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta, del Cadenamiento 9+200 al 20+700".

III.2 DECRETOS Y PROGRAMAS DE CONSERVACIÓN Y MANEJO DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) son las zonas del territorio que han quedado sujetas al régimen de protección para preservar ambientes naturales, salvaguardar la diversidad genética de las especies silvestres, lograr el aprovechamiento sustentable de los bienes y servicios ambientales brindados por los ecosistemas y mejorar la calidad de vida en los centros de población y sus alrededores.

Con base en el listado del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas y decretos estatales del gobierno de Guerrero, se analizó la localización del trazo carretero respecto a las poligonales de las Áreas Naturales Protegidas, confirmando que el proyecto no se encuentra dentro de alguna, siendo las más cercanas el ANP con decreto Federal "El Veladero", decretada el 17 de julio de 1980, el cual fue modificado el 29 de noviembre del año 2000 bajo la categoría de Parque nacional, la cual se ubica a 3.7 km del punto más cercano.

Por otro lado, el Área Natural Protegida con decreto del Gobierno del estado de Guerrero más cercana al tramo carretero Coyuca De Benítez - Pie de la Cuesta es el ANP "El Nanchal", con carácter de reserva estatal y publicada en el periódico oficial de Gobierno del Estado de Guerrero el 16 de febrero de 2010, la cual se ubica a 28.2 km aproximadamente.

En las siguientes figuras se muestra la ubicación del proyecto, con relación a las ANP's antes señaladas.

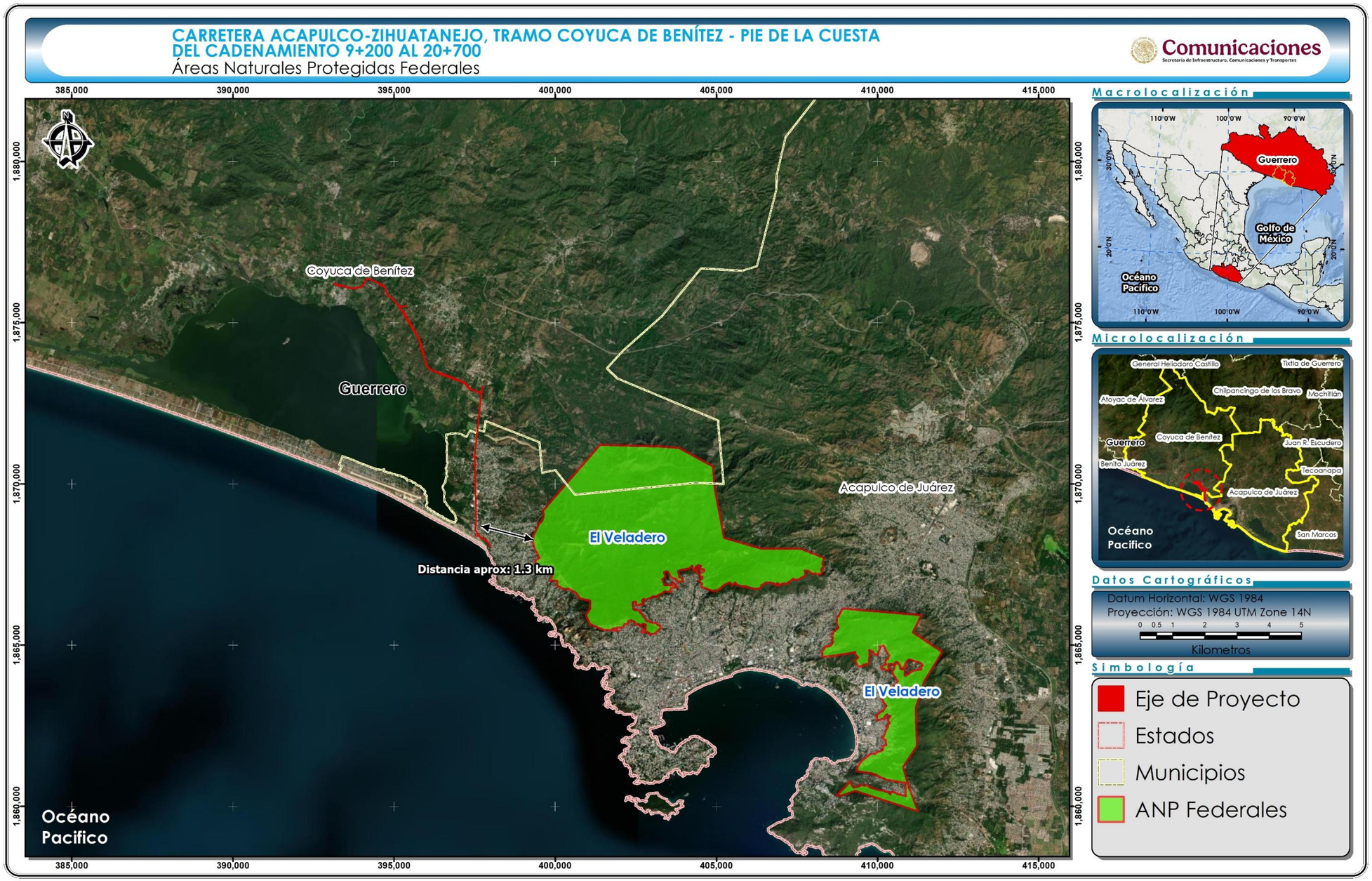


Figura III-4. Áreas Naturales Protegidas con decreto federal más cercanas al tramo carretero Coyuca De Benítez - Pie de la Cuesta



Figura III-5. Áreas Naturales Protegidas con decreto estatal más cercanas al tramo carretero Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta.

III.3 PLANES O PROGRAMAS DE DESARROLLO URBANO

Los Planes o Programas de Desarrollo Urbano tienen por objetivo: i) Promover el ordenamiento y la planeación territorial como articuladores del bienestar de las personas y el uso eficiente del suelo; ii) Incentivar el crecimiento ordenado de los asentamientos humanos, los centros de población y las zonas metropolitanas: iii) Consolidar ciudades compactas, productivas, competitivas, incluyentes y sustentables, que faciliten la movilidad y eleven la calidad de vida de sus habitantes; iv) Fomentar el acceso a la vivienda mediante soluciones habitacionales bien ubicadas, dignas y de acuerdo a estándares de calidad internacional; y v) Fomentar el desarrollo de los núcleos agrarios mediante acciones en materia de certeza jurídica territorial, productividad, suelo, vivienda rural y gobernabilidad.

El estado de Guerrero cuenta con diversos Programas de Desarrollo Urbano, y que por la ubicación del proyecto "Carretera Acapulco-Zihuatanejo, Tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta, del cadenamiento 9+200 Al 20+700" resultan vinculantes, siendo estos los siguientes:

III.3.1 Programa de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del estado de Guerrero

El Acuerdo por el que se aprueba e implementa el Programa de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del estado de Guerrero fue publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del estado de Guerrero, el 19 de abril de 2024.

El Programa de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del estado de Guerrero (POTDUEG) es un instrumento de política pública, que desde una visión sistémica, integrada y multisectorial del territorio Guerrerense orienta su desarrollo de largo plazo bajo un esquema de sostenibilidad, adoptando como ejes transversales los derechos humanos, el enfoque de cuenca y acuífero, la gestión

integral del riesgo y el cambio climático: promoviendo estrategias, lineamientos y criterios para la ocupación y utilización racional de territorio, el desarrollo urbano, territorial, social y económico, y la preservación de las contribuciones de la naturaleza. En resumen, el POTDUEG busca garantizar un desarrollo territorial armonioso, que respete los derechos humanos, la gestión responsable de los recursos naturales y la mitigación de los riesgos asociados al cambio climático, con el objetivo último de mejorar la calidad de vida de la población guerrerense a largo plazo.

El POTDUEG, surge como una acción coordinada entre los distintos órdenes de gobierno como respuesta a las necesidades, problemáticas y retos que enfrentan las personas en el territorio estatal, iniciando una nueva etapa en el desarrollo territorial de la entidad y de la política pública de bienestar para la población. Constituye el instrumento marco de la planeación territorial y urbana en el estado, que permitirá promover el crecimiento ordenado de asentamientos humanos y actividades económicas bajo un enfoque de sostenibilidad.

**El subrayado es propio.*

Con la finalidad de contar con un diagnóstico y Pronóstico integral, prospectivo y participativo de gestión, el POTDUEG, divide al territorio en un Modelo de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (MOTDU) el cual constituye la territorialización de los planteamientos estratégicos que permitirán orientar el desarrollo del estado hacia la imagen objetivo, fomentando la coherencia de las decisiones intersectoriales en beneficio de la población y su territorio. En este se establecen políticas, líneas de acción y metas para el Ordenamiento Territorial, el Desarrollo Urbano y su congruencia con los aspectos ambientales y territoriales, expresadas en el territorio a través de las Unidades de Gestión Territorial (UGT's) para promover el desarrollo territorial sostenible del estado de Guerrero.

Las UGT's constituyen la unidad mínima de territorio a la que se asignan políticas, estrategias, líneas de acción y lineamientos. Representan territorios homogéneos

que requieren una gestión territorial específica, que difiere de la que requieren los territorios aledaños que corresponden a otras UGT. Su delimitación responde principalmente a la expresión de paisajes en el territorio, su función hidrológica, su aptitud territorial, sus condiciones ambientales y la articulación urbano rural de centros de población. En total el territorio estatal se discretizo en 579 UGT’s, de estas, la “Carretera Acapulco-Zihuatanejo, Tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta, del Cadenamiento 9+200 al 20+700” se ubica sobre cuatro de ellas, que son la UGT 215, UGT 219, UGT 222 y UGT 262.

La siguiente figura muestra la sobreposición del tramo carretero, seguido por la fica técnica de cada una de las UGT’s.

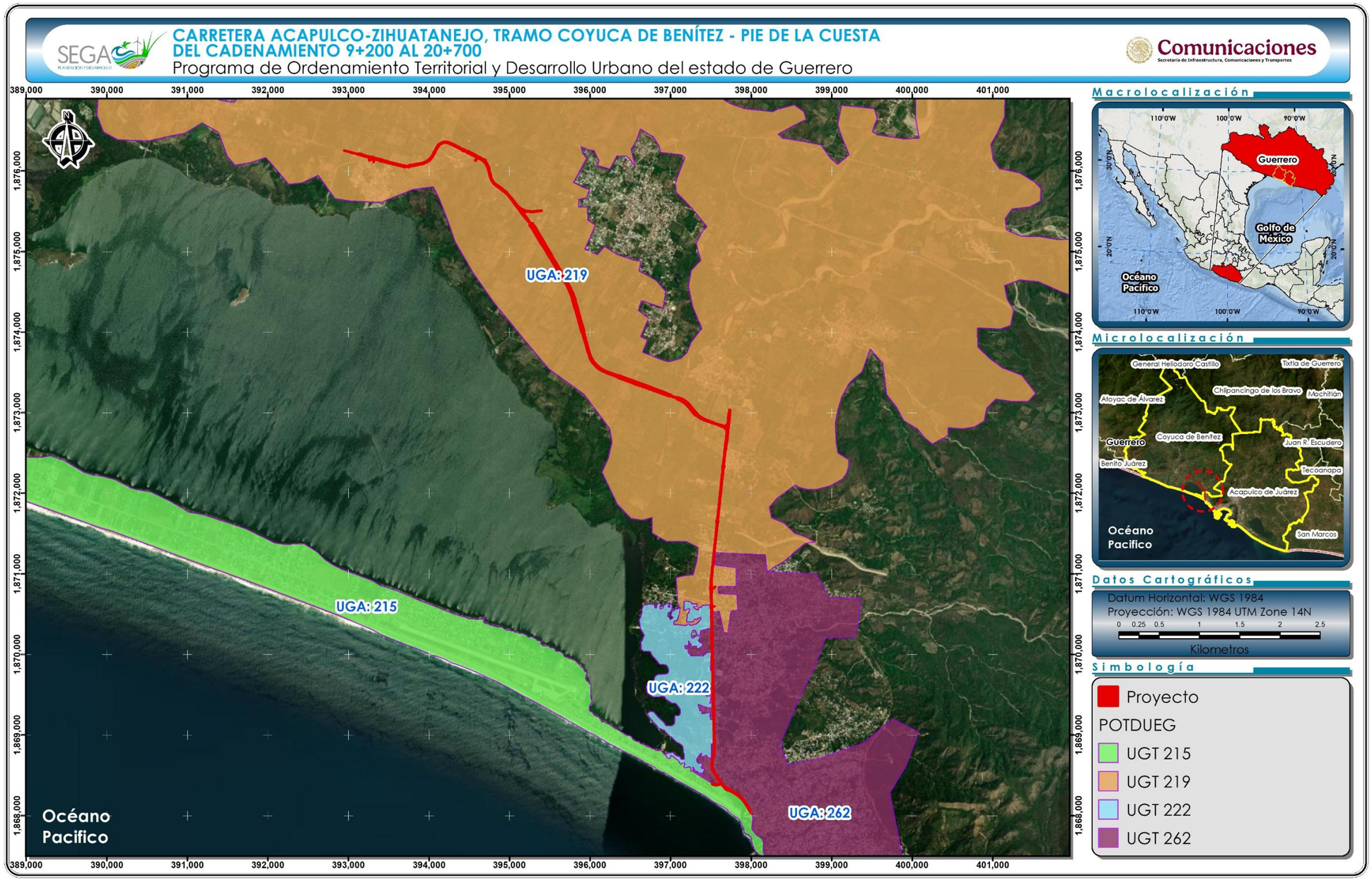
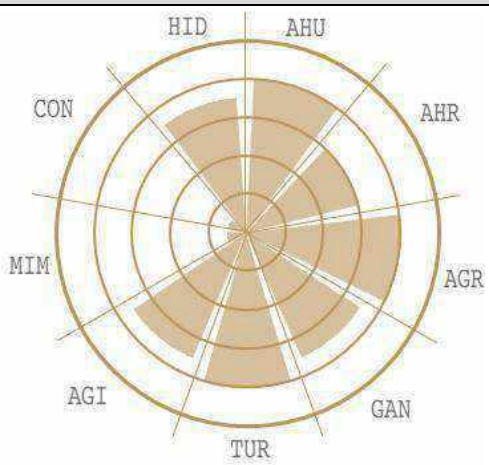


Figura III-6. Unidades de Gestión Territorial del Programa de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del estado de Guerrero, que cruza el proyecto

Tabla III-13. Ficha técnica de la Unidad de Gestión Territorial 215 del Programa de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del estado de Guerrero

UGT 215		
Población total	**Superficie**	**Estrategias**
4,021 habitantes	833 ha	• ESA01, ESA04 y ESA05 • ESUT04 y ESUT05 • EDS01 • EDE01

Política	**Objetivos**
• Aprovechamiento sustentable • Consolidación de asentamientos humanos • Fomento	• ACO1, ACO 2, ACO 3, ACO 4 y ACO5, • AFO1, AFO2, AFO8 y AFO10

Aptitud territorial	**Uso de suelo y vegetación**
	

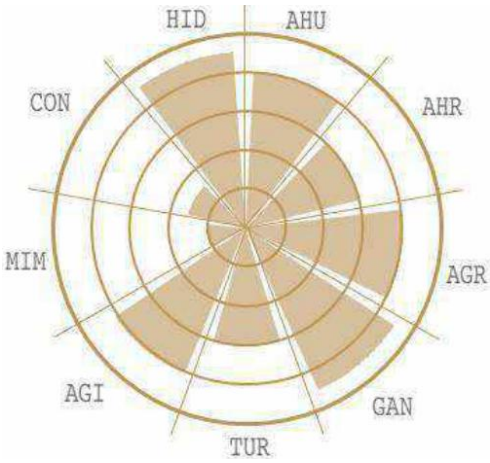
Actividades compatibles	**Actividades incompatibles**
• Asentamientos humanos urbanos • Equipamiento urbano • Infraestructura pública • Comercio y servicios • Actividades agrícolas • Agroindustria • Ganadería • Turismo	• Asentamientos humanos rurales • Actividades forestales • Minería • Industria

Tabla III-14. Ficha técnica de la Unidad de Gestión Territorial 219 del Programa de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del estado de Guerrero

UGT 219

Población total	Superficie	Estrategias
10,570 habitantes	5,668 ha	• ESA01, ESA04 y ESA05 • EDE01

Política	Objetivos
• Aprovechamiento sustentable • Producción agraria • Mejoramiento de asentamientos humanos • Fomento	• AAG1, AAG2, AAG3, AAG6, AAG7 AAG8, AAG9, AAG10, AAG12, AAG14, AAG15 y AAG16 • AME1 y AME3 • AFO1, AFO2, AFO3, AFO5 y AFO6

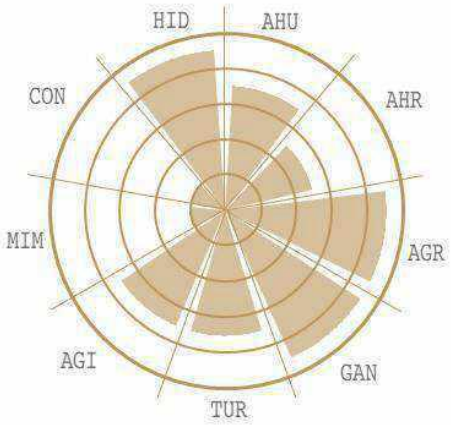
Aptitud territorial	Uso de suelo y vegetación
	

Actividades compatibles	Actividades incompatibles
• Infraestructura pública • Actividades agrícolas • Agroindustria • Ganadería • Turismo • Industria	• Asentamientos humanos urbanos • Asentamientos humanos rurales • Equipamiento urbano • Comercio y servicios • Actividades forestales • Minería

Tabla III-15. Ficha técnica de la Unidad de Gestión Territorial 222 del Programa de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del estado de Guerrero

UGT 222		
Población total	**Superficie**	**Estrategias**
0 habitantes	115 ha	• ESA01, ESA04 y ESA05 • ESUT04, y ESUT05 • EDS01 • EDE01 y EDE04

Política	**Objetivos**
• Producción Agraria	• AAG1, AAG2, AAG3, AAG4, AAG5, AAG8, AAG9, AAG10, AAG11, AAG12, AAG13, AAG14, AAG15 y AAG16

Aptitud territorial	**Uso de suelo y vegetación**
	

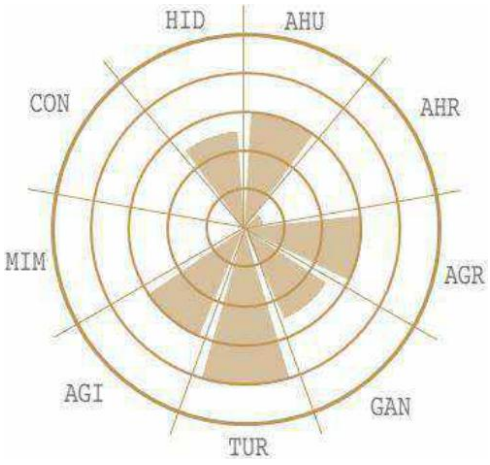
Actividades compatibles	**Actividades incompatibles**
• Asentamientos humanos rurales • Infraestructura pública • Actividades agrícolas • Agroindustria • Ganadería • Industria	• Asentamientos humanos urbanos • Equipamiento urbano • Comercio y servicios • Actividades forestales • Turismo • Minería

Tabla III-16. Ficha técnica de la Unidad de Gestión Territorial 262 del Programa de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del estado de Guerrero

UGT 262

Población total	Superficie	Estrategias
662,581 habitantes	10,919 ha	• ESA01, ESA02, ESA05 y ESA06 • ESUT01, ESUT02, ESUT03, ESUT04, y ESUT05 • EDS01 y EDS03 • EDE01 y EDE03 • ESUR01

Política	Objetivos
• Aprovechamiento sustentable • Mejoramiento de asentamientos humanos • Consolidación de asentamientos humanos • Conservación histórico-cultural • Densificación • Fomento	• CHC1, CHC2, CHC3, CHC4, CHC5 y CHC6 • ADE1, ADE2, ADE3, ADE4 y ADE5 • ACO1, ACO2, ACO3, ACO4 y ACO5 • AME1, AME2, AME3, AME4, AME5, AME6 y AME7 • AFO2 AFO4, AFO5 AFO8, AF10 y AFO1.

Aptitud territorial	Uso de suelo y vegetación
	

Actividades compatibles	Actividades incompatibles
• Asentamientos humanos urbanos • Equipamiento urbano • Infraestructura pública • Comercio y servicios • Turismo	• Asentamientos humanos rurales • Actividades agrícolas • Agroindustria • Ganadería • Actividades forestales • Minería e Industria

Donde:

AAG	=	Aprovechamiento sustentable para la producción agraria
ACO	=	Aprovechamiento sustentable para la consolidación de asentamientos humanos
ADE	=	Aprovechamiento sustentable para la densificación
AFO	=	Aprovechamiento sustentable para el fomento
AGI	=	Agroindustria
AGR	=	Actividades Agrícolas
AHR	=	Asentamientos Humanos Rurales
AHU	=	Asentamientos Humanos Urbanos
AME	=	Aprovechamiento sustentable para el mejoramiento de asentamientos humanos
CHC	=	Conservación Histórico-Cultural
CON	=	Conservación Ecológica
CyS	=	Comercio y Servicios
EDE	=	Estrategias de Desarrollo económico
EDS	=	Estrategias de Desarrollo social
EQU	=	Equipamiento Urbano
ESA	=	Estrategias de Sostenibilidad Ambiental
ESUT	=	Estrategias de Sostenibilidad urbana y territorial
FOR	=	Actividades Forestales
GAN	=	Ganadería
IFP	=	Infraestructura Pública
MIM	=	Minería Metálica
MNA	=	Minería no metálica de alta disponibilidad
MNB	=	Minería no metálica de baja disponibilidad
OTDU	=	Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano
PRO	=	Protección Ecológica
RES	=	Restauración Ecológica
TUR	=	Turismo

Del Programa de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del estado de Guerrero destaca que las cuatro UGT's involucradas con el proyecto tienen a la **Infraestructura pública** como una **actividad compatible**, sector con el que es afín

el proyecto denominado "Carretera Acapulco-Zihuatanejo, Tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta del Cadenamiento 9+200 AL 20+700".

III.3.1.1 Política ambiental y sus lineamientos

Las políticas territoriales se definen como el destino general que se pretende alcanzar en cada UGT, traducidas en acciones con objetivos de interés público que surgen de decisiones sustentadas en el proceso de ordenamiento territorial. Las políticas son los ejes rectores del MOTDU aplicadas al territorio a través de la clasificación de las UGT urbanas, no urbanizables con posibilidad de sostener asentamientos humanos rurales y no urbanizables sin posibilidad de sostener asentamientos urbanos rurales.

A cada política le fundaron ciertos lineamientos u objetivos para el ordenamiento territorial y el desarrollo urbano, los cuales consisten en lineamientos obligatorios que orientan el desarrollo de los usos de suelo en cada UGT. Las regulaciones contenidas en estos tienen por objeto prevenir, mitigar o resolver la problemática territorial generada por el aprovechamiento inadecuado de cada uso de suelo.

A continuación, se presentan las políticas y lineamientos definidos para cada UGT involucrada con el proyecto.

- **Política Conservación histórico-cultural**

UGT's de aplicación: 262

Descripción
Política que tiene por objeto preservar zonas con rasgos o valores patrimoniales, históricos, culturales y bioculturales, así como los activos comunitarios para su conservación y mantenimiento del arraigo e identidad cultural del territorio.

Para esta política se consideran los siguientes lineamientos u objetivos:

UGT's de aplicación: 262

Objetivos
CHC1.- *Instrumentar proyectos de conservación del patrimonio, que consideren además de la permanencia y restauración de los bienes que lo integran, la preservación del conjunto de valores que justifican su trascendencia, como los históricos, simbólicos o afectivos, en muchos casos intangibles inmateriales, pero que constituyen bienes de la colectividad y representan la identidad de la población local.*
CHC2.- *Impulsar la investigación del patrimonio desde una perspectiva interdisciplinar, bajo concepción global unitaria y convergente hacia un objetivo común de identificar los valores inherentes y buscar los medios para su preservación. Considerando que la base y la garantía de una buena protección del patrimonio es el conocimiento adecuado del mismo.*
CHC3.- *Recuperar la dinámica e identidad de zonas históricas y patrimoniales a través de la intervención de áreas, edificios y centros de valor patrimonial, bajo la combinación de estrategias de preservación, conservación, valorización y recuperación; en distintos grados y con distintos objetivos; según las condiciones intrínsecas de cada lugar, los actores que intervienen, los intereses en disputa y los usos y costumbres de la población local.*
CHC4.- *Re-humanizar las ciudades y centros de población, reconociendo la diversidad cultural y usos y costumbres de las poblaciones locales, preservando el tejido social y promoviendo el pluralismo, impulsando la inclusión social de grupos desfavorecidos, en particular en la reurbanización de zonas urbanas y espacios culturales a través del reconocimiento de su identidad cultural.*
CHC5.- *Crear mecanismos de financiamiento, de cooperación y de fortalecimiento institucional que coadyuven en la conservación del patrimonio de cada territorio, considerando:* ○ *Otorgar valor a los elementos naturales y culturales, recuperándolos para la sociedad que los construye y valora como acervo de la historia y como parte de la memoria colectiva.*

Objetivos
○ *Generar y fomentar bienes tangibles e intangibles que promocionen el desarrollo local, la generación de empleo, la atracción del turismo y el impulso a actividades culturales.* ○ *Plantear la gestión del patrimonio como un proceso de su desarrollo sustentable, incorporando una mirada holística en la que totalidad sea más compleja que la suma de las partes.*
CHC6.- *Promover la articulación de proyectos turísticos con zonas de importancia históricacultural, bajo un enfoque de turismo cultural, promoviendo en aquellos centros de población donde exista la factibilidad, la denominación de pueblos o barrios mágicos.*

Vinculación con la Política Conservación histórico-cultural y sus objetivos: La riqueza cultural guerrerense es uno de los acervos patrimoniales más relevantes en el territorio mexicano, además de las múltiples danzas y fiestas, sus artesanías de laca, plata y oro, sus exquisitos bordados textiles y suculentos platillos con influencia de distintas culturas son de reconocimiento internacional.

Aspecto por destacar es que en la UGT 262 solo se prevé la modernización del trazo existente por lo que no se alteran las preservar zonas con rasgos o valores patrimoniales, históricos, culturales y bioculturales, así como los activos comunitarios.

En relación con los objetivos, si bien estos van dirigidos a la administración pública, el proyecto beneficiará el tránsito de mercancías, así como de personas trayendo impactos positivos al patrimonio cultural, natural y biocultural.

- **Política Aprovechamiento sustentable para la producción agraria**

UGT's de aplicación: 215 y 219
Descripción
Política que tiene por objeto promover condiciones óptimas para el desarrollo de actividades agrarias (agrícolas, ganaderas, pesqueras, etc.) que favorezcan la productividad, la competitividad y la sostenibilidad. Las actividades que se desarrollen dentro de esta política serán en forma tal que resulten eficientes, socialmente útiles y estarán condicionadas de acuerdo con las características de cada UGT.

Para esta política se consideran los siguientes lineamientos u objetivos:

UGT's de aplicación	Objetivos
219 y 222	**AAG1.-** *Promover un manejo integrado del paisaje en el medio rural, que tenga por objeto del desarrollo sostenible de las comunidades locales, bajo un esquema de aprovechamiento sustentable de sus recursos naturales y territorio.*
219 y 222	**AAG2.-** *Adoptar medidas y planes para lograr la sostenibilidad en la producción y el consumo, manteniendo los impactos del uso de los recursos naturales dentro de límites ecológicos seguros en cada región.*
219 y 222	**AAG3.-** *Manejar sustentablemente las tierras y extender la lucha contra la desertificación, promoviendo la producción rural sustentable como forma fundamental de resguardo del capital natural deteniendo el avance de las actividades productivas sobre los ecosistemas y promoviendo sistemas productivos complementarios a la preservación de los bienes y servicios ecosistémicos y la biodiversidad.*
222	***AAG4.-*** *Promover modelos de desarrollo rural y forestal sustentables basados en el manejo comunitario del territorio y recursos naturales, estimulando y multiplicando las redes locales de valor que capturen beneficios económicos del aprovechamiento sustentable de los*

UGT's de aplicación	Objetivos
	recursos naturales y promoviendo oportunidades de empleo en nuevos sistemas productivos que sean factor de desarrollo de los territorios.
222	***AAG5.-*** *Reducir por lo menos a la mitad y, donde resulte factible, hasta un valor cercano a cero, el ritmo de pérdida de todos los hábitats naturales, incluidos los bosques, y se habrá reducido de manera significativa la degradación y fragmentación.*
219	**AAG6.-** *Fomentar la economía circular en el territorio, incluyendo la gestión integral de residuos sólidos y el tratamiento y reutilización de aguas residuales.*
219	**AAG7.-** *Aumentar de manera sustancial, en relación con los niveles actuales, la movilización de recursos financieros para aplicar de manera efectiva las estrategias y acciones del eje estratégico de Sustentabilidad Ambiental del POTDUEG.*
219 y 222	**AAG8.-** *Promover acciones que aumenten la capacidad productiva de las actividades del sector agroalimentario, promoviendo programas que apoyen directamente a los productores locales, que consideren la tecnificación de los sistemas de producción, la capacitación de productores, la asociatividad comunitaria, la apertura de nuevos canales de comercialización sin intermediarios, así como la adecuación de los sistemas productivos ante los fenómenos climáticos.*
219 y 222	**AAG9.-** *Fortalecer procesos de organización económica-productiva y de asociatividad entre campesinos, comuneros, ejidatarios, pescadores, acuicultores e indígenas para su incorporación y posicionamiento en las cadenas de valor.*
219 y 222	**AAG10.-** *Promover el desarrollo de las capacidades productivas, empresariales y de autogestión de las y los productores en los territorios rurales y costeros.*
222	***AAG11.*** *Reconfigurar los mercados locales con cadenas cortas de valor conforme a las características de los territorios.*

UGT's de aplicación	Objetivos
219 y 222	**AAG12.-** *Contribuir al bienestar de la población rural mediante la inclusión de los productores históricamente excluidos en las actividades productivas rurales y costeras, aprovechando el potencial de los territorios y los mercados locales.*
222	***AAG13.-*** *Impulsar el desarrollo de capacidades para el rescate y la comercialización de productos locales y tradicionales.*
219 y 222	**AAG14.-** *Mejorar el empleo, el ingreso y el abasto de la canasta básica de las y los pequeños productores en territorios rurales y costeros para la reducción de las carencias alimentarias a través de proyectos de desarrollo territorial basados en la agricultura familiar y la economía campesina, la determinación de precios de garantía en cultivos básicos, a productores de pequeña y mediana escala registrados en sus respectivos padrones.*
219 y 222	**AAG15.-** *Impulsar la igualdad de género en las actividades agropecuarias y acuícola-pesqueras para la promoción y protección de los derechos de las mujeres rurales, a través de la consolidación de la propiedad de activos productivos en manos de mujeres productoras, el desarrollo de capacidades organizativas y productivas en las actividades que realizan las mujeres y de su participación activa en la toma de decisiones.*
219 y 222	**AAG16.-** *Fortalecer las actividades productivas de las comunidades indígenas y afromexicanas en territorios rurales y costeros para su integración al sistema alimentario local, reconociendo y apoyando el potencial de cultivos nativos, promoviendo el reconocimiento y respeto de sus prácticas productivas y organizativas, y fomentando la productividad de sus sistemas agrícolas, con buenas prácticas, sin alterar sus costumbres ni sus recursos genéticos.*

Vinculación con la Política Aprovechamiento sustentable para la producción agraria y sus objetivos: Como la propia política de aprovechamiento sustentable para la producción agraria lo establece, su objeto es promover condiciones óptimas

para el desarrollo de agrícolas, ganaderas, pesqueras y afines, sin que busque la regulación de obras o actividades, motivo por el que no guarda relación con el proyecto.

- **Política Aprovechamiento sustentable para la densificación**

UGT's de aplicación: 262

Descripción
Política de ordenamiento territorial urbana dirigida hacia las áreas que cuentan con infraestructura básica y servicios urbanos adecuados, localizadas en centros de población de gran accesibilidad, pero con grados importantes de deterioro estructural. Presenta áreas que podrían captar población adicional para su mejora, ampliación, densificación u ofrecer mejores condiciones de habitabilidad. Considera, aquellos predios de los asentamientos humanos con bajo aprovechamiento y subutilización y que representan un potencial de aprovechamiento sustentable del suelo.

Para esta política se consideran los siguientes lineamientos u objetivos:

UGT's de aplicación: 262

Objetivos
ADE1. *Impulsar a través de proyectos integrales de densificación urbana ciudades y asentamientos humanos más compactos, eficientes, equitativos y sustentables, promoviendo el reciclamiento urbano de zonas desaprovechadas, la ocupación de vacíos intraurbanos en zonas con dotación de equipamientos e infraestructura, impulsando al transporte público como un componente articulador de la densificación habitacional.*
ADE2. *Intensificar el uso mixto de suelo y aumentar la infraestructura de equipamiento y servicios urbanos evitando desarrollos monofuncionales, con el objeto de satisfacer las necesidades de la mayor cantidad de habitantes y*

Objetivos
usuarios en un mismo territorio, disminuyendo así la congestión vehicular, aumentando la accesibilidad, y reduciendo los costos de infraestructura.
ADE3. *A través de un análisis de los costos y beneficios asociados con las estrategias de densificación para cada ciudad, determinar aquellas óptimas de acuerdo al contexto de cada una, y de acuerdo a los usos y costumbres de la población local, considerando los siguientes aspectos:* ○ *Analizar la capacidad de carga urbana para determinar el nivel óptimo de densidad, a través de un análisis costo-beneficio que considera la capacidad de varios factores urbanos (los servicios, la infraestructura, la edificabilidad, el mercado y la sociedad) guiando la toma de decisiones en cuanto a los proyectos o iniciativas de densificación.* ○ *Distinguir entre derecho de propiedad y derecho de desarrollo inmobiliario, tanto en el ámbito legal como en el ámbito fiscal, incentivando la densificación y, al mismo tiempo, generar mayores ingresos.* ○ *Propiciar el análisis en los PMDU de la capacidad de dotación de servicios de las diferentes zonas de las ciudades y centros de población, que se integren en sistemas de información municipal que brinden información oportuna sobre el estado de los servicios, la densidad efectiva y la normatividad aplicable a zonas específicas promoviendo proyectos de dotación prioritaria de espacio público, infraestructura y equipamiento en áreas de centralidad y nodos de transferencia multimodal, acorde a la densificación potencial para cada sector.* ○ *Fomentar la regulación escalonada de la altura de las edificaciones dentro del tejido urbano, de forma tal que permita capitalizar su mayor capacidad de carga en la demanda de espacio público.* ○ *Promover la coordinación con los gobiernos municipales y la participación pública en los proyectos que tengan por objeto la densificación de barrios o zonas de ciudades y centros de población.* ○ *Integrar a los habitantes de asentamientos irregulares como parte integral del sistema urbano para poder tratar el problema de su informalidad y vulnerabilidad en conjunto, e integrarlos en los proyectos de densificación urbana.* ○ *Consolidar servicios de centralidad en nuevos subcentros urbanos para la optimización de los usos de suelo en términos de la promoción de un crecimiento compacto.*

Objetivos
○ *Impulsar la conformación de áreas de subcentralidad en complejos habitacionales existentes con el fin de acercar bienes y servicios comerciales, sociales e institucionales a la población local.*
ADE4. *Fomentar la economía circular en el territorio, incluyendo la gestión integral de residuos sólidos y el tratamiento y reutilización de aguas residuales.*
ADE5. *Promover un crecimiento ordenado, compacto y sostenible de los centros de población, que integre proyectos de infraestructura verde, para promover la integración de los asentamientos humanos con su contexto, además de regular el flujo de personas, energía y productos, promoviendo la gestión integral de residuos sólidos y el tratamiento y reúso de aguas residuales.*

Vinculación con la Política Aprovechamiento sustentable para la densificación: y sus objetivos: Esta política va orientada directamente a las zonas urbanas buscando mediante sus objetivos un desarrollo gradual y regulado orientado a áreas que representen un potencial de aprovechamiento sustentable del suelo y apto para la prestación de servicios básicos.

El proyecto *"Carretera Acapulco-Zihuatanejo, Tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta, del cadenamiento 9+200 al 20+700"* beneficiará directamente a la Localidad de Coyuca de Benítez ubicada dentro de la UGA 262, a la cual aplica esta política y sus objetivos, mejorando las condiciones de movilidad, además de reducir tiempos de traslado.

- **Política Aprovechamiento sustentable para la consolidación de asentamientos humanos**

UGT's de aplicación: 215 y 262

Descripción
Política dirigida hacia los asentamientos humanos para el mejoramiento, prevención y control de su proceso de evolución e interacción dentro del sistema urbano rural. Esto implica que las áreas con asentamientos humanos dispuestos a la consolidación presenten estrategias de mejoramiento y acceso a la infraestructura, servicios básicos y espacio público, el fomento al desarrollo económico, la generación de vivienda con certeza jurídica, asequible, con materiales adecuados en su construcción, disponibilidad de servicios, habitable, accesible y con ubicación adecuada, la infraestructura para la movilidad, etc.

Para esta política se consideran los siguientes lineamientos u objetivos:

Objetivos
ACO1. *Promover una política de consolidación urbana bajo un enfoque sustentable, entendida como la producción social de ciudad y del espacio urbano en corresponsabilidad de la gestión pública con el involucramiento de las personas por encima de la satisfacción de servicios básicos y el saneamiento masivo. Las acciones de consolidación urbana deberán considerarse como herramientas de planeación urbana preventiva en los PMDU, particularmente en zonas periurbanas, anticipándose a la consolidación de urbanización informal, para generar la centralidad desde la periferia, antecediendo a los problemas futuros como los escases de áreas para equipamiento e infraestructura urbana, la conservación de áreas naturales, delimitación de áreas de riesgo y la conservación de suelo de carácter productivo agropecuario.*
ACO2. *Impulsar proyectos de producción de vivienda social, así como de autoconstrucción asistida, promoviendo su integración en matrices de usos mixtos, evitando la creación de desarrollos habitacionales monofuncionales, priorizando proyectos en suelo intraurbano con bajo riesgo y con factibilidad para*

Objetivos
uso habitacional, en los que se edifique vivienda social digna y sustentable, articulada con usos comerciales, de servicios y equipamientos urbanos.
ACO3. *Fomentar en conjunto con las comunidades locales, la consolidación de proyectos de producción social del espacio público, como ejes articuladores de la consolidación de barrios y colonias periurbanas.*
ACO4. *Fomentar la economía circular en el territorio, incluyendo la gestión integral de residuos sólidos y el tratamiento y reutilización de aguas residuales.*
ACO5. *Promover un crecimiento ordenado, compacto y sostenible de los centros de población, que integre proyectos de infraestructura verde, para promover la integración de los asentamientos humanos con su contexto, además de regular el flujo de personas, energía y productos, promoviendo la gestión integral de residuos sólidos y el tratamiento y reúso de aguas residuales*

Vinculación con la Política Aprovechamiento sustentable para la consolidación de asentamientos humanos y sus objetivos: La porción de las UGA's 215 y 262 sobre las que se sobrepone nuestro proyecto corresponde a la zona urbana de localidad de Pie de la Cuesta en la que únicamente se pretende la modernización del cuerpo carretero existente, con tal obra se mejorará las condiciones que guarda actualmente la carretera federal 200, mejorando la infraestructura vial, siendo afín con la política de aprovechamiento sustentable para la consolidación de asentamientos humanos y sus objetivos.

Cabe señalar que el proyecto contempla medidas de manejo de residuos, reforestación, protección de cuerpos de agua, así como acciones de vigilancia ambiental que enfoca al proyecto hacia un desarrollo sustentable.

- **Política Aprovechamiento sustentable para el mejoramiento de asentamientos humanos.**

UGT's de aplicación: 219 y 262

Descripción
Política se dirige hacia los asentamientos humanos para su reordenamiento, renovación hacia su consolidación mediante el apoyo de infraestructura, equipamientos y servicios en áreas identificadas en situación de atención prioritaria: de incipiente desarrollo o deterioradas física o funcionalmente dentro del sistema urbano rural. Esta política busca mejorar la calidad de vida de la población, promoviendo un desarrollo equilibrado, sostenible e inclusivo en el territorio, considerando aspectos relacionados con: mejora de la vivienda, infraestructura, servicios básicos, áreas verdes, espacios públicos, gestión del medio ambiente; además de promover un desarrollo económico, considerando ejes transversales de inclusión, equidad social y participación ciudadana, con igualdad de oportunidades para la integración de grupos vulnerables, población en situación de pobreza, personas con discapacidad, comunidades indígenas y minorías.

Para esta política se consideran los siguientes lineamientos u objetivos:

UGT de aplicación	Objetivos
219 y 262	**AME1.** *Impulsar la habitabilidad de las ciudades y centros de población como eje central de la planeación urbana, donde la finalidad de la relación entre los espacios físicos y las personas sea que los primeros brinden satisfacción a las necesidades humanas de cada ciudad, centro de población y barrio.*
262	**AME2.** *Promover una política de mejoramiento que reconozca la función de la ciudad como un derecho fundamental de las personas, reconociendo al espacio público como un componente esencial del bienestar de las personas en las ciudades, desde*

UGT de aplicación	Objetivos
	donde se organiza la vida colectiva y donde hay una representación de esa sociedad.
219 y 262	**AME3.** *Propiciar la ejecución de intervenciones integrales que incluyan diferentes combinaciones de acciones en materia de equipamiento urbano, espacios públicos, movilidad, conectividad, infraestructura urbana, vivienda y regularización de la tierra, que permitan mejorar el acceso e inclusión de las personas a servicios artísticos, culturales, deportivos, turísticos, de descanso, de esparcimiento, de desarrollo comunitario, movilidad, entre otros; a través del diseño, planeación, construcción, ampliación, adecuación, renovación, sustitución, dotación y activación de equipamientos urbanos y espacios públicos, y obras de movilidad, e infraestructura urbana.*
262	**AME4.** *Promover proyectos integrales de mejoramiento urbano, donde prevalezca el interés público sobre el privado, generando condiciones espaciales, de equidad, seguridad y confort, que permitan a las personas hacer uso de los espacios públicos, permanecer, sentirse cómodos, identificarse y apropiarse de ellos.*
262	**AME5.** *Impulsar acciones y proyectos de mejoramiento barrial y urbano que promuevan la habitabilidad urbana, como el conjunto de relaciones, dimensiones y temporalidades que confluyen en espacios socialmente construidos, propiciando barrios y ciudades donde las personas puedan desarrollarse plenamente.*
262	**AME6.** *Fomentar la economía circular en el territorio, incluyendo la gestión integral de residuos sólidos y el tratamiento y reutilización de aguas residuales.*
262	**AME7.** *Promover un crecimiento ordenado, compacto y sostenible de los centros de población, que integre proyectos de infraestructura verde, para promover la integración de los asentamientos humanos con su contexto, además de regular el flujo de personas, energía y productos, promoviendo la gestión*

UGT de aplicación	Objetivos
	integral de residuos sólidos y el tratamiento y reúso de aguas residuales.

Vinculación con la Política Aprovechamiento sustentable para el mejoramiento de asentamientos humanos y sus objetivos: Esta política busca optimizar la calidad de vida de la población considerando aspectos relacionados con: mejora de la vivienda, infraestructura, servicios básicos, áreas verdes, espacios públicos, gestión del medio ambiente; además de promover un desarrollo económico.

Con las obras que pretende el proyecto "Carretera Acapulco-Zihuatanejo, Tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta, del Cadenamiento 9+200 al 20+700" se mejorarán las condiciones de movilidad al mejorar las condiciones con las que actualmente la carretera federal 200 que con el pazo de los años ha quedado inmersa sobre la localidad de Pie de la Cuesta. A la par se contemplan medidas de manejo de residuos, reforestación, protección de cuerpos de agua, así como acciones de vigilancia ambiental que enfoca al proyecto hacia un desarrollo sustentable.

- **Política Aprovechamiento sustentable para el fomento**

UGT's de aplicación:215, 219 y 262

Descripción
Política de aprovechamiento sustentable orientada a incrementar tanto la eficacia como la optimización de actividades específicas en zonas con alta aptitud territorial para actividades productivas, promoviendo la creación de incentivos, regulaciones o pautas de ordenamiento territorial que apoyen la inversión económica y su consolidación estratégica.

Para esta política se consideran los siguientes objetivos:

UGT de aplicación	Lineamientos generales
215, 219 y 262	**AFO1.** *Fomentar, impulsar, y promover el desarrollo económico competitivo, sustentable y equilibrado entre las regiones, ramas y actividades económicas en la entidad.*
215, 219 y 262	**AFO2.** *Promover condiciones óptimas que faciliten a inversionistas, empresarios locales y ciudadanos en general, realizar en mejores condiciones las actividades económicas con mayor aptitud territorial, que favorezcan el desarrollo económico y social a través de una política competitiva de incentivos a la inversión, que favorezca la creación de nuevas fuentes de empleo y consolide las ya existentes.*
219	**AFO3.** *Fomentar la innovación de las cadenas productivas locales y regionales a través de la creación de ecosistemas de innovación para los diferentes ramos productivos, de acuerdo a la aptitud territorial.*
262	**AFO4.** *Impulsar el desarrollo de capital humano a escala local, que pueda incorporarse a las cadenas productivas locales y regionales.*
219 y 262	**AFO5.** *Incrementar la competitividad de las cadenas productivas locales y regionales a través del fortalecimiento de las capacidades locales para la producción, el desarrollo de mano de obra calificada, la comercialización y la certificación de los procesos productivos.*
219	**AFO6.** *Fomentar el desarrollo de proyectos de agroindustria, articulados con las cadenas productivas locales, aportando valor agregado a los productos del sector agroalimentario regional.*
215 y 262	**AFO8.** *Fomentar y promover las áreas con alto potencial turístico para el desarrollo de nuevos productos turísticos*

UGT de aplicación	Lineamientos generales
	sustentables, que promuevan un turismo alternativo, vinculado al capital natural, histórico y cultural del estado.
215 y 262	**AFO10.** *Fomentar la economía circular en el territorio, incluyendo la gestión integral de residuos sólidos y el tratamiento y reutilización de aguas residuales.*
262	**AFO11.** *Consolidar los corredores y zonas comerciales y de servicios en el centro de población.*

Vinculación con la Política Aprovechamiento sustentable para el fomento y sus objetivos: Al ser una política de fomento va dirigida a la administración pública buscando encaminar la creación de incentivos, regulaciones o pautas de ordenamiento territorial que apoyen la inversión económica y su consolidación estratégica, por lo que no guarda relación con el proyecto.

III.3.1.2 Estrategias

Las estrategias tienen por objeto atender las necesidades identificadas, resolver o mitigar las problemáticas urbanas, territoriales, económicas y ambientales en la entidad, así como aprovechar las potencialidades y fortalezas del territorio estatal y de las regiones para promover el desarrollo sostenible de largo plazo del estado de Guerrero. Cabe señalar que estas van dirigidas a distintas dependencias de gobierno tanto del gobierno federal como estatal.

Si bien a las UGT's sobre las que se ubica el proyecto cuentan con una serie de estrategias en materia de **Sostenibilidad Ambiental (ESA), Sostenibilidad urbana y territorial (ESUT), Estrategias de Desarrollo social (EDS)** y **Estrategias de Desarrollo económico (EDE)** estas no tienen como finalidad el

regular ningún tipo de obra o actividad sino el orientar el desarrollo de las distintas UGT's que integran el Modelo Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del estado de Guerrero, por tanto no limitan el desarrollo del proyecto "Carretera Acapulco-Zihuatanejo, Tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta, del Cadenamiento 9+200 al 20+700".

Como se ha venido evidenciando, el proyecto desde su formulación se enfocó hacia un desarrollo sostenible fin que persiguen las estrategias, muestra de ello es la serie de medidas de prevención, mitigación y compensación ambiental que se exponen en el Capítulo VI de la presente MIA-R, entre la que destacan los siguientes programas ambientales:

- Programa de rescate y reubicación de flora silvestre;
- Programa de ahuyentamiento, rescate, reubicación y liberación de fauna silvestre;
- Programa de reforestación y revegetación con especies nativas;
- Programa de manejo, vigilancia y monitoreo ambiental, y
- Programa de conservación y protección a los componentes hídricos.

Estos programas se presentan como Anexo F de la presente MIA-R.

Cabe recordar que las UGT's 215, 219, 222 y 262 tienen a la Infraestructura pública como una actividad compatible.

III.3.1.3 Conclusión de la vinculación con el Programa de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del estado de Guerrero, que cruza el proyecto

Con lo antes expuesto se demuestra que el proyecto "Carretera Acapulco-Zihuatanejo, Tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta, del Cadenamiento 9+200 al 20+700" permite cumplir con algunos objetivos del Programa de Ordenamiento

Territorial y Desarrollo Urbano del estado de Guerrero, entre los que está la ampliación y mejora de la infraestructura, la articulación del estado mediante una red de caminos que facilite la movilidad, conservación de los ecosistemas y la biodiversidad, considerando que el proyecto se desarrolla principalmente sobre áreas carentes de vegetación forestal, pretendiendo remover únicamente 2.398 ha de vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, la cual corresponde únicamente al 9.38% de la superficie total de afectación del proyecto, además de contemplar medidas de prevención, mitigación y compensación ambiental, apegados a la sostenibilidad ambiental.

III.3.2 Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Acapulco de Juárez, Guerrero

El Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Acapulco de Juárez (PMDU-A), se publicó en el Periódico Oficial del gobierno del estado de Guerrero el 28 de septiembre de 2021, siendo el instrumento rector del ordenamiento territorial municipal que establece las bases para la regulación del uso del suelo, la estructura vial, la gestión de riesgos y la protección ambiental, en el municipio.

El PMDU-A le asigna importancia a la solución de las problemáticas actuales en materia de asentamientos humanos urbanos y rurales, sobre las nuevas áreas de crecimiento urbano, como una estrategia establece las bases para densificar y compactar el Área Urbana Actual, que se vinculan con las políticas de abasto de agua para reconstruir la infraestructura obsoleta, mediante el reparto equitativo de cargas y beneficios del desarrollo urbano, se considera la complejidad y peligrosidad de los fenómenos hidrometeorológicos que han ocasionado importantes pérdidas por inundaciones en áreas de la ciudad de Acapulco.

El PMDU-A se compone de los siguientes apartados:

- Diagnostico
- Pronóstico y escenarios futuros
- Resultado del proceso participativo ciudadano
- Objetivos
- Políticas
- Estrategias
- Programas y proyectos estratégicos
- Instrumentación
- Evaluación y seguimiento

En relación con el proyecto *"Carretera Acapulco-Zihuatanejo, Tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta"*, el presente instrumento únicamente regula del km 9+200 al 13+050 donde se pretende la modernización de 3.85 km cuerpo carretero existente, caso específico de la carretera federal 200, tal y como se muestra a continuación:

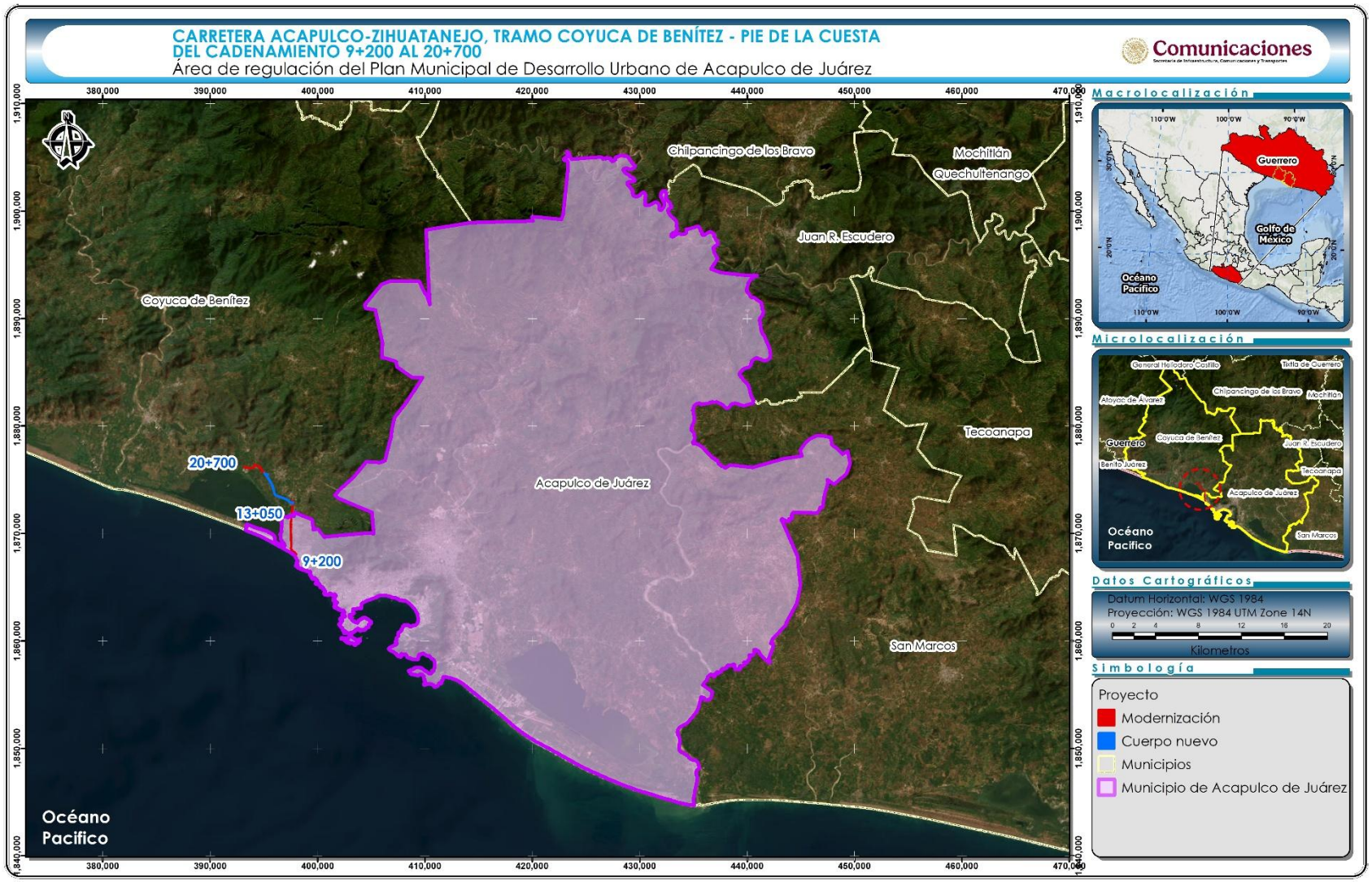


Figura III-7. Área de regulación del Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Acapulco de Juárez

Con base a lo anterior, se procedió a analizar el tema vial que establece el PMDU-A, encontrando que en el apartado de diagnóstico describe la caracterización y análisis de la movilidad urbana actual en el municipio de Acapulco, la cual se divide en dos ámbitos, el primero que corresponde al sistema de la estructura vial y el segundo que corresponde al sistema de transporte público.

En relación con el proyecto, el ámbito de **Estructura vial** establece que éste es el principal soporte de los flujos generados por las actividades urbanas, a su vez, se convierte en el primordial estructurador de las ciudades, determinando las actividades urbanas y sus limitaciones de expansión La Secretaría de Desarrollo Social define la estructura vial como el conjunto de espacios de distinto tipo y jerarquía cuya función es permitir el tránsito de vehículos y peatones, así como facilitar la comunicación entre las diferentes áreas o zonas de actividad. En el medio urbano se distinguen tres formas de vialidad: vehicular, peatonal y especial. El sistema vial urbano desempeña dos funciones principales: la primera es el acceso a las propiedades colindantes y la segunda es permitir la circulación creando los intercambios entre las diversas funciones que se desarrollan en una ciudad y facilita la movilización de sus habitantes.

Para caracterizar a las vialidades del municipio de Acapulco se realizó una clasificación vial que considera el tipo de tránsito, la jerarquía vial, los usos de suelo colindantes, el espaciamiento, el funcionamiento de la red vial, nivel de servicio, operación vial y sus características físicas (secciones viales y número de carriles); se clasificaron como corredores viales en tres ámbitos: regionales, metropolitanos y urbanos

a) **Corredores viales regionales.** Son vialidades tipo carreteras de mayor jerarquía funcional y de conexión regional; se conectan con las vialidades metropolitanas o urbanas del área urbana de la ciudad de Acapulco. Estas vialidades regionales se identifican por su nivel de servicio consistente en el

número de carriles, que van desde 2 y 4 carriles dependiendo de algunos tramos en donde coinciden vialidades que se incorporan principalmente en los accesos y salidas de las zonas urbanas. Entre estas vialidades se identifican las carreteras federales libres y de cuota, destacando la carretera federal de cuota Acapulco-México; así como las estatales libres principalmente.

b) **Corredores viales metropolitanos.** Son vialidades que tienen cobertura metropolitana. Estos corredores generalmente son autopistas de cuota de 4 carriles y también autopistas libres de 4 o más carriles. Destaca para este caso, el viaducto diamante, que conecta precisamente al Sector Diamante con la carretera federal de cuota Acapulco- México, haciendo arco al norte hasta conectar con el municipio de Coyuca de Benítez.

c) **Corredores viales urbanos.** Son vialidades generalmente urbanas que se encuentran inmersas en centros de población. La mayor proporción de corredores urbanos en vialidades principales se concentran en el Sector Anfiteatro, como son las avenidas Alfonso Ruiz Martínez y Cuauhtémoc, así como la Costera Miguel Alemán, con rango de 4 a 8 en diversos tramos, predominando de cuatro carriles; No obstante, en los sectores del Valle de la Sabana y Diamante se tiene la conexión con las vialidades de la federal Acapulco-México también de 4 a 8 carriles y en el segundo la carretera federal Acapulco-Salina Cruz y la de Coyuca- Puerto Márquez también de cuatro carriles y finalmente la Av. de las Naciones de iguales circunstancias.

Considerando que el proyecto *"Carretera Acapulco-Zihuatanejo, Tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta"* en territorio acapulquense pretende la modernización de 3.85 km de la carretera federal 200 (km 9+200 al ñm13+050), esta se cataloga como un "corredor vial regional" con base a las definiciones antes presentadas y

evidenciado mediante el plano E-02 “Modelo de Ordenamiento Territorial”, el cual responde a la estrategia para lograr la Visión en el territorio de Acapulco; para ello, se establecen Áreas de Actuación, que son zonas con características y problemáticas homogéneas en donde se llevan a cabo intervenciones de política pública que se asocian al alcance de la misma Visión de Acapulco; se integra por los siguientes componentes: Sectorización, Límites de Consolidación, Áreas de Actuación, Condicionantes, Zonificación Primaria, Zonificación Secundaria, Estrategias Sectoriales.

En éste mismo sentido, en el plano D-19 “Estructura vial” del PMDU-A, se puede apreciar que el tramo a modernizar se cataloga como una carretera federal libre de 2 carriles.

Lo anterior se demuestra en las siguientes figuras.

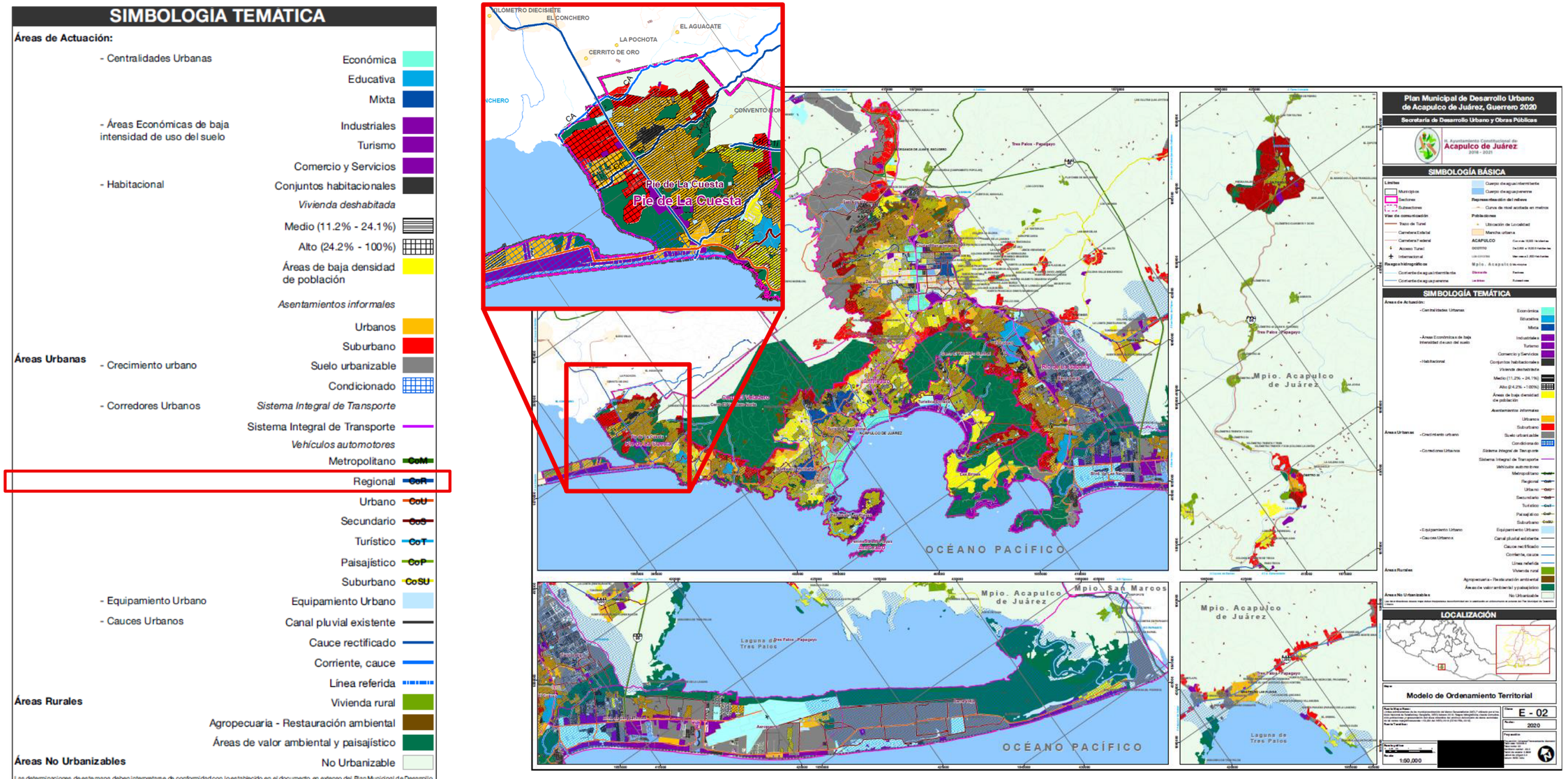


Figura III-8. Plano E-02 "Modelo de Ordenamiento Territorial" del Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Acapulco de Juárez

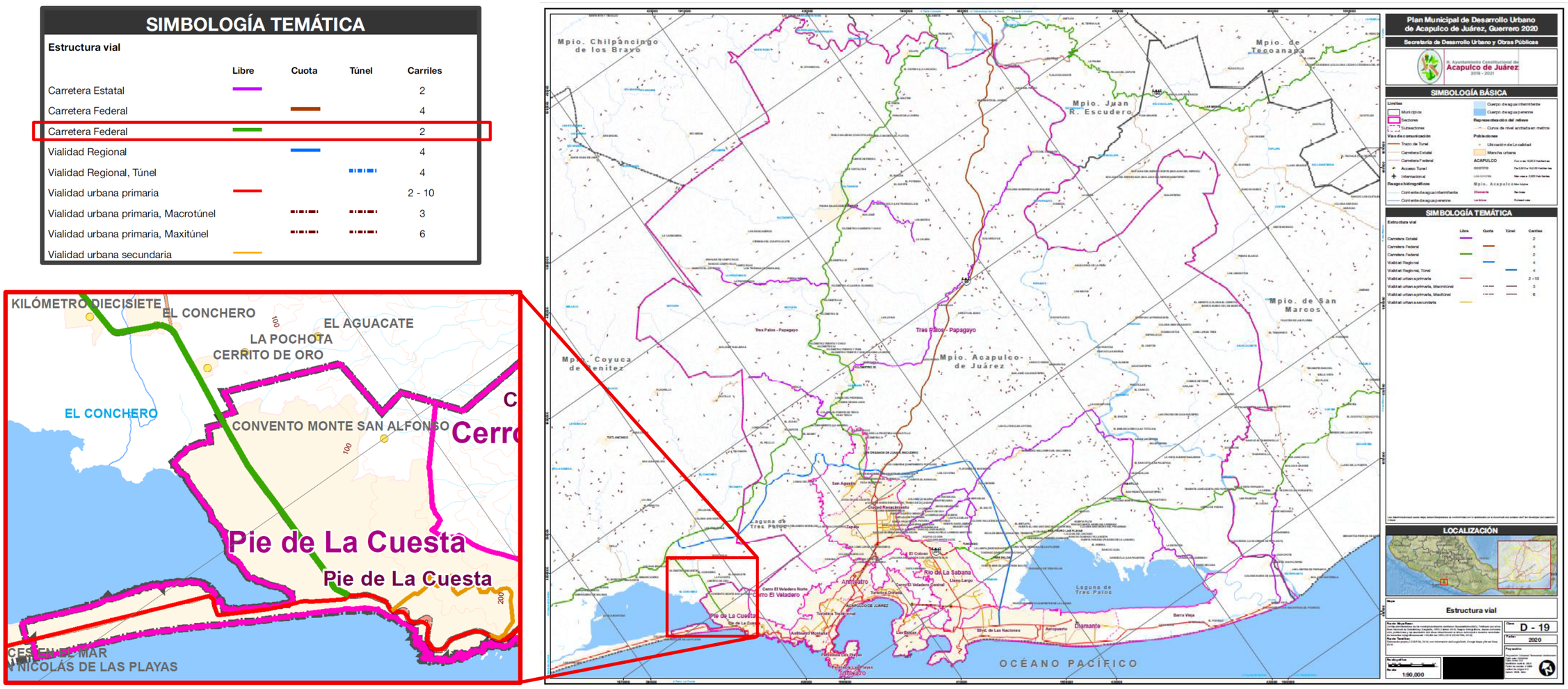


Figura III-9. Plano D-19 "Estructura vial" del Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Acapulco de Juárez.

Cabe señalar que la zonificación primaria como secundaria del PMDU-A integran a la carretera federal 200 dentro de sus planos respectivos, la cual se encuentra inmersa en la zona definida como área urbana actual, tal y como a continuación se evidencia.

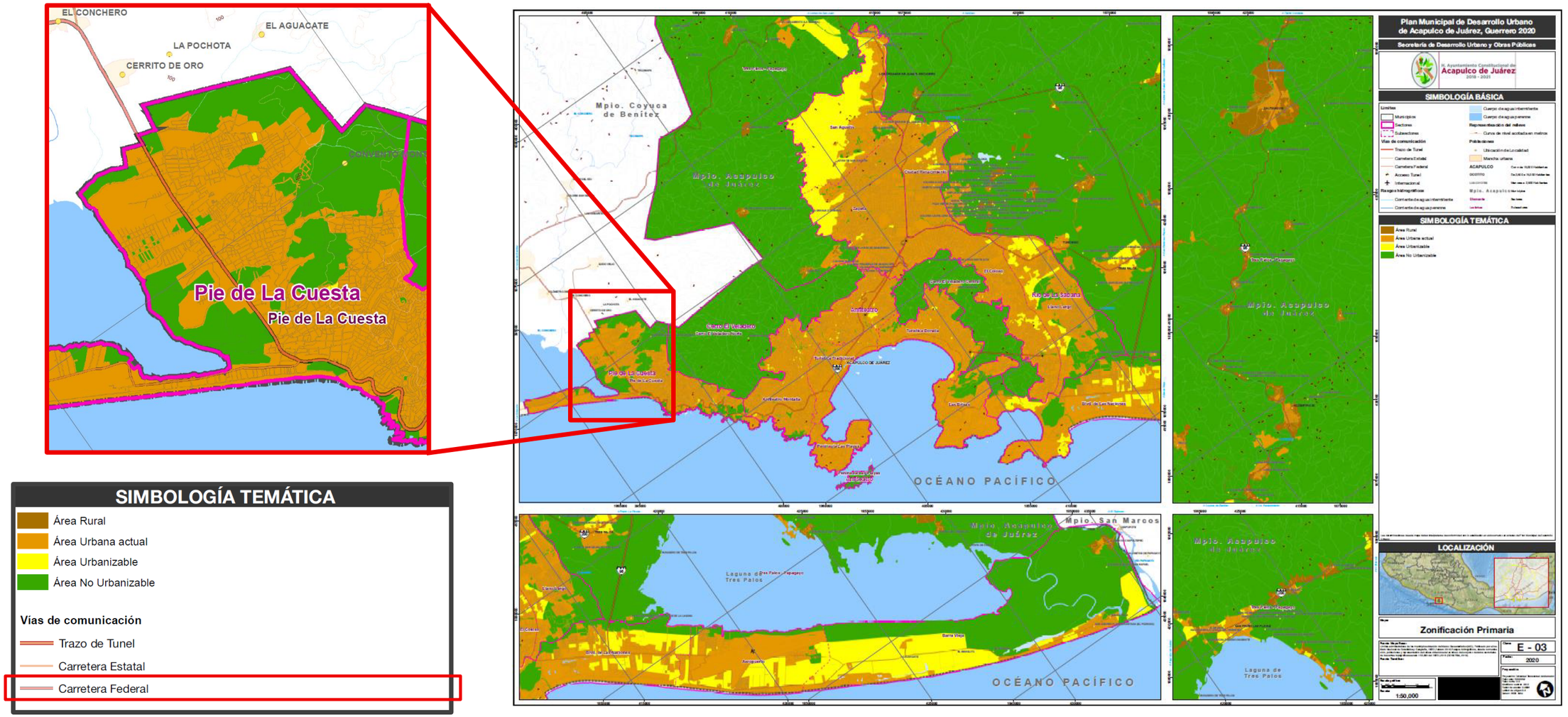
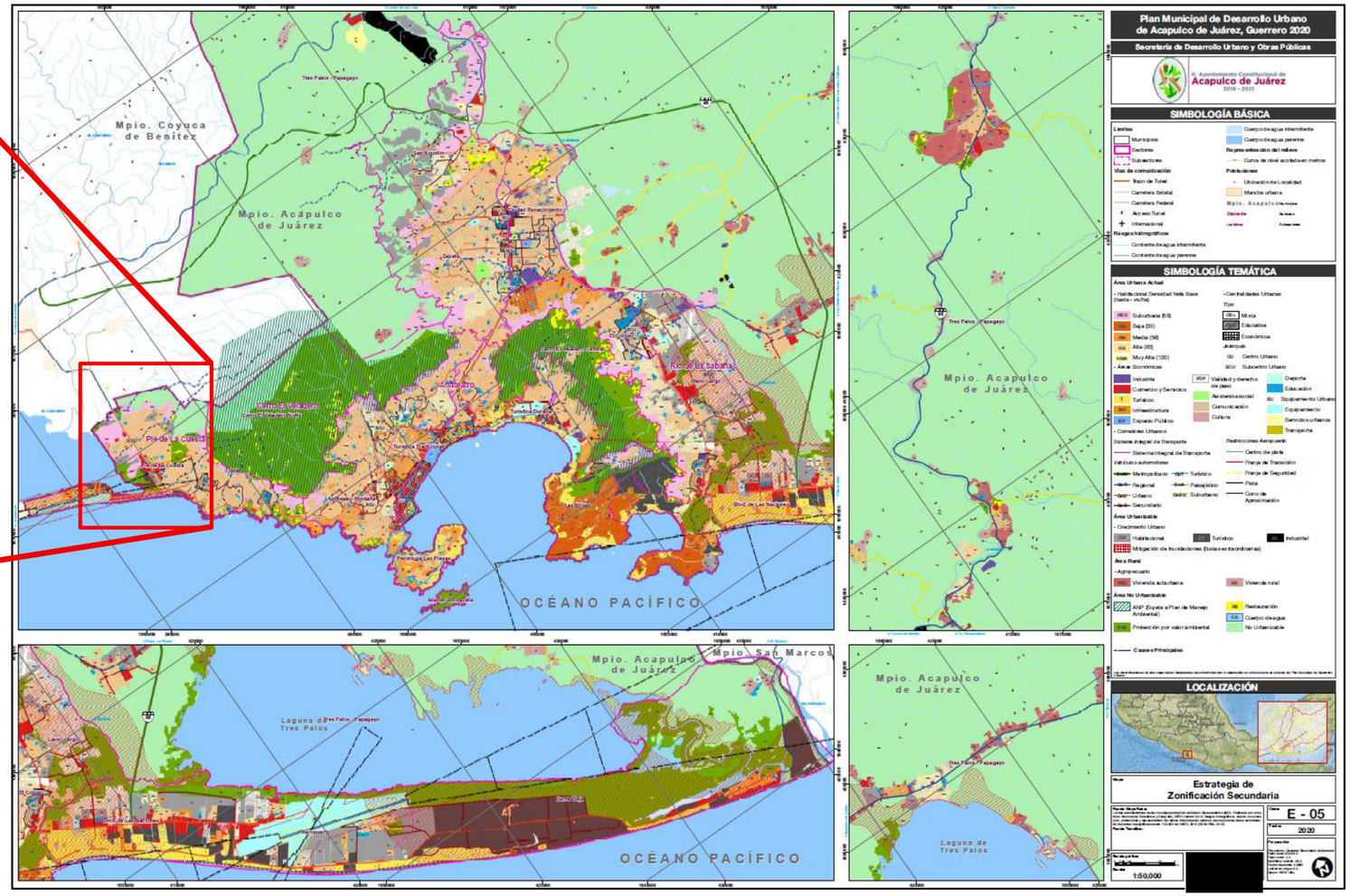


Figura III-10. Plano E-03 "Zonificación primaria" del Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Acapulco de Juárez





SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

Área Urbana Actual

- Habitacional Densidad Neta Base (hasta - viv/ha)

HSU	Suburbana (58)
HB	Baja (33)
HM	Media (58)
HA	Alta (83)
HMA	Muy Alta (120)

- Áreas Económicas

I	Industria
CS	Comercio y Servicios
T	Turístico
INF	Infraestructura
EP	Espacio Público

- Corredores Urbanos

- Centralidades Urbanas

Tipo

CEc	Mixta
CEd	Educativa
CEME	Económica

Jerarquía

CU	Centro Urbano
SCU	Subcentro Urbano

VDP	Vialidad y derecho de paso
	Asistencia social
	Comunicación
	Cultura
	Deporte
	Educación
EU	Equipamiento Urbano
	Equipamiento
	Servicios urbanos
	Transporte

Vías de comunicación

- Trazo de Tunel
- Carretera Estatal
- Carretera Federal

Figura III-11. Plano E-05Z "Zonificación secundaria" del Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Acapulco de Juárez

III.3.2.1 Conclusión de la vinculación del proyecto con el Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Acapulco de Juárez

Con lo antes evidenciado podemos concluir que el PMDU-A no establece lineamientos a seguir para los corredores regionales, caso específico de la Carretera federal 200, la cual pretende modernizarse en territorio acapulquense.

Cabe señalar que los proyectos carreteros, como el planteado en la presente MIA-R son necesarios para disminuir la brecha de desigualdad, al permitir que las personas tengan acceso a más y mejor flujo de servicios, mercancía y movilidad hacia otros lugares. De esta manera, la obra es compatible con el enfoque de desarrollo sostenible y ordenamiento ecológico territorial previsto en el instrumento municipal.

III.3.3 Plan Municipal de Desarrollo Urbano Coyuca de Benítez, Guerrero

El Plan Municipal de Desarrollo Urbano Coyuca de Benítez, Guerrero (PMDU-CB), se publicó en el Periódico Oficial del gobierno del estado de Guerrero el 16 de agosto de 2024, siendo el instrumento mediante el cual el H. Ayuntamiento Constitucional, ejercerá la regulación en el área urbana actual área urbanizable, área no urbanizable y área rural con población mayor a 2,500 habitantes, así como el espacio público, acciones urbanísticas, equipamiento urbano, infraestructura, movilidad, densificación, en el territorio municipal.

Su objetivo general es desarrollar e implementar una planificación de ordenamiento territorial integral y colaborativa que promueve el desarrollo sustentable entre las localidades urbanas y rurales, optimizando el entorno construido, la infraestructura, los equipamientos y la vivienda bajo un enfoque de coordinación metropolitana.

E PMDU-CB se compone de los siguientes apartados:

- Fundamentación
- Diagnostico
- Planeación
- Gestión
- Monitoreo y evaluación

En relación la Carretera Acapulco-Zihuatanejo, Tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta, el presente instrumento únicamente regula del km 13+050 al 20+700, donde se pretende la modernización de dos tramos pertenecientes a la carretera federal 200 y la construcción de un libramiento (tramo nuevo), de conformidad a lo presentado en la siguiente tabla:

Tramo km 13+050 al 20+700		
Cadenamiento	**Obra principal**	**Longitud**
Km 13+050 al 14+120	Modernización carretera federal 200	1.07 km
Km 14+120 al 18+280	Tramo Nuevo -libramiento	4.6 km
Km 18+280 al 20+700	Modernización carretera federal 200	2.42 km

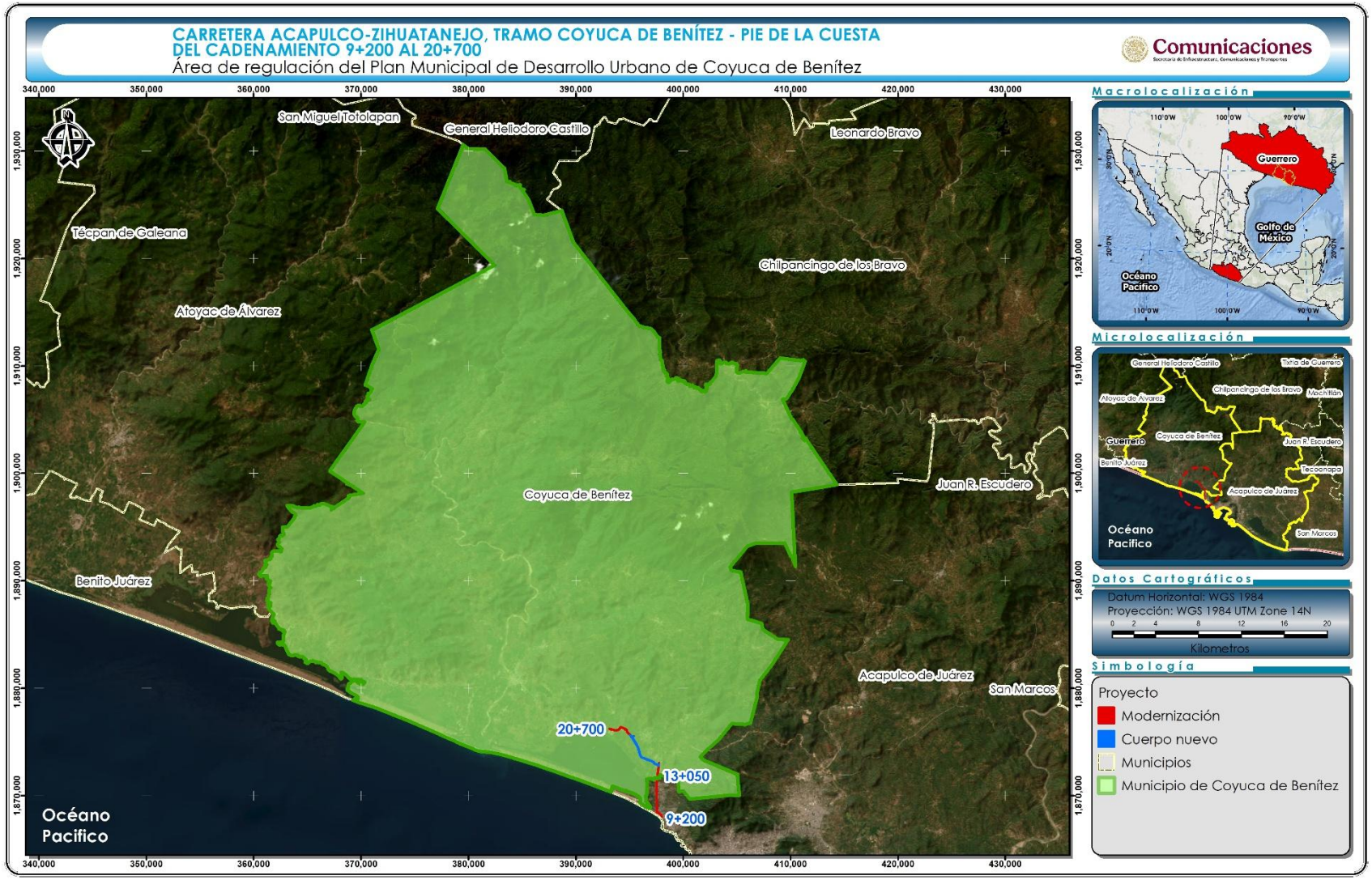


Figura III-12. Área de regulación del Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Coyuca de Benítez

Con base a lo anterior, se procedió a analizar el tema vial que establece el PMDU-A, encontrando que el presente instrumento no incluye como tal una caracterización de la estructura vial, sino que la engloba dentro del **Modelo de Ordenamiento Territorial (MOT),** el cual ordena al territorio municipal a corto, mediano y largo plazos bajo cuatro principios básicos:

1) Preservación para un medio ambiente sano;
2) Optimización de la infraestructura para la movilidad y la prestación de servicios públicos y sociales para todos los ciudadanos;
3) Integración socio económica y espacial de su territorio urbano – rural. E
4) Intervención pública por medio de mecanismos fiscales sobre las formas e intensidades de ocupación del suelo urbano.

Las siguientes figuras presentan el "Modelo de Ordenamiento Territorial" en el que puede definir las zonas dende se inserta la Carretera Acapulco-Zihuatanejo, Tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta del 13+050 al 20+700.

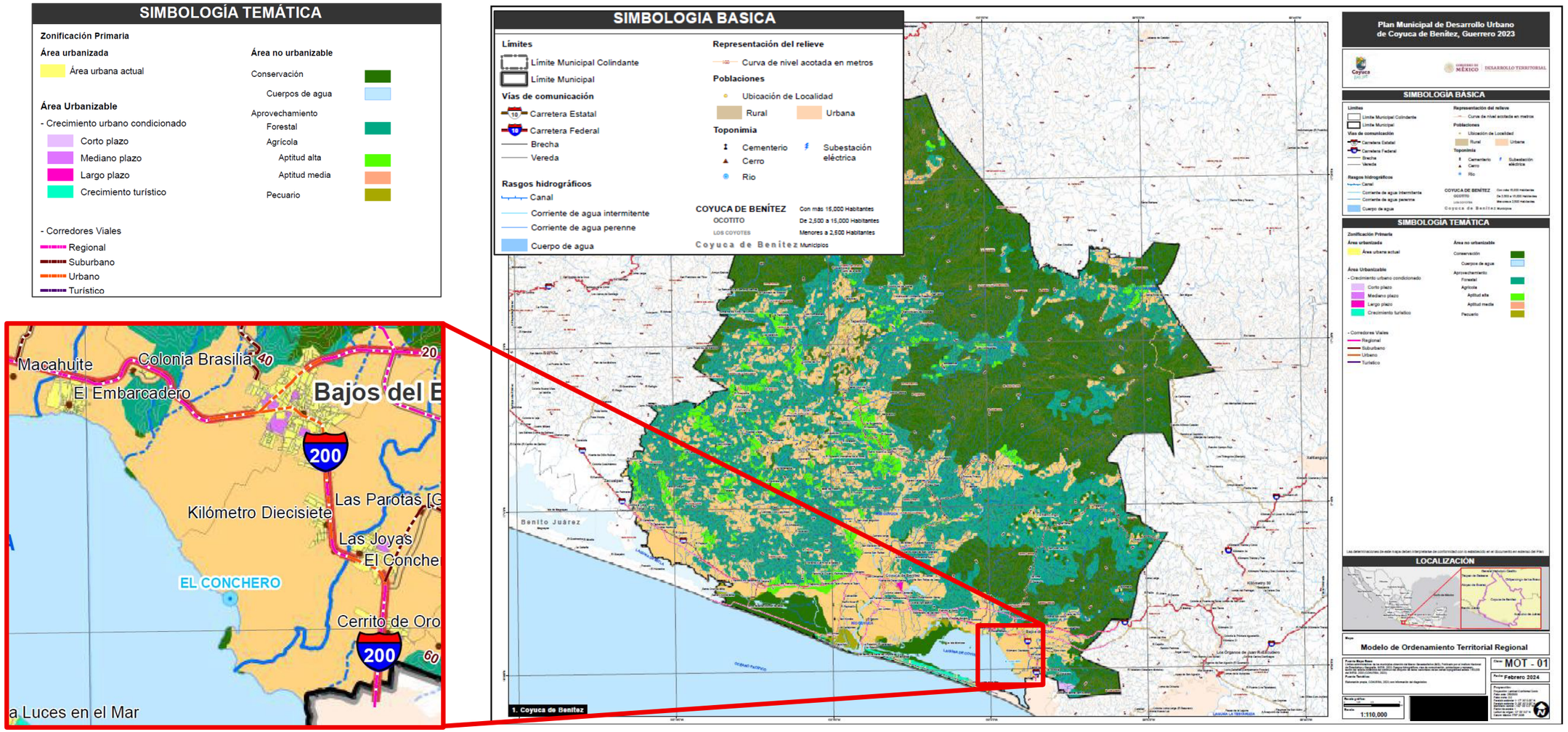


Figura III-13. Plano E-02 "Modelo de Ordenamiento Territorial" del Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Coyuca de Benítez



Figura III-14. Ubicación de la Carretera Acapulco-Zihuatanejo, Tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta, sobre el "Modelo de Ordenamiento Territorial" del Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Coyuca de Benítez

Con base a lo anterior, se puede determinar que las zonas en las que incide el proyecto son las siguientes:

Cadenamiento	Obra principal	Longitud	Zonificación del MOT
Km 13+050 al 14+120	Modernización carretera federal 200	1.07 km	Carretera federal 200 / Corredor vial regional
Km 14+120 al 18+280	Tramo Nuevo - libramiento	4.6 km	Área no urbanizable, Aptitud media
Km 18+280 al 20+700	Modernización carretera federal 200	2.42 km	Carretera federal 200 / Corredor vial regional

Estas zonas con aptitud media corresponden a predios que actualmente tienen un uso agrícola de temporal permanente.

III.3.3.1 Zonificación primaria

La zonificación Primaria se define como la determinación de las áreas que integran y delimitan un centro de población; comprendiendo las áreas urbanizadas y áreas urbanizables, incluyendo las reservas de crecimiento, las áreas no urbanizables y las áreas naturales protegidas, así como la red de vialidades primarias. En cumplimiento a la citada Ley, complementada con el análisis realizado durante la fase de diagnóstico tanto a nivel social como técnico, se establecen las zonas urbanas actuales, las zonas urbanizables y las no urbanizables, tal como lo muestra la siguiente figura:

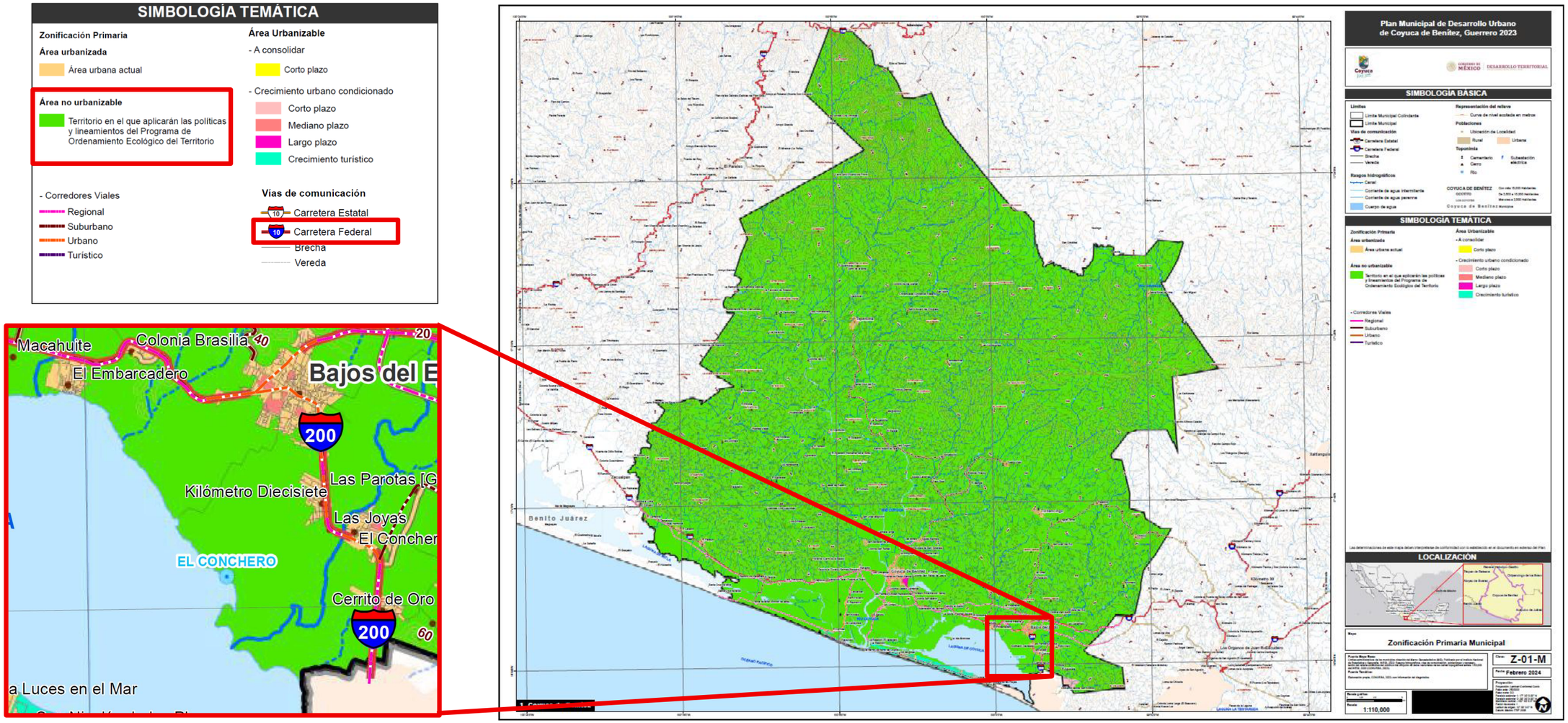


Figura III-15. Plano Z-01-M "Zonificación primaria municipal" del Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Coyuca de Benítez

Con base a lo anterior se puede establecer que las zonas que cruza nuestro proyecto son las siguientes:

Tramo km 13+050 al 20+700			
Cadenamiento	**Obra principal**	**Longitud**	**Zonificación Primaria**
Km 13+050 al 14+120	Modernización carretera federal 200	1.07 km	Carretera federal 200 / Corredor vial regional
Km 14+120 al 18+280	Tramo Nuevo - libramiento	4.6 km	Área no urbanizable Territorio en el que aplicarán las políticas y lineamientos del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio
Km 18+280 al 20+700	Modernización carretera federal 200	2.42 km	Carretera federal 200 / Corredor vial regional

Lo anterior se evidencia en la siguiente figura:

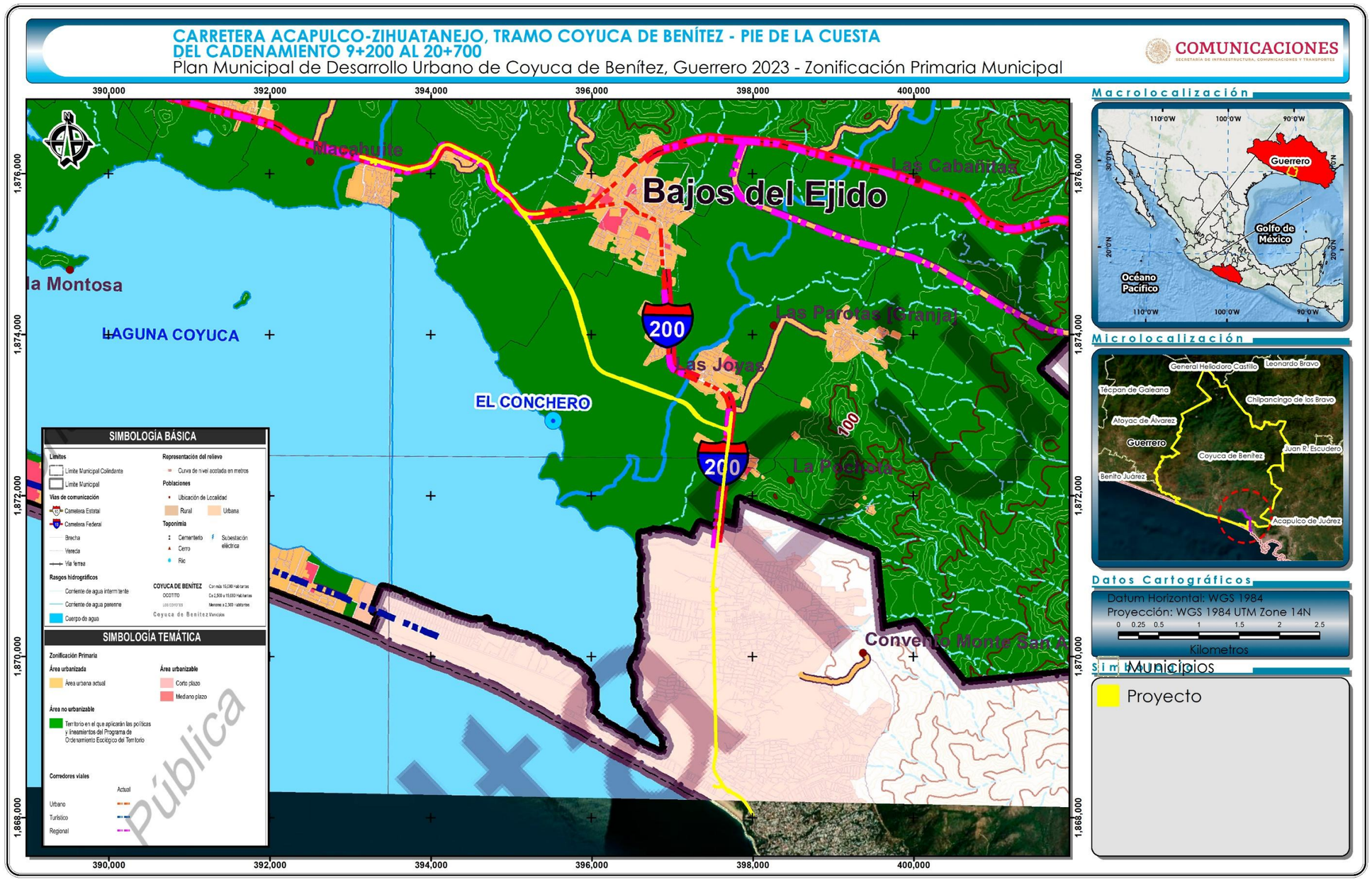


Figura III-16. Ubicación de la Carretera Acapulco-Zihuatanejo, Tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta, sobre las zonas primarias del Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Coyuca de Benítez

Con base a la tabla anterior, el Programa de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del estado de Guerrero, vinculado en el subapartado III.3.1 del presente Capítulo, en esta región del Municipio de Coyuca de Benítez delimitó la UGA 219 para la cual define una política de aprovechamiento sustentable y la cual tiene a la **Infraestructura pública** como una **actividad compatible**, sector con el que es afín el proyecto *"Carretera Acapulco-Zihuatanejo, Tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta del Cadenamiento 9+200 AL 20+700"*.

III.3.3.2 Zonificación Secundaria

Corresponde a la organización de las zonas definidas por usos predominantes y los usos, destinos y aprovechamientos específicos, o la utilización particular del suelo que le son compatibles y condicionados en las distintas zonas del área de objeto de ordenación y regulación, acompañadas de sus respectivas normas de control de la densidad de edificación como lo que establece el Artículo 3° de la Ley número 790 de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del estado de Guerrero, fracción LIX.

La Zonificación Secundaria del Programa se integra por los siguientes componentes:

- Zonas de Usos Predominantes
- Usos del Suelo Genéricos
- Usos del Suelo Específicos
- Usos del Suelo Permitidos
- Usos del Suelo Prohibidos
- Uso del Suelo Condicionados

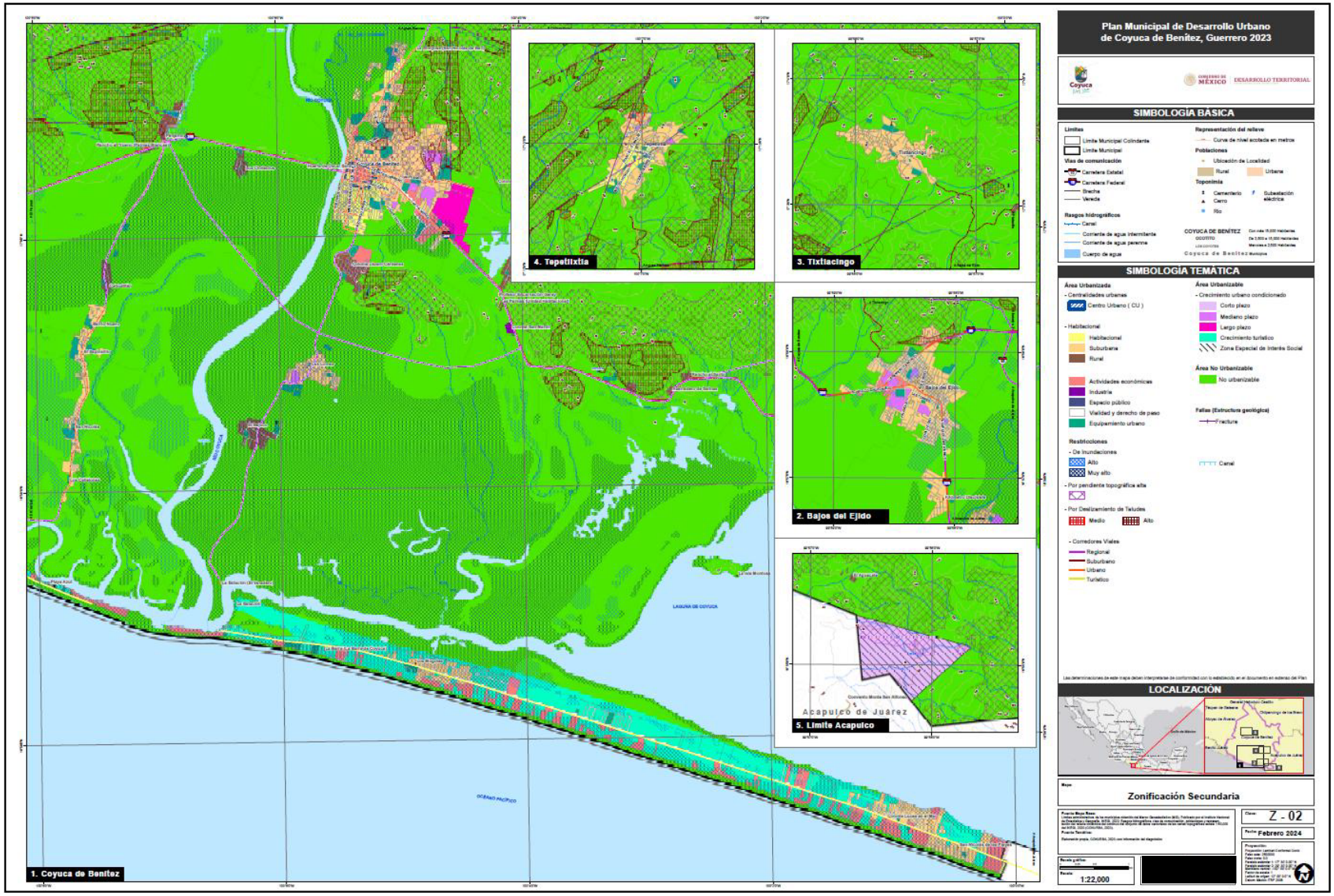


Figura III-17. Plano Z-02 "zonificación secundaria municipal" del Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Coyuca de Benítez

Como se puede apreciar, el plano de zonificación secundaria hace relevancia a cuatro regiones sin que se llegue a mostrar la totalidad del territorio municipal, sin embargo, se puede establecer que el proyecto interacciona con las siguientes zonas o usos.

Tramo km 13+050 al 20+700			
Cadenamiento	**Obra principal**	**Longitud**	**Zonificación Secundaria**
Km 13+050 al 14+120	Modernización carretera federal 200	1.07 km	Carretera federal 200 / Corredor vial regional y urbano
Km 14+120 al 18+280	Tramo Nuevo - libramiento	4.6 km	Área no urbanizable
Km 18+280 al 20+700	Modernización carretera federal 200	2.42 km	Carretera federal 200 / Corredor vial regional y urbano

La siguiente figura muestra la sobreposición del trazo carretero sobre la región 2 Bajos ejido, que es la de mayor incidencia:

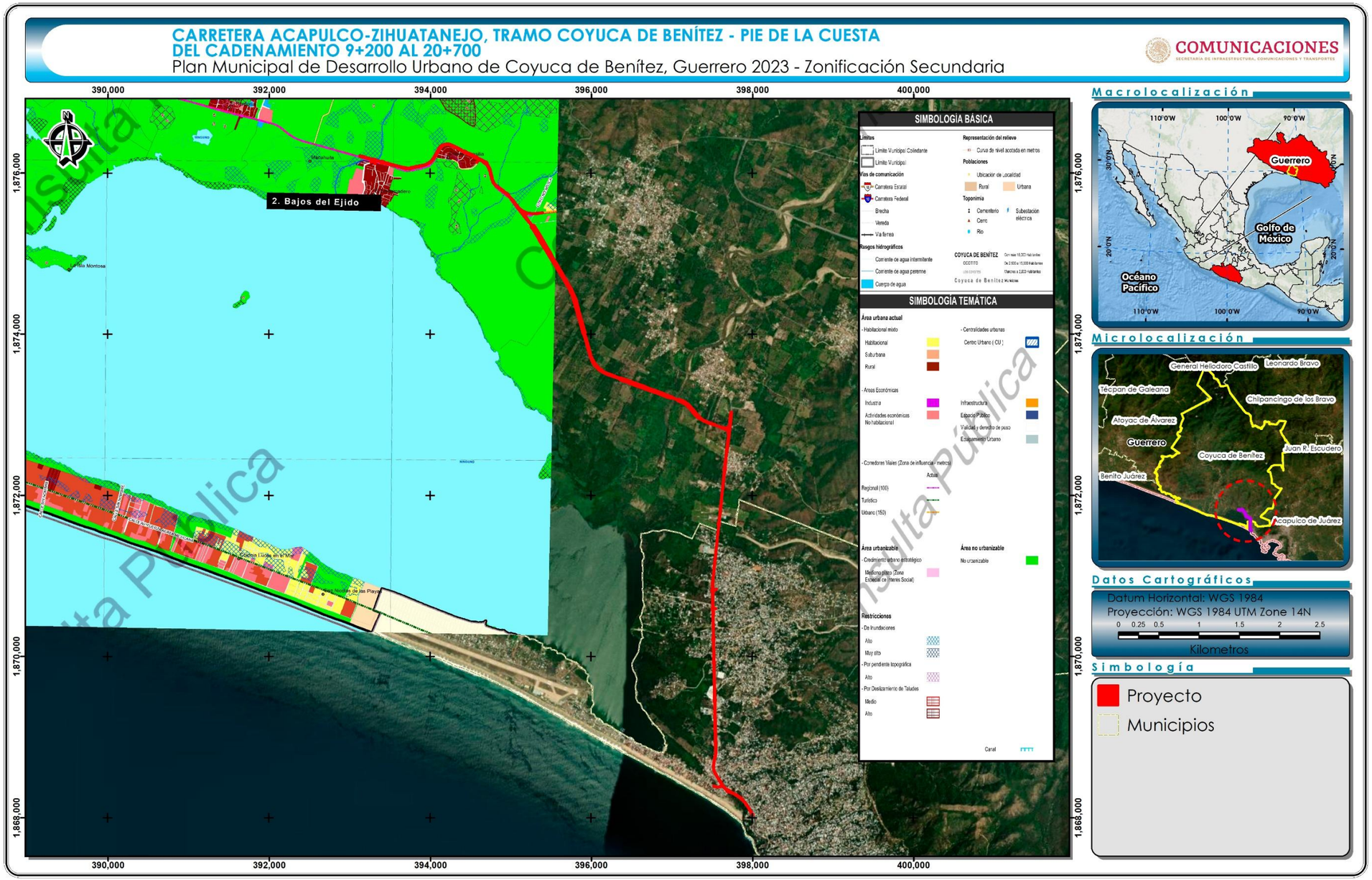


Figura III-18. Ubicación de la Carretera Acapulco-Zihuatanejo, Tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta, sobre las zonas secundarias del Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Coyuca de Benítez

Una vez conociendo las zonas de influencia se procedió a analizar la Tabla de Compatibilidad de Usos del Suelo de la Zonificación Secundaria, enfocándonos en la zona no urbanizable donde se pretende construir el libramiento, considerando que las obras de modernización se realizan sobre el derecho de vía de la carretera federal 200, identificada como un corredor vial, observando que la infraestructura urbana cuenta con un uso permitido, tal y como se demuestra a continuación:

III.3.3.3 Tabla de Compatibilidad de Usos del Suelo de la Zonificación Secundaria

Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Coyuca de Benítez, Guerrero 2023		Área Urbana Actual																Área Urbanizable		Restricciones			No urbanizable	Condicionantes	
Tabla de Compatibilidad de Usos del Suelo de la Zonificación Secudaria		Habitacional Mixto			Centralidades Urbanas		Áreas Económicas						Corredores Viales (Zona de influencia - metros)											
Usos y Destinos del Suelo		Habitacional	Suburbana	Rural	Centro Urbano	Subcentro Urbano	Industria	Actividades económicas No habitacional	Infraestructura	Espacio Público	Vialidad y derecho de paso	Equipamiento Urbano	Corredor Regional (100)	Corredor Urbano (80)	Corredor Turístico (100)	Corredor Suburbano (80)	Crecimiento urbano mixto todos los plazos	Crecimiento turístico	Por deslizamiento de taludes	Por inundaciones	Por pendiente topográfica	No Urbanizable (Norma de Ordenamiento Ecológico)	Frente a sección vial mínima (m)	Estudio de Impacto Urbano
Infraestructura	**Instalaciones de infraestructura**																							
	Plantas potabilizadoras y de tratamiento; estaciones de bombeo y tanques de almacenamiento de agua																						16	
	Estructuras para equipos de telecomunicación; subestaciones eléctricas																						18	
	Ducto alimentador de agua potable, colectores e infraestructura urbana																							

* Intensidad de uso del suelo en función del número de veces la superficie del predio

La determinación de la compatibilidad de usos y destinos del suelo con respecto a cada zona de las diferentes áreas del Programa; pueden ser permitidos, permitidos condicionados y prohibidos.

- Usos Permitidos: Son los Usos o Destinos permitidos ubicados en la zonificacion señalada
- Usos Permitidos Condicionados: Son los Usos y Destinos del suelo, sujetos para su aprobación al cumplimiento de la sección vial mínima al frente del predio
- Usos Prohibidos: Son los Usos y Destinos que no pueden desarrollarse en áreas o predios

III.3.3.4 Conclusión de la vinculación con el Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Coyuca de Benítez

Con la vinculación antes presentada, estamos en condiciones de confirmar que la porción del tramo carretero, que va del km 13+050 al 20+700 y que se ubica en territorio del municipio de Coyuca de Benítez no contraviene las regulaciones definidas para el área urbanizable y no urbanizable del PMDU-CB. Así mismo la ejecución del proyecto contribuirá a mejorar la infraestructura carretera, optimizando la movilidad y la prestación de servicios públicos y sociales para todos los ciudadanos, que es uno de los cuatro principios básicos del Modelo de Ordenamiento Territorial.

III.4 NORMAS OFICIALES MEXICANAS

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) son regulaciones técnicas de observancia obligatoria expedidas por las Dependencias de la Administración Pública Federal, que establecen reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado y las que se refieran a su cumplimiento o aplicación.

En su artículo 5° la LGEEPA faculta a la SEMARNAT para que elabore Normas Oficiales Mexicanas (NOM's) y vigile su cumplimiento en los términos de la misma Ley. Las NOM´s del Sector Ambiental expedidas por esta Secretará tienen como fin establecer las características y especificaciones, criterios y procedimientos, que permitan proteger y promover el mejoramiento del medio ambiente y los ecosistemas, así como la preservación de los recursos naturales.

Para facilitar su consulta, las NOM's vigentes del Sector Ambiental se clasificaron en las siguientes materias: agua, contaminación por ruido, emisiones de fuentes fijas, emisiones de fuentes móviles, impacto ambiental, lodos y biosólidos, medición de concentraciones, metodologías, protección de flora y fauna, residuos y suelos.

Cabe señalar que las NOM elaboradas conjuntamente por la SEMARNAT y otras Secretarías, además de estar clasificadas por materia, también pueden consultarse bajo la categoría de Elaboración Conjunta con otras Secretarías.

A continuación, se presenta el análisis de cumplimiento con las normas vigentes en materia de contaminación del agua, contaminación del aire, residuos peligrosos, contaminación por ruido, contaminación del suelo, recursos naturales, especies en riesgo aplicables al proyecto carretero.

Tabla III-17. Normas Oficiales Mexicanas de SEMARNAT vinculadas al proyecto.

NOM	Especificación	Aplicación al proyecto
Agua		
NOM-001-SEMARNAT-2021*. Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación.*	La concentración de contaminantes no debe exceder los valores indicados como límites máximos permisibles.	El proyecto no prevé descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación durante las etapas de preparación de sitio, construcción y operación. Durante la etapa de construcción, para el servicio sanitario se utilizarán letrinas portátiles cuyos desechos serán recolectados y manejadas por una empresa especializada que cuente con sus debidas autorizaciones, la cual deberá trasladar estos efluentes hacia una Planta de tratamiento. En la etapa de operación no se prevé la generación de aguas residuales con lo cual se da cumplimiento a la norma en cita.
NOM-002-SEMARNAT-1996. *Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal*	Promedio ponderado en función del caudal, resultante de los análisis practicados a cada una de las muestras simples	La presente norma no es de observancia para el proyecto, ya que en ninguna de sus etapas se realizarán descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado municipal, las únicas aguas residuales por generar serán durante la etapa de preparación del sitio y construcción, con la instalación de los sanitaros portátiles en los frentes de trabajo, dándoles el manejo señalado en la vinculación con la NOM-001-SEMARNAT-2021.
Aire		
NOM-041-SEMARNAT-2015.	La Norma es de observancia obligatoria para los responsables de	En cumplimiento a esta norma, durante la etapa de preparación del sitio y construcción del proyecto, los vehículos empleados deberán

NOM	Especificación	Aplicación al proyecto
Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.	los vehículos automotores que circulan en el país, que usan gasolina como combustible, así como para los responsables de los centros de verificación autorizados, a excepción de vehículos con peso bruto vehicular menor de 400 kilogramos, motocicletas, tractores agrícolas, maquinaria dedicada a las industrias de la construcción y minera.	operar en óptimas condiciones, a fin de cumplir con los límites establecidos en los parámetros de emisión de gases. Es importante tener en cuenta que, la maquinaria pesada que será empleada durante la construcción del proyecto se encuentra exceptuada del cumplimiento de esta norma. No obstante, se exigirá su mantenimiento periódico.
NOM-045-SEMARNAT-2017. *Protección ambiental. - Vehículos en circulación que usan diésel como combustible. - Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición.*	La Norma es de observancia obligatoria para los propietarios o legales poseedores de los citados vehículos, unidades de verificación y autoridades competentes. Se excluyen de la aplicación de la presente Norma, la maquinaria equipada con motores diésel empleada en las actividades agrícolas, de la	Si bien, la maquinaria pesada empleada en actividades de construcción se encuentra exceptuada de esta norma, durante las actividades de preparación del sitio y construcción, los equipos y maquinaria empelada deberán operar en condiciones óptimas. Por ello, la documentación probatoria de su mantenimiento deberá ser incluida en los reportes de cumplimiento ambiental.

NOM	Especificación	Aplicación al proyecto
	construcción y de la minería.	
Residuos		
NOM-052-SEMARNAT-2005 *Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de residuos peligrosos.*	Esta NOM es de observancia obligatoria en lo conducente para los responsables de identificar la peligrosidad de un residuo. Se considerará residuo peligroso aquellos que concuerden con una o varias de las características contenidas en el numeral 5.4 de esta norma tales como corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad ambiental, inflamabilidad, o ser biológico-infeccioso.	Durante las diferentes etapas del proyecto, se generarán residuos considerados peligrosos con base en la clasificación establecida en la presente norma. Entre ellos, se generarán aceites, grasas, trapos y estopas impregnados con hidrocarburos, sobrantes de pinturas, solventes, filtros de aceite, etc. Estos residuos serán manejados conforme a lo establece la LGPGIR y su reglamento. La documentación probatoria del almacenamiento, retiro y disposición final de este tipo de residuos por parte de un tercero autorizado deberá ser incluida en los reportes de cumplimiento a la autoridad ambiental.
Ruido		
NOM-080-SEMARNAT-1994. *Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido provenientes del escape de los vehículos automotores,*	La presente NOM se aplica a vehículos automotores de acuerdo a su peso bruto vehicular, y motocicletas y triciclos motorizados que circulan por las vías de comunicación terrestre, exceptuando los tractores,	Si bien, los medios de transporte usados para las actividades relativas a la construcción como pudieran ser automóviles, camionetas y camiones, deberán cumplir con lo establecido en esta norma, en cuanto a los niveles máximos permisibles de emisión de ruido, los trascabos, aplanadoras y maquinaria pesada para la construcción se encuentran excluidos de la observancia de esta Norma, sin embargo, deberán mantenerse en condiciones óptimas para su operación. Por ello, la documentación probatoria de su

NOM	Especificación	Aplicación al proyecto
motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.	para uso agrícola, trascabos, aplanadoras y maquinaria pesada para la construcción y los que transitan por riel.	mantenimiento periódico deberá ser incluida en los reportes de cumplimiento ambiental.
Suelo		
NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012. *Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación*	Esta Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional para quienes resulten responsables de la contaminación con hidrocarburos en suelos. Los límites máximos permisibles para fracciones de hidrocarburos en suelo agrícola que incluye forestal, recreativo y de conservación es de 3000 (mg/kg base seca) En caso de derrames o fugas, la caracterización se debe realizar después de haber tomado las medidas de urgente aplicación. La caracterización del sitio debe contener como	En todas las etapas del proyecto, se aplicarán medidas para prevenir la contaminación del suelo. No obstante, en caso de ocurrir algún incidente en el que se contamine el suelo con hidrocarburos, se deberá llevar a cabo su restauración y el restablecimiento de las condiciones del suelo conforme a lo que señala la presente norma; el manejo de los residuos recuperados se debe realizar conforme a lo establecido en la LGPGIR y en su reglamento.

NOM	Especificación	Aplicación al proyecto
	mínimo los siguientes elementos: Descripción del sitio y de la afectación; estrategia de muestreo; plan de muestreo; informe.	
Flora y fauna		
NOM-059-SEMARNAT-2010. *Protección Ambiental-Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - Lista de especies en riesgo.*	La norma establece el listado de especies en riesgo y los procedimientos para modificar el listado.	En el AP únicamente se identificó una especie de flora silvestre enlistada en alguna de las categorías de protección conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010, siendo esta *B.interrima* (palo blanco) bajo la categoría de Amenazada. En cuanto al estatus de riesgo de la fauna silvestre conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010, de la riqueza total registrada a escala del SAR, 12 especies se encuentran protegidas por la legislación nacional, las cuales son:

<table>
<tr><th>NOM</th><th>Especificación</th><th>Aplicación al proyecto</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td>
<table>
<tr><th>Nombre científico</th><th>Nombre común</th><th>NOM-059</th></tr>
<tr><td>Lithobates forreri</td><td>Rana leopardo de Forrer</td><td>Pr</td></tr>
<tr><td>Anolis subocularis</td><td>Abaniquillo del Pacífico</td><td>Pr</td></tr>
<tr><td>Ctenosaura pectinata</td><td>Garrobo de roca</td><td>A</td></tr>
<tr><td>Iguana iguana</td><td>Iguana de ribera</td><td>Pr</td></tr>
<tr><td>Rhinoclemmys pulcherrima</td><td>Casco rojo</td><td>A</td></tr>
<tr><td>Bassariscus sumichrasti</td><td>Cacomixtle</td><td>Pr</td></tr>
<tr><td>Tachybaptus dominicus</td><td>Zambullidor menor</td><td>Pr</td></tr>
<tr><td>Mycteria americana</td><td>Cigüeña americana</td><td>Pr</td></tr>
<tr><td>Tigrisoma mexicanum</td><td>Garza tigre mexicana</td><td>Pr</td></tr>
<tr><td>Thalasseus elegans</td><td>Charrán elegante</td><td>Pr</td></tr>
<tr><td>Eupsittula canicularis</td><td>Perico frente naranja</td><td>Pr</td></tr>
<tr><td>Passerina ciris</td><td>Colorín sietecolores</td><td>Pr</td></tr>
</table>
Donde:
A= Amenazadas
Pr= Protección especial

Durante el desarrollo del proyecto se ejecutará el Programa de rescate y reubicación de flora silvestre y del Programa de ahuyentamiento, rescate, reubicación y liberación de fauna silvestre, se llevará a cabo el rescate de todos los organismos con alguna importancia ecológica que sean registrados en las superficies de afectación por obras o actividades del proyecto, incluyendo los que pertenezcan a especies que se encuentren
</td></tr>
</table>

NOM	Especificación	Aplicación al proyecto
		enlistadas en alguna categoría de protección conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010. En el Anexo F se presentan los programas antes señalados donde se especifica el manejo que se le dará a las especies desde su identificación hasta su reubicación.

III.5 ORDENAMIENTOS JURÍDICOS FEDERALES

III.5.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

Decretada el 5 de febrero de 1917 y reformada por última vez el 15 de octubre de 2025, la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM), como ley fundamental de la Nación, establece los derechos fundamentales de las personas, la organización del Estado y las garantías constitucionales con que cuentan los individuos para hacer efectivas las primeras. El proyecto *"Carretera Acapulco-Zihuatanejo, Tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta, del Cadenamiento 9+200 al 20+700"*, se ajusta a las disposiciones constitucionales que pudieran incidir en su desarrollo, las cuales se señalan a continuación.

Tabla III-18. Vinculación con la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y su cumplimiento.

Artículo	Cumplimiento
Artículo 4. (párrafos 5° y 6°) … *Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la* ley. … Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para *consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El Estado garantizará este derecho y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la Federación, las entidades*	Si bien la disposición señalada encuadra en una serie de obligaciones para el Estado mexicano, es importante señalar que el proyecto no contraviene el contenido del artículo 4 constitucional, en virtud de que con su realización no impide a ninguna persona el derecho fundamental al medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar, ni tampoco el derecho al acceso, disposición y saneamiento del agua. Por lo contrario, con el ingreso de la presente MIA-R, se pretende obtener la autorización en materia de impacto ambiental federal, cumpliendo a cabalidad con la disposición constitucional y el marco jurídico que deriva de la misma. Es importante destacar que, las obras y actividades que integran el proyecto no generarán desequilibrios ecológicos graves a los ecosistemas que pudieran

Artículo	Cumplimiento
federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines. *…*	poner en riesgo la salud pública de las comunidades adyacentes, ni mucho menos generará demanda de recursos naturales que pudieran comprometer un ambiente sano y adecuado para el desarrollo de la población.

III.5.2 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su Reglamento en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), se publicó en el DOF el 28 de enero de 1988, reformada por última vez el 19 de enero de 2026. Esta Ley reglamenta de las disposiciones constitucionales que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, conteniendo diversas disposiciones relacionadas con el desarrollo del proyecto de ***"****Carretera Acapulco-Zihuatanejo, Tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta, del Cadenamiento 9+200 al 20+700"***.**

En materia de evaluación del impacto ambiental, el Artículo 28 la define como el procedimiento a través del cual la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) busca evitar o reducir al mínimo los efectos negativos que la realización de obras o actividades podría tener sobre el ambiente. Con este procedimiento se establecen las condiciones a que se sujetarán los proyectos que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas. En este sentido, para llevar a cabo el proyecto referido se requiere obtener, previamente, la autorización en materia de impacto ambiental de la SEMARNAT.

El Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA) fue decretado y publicado en el DOF el 30 de mayo de 2000, ejecutándose

su última Reforma el 31 de octubre de 2014. El REIA define con mayor precisión los tipos de obras y actividades que requieren manifestar el impacto ambiental, la modalidad correspondiente y el alcance de los estudios.

Es importante mencionar que el proyecto *"Carretera Acapulco-Zihuatanejo, Tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta, del Cadenamiento 9+200 al 20+700"*, requiere de la autorización en materia de impacto ambiental al tratarse de la construcción y modernización de una vía general de comunicación y cuyas obras y actividades implicarán tanto la afectación de vegetación forestal, como la ocupación de la zona federal, resultando aplicable lo dispuesto por el Artículo 28, en sus fracciones I, VII y X de la LGEEPA y el artículo 5 Incisos B), O) y R) del REIA, tal como a continuación se presenta:

Tabla III-19. Vinculación con Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y propuesta de cumplimiento.

Artículo de la LGEEPA	Cumplimiento
ARTÍCULO 28. *La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente.* *Para ello, en los casos en que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría:* *…adelántame*	La implementación del proyecto en cuestión encuadra con lo dispuesto por la fracción I del Artículo 28 de la LGEEPA al tratarse de la construcción y ampliación de una vía general de comunicación, así como a lo dispuesto por la fracción VII de dicha Ley, por cambio de uso del suelo en 2.398 ha que presentan cubierta vegetal forestal, en específico vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia. Por otro lado, el proyecto carretero contempla cinco puentes, de los cuales cuatro serán reemplazados y uno de nueva construcción con la finalidad de librar cauces de ríos, afectando su zona federal, por lo que el proyecto también

<table>
<tr><th>Artículo de la LGEEPA</th><th>Cumplimiento</th></tr>
<tr><td>I.- Obras hidráulicas, vías generales de comunicación;…

VII.- Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas.

X.- Obras y actividades en humedales, ecosistemas costeros, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales.

…

El subrayado es propio.</td><td>encuadra en la fracción X del presente artículo.

A continuación, se presenta el listado de los puentes que se ubican en zona federal.

<table><tr><th rowspan="2">Nombre</th><th colspan="2">Cadenamiento</th></tr><tr><th>Referencia</th><th>Inicio y final</th></tr><tr><td>El Pedreguero</td><td>11+740</td><td>11+715.50 al 11+763.50</td></tr><tr><td>El Conchero II</td><td>14+930.0</td><td>14+898.15 al 14+976.15</td></tr><tr><td>La Loma</td><td>18+480.0</td><td>18+467.31 al 18+497.63</td></tr><tr><td>Embarcadero I</td><td>20+080</td><td>20+047.70 al 20+103.70</td></tr><tr><td>Embarcadero II</td><td>20+500</td><td>20+535.16 al 20+625.16</td></tr></table>
En el capítulo II se presentó la ubicación exacta de las obras referidas en la tabla anterior.

Por lo antes expuesto es que se presenta ante esta autoridad, la Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad Regional con la finalidad de obtener la autorización en materia de impacto ambiental.</td></tr>
<tr><td>ARTÍCULO 30. Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.</td><td>El proyecto cumple esta disposición vinculante al presentar a consideración de la DGIRA (Unidad Administrativa facultada para ello de acuerdo con la fracción II del Artículo 28 del Reglamento Interior de la SEMARNAT), la presente MIA-R, que contiene una descripción de los posibles efectos en él o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate (ver Capítulo V), así como las medidas preventivas y de mitigación propuestas (ver Capítulo VI).</td></tr>
<tr><td>ARTÍCULO 35. Una vez presentada la manifestación de impacto ambiental, la Secretaría iniciará el procedimiento de</td><td>En este capítulo se analiza la congruencia del proyecto con lo que indican todas las disposiciones aplicables</td></tr>
</table>

Artículo de la LGEEPA	Cumplimiento
evaluación, para lo cual revisará que la solicitud se ajuste a las formalidades previstas en esta Ley, su Reglamento y las Normas Oficiales Mexicanas aplicables, que integrará el expediente respectivo en un plazo no mayor de diez días. *Para la autorización de las obras y actividades a que se refiere el artículo 28, la Secretaría se sujetará a lo que establezcan los ordenamientos antes señalados, así como los programas de desarrollo urbano y de ordenamiento ecológico del territorio, las declaratorias de áreas naturales protegidas y las demás disposiciones jurídicas que resulten aplicables.* *Asimismo, para la autorización a que se refiere este artículo, la Secretaría deberá evaluar los posibles efectos de dichas obras o actividades en el o los ecosistemas de que se trate, considerando el conjunto de elementos que los conforman y no únicamente los recursos que, en su caso, serían sujetos de aprovechamiento o afectación. Una vez evaluada la manifestación de impacto ambiental, la Secretaría emitirá, debidamente fundada y motivada, la resolución correspondiente …*	en la materia, demostrando que no se identificaron instrumentos de política ambiental o normatividad alguna que limite o impida el desarrollo del proyecto. Es importante considerar que, con relación al Segundo Párrafo del Artículo 35 de la LGEEPA en análisis, el presente estudio fue elaborado considerando no sólo la afectación puntual que un proyecto de esta naturaleza pueda tener, sino también se consideraron las implicaciones potenciales a los ecosistemas y sus procesos ecológicos que definen su integridad funcional. Es decir, la evaluación de impacto ambiental llevada a cabo fue desarrollada bajo un enfoque ecosistémico.
***Artículo 98**. Establece en el párrafo segundo, que el uso de los suelos debe hacerse de manera que mantengan su integridad física y su capacidad productiva, y en el Tercero, que los usos productivos del suelo deben evitar prácticas que favorezcan la erosión, degradación o modificación de las características topográficas, con efectos ecológicos adversos.*	En el Capítulo VI del presente documento se establecen las estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales.

Tabla III-20.Vinculación con el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de evaluación del impacto ambiental y propuesta de cumplimiento.

Artículo del REIA	Cumplimiento
Artículo 5. *Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental:* *…* ***B Vías generales de comunicación:*** *Construcción de carreteras, autopistas, puentes o túneles federales vehiculares o ferroviarios; puertos, vías férreas, aeropuertos, helipuertos, aeródromos e infraestructura mayor para telecomunicaciones que afecten áreas naturales protegidas o con vegetación forestal, selvas, vegetación de zonas áridas, ecosistemas costeros o de humedales y cuerpos de agua nacionales…* ***O) Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas:*** *I. Cambio de uso del suelo para actividades agropecuarias, acuícolas, de desarrollo inmobiliario, de infraestructura urbana, de vías generales de comunicación…* ***R) Obras y actividades en humedales, manglares, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales:*** *I. Cualquier tipo de obra civil…*	El proyecto encuadra en lo establecido por los incisos B), O) y R) del artículo 5 del REIA, en primera instancia por tratarse de la modernización de una vía general de comunicación, específicamente de una carretera; en segunda instancia, por requerir de una superficie de afectación forestal de 2.398 ha en materia de impacto ambiental; y en tercera instancia, por requerir la afectación de la zona federal de cinco cauces de ríos o escurrimientos superficiales por la construcción y sustitución de los puentes. Por tal motivo es que, para dar cumplimiento a lo establecido por el presente artículo, se pone a consideración de la autoridad ambiental la presente MIA-R, con la finalidad de obtener la respectiva autorización.

Artículo del REIA	Cumplimiento
Artículo 9. *Los promoventes deberán presentar ante la Secretaría una Manifestación de Impacto Ambiental, en la modalidad que corresponda, para que ésta realice la evaluación del proyecto de la obra o actividad respecto de la que se solicita autorización.* *La información que contenga la manifestación de impacto ambiental deberá referirse a circunstancias ambientales relevantes vinculadas con la realización del proyecto.* *…*	En cumplimiento de esta disposición es que se presenta la MIA-R, la cual contiene la información relevante sobre las circunstancias ambientales relacionadas con la realización del proyecto, desarrollada en VIII Capítulos en los que se hace una descripción de los posibles efectos en él o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.
Artículo 10.- *Las manifestaciones de impacto ambiental deberán presentarse en las siguientes modalidades:* *I. Regional, o* *II. Particular.*	Tal como se detallado en el Capítulo II del presente estudio, el proyecto consiste en la construcción y modernización de una vía general de comunicación, específicamente de una carretera, por lo que la modalidad en que se presenta el presente estudio de impacto ambiental es Regional, en apego a la Fracción I del Artículo 11 del REIA.
Artículo 11*. Las manifestaciones de impacto ambiental se presentarán en la modalidad regional cuando se trate de:* *I. Parques industriales y acuícolas, granjas acuícolas de más de 500 hectáreas, carreteras…* *…*	
Artículo 13*. La manifestación de impacto ambiental, en su modalidad regional, deberá contener la siguiente información:* *I. Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental;*	En la presente MIA-R se desarrollan los ocho numerales señalados. La información se presenta en capítulos, cada uno de los cuales corresponden a los incisos del Artículo 13 del REIA.

Artículo del REIA	Cumplimiento
II. Descripción de las obras o actividades y, en su caso, de los programas o planes parciales de desarrollo; III. Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables; *IV. Descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región;* *V. Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional; VI. Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional;* *VII. Pronósticos ambientales regionales y, en su caso, evaluación de alternativas, y* *VIII. Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan los resultados de la manifestación de impacto ambiental.*	
Artículo 44.- *Al evaluar las manifestaciones de impacto ambiental la Secretaría deberá considerar:* *I. Los posibles efectos de las obras o actividades a desarrollarse en el o los ecosistemas de que se trate, tomando en cuenta el conjunto de elementos que los conforman, y no únicamente los recursos que fuesen objeto de aprovechamiento o afectación;* *II. La utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte*	En el Capítulo V de la presente MIA-R se identifican, describen y evalúan los impactos ambientales, tal como lo determinan la fracción I y II del artículo que nos ocupa; además, en el Capítulo VI del presente documento se proponen medidas orientadas e integradas a la conservación de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas en los que se emplazará el proyecto, de forma tal que se cumpla con lo establecido en este artículo. Dichas medidas se desarrollan a través de una serie de programas ambientales, los cuales se listan a continuación:

Artículo del REIA	Cumplimiento
dichos recursos, por periodos indefinidos, y *III. En su caso, la Secretaría podrá considerar las medidas preventivas, de mitigación y las demás que sean propuestas de manera voluntaria por el solicitante, para evitar o reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente".*	• Programa de manejo, vigilancia y monitoreo ambiental; • Programa de rescate y reubicación de flora silvestre; • Programa de ahuyentamiento, rescate, reubicación y liberación de fauna silvestre; • Programa de reforestación y revegetación con especies nativas, y • Programa de conservación y protección a los componentes hídricos. Estos programas se presentan en el Anexo F de la presente MIA-R.

III.5.3 Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable () fue publicada en el DOF el 5 de junio de 2018 y reformada por última vez el 01 de abril de 2024. La LGDFS obedece a lo dispuesto en el Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y tiene por objeto regular y fomentar el manejo integral y sustentable de los territorios forestales, la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos; así como distribuir las competencias que en materia forestal correspondan a la Federación, las Entidades Federativas, Municipios y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México, bajo el principio de concurrencia previsto en el artículo 73, fracción XXIX-G de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, con el fin de propiciar el desarrollo forestal sustentable.

Tabla III-21. Vinculación con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y propuesta de cumplimiento.

Artículo de LGDFS	Cumplimiento
Artículo 2. *Son objetivos generales de esta Ley:* *I. Conservar y restaurar el patrimonio natural y contribuir, al desarrollo social, económico y ambiental del país, mediante el manejo integral sustentable de los recursos forestales en las cuencas hidrográficas, con un enfoque ecosistémico en el marco de las disposiciones aplicables;* … ***Artículo 3.*** *Son objetivos específicos de esta Ley:* *I. Regular la protección, conservación, uso sustentable y restauración de los ecosistemas,* *II. recursos forestales y sus servicios ambientales; así como la zonificación, el manejo y la ordenación forestal;*	Dentro de la presente MIA-R se establecen las líneas de acción y evidencias que permiten demostrar que el proyecto no contraviene a lo estipulado por los objetivos generales ni específicos de la Ley. De acuerdo con la Fracción LXXX del Artículo 7 de la presente Ley, la vegetación forestal se define como "*el conjunto de plantas y hongos que crecen y se desarrollan en forma natural, formando bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, y otros ecosistemas, dando lugar al desarrollo y convivencia equilibrada de otros recursos y procesos naturales*"; en este caso, el proyecto contempla afectar una superficie de 2.398 ha de vegetación que puede ser considerada forestal. Se deja en claro ante la DGIRA que, previo a realizar cualquier actividad de desmonte, el promovente deberá obtener la autorización por el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF) por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal del estado de Guerrero, ello en apego a lo establecido en el Artículo 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.
Artículo 7. *Para los efectos de esta ley se entenderá por:* … *VI. Cambio de uso del suelo en terreno forestal: La remoción total o parcial de la vegetación forestal de los terrenos forestales arbolados o de otros terrenos*	Para el desarrollo del Proyecto, será necesaria la remoción de vegetación forestal en una superficie de 2.398 ha, de vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia. De las restantes 23.169 ha (90.62 % de la superficie total de afectación) presentan un uso de suelo diferente al

<table>
<tr><th>Artículo de LGDFS</th><th>Cumplimiento</th></tr>
<tr><td>forestales para destinarlos o inducirlos a actividades no forestales;

…

LXXX. Vegetación forestal: Es el conjunto de plantas y hongos que crecen y se desarrollan en forma natural, formando bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, y otros ecosistemas, dando lugar al desarrollo y convivencia equilibrada de otros recursos y procesos naturales;

LXXXI. Vegetación secundaria nativa: Aquella vegetación forestal que surge de manera espontánea como proceso de sucesión o recuperación en zonas donde ha habido algún impacto natural o antropogénico;</td><td>forestal, con los usos y superficies que se enlistan a continuación:

<table><tr><th rowspan="2">Uso de suelo y/o vegetación No forestal</th><th colspan="2">Superficie</th><th rowspan="2">%</th></tr><tr><th>m²</th><th>ha</th></tr><tr><td>Agricultura de temporal permanente</td><td>124,932.35</td><td>12.493</td><td>48.87</td></tr><tr><td>Sin vegetación aparente</td><td>79,217.18</td><td>7.922</td><td>30.99</td></tr><tr><td>Asentamientos humanos</td><td>27,537.05</td><td>2.754</td><td>10.77</td></tr><tr><td>Subtotal</td><td>231,686.58</td><td>23.169</td><td>90.62</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>Artículo 14. La Secretaría ejercerá las siguientes atribuciones:

Expedir, por excepción, las autorizaciones de cambio de uso de suelo en terrenos forestales;</td><td rowspan="4">El promovente es sabedor que, previo a realizar cualquier actividad de desmonte deberá obtener la autorización para el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF) por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal del Estado de Guerrero, ello en apego a lo establecido en el Artículo 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.</td></tr>
<tr><td>Artículo 68. Corresponderá a la Secretaría emitir los siguientes actos y autorizaciones:

I. Autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, por excepción; …</td></tr>
<tr><td>Artículo 69. Corresponderá a la Secretaría otorgar las siguientes autorizaciones:

I. Cambio de uso de suelo en terrenos forestales, por excepción; …</td></tr>
<tr><td>Artículo 93. La Secretaría autorizará el cambio de uso de suelo en terrenos forestales por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate y con base en los</td></tr>
</table>

Artículo de LGDFS	Cumplimiento
estudios técnicos justificativos cuyo contenido se establecerá en el Reglamento, los cuales demuestren que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados se mantenga, y que la erosión de los suelos, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación se mitiguen en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal. *En las autorizaciones de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, la Secretaría deberá dar respuesta debidamente fundada y motivada a las opiniones técnicas emitidas por los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate.* *Las autorizaciones que se emitan deberán integrar un programa de rescate y reubicación de especies de la flora y fauna afectadas y su adaptación al nuevo hábitat conforme se establezca en el Reglamento. Dichas autorizaciones deberán sujetarse a lo que, en su caso, dispongan los programas de ordenamientos ecológicos correspondientes, las Normas Oficiales Mexicanas y demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables.*	

III.5.4 Ley General de Vida Silvestre

Esta ley fue publicada en el DOF el 3 de julio de 2000, reformada por última vez el 16 de junio de 2025. La Ley General de Vida Silvestre (LGVS) tiene como objetivo la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en el territorio de la República Mexicana y en las zonas en donde la Nación ejerce su jurisdicción.

Tabla III-22. Vinculación con la Ley General de Vida Silvestre y propuesta de cumplimiento.

Artículo de LGVS	Cumplimiento
Artículo 1*. Su objeto es establecer la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los Municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, relativa a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en el territorio de la República Mexicana, y en el aprovechamiento sustentable de los recursos forestales maderables y de las especies cuyo medio de vida total sea el agua, quedará excluido de la aplicación de esta Ley y continuará sujeto a las leyes forestal y de pesca, respectivamente, salvo que se trate especies o poblaciones en riesgo.*	El presente proyecto no pretende realizar el aprovechamiento de ninguna especie ni recurso forestal. Sin embargo, durante la etapa de preparación del sitio y construcción, se prevé la generación de impactos adversos sobre la flora y fauna silvestre, por lo cual el proyecto queda obligado al cumplimiento de las disposiciones de la LGVS.
Artículo 2*. En todo lo no previsto por la presente Ley, se aplicarán las disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y de otras leyes relacionadas con las materias que regula este ordenamiento.*	Tal como se podrá observar durante todo el desarrollo del presente capítulo, el proyecto cumplirá con cada uno de los ordenamientos que marcan las leyes vigentes. En particular, en la Tabla III-16 se hace la vinculación respectiva con la LGEEPA.
Artículo 18. *Los propietarios y legítimos poseedores de predios en donde se distribuye la vida silvestre, tendrán el derecho a realizar su aprovechamiento sustentable y la obligación de contribuir a conservar el hábitat conforme a lo establecido en la presente Ley; asimismo podrán transferir esta prerrogativa a terceros, conservando el derecho a participar de los beneficios que se deriven de dicho aprovechamiento.* *Los propietarios y legítimos poseedores de dichos predios, así como los terceros que*	Aun cuando el proyecto provocará afectaciones temporales a la fauna silvestre y requerirá del desmonte de 2.398 ha de vegetación considerada forestal, no se considera la realización de ningún tipo de aprovechamiento de flora o fauna silvestre, de acuerdo con los preceptos definidos por la presente Ley. Para el desarrollo del proyecto no se realizará el aprovechamiento de los recursos forestales objeto del desmonte. Si bien, su remoción es necesaria para la construcción de la nueva vía general de

Artículo de LGVS	Cumplimiento
realicen el aprovechamiento, serán responsables solidarios de los efectos negativos que éste pudiera tener para la conservación de la vida silvestre y su hábitat.	comunicación, en ningún caso se considerará ello como aprovechamiento. Ahora bien, la fracción III del artículo 3 de la LGEEPA, define al aprovechamiento sustentable de la siguiente manera: *III.- Aprovechamiento sustentable: La utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos indefinidos;* En este sentido, se reitera que el proyecto incluye la ejecución de medidas de prevención, mitigación y de compensación ambiental que han sido estipuladas en el Capítulo VI de la presente MIA-R, las cuales van enfocadas a respetar la integridad funcional y la capacidad de carga de los ecosistemas. Dichas medidas se desarrollan a través de una serie de programas ambientales, los cuales se listan a continuación: • Programa de manejo, vigilancia y monitoreo ambiental; • Programa de rescate y reubicación de flora silvestre; • Programa de ahuyentamiento, rescate, reubicación y liberación de fauna silvestre; • Programa de reforestación y revegetación con especies nativas, y • Programa de conservación y protección a los componentes hídricos. Estos programas se presentan en el Anexo F de la presente MIA-R.

Artículo de LGVS	Cumplimiento
Artículo 19. *Las autoridades que, en el ejercicio de sus atribuciones, deban intervenir en las actividades relacionadas con la utilización del suelo, agua y demás recursos naturales con fines agrícolas, ganaderos, piscícolas, forestales y otros, observarán las disposiciones de esta Ley y las que de ella se deriven, y adoptarán las medidas que sean necesarias para que dichas actividades se lleven a cabo de modo que se eviten, prevengan, reparen, compensen o minimicen los efectos negativos de las mismas sobre la vida silvestre y su hábitat.*	La presente MIA-R propone en su Capítulo VI una serie de medidas encaminadas a evitar, prevenir, reparar, compensar y minimizar los efectos del proyecto sobre la vida silvestre y su hábitat. Entre dichas medidas se establece una serie de programas ambientales, los cuales se señalaron en la vinculación del artículo anterior.
Artículo 29 *Los Municipios, las Entidades Federativas y la Federación, adoptarán las medidas de trato digno y respetuoso para evitar o disminuir la tensión, sufrimiento, traumatismo y dolor que se pudiera ocasionar a los ejemplares de fauna silvestre durante su aprovechamiento, traslado, exhibición, cuarentena, entrenamiento, comercialización y sacrificio.* ***Artículo 31*** *Cuando se realice traslado de ejemplares vivos de fauna silvestre, éste se deberá efectuar bajo condiciones que eviten o disminuyan la tensión, sufrimiento, traumatismo y dolor, teniendo en cuenta sus características.*	Previo al desmonte y despalme, se ejecutarán acciones de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre, las cuales serán llevadas a cabo por un equipo de especialistas. En el Programa de ahuyentamiento, rescate, reubicación y liberación de fauna silvestre", se especifican a detalle las técnicas a utilizar para la captura, manejo y liberación, bajo la premisa de minimizar al máximo cualquier riesgo para los organismos rescatados.
Artículo 63. *La conservación del hábitat natural de la vida silvestre es de interés público.* *Los hábitats críticos para la conservación de la vida silvestre son áreas específicas terrestres o acuáticas, en las que ocurren procesos biológicos, físicos y químicos esenciales, ya sea para la supervivencia de*	El trazo de la vía general de comunicación incide sobre la Región Hidrológica Prioritaria "Río Atoyac-Laguna de Coyuca" y la Región Terrestre Marina Prioritaria "Coyuca-Tres Palos", definidas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

Artículo de LGVS	Cumplimiento
especies en categoría de riesgo, ya sea para una especie, o para una de sus poblaciones, y que por tanto requieren manejo y protección especial. Son áreas que regularmente son utilizadas para alimentación, depredación, forrajeo, descanso, crianza o reproducción, o rutas de migración. *La Secretaría podrá establecer, mediante acuerdo Secretarial, hábitats críticos para la conservación de la vida silvestre, cuando se trate de:* *a) Áreas específicas dentro de la superficie en la cual se distribuya una especie o población en riesgo al momento de ser listada, en las cuales se desarrollen procesos biológicos esenciales para su conservación.* *b) Áreas específicas que debido a los procesos de deterioro han disminuido drásticamente su superficie, pero que aún albergan una significativa concentración de biodiversidad.* *c) Áreas específicas en las que existe un ecosistema en riesgo de desaparecer, si siguen actuando los factores que lo han llevado a reducir su superficie histórica.* *d) Áreas específicas en las que se desarrollen procesos biológicos esenciales, y existan especies sensibles a riesgos específicos, como cierto tipo de contaminación, ya sea física, química o acústica, o riesgo de colisiones con vehículos terrestres o acuáticos, que puedan llevar a afectar las poblaciones.*	Aun y cuando esta regionalización no tiene por objeto el normar o establecer restricciones sobre el uso del suelo, ya que no constituyen instrumentos de política ambiental en términos normativos, sin embargo son herramientas básicas en conocimiento de la importancia de factores ambientales y procesos, que definen valores ecológicos a tomar en consideración en la planeación de obras y actividades a efecto de prevenir y tomar acciones que constituyan un aprovechamiento que no ponga en riesgo el capital biótico de una zona determinada. Consideraciones que han sido tomadas en cuenta para el diseño y ubicación del presente proyecto. Ahora bien, por lo que hace al concepto de hábitat crítico Al que alude el Artículo 63 en análisis, es importante destacar que los mismos no deben ser confundidos con las Regiones Prioritarias, ya que los hábitats críticos son áreas creadas por ACUERDO SECRETARIAL para la conservación de la vida silvestre. Conforme a lo anterior, en el sitio de pretendida ubicación del proyecto, NO EXISTEN ACUERDOS SECRETARIALES que establezcan la tipificación de la zona como hábitat crítico.

III.5.5 Ley Federal de Responsabilidad Ambiental

La Ley Federal de Responsabilidad Ambiental (LFRA) fue publicada en el DOF el 7 de junio de 2013, reformándose por última vez el 14 de noviembre de 2025. La presente Ley tiene como objetivo el regular la responsabilidad ambiental que nace de los daños ocasionados al ambiente, así como la reparación y compensación de dichos daños cuando sea exigible a través de los procesos judiciales federales previstos por el artículo 17 constitucional, los mecanismos alternativos de solución de controversias, los procedimientos administrativos y aquellos que correspondan a la comisión de delitos contra el ambiente y la gestión ambiental.

Tabla III-23. Ley Federal de Responsabilidad Ambiental.

Artículo de la LFRA	Cumplimiento
Artículo 6o.- *No se considerará que existe daño al ambiente cuando los menoscabos, pérdidas, afectaciones, modificaciones o deterioros no sean adversos en virtud d0e:* *I. Haber sido expresamente manifestados por el responsable y explícitamente identificados, delimitados en su alcance, evaluados, mitigados y compensados mediante condicionantes, y autorizados por la Secretaría, previamente a la realización de la conducta que los origina, mediante la evaluación del impacto ambiental o su informe preventivo, la autorización de cambio de uso de suelo forestal o algún otro tipo de autorización análoga expedida por la Secretaría; o de que,* *II. No rebasen los límites previstos por las disposiciones que en su caso prevean las Leyes ambientales o las normas oficiales mexicanas.*	Por medio de la presente y bajo protesta de decir verdad, con la presente MIA-R explícitamente se expresan, identifican, delimitan en su alcance y se evalúan los potenciales impactos ambientales asociados al desarrollo del proyecto; de igual forma se proponen medidas de prevención, mitigación y compensación respecto a éstos. Asimismo, se podrá observar y quedará en evidencia que con las medidas de prevención y mitigación se da cabal cumplimiento a las disposiciones aplicables.

III.5.6 Ley de Aguas Nacionales

La Ley de Aguas Nacionales (LAN) fue publicada en el DOF el 1 de diciembre de 1992, reformándose por última vez el 08 de mayo de 2023. La presente Ley es reglamentaria del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de aguas nacionales y tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable. Por lo que se deberán obtener previamente las autorizaciones correspondientes en el caso de uso o aprovechamiento de estas aguas.

Como fue señalado en el Capítulo II de la presente MIA-R, el proyecto contempla el agua necesaria para la preparación del sitio y construcción se abastecerá a través de convenios con prestadores de dicho servició que cuenten con los permisos y/o concesiones necesarias o en su defecto a través de convenios con los Ayuntamientos de los municipios involucrados.

Tabla III-24. Vinculación con la Ley de Aguas Nacionales y propuesta de cumplimiento.

Artículo de la LAN	Cumplimiento
Artículo 3. *Para los efectos de esta Ley se entenderá por:* .. ***XIII.*** *"Concesión": Título que otorga el Ejecutivo Federal, a través de "la Comisión" o del Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, y de sus bienes públicos* …	Como fue señalado, el proyecto contempla la construcción de cinco puentes con la finalidad de librar cauces de ríos, afectando su zona federal. Por tal motivo, la promovente realizará el Trámite CONAGUA-01-006 Concesión para la ocupación de terrenos federales, el cual va dirigido a las personas físicas o morales que pretendan ocupar las riberas o zonas federales contiguas a los cauces de las corrientes y a los vasos o depósitos de propiedad nacional.

Artículo de la LAN	Cumplimiento
XLVII. *"Ribera o Zona Federal": Las fajas de diez metros de anchura contiguas al cauce de las corrientes o al vaso de los depósitos de propiedad nacional, medidas horizontalmente a partir del nivel de aguas máximas ordinarias. La amplitud de la ribera o zona federal será de cinco metros en los cauces con una anchura no mayor de cinco metros.*	De igual manera y previo al desarrollo de cualquiera de estas obras, la promovente realizará el Trámite CONAGUA-02-002 Permiso para realizar obras de infraestructura hidráulica.
Artículo 20. *De conformidad con el carácter público del recurso hídrico, la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales se realizará mediante concesión o asignación otorgada por el Ejecutivo Federal a través de "la Comisión" por medio de los Organismos de Cuenca, o directamente por ésta cuando así le competa, de acuerdo con las reglas y condiciones que dispone la presente Ley y sus reglamentos. Las concesiones y asignaciones se otorgarán después de considerar a las partes involucradas, y el costo económico y ambiental de las obras proyectadas.*	Para la etapa de preparación del sitio y construcción del proyecto, el suministro de agua se realizará por medio de pipas. Para esto se buscará un convenio con el ayuntamiento de Coyuca de Benítez o en su defecto, con particulares que cuenten con las autorizaciones necesarias para poder prestar el servicio.
Artículo 86 BIS 2. *Se prohíbe arrojar o depositar en los cuerpos receptores y zonas federales, en contravención a las disposiciones legales y reglamentarias en materia ambiental, basura, materiales, lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales y demás desechos o residuos que por efecto de disolución o arrastre, contaminen las aguas de los cuerpos receptores, así como aquellos desechos o residuos considerados peligrosos en las Normas Oficiales Mexicanas respectivas. Se sancionará en*	Durante la etapa de construcción, se prohibirá la disposición de residuos de construcción y materiales peligrosos en cualquier tipo de cauce o cuerpos de agua. Durante la construcción, ampliación y mantenimiento de los puentes, el proyecto contempla acciones para evitar la caída de materiales hacia los cauces para evitar su contaminación. Estas medidas han sido previstas en el Capítulo VI y forman parte también de las actividades contempladas en el "Programa

Artículo de la LAN	Cumplimiento
términos de Ley a quien incumpla esta disposición.	de conservación y protección a los componentes hídricos". No deberán arrojarse materiales peligrosos (grasas, aceites, etc.) y/o residuos de construcción (arena, concreto, etc.) a los cuerpos de agua. Al finalizar la etapa de construcción del proyecto se llevará a cabo un programa de limpieza y saneamiento de los cauces en su intersección con la carretera, a efecto de remover cualquier material producto de la construcción que accidentalmente pudiera haberse depositado.
Artículo 88. *Las personas físicas o morales requieren permiso de descarga expedido por "la Autoridad del Agua" para verter en forma permanente o intermitente aguas residuales en cuerpos receptores que sean aguas nacionales o demás bienes nacionales, incluyendo aguas marinas, así como cuando se infiltren en terrenos que sean bienes nacionales o en otros terrenos cuando puedan contaminar el subsuelo o los acuíferos.* *El control de las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje o alcantarillado de los centros de población, corresponde a los municipios, con el concurso de los estados cuando así fuere necesario y lo determinen las leyes.*	Durante la etapa de preparación del sitio y construcción, el proyecto no prevé la descarga de aguas residuales en cuerpos receptores que sean aguas nacionales o demás bienes nacionales, puesto que los servicios sanitarios se darán a través de la instalación de letrinas móviles en relación 1:20 trabajadores como mínimo. El mantenimiento de los sanitarios móviles y la recuperación, manejo y traslado de los efluentes se realizará por medio de una empresa que cuenta con las debidas autorizaciones.

III.5.7 Ley General de Cambio Climático

La Ley General de Cambio Climático (LGCC), publicada en el DOF el 6 de junio de 2012, y reformada por última vez el 01 de abril de 2024. La LGCC establece

disposiciones para enfrentar los efectos adversos del cambio climático, es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de protección al ambiente, desarrollo sustentable, preservación y restauración del equilibrio ecológico. La disposición en comento contempla acciones dirigidas principalmente a los tres niveles de gobierno, por lo que se realizará una breve vinculación con sus objetivos y principios de su política nacional.

Tabla III-25. Vinculación con la Ley General de Cambio Climático y propuesta de cumplimiento.

Artículo de la ley	Cumplimiento
Artículo 26. *En la formulación de la política nacional de cambio climático se observarán los principios de:* *I. Sustentabilidad en el aprovechamiento o uso de los ecosistemas y los elementos naturales que los integran;* *II. Corresponsabilidad entre el Estado y la sociedad en general, en la realización de acciones para la mitigación y adaptación a los efectos adversos del cambio climático;* *IV. Prevención, considerando que ésta es el medio más eficaz para evitar los daños al medio ambiente y preservar el equilibrio ecológico ante los efectos del cambio climático;* *XI. Conservación de los ecosistemas y su biodiversidad, dando prioridad a los humedales, manglares, arrecifes, dunas, zonas y lagunas costeras, que brindan servicios ambientales, fundamental para reducir la vulnerabilidad, y*	Si bien, la formulación de la política nacional de cambio climático es competencia de la Federación, el artículo 26 establece en su fracción II un principio de corresponsabilidad entre el Estado y la sociedad en general en la realización de acciones para la mitigación y adaptación a los efectos adversos del cambio climático. El objeto primordial del *proyecto "Carretera Acapulco-Zihuatanejo, Tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta, del Cadenamiento 9+200 al 20+700"* no es la realización de acciones para la mitigación y adaptación a los efectos adversos del cambio climático, sino como su nombre lo indica, la construcción de una vía general de comunicación, específicamente una carretera. No obstante, tanto en la elaboración de la presente MIA-R, como en el procedimiento de evaluación a llevarse a cabo por esa Secretaría, se aplican de forma indirecta, algunos de los principios que establece el artículo 26 de la citada ley.

Artículo de la ley	Cumplimiento
XII. Compromiso con la economía y el desarrollo económico nacional, para lograr la sustentabilidad sin vulnerar su competitividad frente a los mercados internacionales.	La evaluación de impacto ambiental está sustentada en el denominado principio preventivo, considerando que es el medio más eficaz para reducir los impactos que pudieran llegar a generarse al medio ambiente y preservar el equilibrio ecológico. Es importante destacar que el proyecto, va acompañado de una serie de medidas ambientales que se presentan mediante los siguientes programas ambientales: • Programa de manejo, vigilancia y monitoreo ambiental; • Programa de rescate y reubicación de flora silvestre; • Programa de ahuyentamiento, rescate, reubicación y liberación de fauna silvestre; • Programa de reforestación y revegetación con especies nativas, y • Programa de conservación y protección a los componentes hídricos.
Artículo 27. *La política nacional de adaptación frente al cambio climático se sustentará en instrumentos de diagnóstico, planificación, medición, monitoreo, reporte, verificación y evaluación, tendrá como objetivos:* *I. Reducir la vulnerabilidad de la sociedad y los ecosistemas frente a los efectos del cambio climático;* *II. Fortalecer la resiliencia y resistencia de los sistemas naturales y humanos;*	De conformidad con lo que dispone la LGCC, se entiende por adaptación, al conjunto de medidas y ajustes en sistemas humanos o naturales, como respuesta a estímulos climáticos, proyectados o reales, o sus efectos, que pueden moderar el daño, o aprovechar sus aspectos beneficiosos. Como se advertirá de la lectura de los capítulos II, IV y VI de la presente MIA-R, el proyecto, prevé una serie de medidas a fin de prevenir y mitigar los impactos ambientales que pudieran llegar a

Artículo de la ley	Cumplimiento
III. Minimizar riesgos y daños, considerando los escenarios actuales y futuros del cambio climático; *IV. Identificar la vulnerabilidad y capacidad de adaptación y transformación de los sistemas ecológicos, físicos y sociales y aprovechar oportunidades generadas por nuevas condiciones climáticas;* *V. Establecer mecanismos de atención inmediata y expedita en zonas impactadas por los efectos del cambio climático como parte de los planes y acciones de protección civil, y* ***Artículo 28.** La federación, las entidades federativas y los municipios, en el ámbito de sus competencias, deberán ejecutar acciones para la adaptación en la elaboración de las políticas, la Estrategia Nacional, el Programa y los programas en los siguientes ámbitos:* *IV. Ecosistemas y biodiversidad, en especial de zonas costeras, marinas, de alta montaña, semiáridas, desérticas, recursos forestales y suelos;* ***Artículo 29.** Se considerarán acciones de adaptación:* *III. El manejo, protección, conservación y restauración de los ecosistemas, recursos forestales y suelos;* *IV. La conservación, el aprovechamiento sustentable, rehabilitación de playas, costas, zona federal marítimo terrestre, terrenos ganados al mar y cualquier otro depósito que se forme con aguas marítimas para uso turístico, industrial, agrícola, pesquero, acuícola o de conservación;*	generarse. Tales medidas contribuyen a las acciones de adaptación previstas por la ley como lo son la implementación de los programas ambientales contemplados.

Artículo de la ley	Cumplimiento
VI. La construcción y mantenimiento de infraestructura; *XVI. Los programas en materia de desarrollo turístico;*	

III.5.8 Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal

La Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal (LCPAF), publicada en el DOF el 22 de diciembre de 1993, y reformada por última vez el 14 de noviembre de 2025. La presente Ley tiene por objeto regular la construcción, operación, explotación, conservación y mantenimiento de los caminos y puentes, los que constituyen vías generales de comunicación, así como los servicios de auto transporte federal que en ellos operan y sus servicios auxiliares. Por ello la aplicación de la presente Ley al proyecto *"Carretera Acapulco-Zihuatanejo, Tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta, del Cadenamiento 9+200 al 20+700".*

Si bien, su enfoque no se orienta a regular los aspectos ambientales de las obras, sus disposiciones tienen efecto en algunos elementos del medio ambiente. Esto incluye el considerar que son parte de las vías generales de comunicación los terrenos necesarios para el derecho de vía, las obras, construcciones y demás bienes y accesorios que integran las mismas.

Tabla III-26. Vinculación con la Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal y propuesta de cumplimiento

Artículo de LCPAF	Cumplimiento
Artículo 1. *La presente Ley tiene por objeto regular la construcción, operación, explotación, conservación y mantenimiento de los caminos y puentes a que se refieren las fracciones I y V del Artículo siguiente, los cuales constituyen vías generales de comunicación; así como los servicios de autotransporte federal que en ellos operan, sus servicios auxiliares y el tránsito en dichas vías.*	El proyecto corresponde a la construcción y modernización de un cuerpo carretero, en el que se contemplan obras como la construcción de siete entronques a nivel, 10 paraderos dobles para dar orden y seguridad al transporte público, 16 obras hidráulicas de drenaje menor y cinco puentes como obras de drenaje mayor.
Artículo 5. *Es de jurisdicción federal todo lo relacionado con los caminos, puentes, así como el tránsito y los servicios de autotransporte federal que en ellos operan y sus servicios auxiliares.* *Corresponden a la Secretaría, sin perjuicio de las otorgadas a otras dependencias de la Administración Pública Federal las siguientes atribuciones:* ***I.*** *Planear, formular y conducir las políticas y programas para el desarrollo de los caminos, puentes, servicios de autotransporte federal y sus servicios auxiliares;* ***II.*** *Construir y conservar directamente caminos y puentes;* ***III.*** *Otorgar las concesiones y permisos a que se refiere esta Ley; vigilar su cumplimiento y resolver sobre su revocación o terminación en su caso;* ***IV.*** *Vigilar, verificar e inspeccionar que los caminos y puentes, así como los servicios de autotransporte y sus servicios auxiliares, cumplan con los aspectos técnicos y normativos correspondientes;*	Es la SICT la encargada de formular, gestionar y desarrollar el presente proyecto carretero.

III.5.9 Ley General de Bienes Nacionales

La Ley General de Bienes Nacionales (LGBN), fue publicada en el DOF el 20 de mayo de 2004, reformándose por última vez el 14 de noviembre de 2025. Esta Ley tiene por objeto establecer los bienes que constituyen el patrimonio de la Nación.

Tabla III-27. Vinculación con la Ley General de Bienes Nacionales y propuesta de cumplimiento.

Artículo de la LGBN	Cumplimiento
Artículo 7.- *Son bienes de uso común:* … ***VIII.-*** *Los cauces de las corrientes y los vasos de los lagos, lagunas y esteros de propiedad nacional;* ***IX.-*** *Las riberas y zonas federales de las corrientes;* … ***XI.-*** *Los caminos, carreteras, puentes y vías férreas que constituyen vías generales de comunicación, con sus servicios auxiliares y demás partes integrantes establecidas en la ley federal de la materia;* …	El proyecto carretero contempla cinco puentes con la finalidad de librar cauces de ríos, afectando su zona federal. Para su construcción de estos puentes la Promovente está en el proceso de recopilación de información para realizar los trámites CONAGUA-01-006 Concesión para la Ocupación de Terrenos Federales, ante la Comisión Nacional del Agua, y CONAGUA-02-002 Permiso para realizar obras de infraestructura hidráulica.
Artículo 8.- *Todos los habitantes de la República pueden usar los bienes de uso común, sin más restricciones que las establecidas por las leyes y reglamentos administrativos.* *Para aprovechamientos especiales sobre los bienes de uso común, se requiere concesión, autorización o permiso otorgados con las condiciones y requisitos que establezcan las leyes.*	

III.5.10 Conclusión de la vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables

Tabla III-28. Resumen de la vinculación con los ordenamientos jurídicos federales.

Disposición Normativa	Cumplimiento
Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos	Con la presentación de esta MIA-R, se pretende obtener la autorización en materia de impacto ambiental y con lo cual se cumple a cabalidad con la disposición constitucional referente a que toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar y el marco jurídico que deriva de la misma.
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental	El proyecto encuadra en los supuestos que establecen ambos ordenamientos jurídicos (por las fracciones I, VII y X del artículo 28 la LGEEPA y en los supuestos previstos en los incisos B), O) y R) del artículo 5º del REIA, por lo tanto, se solicita una autorización de impacto ambiental mediante la presentación de esta MIA-R.
Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable	Para la ejecución de las obras contempladas por el proyecto *Carretera Acapulco-Zihuatanejo, tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta, del cadenamiento 9+200 al 20+700"*, se hace necesaria la remoción de vegetación forestal en una superficie de 2.398 ha, dejándose en claro ante esa DGIRA que previo a realizar cualquier actividad de desmonte, la SICT deberá obtener la autorización para el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF) por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal del Estado de Guerrero, ello en apego a lo establecido en el Artículo 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.
Ley General de Vida Silvestre	El presente proyecto no pretende realizar el aprovechamiento de ninguna especie ni recurso forestal. Sin embargo, durante la etapa de preparación del sitio y construcción se generarán impactos ambientales sobre el hábitat subóptimos de distintas especies silvestres, por lo

Disposición Normativa	Cumplimiento
	cual el proyecto queda obligado al cumplimiento de las disposiciones de la LGVS.
Ley Federal de Responsabilidad Ambiental	Con la presente MIA-R explícitamente se expresan, identifican, delimitan y se evalúan los posibles impactos ambientales a generar por la implementación del proyecto "*Carretera Acapulco-Zihuatanejo, Tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta, del Cadenamiento 9+200 al 20+700",* de igual forma se proponen medidas de prevención y mitigación respecto o éstos. Así mismo, el proyecto no rebasa lo dispuesto por las disposiciones aplicables.
Ley de Aguas Nacionales	Puesto que el proyecto contempla la construcción de cinco puentes que inciden sobre la zona federal, se contemplan medidas de prevención ambiental con la finalidad de no contravenir las disposiciones establecidas por los artículos 86 BIS 2 y 88 de la presente Ley. De igual manera previa al desarrollo de cualquier obra o actividad relacionada con estas obras, el promovente deberá realizar los trámites pertinentes ante la CONAGUA. Por su parte para el suministro de agua prevé que este sea a través de particulares que cuenten con las autorizaciones pertinentes para prestar el servicio.
Ley General sobre Cambio Climático	El *proyecto* "*Carretera Acapulco-Zihuatanejo, Tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta, del Cadenamiento 9+200 al 20+700"*, contempla la elaboración e implementación de diversos programas ambientales que incluyen una serie de medidas de prevención mitigación y control, congruentes con las disposiciones de la LGCC, por lo que el proyecto se apega con lo que establece la normatividad en materia de cambio climático.
Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal	El enfoque de la presente Ley no se orienta en regular los aspectos ambientales de las obras, sin embargo, fue considerada, puesto que el proyecto se trata de la construcción y modernización, de un cuerpo carretero, incluyendo siete entronques a nivel, 10 paraderos dobles

Disposición Normativa	Cumplimiento
	para dar orden y seguridad al transporte público, 16 obras hidráulicas de drenaje menor y cinco puentes como obras de drenaje mayor.
Ley General de Bienes Nacionales	Como ya se mencionó, el proyecto contempla la construcción de cinco obras de drenaje mayor que inciden en la zona federal, por lo que se consideraron las disposiciones establecidas por la LGBN. Para la construcción de los puentes que implican la afectación de la zona federal, el promovente está en el proceso de recopilación de información para realizar el trámite CONAGUA-01-006 Concesión para la Ocupación De Terrenos Federales, ante la Comisión Nacional del Agua y el trámite CONAGUA-02-002, Permiso para realizar obras de infraestructura hidráulica.

III.6 SITIOS RAMSAR

Los Humedales de Importancia Internacional, mejor conocidos como Sitios Ramsar, son áreas que han sido reconocidas internacionalmente al asignarles una designación de acuerdo con los criterios establecidos por la "Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas" (Convención Ramsar), tratado internacional del que México es parte. Esta Convención fue celebrada en la ciudad de Ramsar, Irán el 2 de febrero de 1971.

En México, la Convención Ramsar fue aprobada por la Cámara de Senadores del Congreso de la Unión el 20 de diciembre de 1984 y fue publicada en el DOF los días 24 de enero y 18 de julio del año 1985. Actualmente nuestro país cuenta con 144 Humedales de Importancia Internacional, ocupando el segundo lugar a nivel mundial. El sitio RAMSAR más cercano al proyecto se localiza a una distancia aproximada de 138 km aproximadamente, conocido como "Playa Tortuguera Tierra Colorada", tal y como se aprecia en la siguiente Figura.

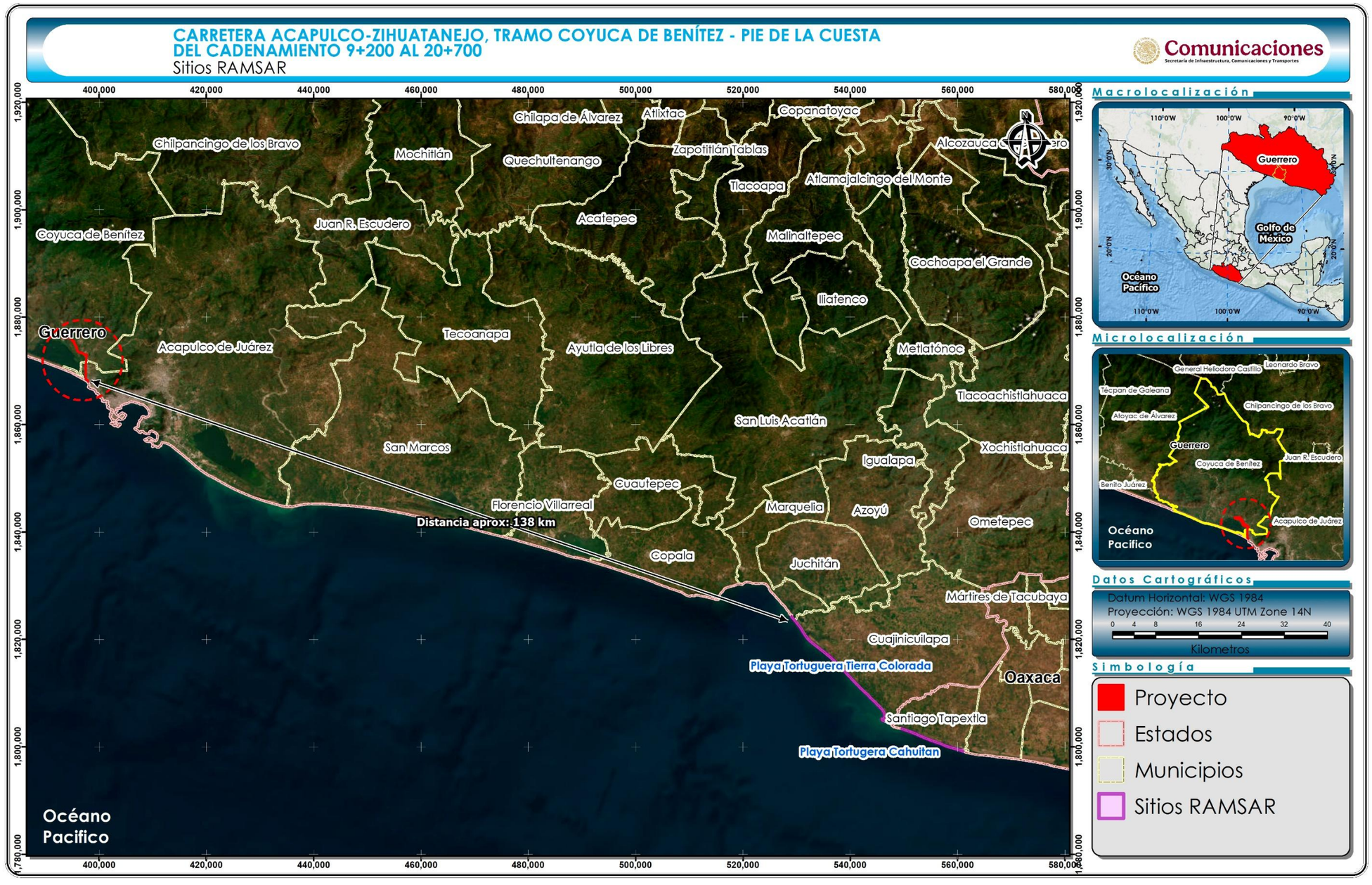


Figura III-19. Ubicación de los sitios Ramsar más cercanos al proyecto.

III.7 REGIONES PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD DE LA COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD CONABIO

La regionalización implica la división de un territorio en áreas menores con características comunes y representa una herramienta metodológica básica en la planeación ambiental, pues permite el conocimiento de los recursos para su manejo adecuado. La importancia de la regionalización de tipo ambiental estriba en que se consideran análisis basados en ecosistemas, cuyo objetivo principal es incluir la heterogeneidad ecológica que prevalece dentro de un determinado espacio geográfico para, así, proteger hábitats y áreas con funciones ecológicas vitales para la biodiversidad.

En este contexto, la designación de Regiones Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad que lleva a cabo la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) se orienta en la detección de áreas cuyas características físicas y bióticas favorezcan condiciones particularmente importantes desde el punto de vista de la biodiversidad y la funcionalidad de los ecosistemas. Estas regiones se dividen en:

- Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA's)
- Regiones Terrestres Prioritarias (RTP's)
- Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP's)
- Regiones Marinas Prioritarias (RMP's)

Por ello, estas regionalizaciones no son jurídicamente vinculantes con el proyecto que se presenta, sin embargo, fueron tomadas en consideración a efecto de identificar elementos, factores y fragilidad de los que componen el AP.

Con relación a los ejercicios de regionalización llevados a cabo por la CONABIO y el trazo del proyecto, se identificó la siguiente relación:

Tabla III-29. Relación del proyecto con las Regiones Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

Región	Nombre	Relación con el proyecto
RHP	Río Atoyac-Laguna de Coyuca	Dentro de ella
RMP	Coyuca-Tres Palos	Dentro de ella
RTP	Sierra madre del Sur de Guerrero	Ubicada a 1.2 km
AICA	Lagunas Costeras de Guerrero	Ubicada a 1.2 km

La anterior se demuestra con la siguiente serie de figuras:

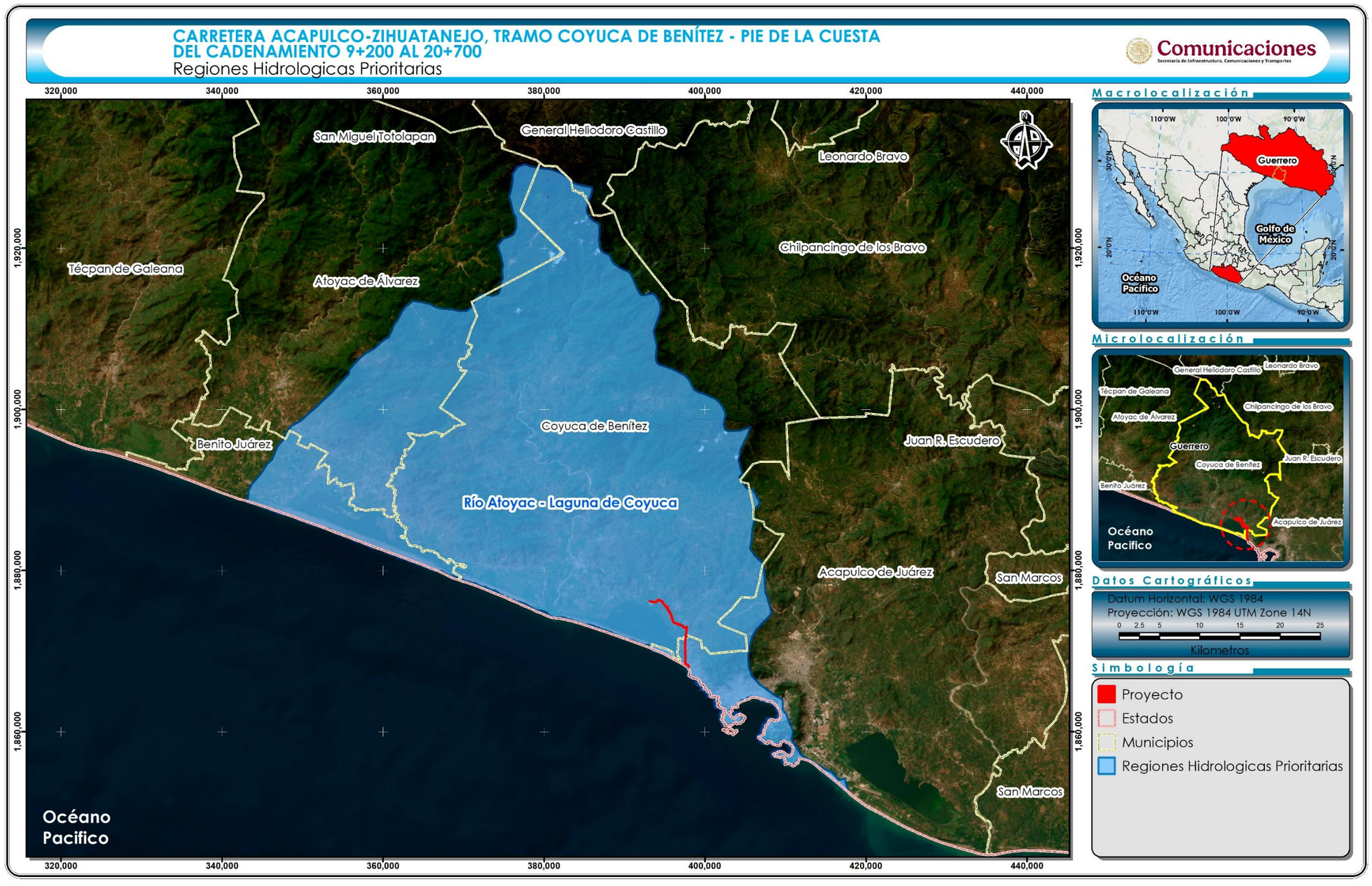


Figura III-20. Ubicación de la Carretera Acapulco-Zihuatanejo, tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta dentro de la RHP Río Atoyac -Laguna de Coyuca

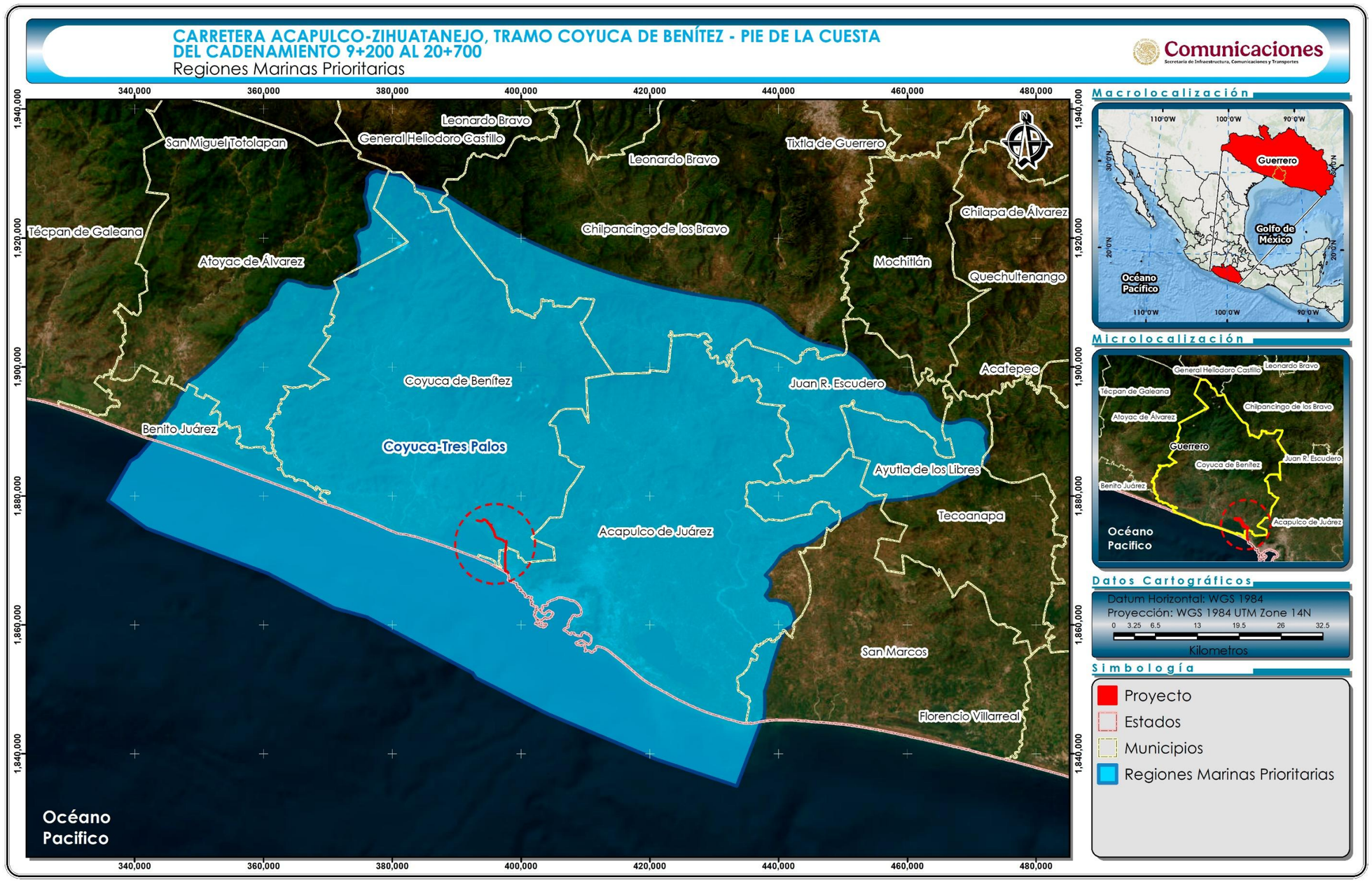


Figura III-21. Ubicación de la Carretera Acapulco-Zihuatanejo, tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta dentro de la RMP Coyuca-Tres Palos

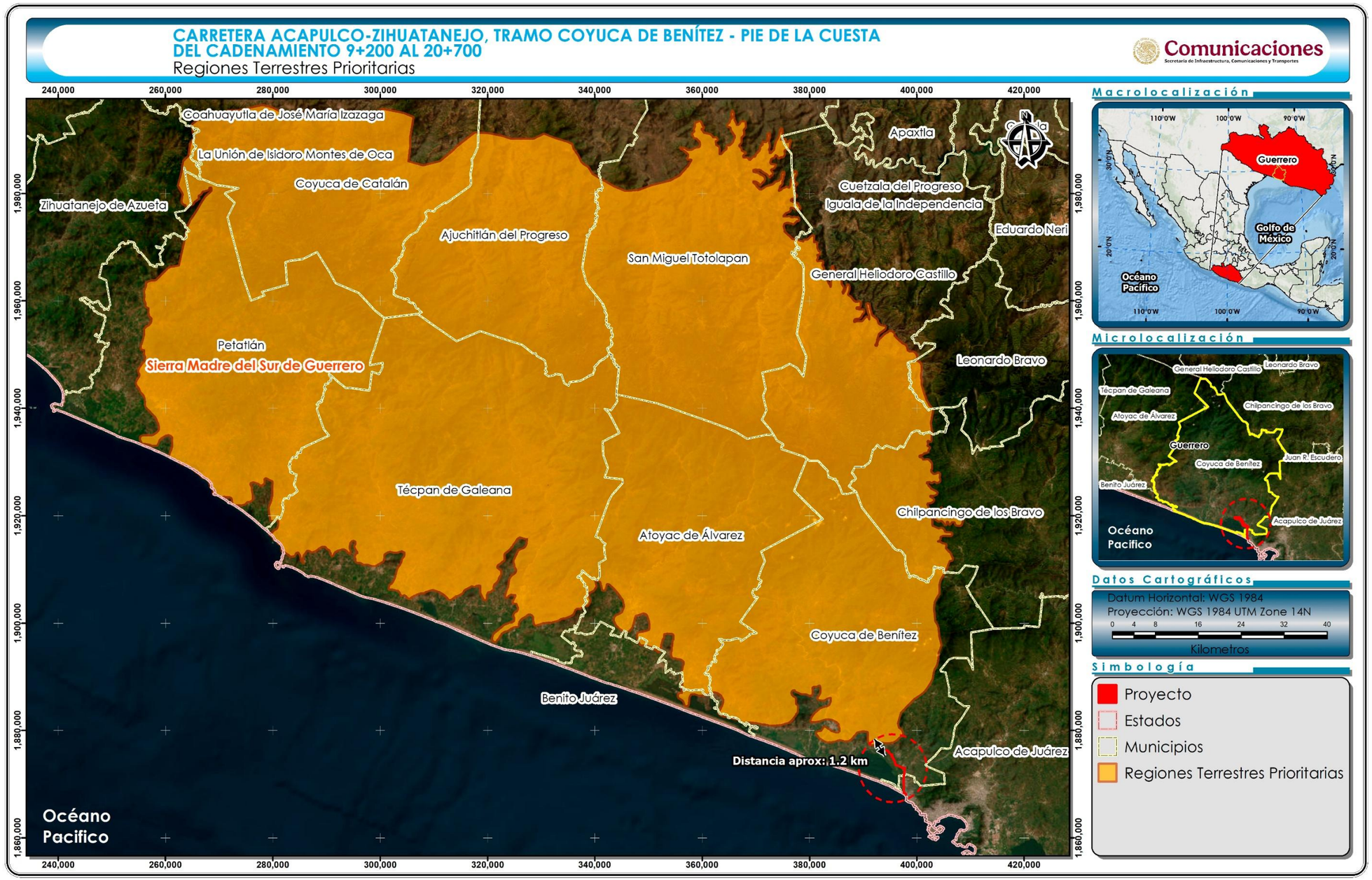


Figura III-22. RHP's cercanas a la Carretera Acapulco-Zihuatanejo, tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta.

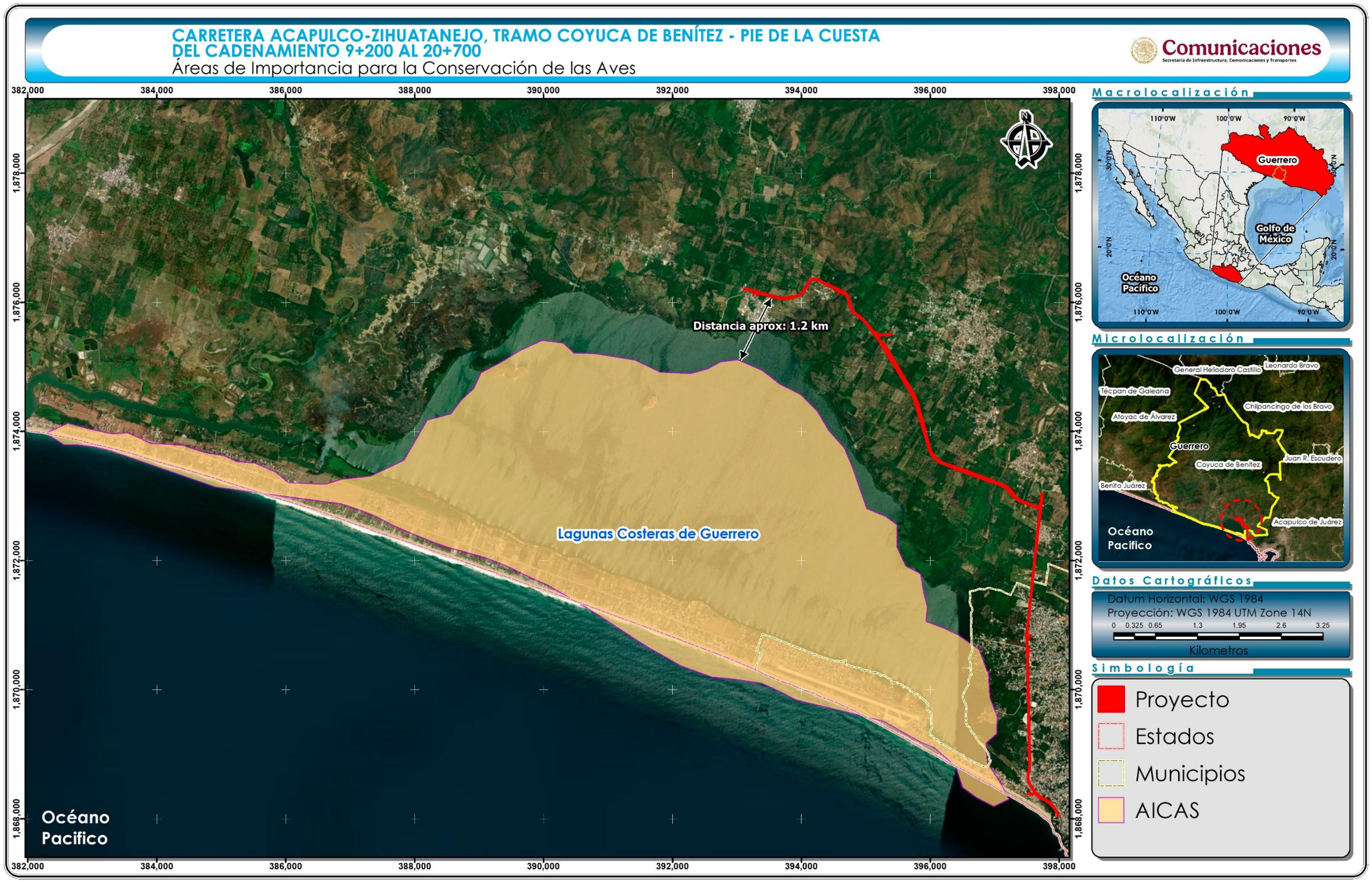


Figura III-23. AICA's cercanas a la Carretera Acapulco-Zihuatanejo, tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta.

A continuación, se presentan los aspectos relevantes de la RHP Río Atoyac-Laguna de Coyuca y la RMP Coyuca-Tres Palos.

III.7.1 RHP Río Atoyac-Laguna de Coyuca

Estado: Guerrero

Polígono: Latitud. 17°27'36" - 16°46'48" N | Longitud. 100°28'48" - 99°49'12" W

Extensión: 2,166.08 km2

Recursos hídricos principales

- **Lénticos:** lagunas de Coyuca y Mitla
- **Lóticos:** ríos Atoyac, Coyuca y Camotal

Limnología básica: La laguna de Coyuca está considerada mesotrófica.

Indicadores de calidad de agua: ND

Problemática:

- Modificación del entorno: desforestación para agricultura, introducción de ganado y tala inmoderada. Las partas altas (arriba de los 800 msnm) mejor conservadas.
- Contaminación: por basura, agroquímicos y materia orgánica.
- Uso de recursos: silvicultura, vertebrados, insectos y plantas en riesgo. Narcotráfico e inestabilidad social. Uso de suelo forestal y agrícola.

Conservación: se requiere control de la desforestación; disposición adecuada de aguas negras urbanas e infraestructura de saneamiento. Faltan conocimientos limnológícos.

III.7.2 RMP Coyuca-Tres Palos

Estado: Guerrero

Polígono: Latitud. 16°35'24" a 17°28'12" | Longitud. 99°25'12" a 100°33'

Extensión: 829 km^2.

Descripción: costa, marisma, humedales, dunas, playas, lagunas.

Oceanografía: predomina la corriente Costanera de Costa Rica y Norecuatorial. Oleaje alto. Aporte de agua dulce por ríos. Ocurren marea roja y "El Niño". Hay procesos de turbulencia.

Problemática

- Modificación del entorno: descargas de agua dulce, agroquímicos y fertilizantes, desechos ganaderos. Daño al ambiente por el transporte turístico.
- Uso de recursos: especies de aves en riesgo.
- Especies introducidas: de tilapia y palma cocotera.
- Regulación: desconocimiento de la normatividad vigente para el aprovechamiento de los recursos (Tres Palos). Pesca ilegal.

Conservación: debe tomarse en cuenta la importancia que representa la zona para varios grupos zoológicos, especialmente aves y por su diversidad de hábitats. El impacto turístico es potencial. Falta conocimiento de la región.

III.7.3 Conclusión de la vinculación con las regiones prioritarias para la conservación de la biodiversidad

Si bien la RMP y RHP sobre las que tiene incidencia cuentan con una gran extensión en la que se desarrollan diferentes tipos de ecosistemas los cuales no tienen relación alguna con el AP, se consideró la problemática ambiental señalada para

cada una de ellas así como las medidas de conservación propuestas para el establecimiento de las prevención, control, mitigación de los impactos ambientales que lleguen a ser generados por el proyecto, las cuales se presentan en el Capítulo VII de esta MIA-R

Cabe señalar que estas delimitaciones regionales no tienen la facultad de regular el uso de suelo, por lo que no prohíben ni establecen condiciones para obras o actividades en su interior, y tampoco tienen la facultad de normar, ningún tipo de obra. Por ello, estas regionalizaciones no establecen ninguna restricción o regulación para el desarrollo del proyecto que se presenta, sin embargo, fueron tomadas en consideración a efecto de identificar elementos, factores y fragilidad de los que componen el AP.

III.8 EN MATERIA DE PLANEACIÓN FEDERAL

La vinculación del proyecto "*Carretera Acapulco-Zihuatanejo, Tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta, del Cadenamiento 9+200 al 20+700"* con los instrumentos de planeación vigentes demuestra su congruencia con las políticas públicas de desarrollo económico, bienestar social y sustentabilidad ambiental en los tres órdenes de gobierno.

III.8.1 Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en su Artículo 26, establece la obligatoriedad de elaborar un Plan Nacional de Desarrollo, al cual deberán sujetarse necesariamente todos los programas de la Administración Pública Federal. El Plan es un instrumento fundamental que guía y orienta el rumbo del Estado, no como un fin en sí mismo, sino como un medio para alcanzar los objetivos del desarrollo, que contribuya a la independencia y a la democratización política, social y cultural de la nación.

El Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030 (en adelante PND) se publicó en el Diario oficial de la Federación, el 15 de abril de 2025, el cual presenta una propuesta para la transformación de la vida pública de México para el bienestar de todas y todos. Para lograr esta transformación, los objetivos y las estrategias que plantea el PND están encaminados a atender las principales causas de fondo que han impedido el desarrollo nacional.

El PND se compone por cinco apartados, siendo estos los siguientes:

- Cien Compromisos para el Segundo Piso de la Transformación;
- Diagnóstico de la Nación: ¿Dónde estamos?;
- Rumbo al futuro: Objetivos y estrategias;
- Medición del progreso: Indicadores de seguimiento, y
- Visión de largo plazo: Plan México

El segundo de estos **Diagnóstico de la Nación: ¿Dónde estamos?** Se divide en tres ejes generales y dos transversales.

Diagnóstico de la Nación: ¿Dónde estamos?

- Eje general 1: Gobernanza con justicia y participación ciudadana
- Eje general 2: Desarrollo con bienestar y humanismo
- Eje general 3: Economía moral y trabajo
- Eje general 4: Desarrollo sustentable
- Eje transversal 1: Igualdad sustantiva y derechos de las mujeres
- Eje transversal 2: Innovación pública para el desarrollo tecnológico nacional

En relación con las obras que contempla el proyecto *"Carretera Acapulco-Zihuatanejo, Tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta, del km 14+000 al 20+700, en el estado de Guerrero"*, este se alinea de manera directa con el objetivo 3.7 del **Eje General 3: Economía moral y trabajo**, que a letra dice:

Objetivo 3.7: Mejorar la movilidad de personas y mercancías en todo el territorio nacional y transfronterizo, incrementando la competitividad del país mediante la consolidación de una red intermodal de infraestructura para un transporte eficiente, sostenible y seguro.	
Estrategia 3.7.1	*Incrementar la conectividad entre regiones para mejorar el acceso a comunidades aisladas y promover el desarrollo de centros poblacionales, económicos y turísticos, integrando el ordenamiento territorial con criterios de movilidad sustentable, segura, accesible e incluyente, que contribuyan al bienestar regional, al comercio interno y transfronterizo, y al turismo.*
Estrategia 3.7.2	*Fomentar la construcción, modernización y conservación de la infraestructura de transporte para garantizar la movilidad de personas, bienes, servicios y turistas nacionales e internacionales, asegurando condiciones de seguridad vial, accesibilidad, eficiencia, sostenibilidad, calidad, inclusión e igualdad.*

Considerando lo anterior, el proyecto "*Carretera Acapulco-Zihuatanejo, Tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta, del Cadenamiento 9+200 al 20+700"*, en su modalidad regional, se alinea de manera directa y verificable con el Objetivo 3.7 del Plan Nacional de Desarrollo (PND), relativo a mejorar la movilidad de personas y mercancías en todo el territorio nacional, incrementando la competitividad del país mediante la consolidación de una red intermodal de infraestructuras para un transporte eficiente, sostenible y seguro.

La modernización y/o construcción del tramo carretero propuesto contribuye a mejorar la movilidad de personas y mercancía y conectividad regional en la franja costera del estado de Guerrero, donde la movilidad actual presenta una necesidad de mejorar para evitar limitaciones para el acceso oportuno a bienes y servicios. En este contexto, el proyecto contribuye al PND en los términos siguientes:

a) Contribución al Objetivo 3.7 del PND

El proyecto fortalece la red carretera estratégica del litoral del Pacífico mexicano, al mejorar la continuidad, capacidad y seguridad del corredor Acapulco–Zihuatanejo. Esta intervención incrementa la eficiencia en el traslado de personas y mercancías, reduce tiempos y costos de transporte, y eleva la confiabilidad logística regional, factores que inciden positivamente en la competitividad económica y en la integración territorial.

Asimismo, al incorporar criterios técnicos actualizados de diseño, señalización, dispositivos de seguridad vial y manejo ambiental, el proyecto promueve una movilidad más eficiente, en concordancia con el enfoque de sostenibilidad previsto en el PND.

b) Alineación con la Estrategia 3.7.1: Incrementar la conectividad regional

El tramo Coyuca de Benítez – Pie de la Cuesta constituye un enlace clave entre centros poblacionales, zonas productivas y destinos turísticos de relevancia nacional e internacional. Su ejecución permitirá:

- Mejorar el acceso de comunidades locales a servicios básicos, mercados regionales y oportunidades de empleo.
- Reducir el aislamiento relativo de localidades costeras y rurales, favoreciendo la cohesión social y el bienestar regional.

- Integrar el ordenamiento territorial con criterios de movilidad sustentable, al optimizar un trazo existente y minimizar trayectos inseguros o ineficientes.
- Fortalecer la actividad turística de la región, al ofrecer una infraestructura vial más segura y funcional para visitantes nacionales e internacionales.

De esta manera, el proyecto contribuye a un desarrollo regional más equilibrado, alineado con los principios de accesibilidad, inclusión y seguridad establecidos en el PND.

c) Alineación con la Estrategia 3.7.2: Construcción, modernización y conservación de infraestructura de transporte

El proyecto se inscribe en la estrategia de fomento a la construcción y modernización de infraestructura de transporte, al priorizar la mejora de un corredor existente con altos volúmenes de tránsito y relevancia económica. La obra contempla criterios de:

- Eficiencia y calidad, al optimizar la capacidad operativa de la vía y reducir tiempos de traslado.
- Sostenibilidad, al integrar medidas de prevención, mitigación y compensación de impactos ambientales, conforme a la normatividad aplicable.
- Accesibilidad e inclusión, al considerar condiciones de tránsito más seguras para todos los usuarios de la vía.

En este sentido, la ejecución del proyecto no sólo atiende una necesidad de infraestructura, sino que también refuerza la política pública de conservación y modernización de la red carretera nacional, bajo un enfoque preventivo y de largo plazo.

III.8.2 Programa Sectorial de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes 2025-2030

El Programa Sectorial de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes 2025–2030 (PSICyT) tiene como propósito orientar la planeación, construcción, modernización y conservación de la infraestructura de transporte y comunicaciones del país, a fin de mejorar la conectividad territorial, garantizar una movilidad segura, eficiente, incluyente y sostenible, y fortalecer el desarrollo económico y social, priorizando el bienestar de la población y la integración regional.

El PSICyT define seis objetivos que atenderán las necesidades prioritarias del Sector, para consolidar la transformación del país bajo un modelo de desarrollo con bienestar, justicia social y sustentabilidad, así como fortalecer el Segundo Piso de la Transformación.

Objetivos del Programa Sectorial de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes 2025–2030
Objetivo 1. Mejorar la conectividad y accesibilidad territorial mediante la construcción, modernización y conservación de infraestructura carretera con criterios de inclusión social, sostenibilidad y eficiencia para garantizar la movilidad de personas y mercancías.
Objetivo 2. Impulsar un Sistema Ferroviario Mexicano y proyectos para el transporte masivo de pasajeros sostenibles, accesibles y eficientes, que garanticen la seguridad en el traslado de personas y mercancías.
Objetivo 3. Garantizar un autotransporte federal eficiente, incluyente, moderno, seguro y sustentable, mediante la regulación, verificación y modernización de la flota vehicular, con la finalidad de incrementar la seguridad de los usuarios.
Objetivo 4. Consolidar un sistema de transporte aéreo seguro, eficiente, competitivo y sostenible que impulse la conectividad regional.
Objetivo 5. Promover la cobertura y el acceso a servicios de telecomunicaciones para favorecer la conectividad significativa con énfasis en la población en situación de vulnerabilidad.
Objetivo 6. Contribuir al fortalecimiento de la protección social y fomento de la sostenibilidad ambiental mediante proyectos integrales de infraestructura urbana, educativa, cultural y de transporte y manejo de residuos sólidos, que mejoren la calidad de vida de la población.

En ese sentido, el proyecto "*Carretera Acapulco-Zihuatanejo, Tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta, del Cadenamiento 9+200 al 20+700"*, se alinea de manera directa con el **Objetivo 1** del PSICyT, al tratarse de la construcción y modernización de la carretera Acapulco – Zihuatanejo, en el tramo que va de Pie de la Cuesta, en el municipio de Acapulco, a El Embarcadero, municipio de Coyuca de Benítez, coadyubando con el propósito mejorar la conectividad y accesibilidad territorial mediante la construcción, modernización y conservación de infraestructura carretera, bajo criterios de inclusión social, sostenibilidad y eficiencia.

La ejecución del proyecto contribuye al fortalecimiento de la conectividad regional en la franja costera del estado de Guerrero, al mejorar un corredor carretero estratégico para la movilidad de personas y mercancías, así como para el acceso a

centros poblacionales, zonas productivas y destinos turísticos. La ejecución del proyecto permite reducir tiempos de traslado, incrementar la seguridad vial y optimizar la operación del transporte regional y federal.

Asimismo, el proyecto incorpora criterios de sostenibilidad ambiental, al prever la implementación de medidas de prevención y mitigación de impactos conforme a la normatividad vigente, y favorece la inclusión social al mejorar el acceso de la población a servicios, oportunidades económicas y sociales. En este sentido, el proyecto constituye una acción congruente con el **Objetivo 1** del PSICyT al promover una infraestructura carretera más eficiente, segura y accesible, en beneficio del desarrollo regional.

III.8.3 Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2025-2030

El Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (PROMARNAT) se publicó en el DOF el 09 de julio de 2025. El presente instrumento está estructurado por cinco Objetivos prioritarios, listados a continuación:

1. *Conservar, proteger y aprovechar sustentablemente los ecosistemas para salvaguardar la biodiversidad y sus servicios ambientales, consolidándolos como un medio para erradicar la pobreza, reducir desigualdades y fortalecer el tejido social, con respeto a los derechos humanos e igualdad, priorizando comunidades indígenas y afromexicanas.*
2. *Restaurar ecosistemas naturales prioritarios para la biodiversidad y sus servicios ambientales, con enfoque interdisciplinario, intersectorial y con la participación de comunidades locales, indígenas y afromexicanas, basado en principios de igualdad, inclusión y justicia ambiental.*
3. *Garantizar el derecho humano al agua, asegurando la gestión sustentable de los recursos hídricos y fomentando la protección e integridad de las cuencas y acuíferos, los ecosistemas y su biodiversidad.*

4. *Fortalecer la acción climática para transitar hacia una economía adaptativa y baja en carbono, integrando la prevención y control de la contaminación para proteger la salud de la población, ecosistemas, sistemas productivos y la infraestructura estratégica ante los impactos climáticos.*
5. *Impulsar una política ecológica humanista, con participación ciudadana, inclusiva y de acceso a la justicia ambiental, respaldada por una cultura ambiental e información relevante para la toma de decisiones, con enfoque territorial.*

Como se puede leer, estos objetivos van orientados a impulsar y forjar la preservación de un medio ambiente sano, a la par de un desarrollo económico y social apegado a la sustentabilidad. Si bien, estos objetivos prioritarios van dirigidos principalmente a la administración pública federal, el último objetivo establece el apego a las decisiones de política pública en materia ambiental y enfoque territorial. En relación con ello, el presente proyecto cumple con toda la normatividad ambiental aplicable, tal y como se demuestra en el presente capítulo, en el cual se han vinculado las leyes en materia ambiental, programas de ordenamiento ecológico y territorial, Normas Oficiales Mexicanas, decretos de Áreas Naturales Protegidas, regiones prioritarias para la biodiversidad y planes y/o programas de desarrollo urbano.

Por otra parte, el presente proyecto contempla la implementación de medidas de prevención, control, mitigación y compensación ambiental, con la finalidad de disminuir al máximo los posibles impactos adversos que el proyecto pudiera generar; acciones que coadyuvan al cumplimiento de los objetivos prioritarios del PROMARNAT.

III.9 PROGRAMA NACIONAL DE RESTAURACIÓN AMBIENTAL 2025-2030

El Programa Nacional de Restauración Ambiental (PNRA) tiene como propósito restaurar ecosistemas degradados en sitios prioritarios mediante acciones estratégicas, plazos definidos y la participación activa de diversos sectores. A través

de alianzas con actores sociales, gestión eficiente de recursos y la implementación de soluciones basadas en la naturaleza, el programa busca mitigar el deterioro ambiental, fortalecer la resiliencia del territorio y garantizar la provisión de servicios ecosistémicos esenciales para las generaciones presentes y futuras.

III.9.1 Objetivos

III.9.1.1 Objetivo general

Establecer las bases para revertir la degradación ambiental en el territorio mexicano en un proceso abierto, continuo, a corto, mediano y largo plazos; a través de un enfoque integral que permita la transversalización de las responsabilidades en cada nivel de gobierno y la corresponsabilidad de la sociedad civil, la academia y el sector empresarial; así como garantizar el cumplimiento de los compromisos establecidos a nivel nacional e internacional a fin de fortalecer el bienestar ambiental, social y económico del país.

III.9.1.2 Objetivos particulares

- Establecer las bases para que los diferentes niveles de gobierno diseñen e implementen de manera efectiva las políticas en materia de restauración, adaptadas a sus contextos ecológicos, sociales, económicos, y necesidades locales.
- Articular y fortalecer las acciones de restauración dentro de los distintos instrumentos de planeación de las políticas nacionales y sectoriales.
- Reducir la vulnerabilidad de la población ante el cambio climático, propiciando procesos de adaptación a partir de la restauración ambiental.

- Restaurar, conservar y gestionar de manera sustentable e interconectada, los ecosistemas terrestres, acuáticos continentales y marinos costeros.
- Desarrollar e implementar procesos de investigación para generar conocimientos, saberes, técnicas e innovaciones tecnológicas para las acciones de restauración.
- Identificar y seleccionar sitios prioritarios para restauración, estableciendo puntos detonantes que impulsen el bienestar ambiental, social y económico del país.

**El subrayado es propio.*

III.9.2 Orientaciones para la restauración

Las aproximaciones a la restauración planteadas en el PNRA retoman las distintas formas que a lo largo de los años han experimentado y ejecutado diversas comunidades y especialistas en el mundo. En ellas se considera la convergencia e interacción en el territorio de procesos ecológicos, socioeconómicos, culturales, e históricos y, por supuesto, las vulnerabilidades climáticas y sociales

La restauración ambiental se plantea como una estrategia integral que promueve el bienestar humano a través de la recuperación de servicios ecosistémicos y los medios de vida, además de reducir desigualdades territoriales, impulsar la seguridad alimentaria y generar empleo verde, incorporando a las comunidades locales como protagonistas del proceso.

Es fundamental garantizar el cumplimiento de los principios establecidos y optimizar el éxito de los proyectos de restauración en los sitios con mayor viabilidad e impacto positivo. Por ello, la selección y priorización de estos sitios se basó en criterios ecológicos, sociales, económicos, culturales e institucionales, permitiendo identificar las mejores oportunidades para implementar acciones efectivas.

III.9.3 Priorización de sitios, tipos y mecanismos de restauración

El PNRA define 325 sitios a restaurar, definiendo tres escenarios de acción, el primero de ellos a iniciar en el presente año 2025, el segundo a iniciar en el 2026 y el tercero establece los sitios con potencial de restaurarse antes del año 2050.

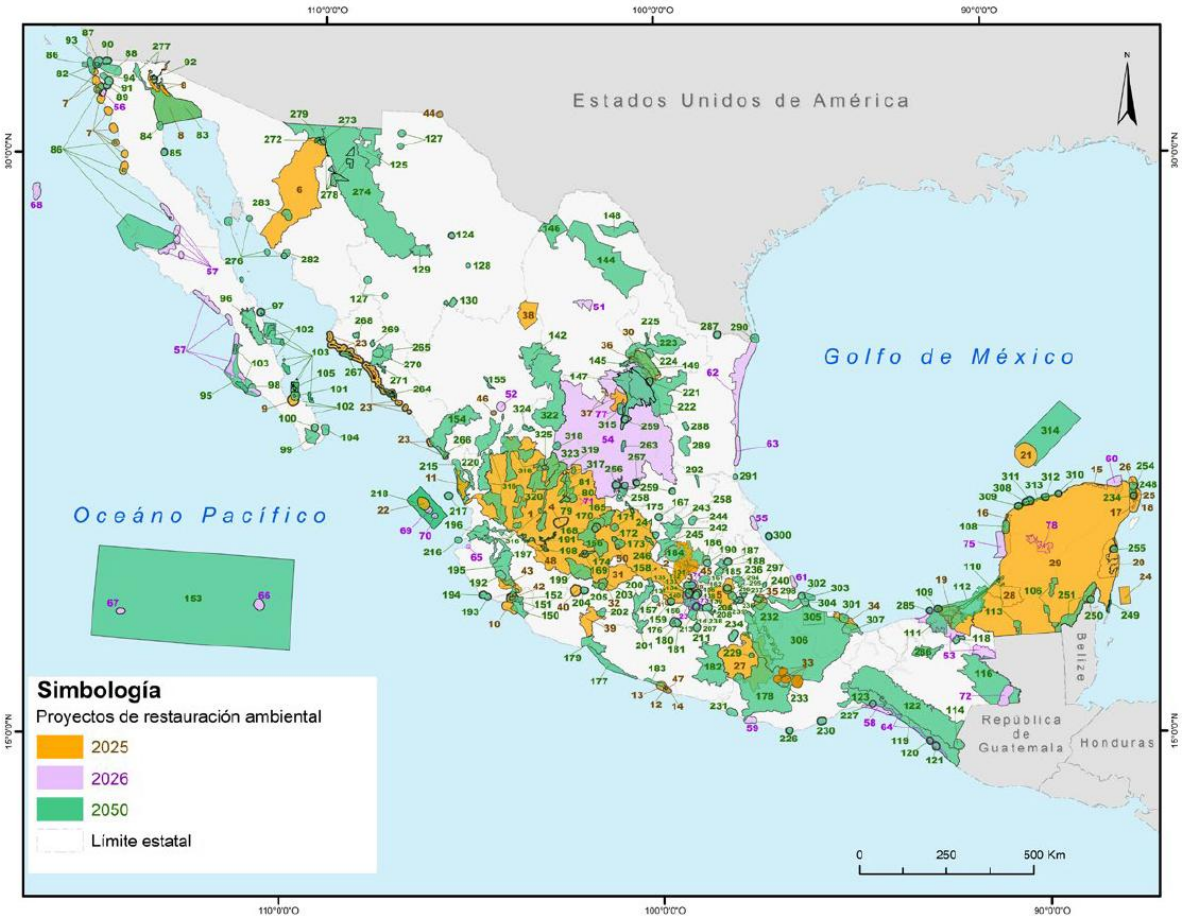


Figura III-24. Proyectos de restauración ambiental definidos por el Programa Nacional de Restauración Ambiental

Considerando que nuestro proyecto carretero sometido a evaluación en materia de impacto ambiental se ubica en territorio del Estado de Guerrero, a continuación, se listan los sitios definidos por el PNRA dentro de él.

Tabla III-30. Sitios prioritarios de restauración del estado de Guerrero a iniciar en el año 2025

# de identificación/ Sitio	Tipo de restauración ambiental	Instancia responsable	Superficie (ha)
Sistemas costeros y marinos a restaurar			
12. Playa Manzanillo	Regeneración natural y restauración ecológica	FONATUR	17,000
13. Laguna de Coyuca de Benitez		Conafor	-
14. Laguna Negra de Puerto Marqués		Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Guerrero (SEMAREN)	-
Parques y bosques urbanos a restaurar			
47. Parque Papagayo	Rehabilitación ambiental	Conafor	18

Tabla III-31. Sitios con potencial de restaurarse antes del año 2050 en el estado de Guerrero

de identificación/ Sitio
176. Bienes comunales de San Pedro y San Felipe Chichila
177. Arrecifes de Ixtapa-Zihuatanejo
178. Río Atoyac (Guerrero-Oaxaca)
179. Municipio Isidoro Montes de Oca
180. Ejido Taxco y Anexo Pedro Martín
181. Localidad de Acamixtla
182. Montaña Guerrero-Mixteca
183. Manglares Coyuca-Mitla

Cabe señalar que el PNRA no establece sitios de restauración a iniciar en el año 2026 para el estado de Guerrero.

III.9.4 Mecanismos para la restauración ecológica en sitios prioritarios

El Programa propone una visión integral y estratégica para la compensación de los daños e impactos ambientales, que supere el esquema de intervenciones únicas, aisladas, descontextualizadas e insuficientes. En su lugar, promueve la suma de diversas acciones detonadoras de una restauración acumulativa, progresiva y sostenible, que genere beneficios ambientales, sociales y territoriales a largo plazo.

El PNRA establece que la evaluación de impacto ambiental es el procedimiento mediante el cual la Semarnat y sus Órganos Desconcentrados, de acuerdo con sus ámbitos de competencia, determinan las condiciones a las que deberán sujetarse las obras o actividades que puedan causar desequilibrios ecológicos o exceder los límites establecidos por la normativa ambiental.

Su finalidad es evitar o reducir al mínimo los efectos negativos sobre el medio ambiente.

La SEMARNAT y sus Órganos Desconcentrados, tras la evaluación correspondiente, emitirá una resolución que podrá autorizar la realización de las obras o actividades de forma condicionada.

En dicha resolución, además de las medidas de prevención y mitigación, podrán establecer otras medidas adicionales de compensación ambiental destinadas a evitar, atenuar, reducir al mínimo o compensar los impactos negativos ambientales adversos que pudieran derivarse de la ejecución de la obra o actividad en cuestión.

Estas medidas de compensación ambiental serán dictadas bajo esquemas de restauración ecológica señalados como prioritarios en los proyectos y acciones de este Programa, o bien, por la cuantificación de los impactos negativos con el propósito de canalizar los recursos obtenidos, hacia instrumentos financieros destinados a la restauración.

Las acciones de compensación ambiental propuestas de manera voluntaria por un promovente regulado o interesado, dentro del procedimiento de evaluación para

obtener la autorización en materia de impacto ambiental, podrán incluir la adhesión a proyectos o acciones del Programa, en cualquiera de sus fases, siempre que se justifique la pertinencia y se cuente con la autorización de la Semarnat.

Las actividades de restauración que, al amparo de la compensación ambiental se lleven a cabo como medidas adicionales, deberán ajustarse a los lineamientos que emita esa Secretaría, los cuales regularán el procedimiento de presentación de propuestas, aceptación, asignación, inversión, ejecución y validación de los proyectos de restauración totalmente concluidos.

En relación con lo anterior, en el Capitulo VI, se propone una serie de programas que contribuirán al objetivo de este plan, ya que en conjunto contribuyen a disminuir los impactos ambientales que ocasionará el proyecto, en el Sistema Ambiental regional donde se encuentra inmerso el proyecto.

En particular se propone un programa de reforestación con especies nativas en una superficie de 4.00 ha, debido a que el proyecto requiere una superficie de 2.38 ha de Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, el cual se describe a detalle en el anexo F de la MIA-R.

En complemento a este programa se propone de manera adicional ejecutar un programa de rescate y reubicación de flora y un programa de rescate, ahuyentamiento y reubicación de especies de fauna, donde se consideren especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y especies de lento desplazamiento, el cual se presenta en el anexo F del presente estudio.

III.10 CONSULTA A PUEBLOS INDÍGENAS

El artículo 2º Constitucional, establece que un pueblo indígena es aquel que desciende de poblaciones que habitaban en el territorio actual del país al iniciar la

colonización y que conservan sus propias instituciones sociales, económicas, culturales y políticas o parte de ellas.

Si bien esta es la definición que establece la Constitución, el término Pueblo Indígena es un concepto que todavía se encuentra sujeto a discusión, tanto desde el punto de vista jurídico, político y social.

De acuerdo con la página oficial de la Secretaría de Cultura, en México existen 71 pueblos indígenas, de los cuales solo dos se ubica en el estado de Guerrero, correspondiendo específicamente a Tlapanecos, en el municipio de San Luis Acatlán y Amuzgos en el municipio de Ometepec.

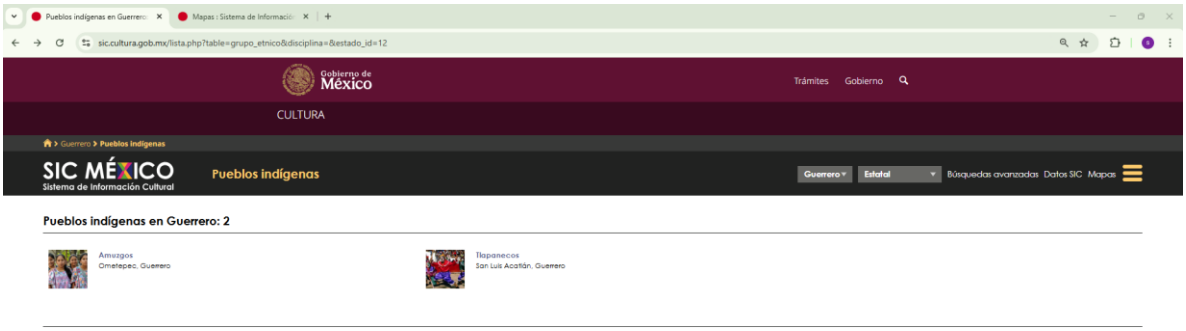


Figura III-25. Localidades con población indígena cercana al trazo carretero.

Fuente: https://sic.cultura.gob.mx/lista.php?table=grupo_etnico&disciplina=&estado_id=12

Considerando que el proyecto únicamente se desarrollará en territorio de municipio de Coyuca de Benites, se concluye que el proyecto "*Carretera Acapulco-Zihuatanejo, Tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta, del Cadenamiento 9+200 al 20+700"*, no se requiere la consulta a pueblos indígenas.

Comunicaciones
Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes

PROYECTO: "CARRETERA ACAPULCO-ZIHUATANEJO, TRAMO COYUCA DE BENÍTEZ - PIE DE LA CUESTA, DEL CADENAMIENTO 9+200 AL 20+700"



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

Capítulo IV:
Descripción del Sistema Ambiental Regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región

ÍNDICE

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN 15

IV.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA 15

IV.2 DELIMITACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) DONDE PRETENDE ESTABLECERSE EL PROYECTO 15

IV.2.1 Procedimiento para la delimitación del Sistema Ambiental Regional 16

IV.3 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL 26

IV.3.1 Regiones de interés ambiental 26

IV.3.2 Caracterización y Análisis del Sistema Ambiental Regional (SAR) 48

IV.3.3 Medio socioeconómico 309

IV.3.4 Paisaje 333

IV.4 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL 337

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA IV-1. ESPECIES DE AVES PRESENTES EN EL AICA LAGUNAS COSTERAS DE GUERRERO 45

TABLA IV-2. SUPERFICIES DE TOPOFORMAS DENTRO DEL ÁREA DEL PROYECTO Y DEL SAR 52

TABLA IV-3. SUPERFICIES POR TIPO DE ROCA DENTRO DEL SAR 55

TABLA IV-4. TIPOS DE SUELO DENTRO DEL SAR (WORLD REFERENCE BASE FOR SOIL RESOURCES) 68

TABLA IV-5. TIPOS DE SUELO DENTRO DEL SAR (WORLD REFERENCE BASE FOR SOIL RESOURCES) 69

TABLA IV-6. PRECIPITACIÓN NORMAL MENSUAL, MÁXIMA MENSUAL Y MÁXIMA DIARIA REGISTRADA EN LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA 12016 CARRERA LARGA. 79

TABLA IV-7. TEMPERATURA MÁXIMA, MEDIA Y MÍNIMA REGISTRADA EN LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA 12142 ACAPULCO DE JUÁREZ (SMN). 80

TABLA IV-8. PRECIPITACIÓN NORMAL MENSUAL, MÁXIMA MENSUAL Y MÁXIMA DIARIA REGISTRADA EN LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA 12142 ACAPULCO DE JUÁREZ (SMN). 81

TABLA IV-9. PRECIPITACIÓN NORMAL MENSUAL, MÁXIMA MENSUAL Y MÁXIMA DIARIA REGISTRADA EN LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA 12183 LA SABANA. 82

TABLA IV-10. PRECIPITACIÓN NORMAL MENSUAL, MÁXIMA MENSUAL Y MÁXIMA DIARIA REGISTRADA EN LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA 12219 LAGUNA DE COYUCA. 83

TABLA IV-11. CARACTERÍSTICAS DE HURACANES EN BASE A LA CATEGORÍA SAFFIR-SIMPSON. 91

TABLA IV-12. HURACANES QUE HAN AFECTADO AL ESTADO DE GUERRERO (2010-2024). 92

TABLA IV-13. CUERPO DE AGUA SUPERFICIALES EN EL SAR. 105

TABLA IV-14. SUPERFICIE OCUPADA POR EL SAR SOBRE CADA ACUÍFERO. 110

TABLA IV-15. DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LOS ACUÍFEROS SOBRE LOS QUE SE ENCUENTRA EL SAR 113

TABLA IV-16. VALORES LÍMITES DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS PERMITIDOS POR NORMAS OFICIALES MEXICANAS DE CALIDAD DEL AIRE AMBIENTE 116

TABLA IV-17. RESULTADOS DEL ESTUDIO DE CALIDAD DEL AIRE POR PARÁMETRO. 119

TABLA IV-18. INVENTARIO DE EMISIONES POR FUENTE PARA EL ESTADO DE GUERRERO 120

TABLA IV-19. ECUACIONES PARA ESTIMAR LA EROSIVIDAD DE LA LLUVIA (R) EN EL PAÍS. 125

TABLA IV-20. FACTOR K DE ACUERDO EL TIPO DE UNIDAD DE SUELO Y SU TEXTURA (FAO 1980). 126

TABLA IV-21. FACTOR C DE ACUERDO EL TIPO DE USO DE SUELO Y VEGETACIÓN. 131

TABLA IV-22. CLASIFICACIÓN DE LOS RANGOS DE EROSIÓN HÍDRICA, APLICANDO LA ECUACIÓN RUSLE, PARA LA INTERPRETACIÓN DE LOS MAPAS. 136

TABLA IV-23. EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL ESTIMADA PARA EL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y ÁREA DEL PROYECTO. 139

TABLA IV-24. USOS DE SUELO Y/O VEGETACIÓN A NIVEL SAR CONFORME A LA CLASIFICACIÓN DE LA SERIE VII DE INEGI (2021). 141

TABLA IV-25. USOS DE SUELO Y/O VEGETACIÓN, QUE SE DESARROLLAN AL INTERIOR DEL SAR CONFORME A LA RECLASIFICACIÓN REALIZADA. 144

TABLA IV-26. COORDENADAS UTM DE LOS TRANSECTOS DE MUESTREO DONDE SE COLECTÓ LA INFORMACIÓN DE VEGETACIÓN EN EL SAR PARA EL PROYECTO. 148

TABLA IV-27. INTENSIDAD DE MUESTREO UTILIZADO A NIVEL SAR. 152

TABLA IV-28. ANÁLISIS DE COMPLETITUD (CHAO1 Y CHAO2) PARA CADA UNO DE LOS ESTRATOS DE LA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA QUE SE DESARROLLA EN EL SAR. 157

TABLA IV-29. PARÁMETROS PARA CARACTERIZAR LA ASOCIACIÓN VEGETAL QUE SE DESARROLLA A NIVEL SAR. 164

TABLA IV-30. RIQUEZA DE ESPECIES DEL ESTRATO ARBÓREO EN LA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA QUE SE DISTRIBUYE EN EL SAR. 171

TABLA IV-31. RIQUEZA DE ESPECIES DEL ESTRATO ARBUSTIVO EN LA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA QUE SE DISTRIBUYE EN EL SAR. 172

TABLA IV-32. DENSIDAD ESTIMADA TIPO Y RELATIVA OBTENIDA EN LA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA QUE SE DISTRIBUYE EN EL SAR PARA EL ESTRATO ARBÓREO. 174

TABLA IV-33. DENSIDAD ESTIMADA TIPO Y RELATIVA OBTENIDA EN LA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA QUE SE DISTRIBUYE EN EL SAR PARA EL ESTRATO ARBUSTIVO. 175

TABLA IV-34. ALTURA PROMEDIO, DIÁMETRO PROMEDIO Y COBERTURA POR ESPECIE EN LA ASOCIACIÓN DE VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA QUE SE DISTRIBUYE EN EL SAR PARA EL ESTRATO ARBÓREO. 177

TABLA IV-35. ALTURA PROMEDIO, DIÁMETRO PROMEDIO Y COBERTURA POR ESPECIE EN LA ASOCIACIÓN DE VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA QUE SE DISTRIBUYE EN EL SAR PARA EL ESTRATO ARBUSTIVO. 178

TABLA IV-36. IVI ESTIMADO POR ESPECIE EN LA ASOCIACIÓN DE VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA QUE SE DISTRIBUYE EN EL SAR PARA EL ESTRATO ARBÓREO. 180

TABLA IV-37. IVI ESTIMADO POR ESPECIE EN LA ASOCIACIÓN DE VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA QUE SE DISTRIBUYE EN EL SAR PARA EL ESTRATO ARBUSTIVO. 181

TABLA IV-38. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON (H') E ÍNDICE DE PIELOU (J') CALCULADO PARA EL ESTRATO ARBÓREO DE LA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA QUE SE DISTRIBUYE EN EL SAR. 183

TABLA IV-39. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON (H') E ÍNDICE DE PIELOU (J') CALCULADO PARA EL ESTRATO ARBUSTIVO DE LA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA QUE SE DISTRIBUYE EN EL SAR. 184

TABLA IV-40. SUPERFICIES POR USO DE SUELO A AFECTAR CON EL DESARROLLO DEL PROYECTO..... 204

TABLA IV-41. COORDENADAS UTM DE LOS TRANSECTOS EN LA SUPERFICIE QUE SE SOLICITA PARA CUSTF..... 211

TABLA IV-42. INTENSIDAD DE MUESTREO UTILIZADO EN LA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA QUE SE DESARROLLA EN LA SUPERFICIE QUE SE SOLICITA PARA CUSTF. 215

TABLA IV-43. ANÁLISIS DE COMPLETITUD (CHAO1 Y CHAO2) PARA CADA UNO DE LOS ESTRATOS DE LA VEGETACIÓN SECUNDARÍA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA QUE SE DESARROLLA EN LA SUPERFICIE QUE SE SOLICITA PARA CUSTF..... 220

TABLA IV-44. RIQUEZA DE ESPECIES IDENTIFICADA PARA EL ESTRATO ARBÓREO DE LA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA QUE SE DISTRIBUYE EN LA SUPERFICIE QUE SE SOLICITA PARA CUSTF. 234

TABLA IV-45. RIQUEZA DE ESPECIES ARBUSTIVAS IDENTIFICADAS EN LA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA QUE SE DISTRIBUYE EN LA SUPERFICIE QUE SE SOLICITA PARA CUSTF. 235

TABLA IV-46. ESPECIES ENLISTADAS EN LA NOM-059-SEMARNAT-2010 REGISTRADAS EN LA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA. 236

TABLA IV-47. DENSIDAD ESTIMADA Y RELATIVA, REGISTRADA EN LA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA QUE SE SOLICITA PARA CUSTF, PARA EL ESTRATO ARBÓREO. 237

TABLA IV-48. DENSIDAD ESTIMADA Y RELATIVA, REGISTRADA EN LA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA QUE SE SOLICITA PARA CUSTF, PARA EL ESTRATO ARBUSTIVO. 238

TABLA IV-49. ALTURA PROMEDIO Y COBERTURA, ESTIMADA POR ESPECIE PARA EL ESTRATO ARBÓREO DE LA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA QUE SE DISTRIBUYE EN LA SUPERFICIE QUE SE SOLICITA PARA CUSTF. 239

TABLA IV-50. ALTURA PROMEDIO Y COBERTURA, ESTIMADA POR ESPECIE PARA EL ESTRATO ARBUSTIVO DE LA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA QUE SE DISTRIBUYE EN LA SUPERFICIE QUE SE SOLICITA PARA CUSTF. 240

TABLA IV-51. IVI CALCULADO PARA EL ESTRATO ARBÓREO PRESENTE EN LA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA, QUE SE DESARROLLA EN LA SUPERFICIE QUE SE SOLICITA PARA CUSTF. 241

TABLA IV-52. IVI CALCULADO PARA EL ESTRATO ARBUSTIVO PRESENTE EN LA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA, QUE SE DESARROLLA EN LA SUPERFICIE QUE SE SOLICITA PARA CUSTF. 241

TABLA IV-53. ÍNDICE DE SHANNON PARA EL ESTRATO ARBÓREO PRESENTE EN LAS ÁREAS CUBIERTAS POR VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA QUE SE SOLICITA PARA CUSTF. 244

TABLA IV-54. ÍNDICE DE SHANNON CALCULADO PARA EL ESTRATO ARBUSTIVO PRESENTE EN LAS ÁREAS CUBIERTAS POR VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA QUE SE SOLICITA PARA CUSTF. 244

TABLA IV-55. UBICACIÓN DE LOS TRANSECTOS IMPLEMENTADOS EN EL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL PARA EL MUESTREO DE FAUNA SILVESTRE. 261

TABLA IV-56. UBICACIÓN DE LOS TRANSECTOS IMPLEMENTADOS EN EL ÁREA DEL PROYECTO PARA EL MUESTREO DE FAUNA SILVESTRE. 262

TABLA IV-57. NÚMERO DE ESPECIES, FAMILIAS Y ÓRDENES DE LOS DIFERENTES GRUPOS DE VERTEBRADOS REGISTRADOS EN EL SAR 266

TABLA IV-58. LISTADO GENERAL DE ESPECIES DE VERTEBRADOS TERRESTRES REGISTRADAS DURANTE LOS TRABAJOS DE CAMPO EN EL SAR 269

TABLA IV-59. VALORES DE LOS ÍNDICES DE SHANNON PARA LOS ANFIBIOS EN EL SAR 276

TABLA IV-60. VALORES DE LOS ÍNDICES DE SHANNON (H') PARA LOS REPTILES EN EL SAR 277

TABLA IV-61. VALORES DE LOS ÍNDICES DE SHANNON (H') PARA LOS MAMÍFEROS EN EL SAR 278

TABLA IV-62. VALORES DE LOS ÍNDICES DE SHANNON (H') PARA LAS AVES EN EL SAR 279

TABLA IV-63. ESPECIES REGISTRADAS EN EL SAR DEL PROYECTO QUE SE ENCUENTRAN EN ALGUNA CATEGORÍA DE PROTECCIÓN, DE ACUERDO CON LA NOM-059-SEMARNAT-2010. 285

TABLA IV-64. LISTADO DE LAS ESPECIES REGISTRADAS EN EL MONITOREO DEL SAR QUE SE CONSIDERAN ENDÉMICAS A MÉXICO 286

TABLA IV-65. NÚMERO DE ESPECIES, FAMILIAS Y ÓRDENES DE LOS DIFERENTES GRUPOS DE VERTEBRADOS REGISTRADOS EN EL AP 289

TABLA IV-66. LISTADO GENERAL DE ESPECIES DE VERTEBRADOS TERRESTRES REGISTRADAS DURANTE LOS TRABAJOS DE CAMPO EN EL AP 292

TABLA IV-67. VALORES DE LOS ÍNDICES DE SHANNON PARA LOS ANFIBIOS EN EL AP 297

TABLA IV-68. VALORES DE LOS ÍNDICES DE SHANNON PARA LOS REPTILES EN EL AP 298

TABLA IV-69. VALORES DE LOS ÍNDICES DE SHANNON PARA LOS MAMÍFEROS EN EL AP 299

TABLA IV-70. VALORES DE LOS ÍNDICES DE SHANNON PARA LAS AVES EN EL AP 300

TABLA IV-71. ESPECIES REGISTRADAS EN EL AP DEL PROYECTO QUE SE ENCUENTRAN EN ALGUNA CATEGORÍA DE PROTECCIÓN, DE ACUERDO CON LA NOM-059-SEMARNAT-2010. 303

TABLA IV-72. LISTADO DE LAS ESPECIES REGISTRADAS EN EL MONITOREO DEL AP QUE SE CONSIDERAN ENDÉMICAS A MÉXICO . 305

TABLA IV-73. TABLA COMPARATIVA DE LOS RESULTADOS DE LOS MUESTREOS DE FAUNA DEL SAR Y DEL AP 307

TABLA IV-74. SERVICIOS Y CONECTIVIDAD EN LA VIVIENDA. 315

TABLA IV-75. SUPERFICIE DE OCUPACIÓN POR TIPO DE CALIDAD AMBIENTAL QUE SE PRESENTA AL INTERIOR DEL SAR DEFINIDO PARA EL PROYECTO. 334

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA IV-1. UBICACIÓN DEL TRAZO DEL PROYECTO "CARRETERA ACAPULCO-ZIHUATANEJO, TRAMO COYUCA DE BENÍTEZ - PIE DE LA CUESTA, DEL CADENAMIENTO 9+200 AL 20+700". 18

FIGURA IV-2. CUENCA EN EL ÁREA DEL PROYECTO. 19

FIGURA IV-3. SUBCUENCAS EN EL ÁREA DEL PROYECTO. 20

FIGURA IV-4. HIDRO-PROCESAMIENTO. 21

FIGURA IV-5. DELIMITACIÓN DEL SAR MEDIANTE HIDRO-PROCESAMIENTO. 22

FIGURA IV-6. DELIMITACIÓN DEL SAR MEDIANTE BARRERAS FÍSICAS. 23

FIGURA IV-7. SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL DELIMITADO PARA EL PROYECTO. 25

FIGURA IV-8. UBICACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL CON RESPECTO A LA ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS FEDERALES. 28

FIGURA IV-9. UBICACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL CON RESPECTO A LA ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS ESTATALES. 30

FIGURA IV-10. UBICACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y DEL TRAZO DEL PROYECTO CON RESPECTO A LOS SITIOS RAMSAR. 34

FIGURA IV-11. UBICACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y DEL TRAZO DEL PROYECTO CON RESPECTO A LAS RTP'S. 37

FIGURA IV-12. UBICACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y DEL TRAZO DEL PROYECTO CON RESPECTO A LAS RHP'S..... 41

FIGURA IV-13. UBICACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y DEL TRAZO DEL PROYECTO CON RESPECTO A LAS RMP'S..... 44

FIGURA IV-14. UBICACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y DEL TRAZO DEL PROYECTO CON RESPECTO A LAS AICA'S..... 47

FIGURA IV-15. UBICACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y DEL TRAZO CARRETERO DEL PROYECTO CON RESPECTO A LA PROVINCIA FISIOGRÁFICA SIERRA MADRE DEL SUR..... 50

FIGURA IV-16 UBICACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y DEL TRAZO CARRETERO DEL PROYECTO CON RESPECTO A LA SUBPROVINCIA FISIOGRÁFICA COSTAS DEL SUR. 51

FIGURA IV-17 SISTEMAS DE TOPOFORMAS EN EL TRAZO CARRETERO Y EN EL SAR DELIMITADO PARA EL PROYECTO. 54

FIGURA IV-18. SUSTRATO GEOLÓGICO DEL SAR DELIMITADO PARA EL PROYECTO. 56

FIGURA IV-19. UBICACIÓN DEL SAR Y TRAZO CARRETERO CON RELACIÓN A LAS ZONAS SÍSMICAS DE MÉXICO. 61

FIGURA IV-20. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LOS DISTINTOS HORIZONTES QUE CONFORMAN EL PERFIL DEL SUELO..... 65

FIGURA IV-21. SUSTRATO EDAFOLÓGICO DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL DELIMITADO PARA EL PROYECTO. 67

FIGURA IV-22. SUSTRATO EDAFOLÓGICO DEL ÁREA DEL PROYECTO..... 70

FIGURA IV-23. CLIMAS PRESENTES EN EL ÁREA DEL PROYECTO. 73

FIGURA IV-24. CLIMAS PRESENTES EN EL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL DELIMITADO PARA EL PROYECTO. 74

FIGURA IV-25. TEMPERATURA MEDIA EN EL SAR SEGÚN LAS CARTAS CLIMATOLÓGICAS DEL INEGI (2007). 76

FIGURA IV-26. PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL EN EL SAR SEGÚN LAS CARTAS CLIMATOLÓGICAS DEL INEGI (2006). 77

FIGURA IV-27. ESTACIONES METEOROLÓGICAS CERCANAS AL SAR Y AP. 78

FIGURA IV-28. PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL REGISTRADA POR LA ESTACIÓN 12016 CARRERA LARGA. 79

FIGURA IV-29. CLIMOGRAMA DE LA ESTACIÓN 12142 ACAPULCO DE JUÁREZ (SMN). 81

FIGURA IV-30. PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL REGISTRADA POR LA ESTACIÓN 12183 LA SABANA. 82

FIGURA IV-31. PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL REGISTRADA POR LA ESTACIÓN 12219 LAGUNA DE COYUCA. 83

FIGURA IV-32. VELOCIDAD PROMEDIO DEL VIENTO EN COYUCA DE BENÍTEZ. EL PROMEDIO DE LA VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO POR HORA (LÍNEA GRIS OSCURO), CON LAS BANDAS DE PERCENTIL 25º A 75º Y 10º A 90º. FUENTE: WEATHER SPARK, 2026. 85

FIGURA IV-33. DIRECCIÓN DEL VIENTO EN COYUCA DE BENÍTEZ. FUENTE: WEATHER SPARK, 2026. 86

FIGURA IV-34. VELOCIDAD PROMEDIO DEL VIENTO EN ACAPULCO DE JUÁREZ. FUENTE: WEATHER SPARK, 2026. 87

FIGURA IV-35. DIRECCIÓN DEL VIENTO EN ACAPULCO DE JUÁREZ. FUENTE: WEATHER SPARK, 2026. 88

FIGURA IV-36. ENERGÍA SOLAR DE ONDA CORTA INCIDENTE DIARIA PROMEDIO EN COYUCA DE BENÍTEZ. LA ENERGÍA SOLAR DE ONDA CORTA PROMEDIO DIARIA QUE LLEGA A LA TIERRA POR METRO CUADRADO (LÍNEA ANARANJADA), CON LAS BANDAS DE PERCENTILES 25º A 75º Y 10º A 90º. FUENTE: WEATHER SPARK, 2026. 89

FIGURA IV-37. ENERGÍA SOLAR DE ONDA CORTA INCIDENTE DIARIA PROMEDIO EN ACAPULCO DE JUÁREZ. LA ENERGÍA SOLAR DE ONDA CORTA PROMEDIO DIARIA QUE LLEGA A LA TIERRA POR METRO CUADRADO (LÍNEA ANARANJADA), CON LAS BANDAS DE PERCENTILES 25º A 75º Y 10º A 90º. FUENTE: WEATHER SPARK, 2026. 90

FIGURA IV-38. TRAYECTORIAS HISTÓRICAS DE HURACANES QUE HAN ATRAVESADO EL SAR DELIMITADO PARA EL PROYECTO. 96

FIGURA IV-39. GRADO DE PELIGRO POR PRESENCIA DE CICLONES TROPICALES EN LOS MUNICIPIOS EN LOS QUE SE UBICA EL SAR DELIMITADO PARA EL PROYECTO. 98

FIGURA IV-40. REGIONES HIDROLÓGICAS DE MÉXICO 100

FIGURA IV-41. UBICACIÓN DEL SAR Y DEL PROYECTO CON RESPECTO A LAS SUBREGIONES HIDROLÓGICAS. 101

FIGURA IV-42. UBICACIÓN DEL SAR Y DEL PROYECTO CON RESPECTO A LAS CUENCAS HIDROLÓGICAS..... 102

FIGURA IV-43. UBICACIÓN DEL SAR Y DEL PROYECTO CON RESPECTO A LAS REGIONES HIDROLÓGICAS ADMINISTRATIVAS DE MÉXICO. 104

FIGURA IV-44. HIDROLOGÍA SUPERFICIAL DEL SAR. 108

FIGURA IV-45. HIDROLOGÍA SUPERFICIAL DEL ÁREA DEL PROYECTO. 109

FIGURA IV-46. ACUÍFEROS SOBRE LOS QUE SE ENCUENTRA EL SAR DELIMITADO PARA EL PROYECTO Y EL TRAZO CARRETERO. .. 112

FIGURA IV-47. UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN DE MONITOREO EN ACAPULCO, GUERRERO..... 118

FIGURA IV-48. MAPA DE EROSIVIDAD POR LLUVIAS DIVIDIDO EN REGIONES (SAGARPA, 2005). 124

FIGURA IV-49. MAPAS PARA LOS FACTORES GENERADOS CON LA HERRAMIENTA "ANÁLISIS DE EROSIÓN HÍDRICA" PARA ESTIMAR LA EROSIÓN POTENCIAL EN SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL DEL PROYECTO. 137

FIGURA IV-50. MAPA DE LA PÉRDIDA DE SUELO HÍDRICA POTENCIAL EN EL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y ÁREA DEL PROYECTO. 138

FIGURA IV-51. USOS DE SUELO Y/O VEGETACIÓN QUE SE DESARROLLAN AL INTERIOR DEL SAR CON BASE EN LO REPORTADO POR INEGI (2021). 142

FIGURA IV-52. USOS DE SUELO Y/O VEGETACIÓN QUE SE DESARROLLAN AL INTERIOR DEL SAR. 145

FIGURA IV-53. UBICACIÓN DE LOS TRANSECTOS DE MUESTREO AL INTERIOR DEL SAR DEFINIDO PARA EL PROYECTO. 149

FIGURA IV-51. CURVA COMPARATIVA DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES PARA EL ESTRATO ARBÓREO. 160

FIGURA IV-55. CURVA COMPARATIVA DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES PARA EL ESTRATO ARBUSTIVO..... 162

FIGURA IV-56. USO DE SUELO Y/O VEGETACIÓN IDENTIFICADA EN LA SUPERFICIE DONDE SE PRETENDE DESARROLLAR EL PROYECTO DEL CADENAMIENTO 9+200 AL 12+400. 205

FIGURA IV-57. USO DE SUELO Y/O VEGETACIÓN IDENTIFICADA EN LA SUPERFICIE DONDE SE PRETENDE DESARROLLAR EL PROYECTO DEL CADENAMIENTO 12+400 AL 15+200. 206

FIGURA IV-58. USO DE SUELO Y/O VEGETACIÓN IDENTIFICADA EN LA SUPERFICIE DONDE SE PRETENDE DESARROLLAR EL PROYECTO DEL CADENAMIENTO 15+200 AL 18+000..... 207

FIGURA IV-59. USO DE SUELO Y/O VEGETACIÓN IDENTIFICADA EN LA SUPERFICIE DONDE SE PRETENDE DESARROLLAR EL PROYECTO DEL CADENAMIENTO 18+000 AL 20+700. 208

FIGURA IV-60. UBICACIÓN DE LOS TRANSECTOS DE MUESTREO EN LA SUPERFICIE QUE SE SOLICITA PARA CUSTF. 213

FIGURA IV-61. CURVA COMPARATIVA DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES PARA EL ESTRATO ARBÓREO. 223

FIGURA IV-62. CURVA COMPARATIVA DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES PARA EL ESTRATO ARBUSTIVO 225

FIGURA IV-63. ESQUEMA DONDE SE EJEMPLIFICA UN TRANSECTO EN FRANJA. 255

FIGURA IV-64. MÉTODOS Y TÉCNICAS UTILIZADAS EN EL MONITOREO DE FAUNA. 261

FIGURA IV-65. UBICACIÓN DE LOS TRANSECTOS UTILIZADOS DURANTE LOS MUESTREOS DE FAUNA, EN EL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y ÁREA DEL PROYECTO. 263

FIGURA IV-66. PROPORCIÓN DE ESPECIES REGISTRADAS EN EL SAR POR CADA CLASE DE VERTEBRADOS 266

FIGURA IV-67. CURVA DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES PARA LOS CUATRO GRUPOS DE VERTEBRADOS REGISTRADOS EN EL SAR. 268

FIGURA IV-68. ABUNDANCIA DE VERTEBRADOS REGISTRADOS EN EL SAR POR CLASE. 274

FIGURA IV-69. PORCENTAJE DE ESPECIES EN EL SAR POR CATEGORÍA DE RIESGO DE ACUERDO CON LA NOM-059-SEMARNAT-2010 (ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN DE 2019) 286

FIGURA IV-70. PROPORCIÓN DE ESPECIES ENDÉMICAS PARA CADA CLASE DE VERTEBRADOS, CON RESPECTO DEL TOTAL DE ESPECIES CARACTERIZADAS PARA EL SAR 287

FIGURA IV-71. NÚMERO DE ESPECIES POR ESTATUS DE RESIDENCIA EN EL SAR PARA CADA CLASE DE VERTEBRADOS 288

FIGURA IV-72. PROPORCIÓN DE ESPECIES REGISTRADAS EN EL AP POR CADA CLASE DE VERTEBRADOS 290

FIGURA IV-73. CURVA DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES PARA LOS CUATRO GRUPOS DE VERTEBRADOS REGISTRADOS EN EL AP. . 291

FIGURA IV-74. ABUNDANCIA DE VERTEBRADOS REGISTRADOS EN EL AP POR CLASE 295

FIGURA IV-75. PORCENTAJE DE ESPECIES EN EL AP POR CATEGORÍA DE RIESGO DE ACUERDO CON LA NOM-059-SEMARNAT-2010 (ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN DE 2019) 304

FIGURA IV-76. PROPORCIÓN DE ESPECIES ENDÉMICAS PARA CADA CLASE DE VERTEBRADOS, CON RESPECTO DEL TOTAL DE ESPECIES CARACTERIZADAS PARA EL AP 305

FIGURA IV-77. NÚMERO DE ESPECIES POR ESTATUS DE RESIDENCIA EN EL AP PARA CADA CLASE DE VERTEBRADOS 306

FIGURA IV-78. REGIÓN SOCIOECONÓMICA EN LA QUE ESTÁ COMPRENDIDO EL SAR DELIMITADO PARA EL PROYECTO. 310

FIGURA IV-79. PIRÁMIDE POBLACIONAL POR EDAD Y SEXO DE ACAPULCO DE JUÁREZ, 2020. FUENTE: INEGI, CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA 2020 312

FIGURA IV-80. PIRÁMIDE POBLACIONAL POR EDAD Y SEXO DE COYUCA DE BENÍTEZ, 2020. FUENTE: INEGI, CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA 2020 313

FIGURA IV-81. PRINCIPALES LENGUAS INDÍGENAS HABLADAS EN LA POBLACIÓN DE 3 AÑOS Y MÁS EN ACAPULCO DE JUÁREZ. FUENTE: INEGI, CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA 2020. 314

FIGURA IV-82. PRINCIPALES LENGUAS INDÍGENAS HABLADAS EN LA POBLACIÓN DE 3 AÑOS Y MÁS EN COYUCA DE BENÍTEZ. FUENTE: INEGI, CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA 2020. 314

FIGURA IV-83. DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN SEGÚN TIEMPO DE TRASLADO AL TRABAJO EN ACAPULCO DE JUÁREZ. FUENTE: INEGI, CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA 2020. 316

FIGURA IV-84. DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN SEGÚN TIEMPO DE TRASLADO AL COLEGIO EN ACAPULCO DE JUÁREZ. FUENTE: INEGI, CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA 2020. 317

FIGURA IV-85. DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN SEGÚN TIEMPO DE TRASLADO AL TRABAJO EN COYUCA DE BENÍTEZ. FUENTE: INEGI, CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA 2020. 317

FIGURA IV-86. DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN SEGÚN TIEMPO DE TRASLADO AL TRABAJO EN COYUCA DE BENÍTEZ. FUENTE: INEGI, CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA 2020. 318

FIGURA IV-87. EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA EN GUERRERO. 319

FIGURA IV-88. EVOLUCIÓN DE LA TASA DE DESEMPLEO EN GUERRERO. FUENTE: ENCUESTA NACIONAL DE OCUPACIÓN Y EMPLEO 2025. 319

FIGURA IV-89. EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN OCUPADA EN GUERRERO. FUENTE: ENCUESTA NACIONAL DE OCUPACIÓN Y EMPLEO 2025. 320

FIGURA IV-90. EVOLUCIÓN DEL SALARIO PROMEDIO MENSUAL EN GUERRERO. FUENTE: ENCUESTA NACIONAL DE OCUPACIÓN Y EMPLEO 2025. 320

FIGURA IV-91. DISTRIBUCIÓN DE FUERZA LABORAL TOTAL POR OCUPACIONES EN GUERRERO. FUENTE: ENCUESTA NACIONAL DE OCUPACIÓN Y EMPLEO 2025. 321

FIGURA IV-92. NIVELES DE ESCOLARIDAD DE LA POBLACIÓN DE 15 AÑOS Y MÁS EN ACAPULCO DE JUÁREZ. FUENTE: INEGI, CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA 2020. 322

FIGURA IV-93. DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN ANALFABETA DE ACAPULCO DE JUÁREZ, 2020. 322

FIGURA IV-94. NIVELES DE ESCOLARIDAD DE LA POBLACIÓN DE 15 AÑOS Y MÁS EN COYUCA DE BENÍTEZ. FUENTE: INEGI, CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA 2020. 323

FIGURA IV-95. DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN ANALFABETA DE COYUCA DE BENÍTEZ, 2020. 323

FIGURA IV-96. DISTRIBUCIÓN DE ESTABLECIMIENTOS DE SALUD EN ACAPULCO DE JUÁREZ POR ESTRATO URBANO-RURAL, Y POR TIPO DE INSTITUCIÓN. FUENTE: SECRETARÍA DE SALUD 2023. 324

FIGURA IV-97. DISTRIBUCIÓN DE ESTABLECIMIENTOS DE SALUD EN COYUCA DE BENÍTEZ POR ESTRATO URBANO-RURAL, Y POR TIPO DE INSTITUCIÓN. FUENTE: SECRETARÍA DE SALUD 2023. 324

FIGURA IV-98. DISTRIBUCIÓN DE PERSONAS AFILIADAS A SERVICIOS DE SALUD POR SEXO EN ACAPULCO DE JUÁREZ. FUENTE: INEGI, CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA 2020. 325

FIGURA IV-99. DISTRIBUCIÓN DE PERSONAS AFILIADAS A SERVICIOS DE SALUD POR SEXO EN COYUCA DE BENÍTEZ. FUENTE: INEGI, CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA 2020. 326

FIGURA IV-100. DISCAPACIDADES POR TIPO DE ACTIVIDAD COTIDIANA EN LA POBLACIÓN DE ACAPULCO DE JUÁREZ. FUENTE: INEGI, CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA 2020. 326

FIGURA IV-101. DISCAPACIDADES POR TIPO DE ACTIVIDAD COTIDIANA EN LA POBLACIÓN DE COYUCA DE BENÍTEZ. FUENTE: INEGI, CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA 2020. 327

FIGURA IV-102. DESIGUALDAD EN LA DISTRIBUCIÓN DEL INGRESO EN EL ESTADO DE GUERRERO. FUENTE: INEGI, ENCUESTA NACIONAL DE INGRESOS Y GASTOS DE LOS HOGARES (ENIGH) 2022. 328

FIGURA IV-103. DISTRIBUCIÓN DE VIVIENDAS POR SEXO Y PERSONA DE REFERENCIA EN ACAPULCO DE JUÁREZ. FUENTE: INEGI, CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA 2020. 328

FIGURA IV-104. DISTRIBUCIÓN DE VIVIENDAS POR SEXO Y PERSONA DE REFERENCIA EN COYUCA DE BENÍTEZ. FUENTE: INEGI, CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA 2020. 329

FIGURA IV-105. DISTRIBUCIÓN DE PERSONAS SEGÚN SU CONDICIÓN DE POBREZA EN ACAPULCO DE JUÁREZ. FUENTE: CONEVAL, 2020. 330

FIGURA IV-106. DISTRIBUCIÓN DE PERSONAS SEGÚN SUS CARENCIAS SOCIALES EN ACAPULCO DE JUÁREZ. FUENTE: CONEVAL, 2020. 330

FIGURA IV-107. DISTRIBUCIÓN DE PERSONAS SEGÚN SU CONDICIÓN DE POBREZA EN COYUCA DE BENÍTEZ. FUENTE: CONEVAL, 2020. 331

FIGURA IV-108. DISTRIBUCIÓN DE PERSONAS SEGÚN SUS CARENCIAS SOCIALES EN COYUCA DE BENÍTEZ. FUENTE: CONEVAL, 2020. 331

FIGURA IV-109. COMERCIO INTERNACIONAL NETO DE ACAPULCO DE JUÁREZ. FUENTE: SECRETARÍA DE ECONOMÍA, S.F. 332

FIGURA IV-110. CALIDAD AMBIENTAL QUE SE REGISTRA AL INTERIOR DEL SAR DEFINIDO PARA EL PROYECTO. 336

FUNDAMENTO JURÍDICO

La integración de este Capítulo tiene por objetivo el dar cumplimiento a lo dispuesto por la Fracción IV del Artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, la cual establece que las Manifestaciones de Impacto Ambiental en su modalidad Regional deberán contener la siguiente información:

IV. Descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región;

De conformidad con lo anterior, en este Capítulo se presenta una caracterización del medio ambiente en sus elementos bióticos y abióticos, sociales, económicos y culturales. Se describirán y analizarán de forma integral los componentes a nivel del Sistema Ambiental Regional (SAR), entendiéndose éste como *"El espacio geográfico conformado por un ecosistema o conjunto de ecosistemas, comprendidos como unidades funcionales, cuya interacción comprende los subsistemas culturales, económicos y sociales"* (SEGA 2010).

Lo anterior, tiene por objetivo hacer una correcta identificación de las condiciones ambientales del SAR, así como de las principales tendencias de desarrollo, deterioro y el grado de conservación de este. Para ello, es necesario realizar un diagnóstico ambiental integral del SAR. En este sentido, la delimitación del SAR es importante para que la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales evalúe las Manifestaciones de Impacto Ambiental (MIA), de conformidad con el Artículo 44 del mismo Reglamento, el cual indica que:

> ***Artículo 44.*** *Al evaluar las manifestaciones de impacto ambiental la Secretaría deberá considerar:*
>
> *I. Los posibles efectos de las obras o actividades a desarrollarse en el o los ecosistemas de que se trate, tomando en cuenta el conjunto de elementos que los conforman, y no únicamente los recursos que fuesen objeto de aprovechamiento o afectación;*

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN

IV.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Como se describió en el Capítulo II de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, la ubicación pretendida para el proyecto es en la región geográfica conocida como Costa Grande, incidiendo en 3.8 km en el municipio de Acapulco de Juárez y en 7.7 km en el municipio de Coyuca de Benítez, ambos dentro del estado de Guerrero. El proyecto comprende una superficie total de 255,662.65 m^2 (Figura IV-1).

IV.2 DELIMITACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) DONDE PRETENDE ESTABLECERSE EL PROYECTO

El concepto de Sistema Ambiental Regional (SAR) puede tener diversas connotaciones. Sin embargo, desde el punto de vista ambiental, éste puede definirse como "*El espacio geográfico conformado por un ecosistema o conjunto de ecosistemas, comprendidos como unidades funcionales, cuya interacción comprende los subsistemas culturales, económicos y sociales*" (SEGA, 2010).

El SAR debe delimitarse de conformidad con lo que señala el Artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, que indica que "*La Manifestación de Impacto Ambiental, en su modalidad regional, deberá contener la siguiente información: IV. Descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región"*. De igual manera, la delimitación del SAR es importante para que la SEMARNAT evalúe las manifestaciones de impacto ambiental de conformidad con el Artículo 44 del mismo Reglamento que

indica: "*Al evaluar las manifestaciones de impacto ambiental la Secretaría deberá considerar: I. Los posibles efectos de las obras o actividades a desarrollarse en el o los ecosistemas de que se trate, tomando en cuenta el conjunto de elementos que los conforman, y no únicamente los recursos que fuesen objeto de aprovechamiento o afectación*".

La delimitación tiene por objeto definir un espacio finito que sea concordante con la dimensión del proyecto que se valora, sobre el cual sea posible realizar una descripción clara y fiel de los elementos del Sistema, incluyendo el componente humano como eje en el cual se consideran aspectos culturales, económicos y sociales bajo la visión que son estos los rectores de las transformaciones que ocurren en el medio a una escala de tiempo ecológica que, por su amplitud concuerda con una visión histórica de los cambios observables en el medio.

La realización de una delimitación del SAR permite identificar y enunciar problemas ambientales asociados a su evolución, como medio que acoge un proyecto, así como determinar tendencias de deterioro regional que no necesariamente se ligan a las intervenciones que se plantean y estudian.

IV.2.1 Procedimiento para la delimitación del Sistema Ambiental Regional

La delimitación del SAR para el proyecto se realizó con criterios explícitos utilizando una metodología conocida como "Regionalización". Esta metodología actúa a través de la delimitación de unidades territoriales relativamente homogéneas, considerando el análisis de uno o más criterios (INECC), con el objetivo de facilitar la utilización sustentable de dicha región y con ello la protección de sus recursos y ecosistemas. La regionalización ayuda a construir una visión espacial que, cuando es compartida y aceptada, facilita desarrollar criterios para establecer usos, resolver y anticipar conflictos y facilitar el proceso de toma de decisiones.

Para determinar el Sistema Ambiental Regional (SAR) existen diversos criterios y metodologías que se utilizan comúnmente en este tipo de ejercicios:

1. Por el comportamiento del patrón hidrológico superficial en la conformación de Cuencas, Subcuencas y Microcuencas.
2. Por los límites naturales existentes (sierras, ríos, fallas, entro otros).
3. Por la perturbación antrópica existente debido a los caminos y brechas en el proyecto.

En el caso específico del presente proyecto, y debido a la extensión territorial de las Cuencas y Subcuencas (Figura IV-2 y IV-3), así como de la orografía y el relieve, el método de regionalización para la delimitación del SAR se simplificó de la siguiente manera:

Número 1: Se buscaron límites naturales existentes o alguna perturbación antrópica existente en la ubicación del proyecto que pudiera ayudar a la delimitación del SAR.

Número 2: Para analizar los patrones de escorrentía y la delimitación de las Microcuencas presentes en la zona del proyecto, se utilizó el método conocido como Hidro-procesamiento (Figura IV-4), con el objeto de definir algunos de los límites del Sistema Ambiental Regional siguiendo una perspectiva hidrológica natural (Figura IV-5). Existen zonas donde se consideraron perturbaciones antrópicas ya que debido a las condiciones del terreno los limites considerado por el hidro procesamiento no eran claros.

Por consiguiente, para la delimitación final del SAR, se consideró esencialmente la información del Hidro-procesamiento (Microcuencas e información hidrológica), y se utilizaron algunos límites antrópicos y barreras físicas (Figura IV-6), mismos que proporcionaron elementos suficientes para poder establecer una unidad ambiental funcional (caminos existentes como límites antrópicos y cauces de ríos como límites naturales).

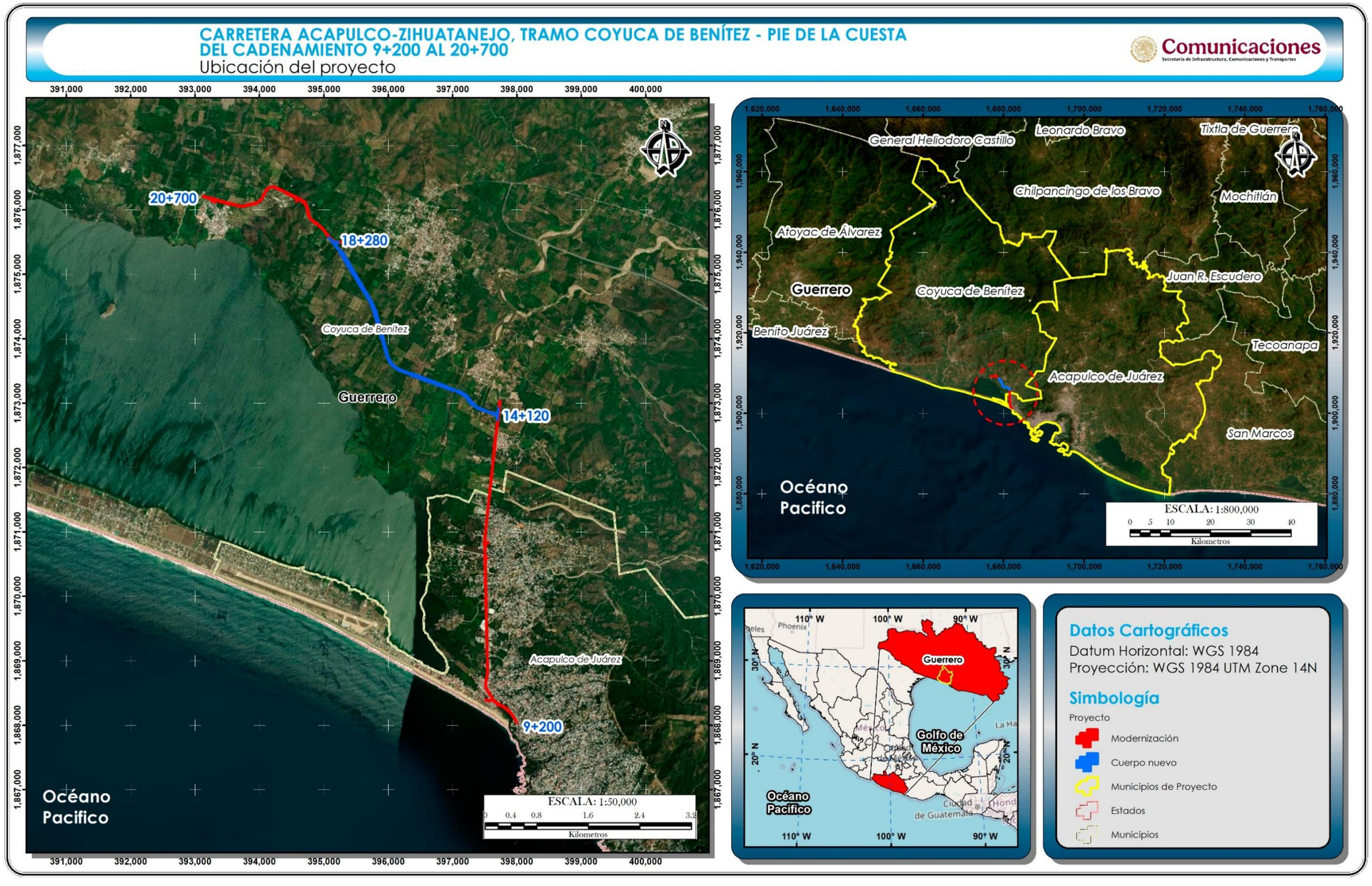


Figura IV-1. Ubicación del trazo del proyecto "Carretera Acapulco-Zihuatanejo, Tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta, del cadenamiento 9+200 al 20+700".

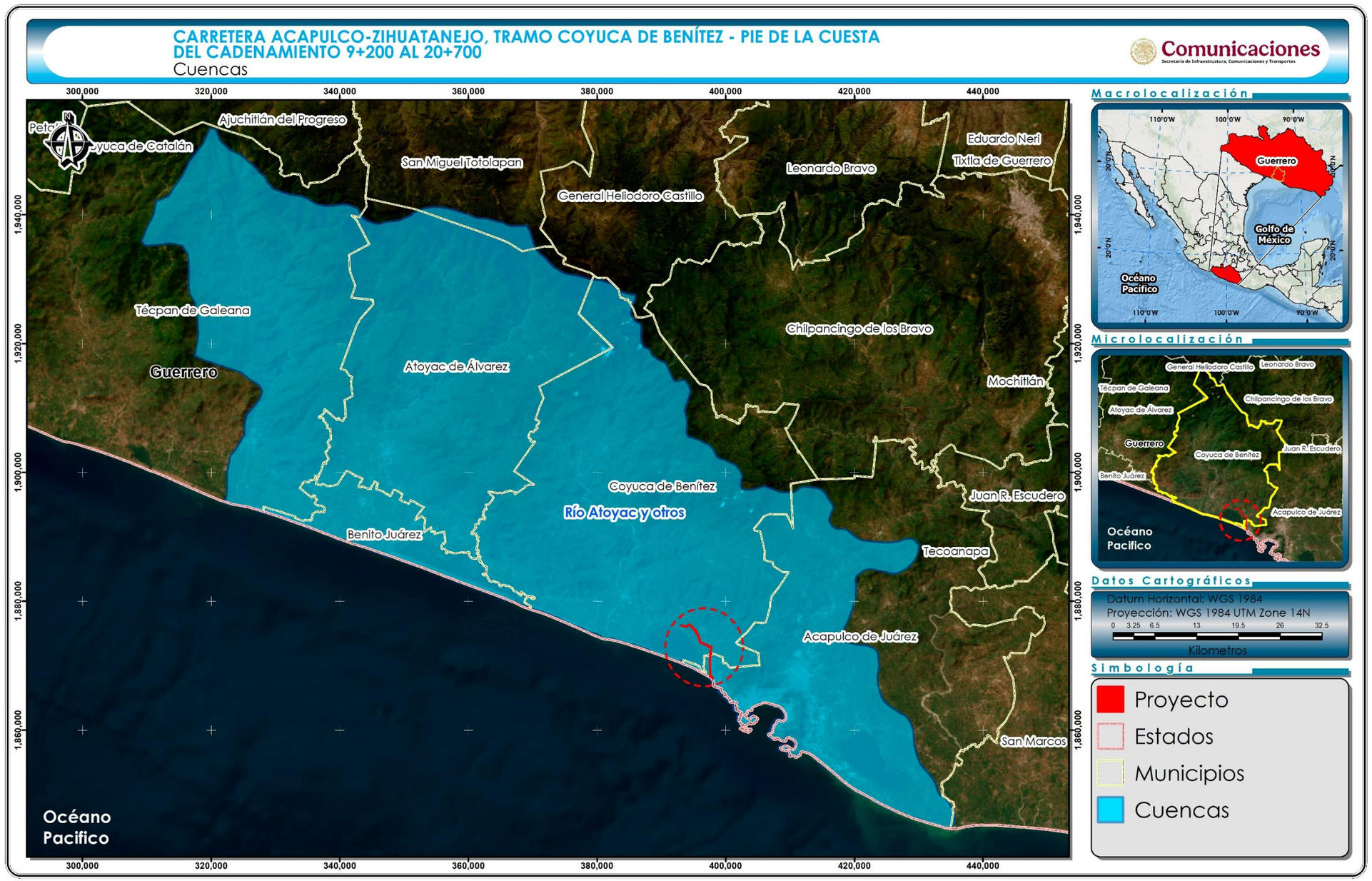


Figura IV-2. Cuenca en el Área del Proyecto.

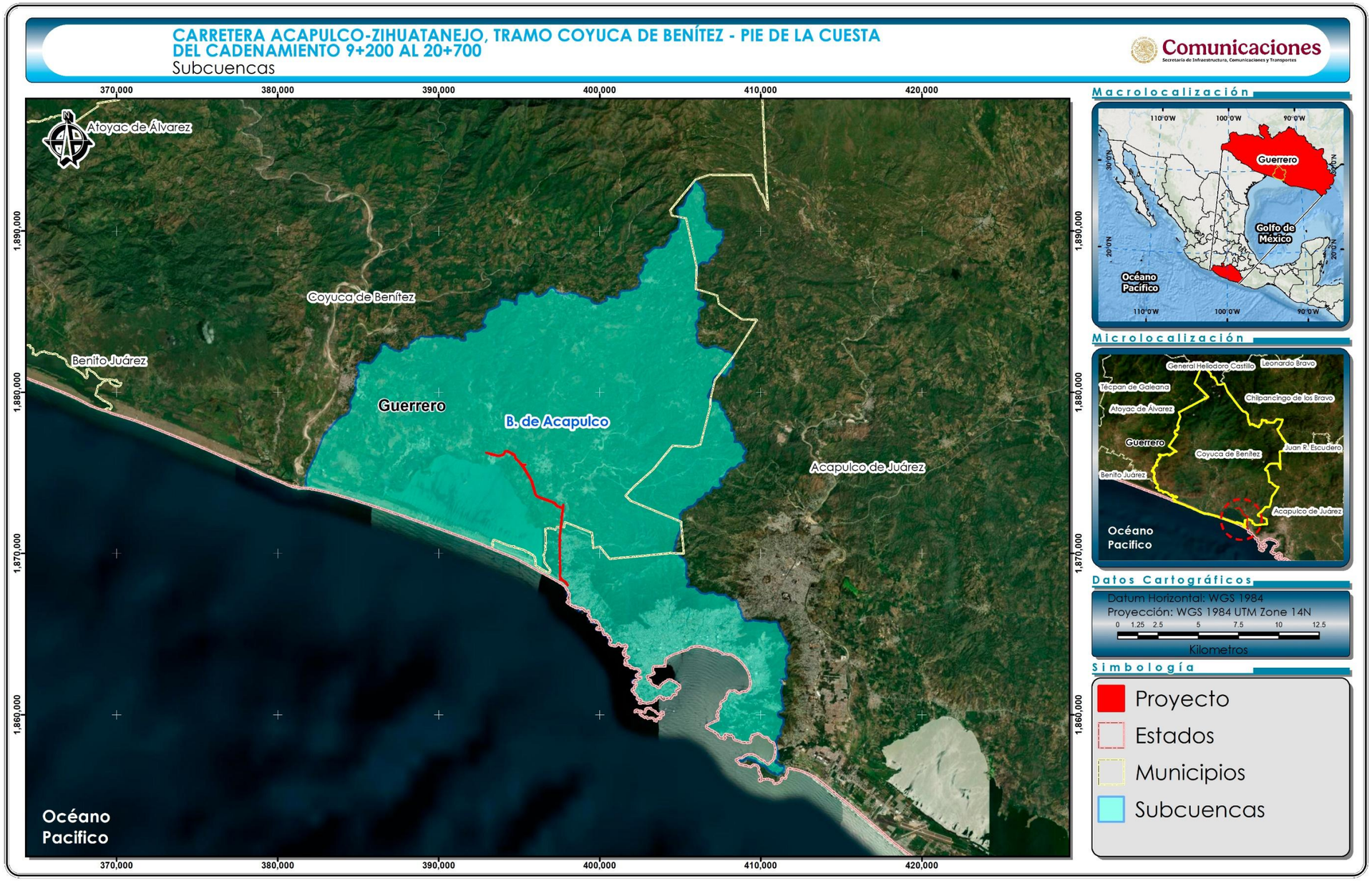


Figura IV-3. Subcuencas en el Área del Proyecto.

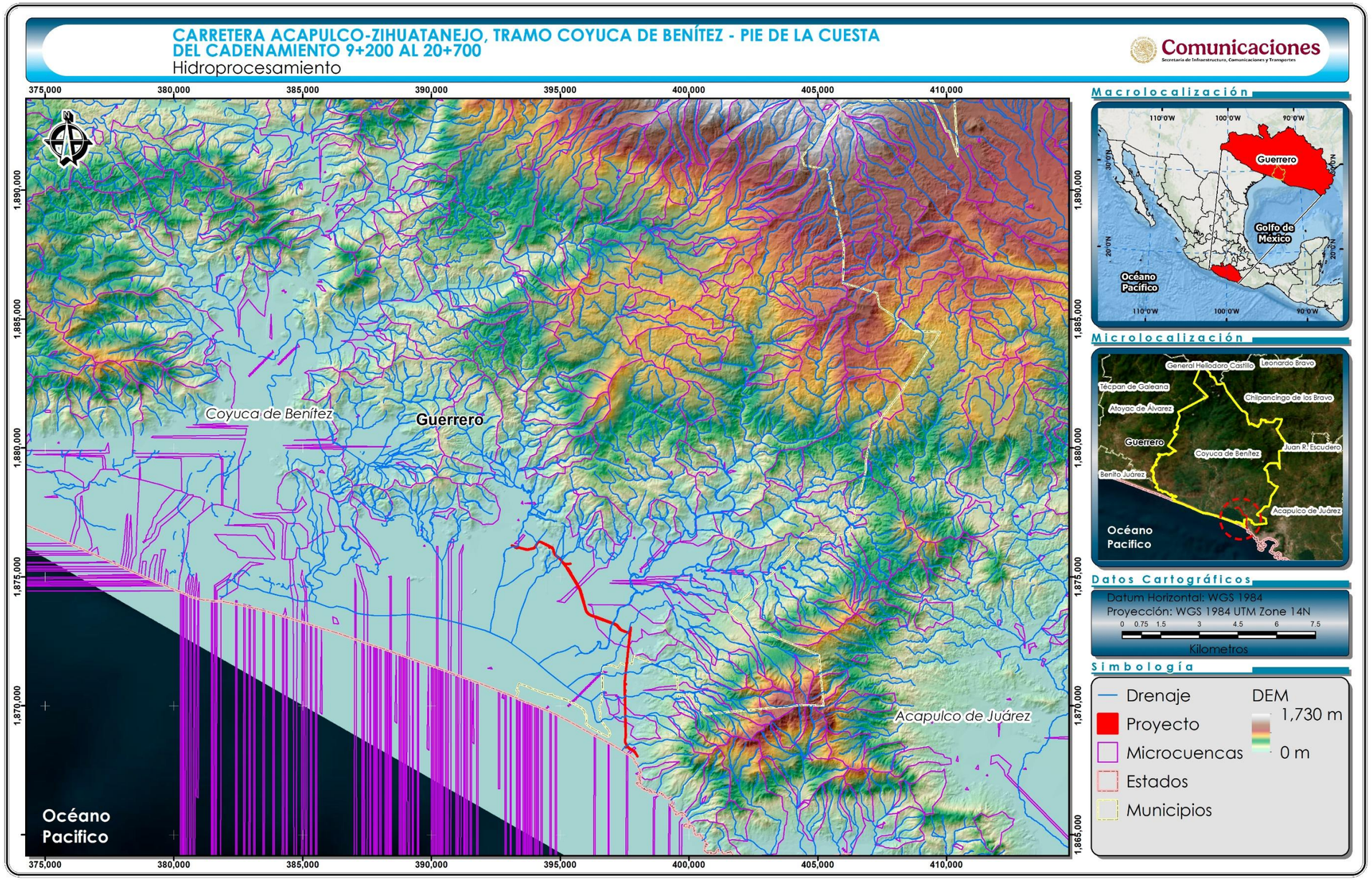


Figura IV-4. Hidro-procesamiento.

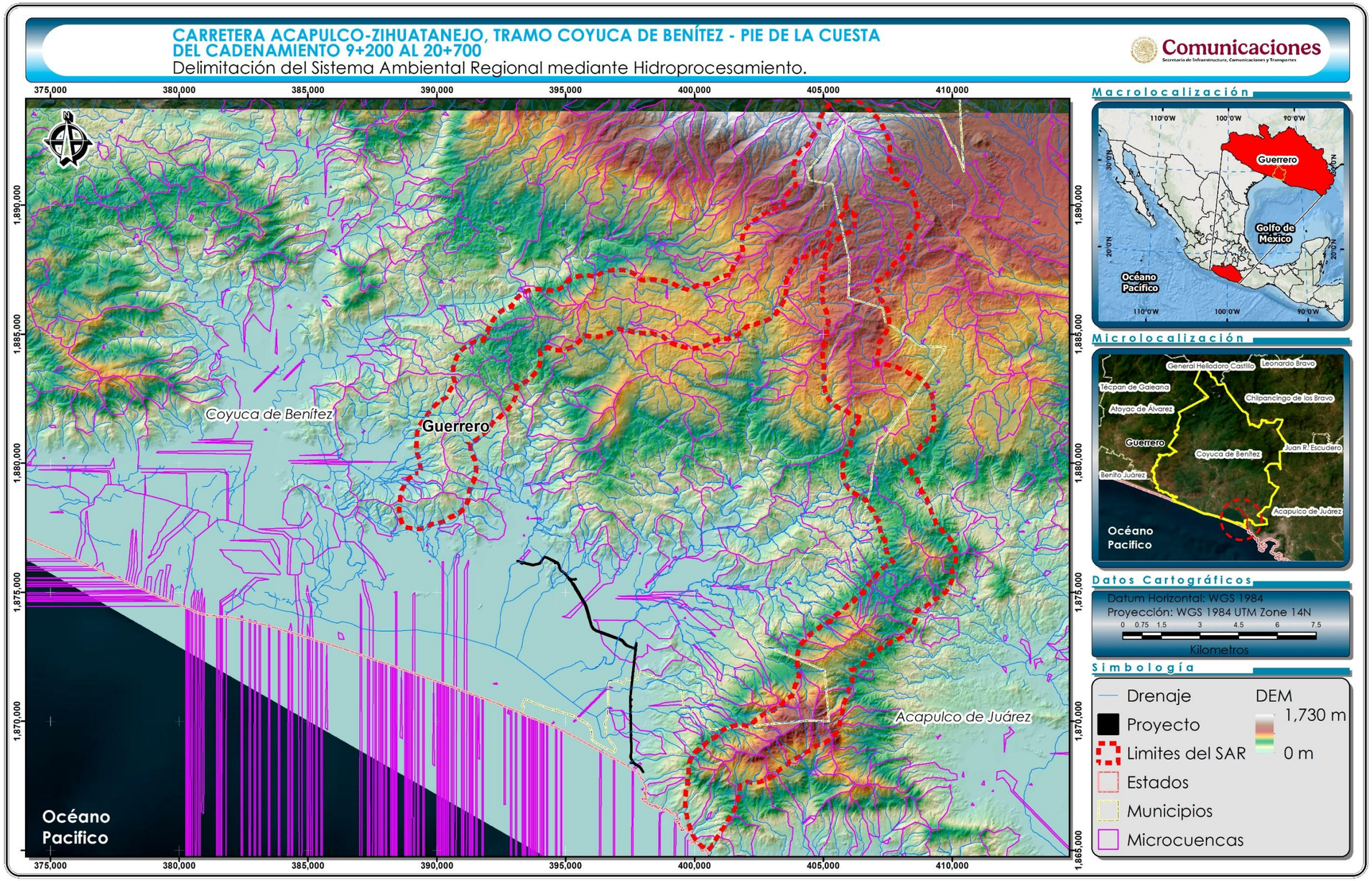


Figura IV-5. Delimitación del SAR mediante Hidro-procesamiento.

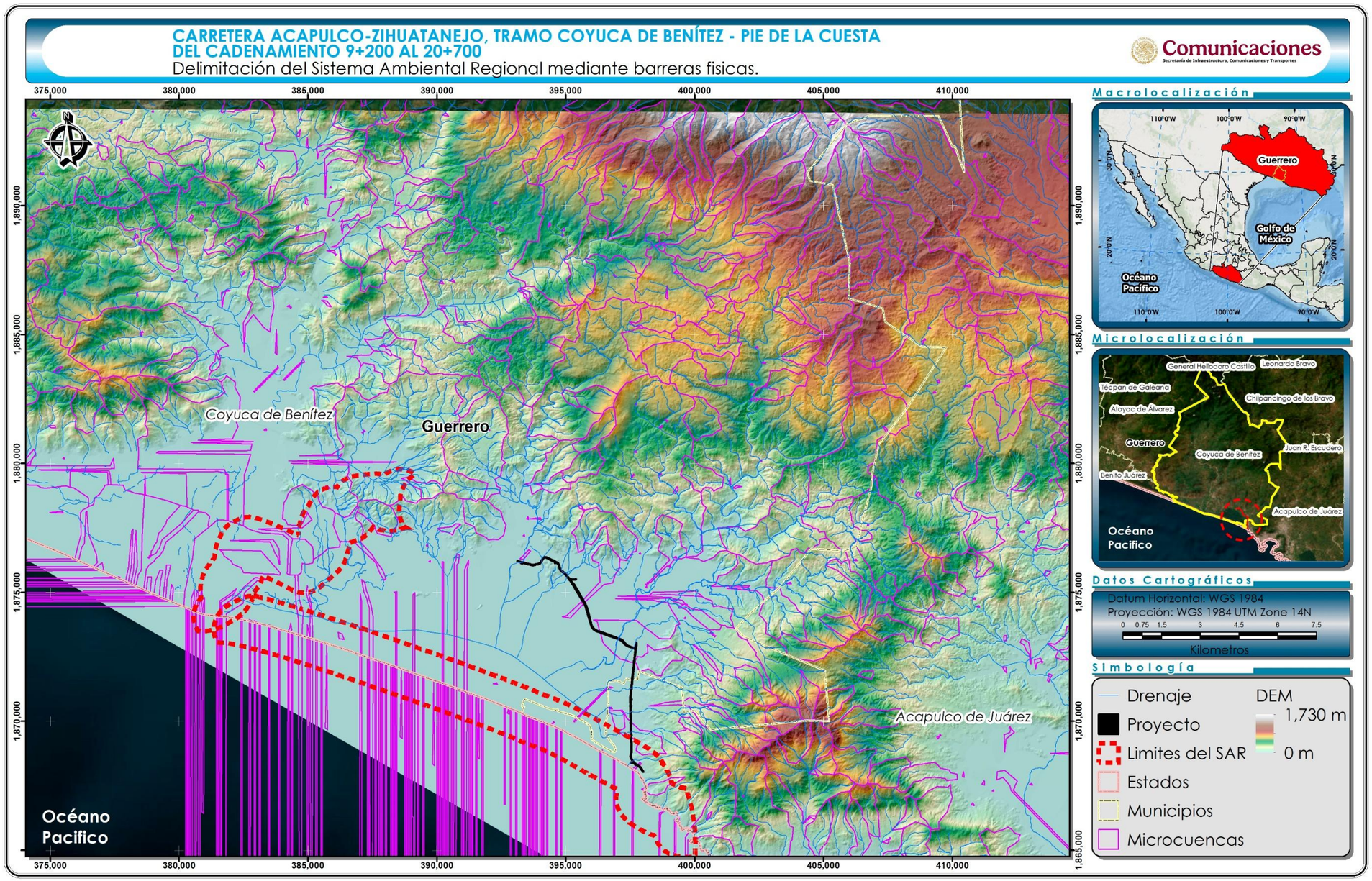


Figura IV-6. Delimitación del SAR mediante barreras físicas.

En conclusión, para la definición del SAR del proyecto que nos ocupa se tomaron en cuenta las microcuencas, al ser las unidades funcionales que mejor reflejan el espacio de atención integral en el que se presentan los procesos naturales que permiten el funcionamiento de la zona de pretendida ubicación del proyecto, y en las que se contendría el área de influencia de los potenciales impactos ambientales atribuibles a este proyecto.

Derivado de lo anterior, el SAR delimitado para el proyecto se muestra en la siguiente figura, y la superficie que lo conforma es de **32,885.19 ha**.

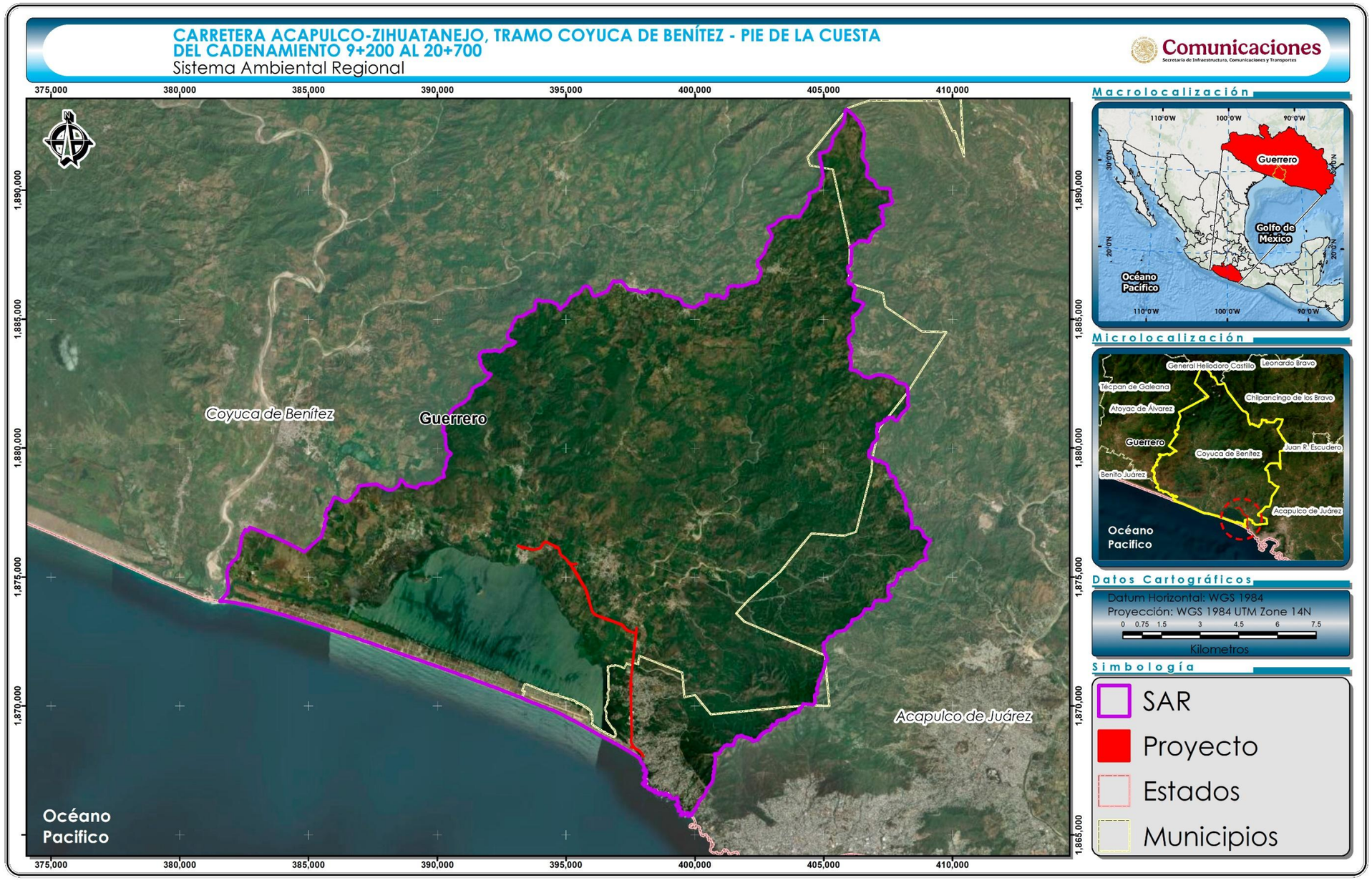


Figura IV-7. Sistema Ambiental Regional delimitado para el proyecto.

IV.3 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

IV.3.1 Regiones de interés ambiental

A partir del polígono del SAR delimitado, se realizó una investigación documental cartográfica para determinar si éste se ubica en algún sitio que guarde características naturales con algún grado de importancia, como son: Áreas Naturales Protegidas (ANP´s) de carácter federal o estatal, humedales de importancia para la Convención Ramsar, así como Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves, y Regiones Terrestres, Marinas e Hidrológicas Prioritarias, acorde con los ejercicios de regionalización desarrollados por la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO).

Es importante mencionar que no existen instrumentos normativos que restrinjan actividades en las regiones prioritarias identificadas por la CONABIO, por lo que no existe algún impedimento legal para realizar proyectos como el tratado en este documento. Sin embargo, la designación de un sitio como una región prioritaria debe verse como un compromiso intrínseco de conservación, y por ello, cualquier desarrollo en estas áreas deberá contemplar la implementación de medidas de mitigación que reduzcan el impacto directo a la biodiversidad, o de manera indirecta, si se afectan los procesos que pueden ser determinantes para el adecuado funcionamiento del ecosistema.

IV.3.1.1 Áreas Naturales Protegidas

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) son las zonas del territorio nacional en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas; están sujetas a

regímenes especiales de protección, conservación, restauración y desarrollo, según categorías establecidas en la Ley. Las ANP son creadas por un decreto presidencial y las actividades que pueden realizarse en ellas son de acuerdo con lo establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, su Reglamento, el Programa de Manejo y los Programas de Ordenamiento Ecológico (CONANP, 2010).

Con base en el listado del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas, se analizó la localización del SAR con respecto a las poligonales de Áreas Naturales Protegidas con decreto Federal, donde se encontró que existe sólo un Área Natural Protegida que se traslapa en 1,122.28 ha con el polígono del SAR, pero no así con el trazo del proyecto: "**El Veladero"** (Figura IV-8).

El Parque Nacional "El Veladero", con decreto de fecha 17 de julio de 1980 y modificación de fecha 29 de noviembre de 2000, se ubica en el municipio de Acapulco, en el estado de Guerrero. Tiene una superficie total de 3,617.41 ha y presenta bosque de encino, selva perennifolia y selva subcaducifolia. Entre su fauna, destacan aves canoras, serpientes como la *Boa constrictor*, iguanas negras, águilas pescadoras, escorpiones y cojolites o pavas moñudas. Asimismo, se encuentra la salamanquesa pata de res (*Phyllodactylus lanei*), la cual está catalogada como endémica (CONANP, 2025; SEMARNAT, 2016).

En las laderas del Cerro de "El Veladero", destaca la zona arqueológica de Palma Sola, arte rupestre prehispánico en 18 rocas de granito con grabados que describen la forma de vida y el entorno geográfico del lugar, que fue habitado hace siglos (SEMARNAT, 2016).

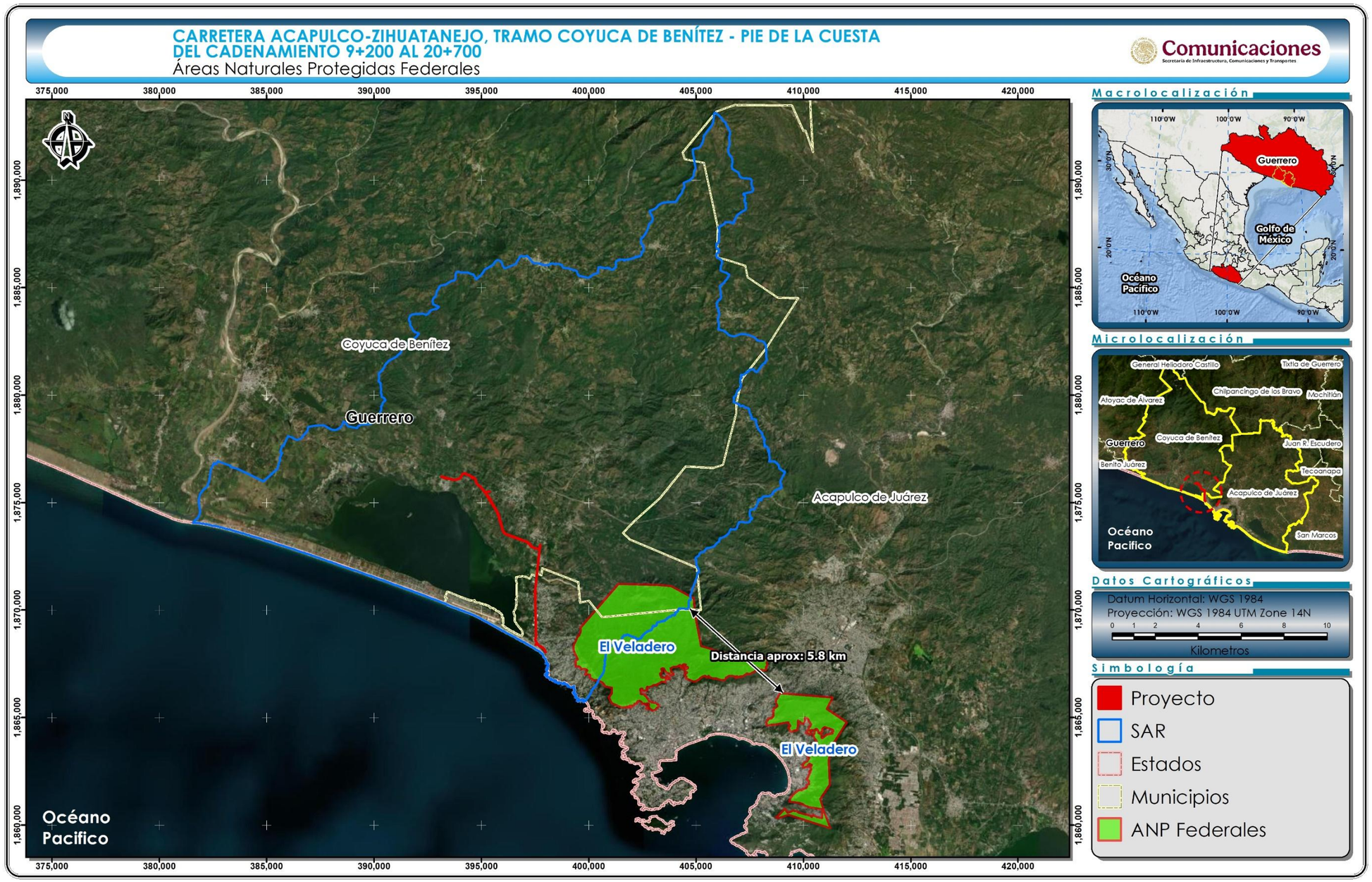


Figura IV-8. Ubicación del Sistema Ambiental Regional con respecto a la Áreas Naturales Protegidas Federales.

El SAR no se traslapa con la poligonal de ninguna ANP estatal. La más cercana se encuentra a aproximadamente a 8 km del SAR, y corresponde al ANP estatal "**El Nanchal**" (Figura IV-9). "El Nanchal" tiene una superficie de 1383.40 ha y presenta tres tipos de vegetación: bosque de pino- encino, bosque de encino-pino y vegetación riparia. La representación florística en el área está constituida por 61 especies; de éstas, 32 tienen algún uso tradicional, entre las que destacan *Rubus adenotrichus* (mora), *Leucaena leucocephala* (guaje), *Byrsonima crassifolia* (nanche), *Inga vera* (jinicuil), *Couepia polyandra* (zapotillo), *Psidium guajava* (guayaba), *Salvia microphylla* (toronjil), *Coursetia glandulosa* (chipile), *Cecropia obtusifolia* (guarumbo), *Calliandra anómala* (cabello de Ángel) y *Alsophila bricrenata* (árbol de la vida) (Gobierno del Estado de Guerrero, 2022).

Con respecto a la fauna, se ha registrado un total de 116 especies de vertebrados terrestres en "El Nanchal", de las que ocho son anfibios, 19 reptiles, 46 aves y 43 Mamíferos. De este total, 14 especies son endémicas a México, tales como: *Rana sierramadrensis* (rana), *Hyla sartori* (ranita dorada), *Ctenosaura pectinata* (iguana negra), *Crotalus culminatus* (víbora de cascabel), *Micrurus browni*, *Amazona finschi* (cotorra cabeza lila) y *Tamandua mexicana* (oso hormiguero), entre otros (Gobierno del Estado de Guerrero, 2022).

Es importante señalar que, aun cuando el polígono del SAR del proyecto intersecte o se traslape con la poligonal de un Área Natural Protegida de competencia federal, no se prevé que el proyecto pueda ocasionar afectación alguna a esta área, toda vez que ninguna de las obras y actividades previstas en esta MIA será desplantada en su interior.



Figura IV-9. Ubicación del Sistema Ambiental Regional con respecto a la Áreas Naturales Protegidas Estatales.

IV.3.1.1.1 Sitios RAMSAR

La Convención Ramsar es el tratado intergubernamental que ofrece el marco para la conservación y el uso racional de los humedales y sus recursos. Esta iniciativa surge en la ciudad de Ramsar, en Irán, durante el año de 1971, pero entra en vigor hasta 1975 (RAMSAR, 2014). De acuerdo con esta convención, nuestro país entró al convenio el 4 de noviembre de 1986, y actualmente cuenta con 144 Sitios Ramsar, que cubren un total de 8,734,375 ha (RAMSAR, 2026a).

El SAR del presente proyecto no se traslapa con la poligonal de algún Sitio RAMSAR, siendo el más próximo el número 1327 "Playa Tortuguera Tierra Colorada", ubicada a 135 km; le sigue en distancia el 1347 "Playa Tortuguera Cahuitán", a 161 km (Figura IV-10).

El **Sitio RAMSAR 1327 "Playa Tortuguera Tierra Colorada"** se integró desde 2003 al listado internacional de humedales protegidos, y actualmente cuenta con una superficie de 138.6 hectáreas. El Sitio consiste en una playa de arena con bosques de manglares (*Rhizophora mangle, Laguncularia racemosa, Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus*) que contribuyen a la estabilidad de las costas y a la integridad del hábitat; también existen porciones de selva baja subcaducifolia, vegetación de dunas costeras y matorral xerófito. Presenta deterioro producido por actividades humanas como huertas de coco, cultivos de temporal y la ganadería (CONANP, 2020; RAMSAR, 2026b).

Es una de las cuatro playas de anidación más importantes para la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*) en la costa oriental del Pacífico mexicano, y está reconocida a escala nacional como playa de anidación índice para evaluar las tendencias de la población de esta especie, misma que se encuentra en peligro de extinción según la NOM-059-SEMARNAT-2010. El Sitio también reviste una importancia vital para la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) y la tortuga verde (*Chelonia mydas*), dos especies vulnerables que están clasificadas como especies

en peligro de extinción en la legislación de México. El Sitio fue declarado reserva nacional y refugio de tortugas marinas en 1986 y fue designado santuario en 2002 (RAMSAR, 2026b).

El **Sitio RAMSAR 1347 "Playa Tortuguera Cahuitán"** puede considerarse como un humedal de tipo playa de arena que se encuentra en el Municipio de Santiago Tapextla, Distrito de Jamiltepec, en el estado de Oaxaca. Hacia el noroeste colinda con el estado de Guerrero, hacia el sur con el Océano Pacífico, y hacia el noreste con el ejido de Llano Grande. Este Sitio RAMSAR tiene una longitud de 12 km y en su mayoría es dinámica y de alta energía. Las mareas modifican la fisonomía de la playa en cada cambio lunar en el transcurso del año, formándose paredones de hasta 2 metros de altura, especialmente en el extremo noroeste. El clima predominante en esta zona es cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw) de acuerdo con la clasificación de Köepen, modificada por García (1981) (Barragán-Rocha *et al.*, 2003).

La Playa Tortuguera Cahuitán constituye una playa de anidación importante para la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*), que anida de octubre a marzo; la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*), que anida durante todo el año; y la tortuga prieta (*Chelonia mydas*), que anida de octubre a enero. Además, es refugio de una gran variedad de vertebrados entre los que destacan aves migratorias, aves residentes y, en menor medida, pequeños mamíferos, reptiles, anfibios y peces. Cabe destacar que este lugar sirve como zona de alimentación, reproducción y descanso de muchas especies de vertebrados e invertebrados (Barragán-Rocha *et al.*, 2003; RAMSAR, 2004).

Las áreas adyacentes han sido severamente deforestadas, pero aún quedan extensiones de *Rhizophora mangle, Enterolobiun cyclocarpum* y *Roseodendron donellsmithi*, que se utilizan localmente para la construcción de viviendas y la carpintería (Ramsar 2004). Aunado a esto, las comunidades aledañas a la playa explotan los recursos pesqueros tanto en el océano como en los esteros localizados

a lo largo de la playa y los consumen o los venden a la gente de los poblados cercanos (Barragán-Rocha *et al.*, 2003).

El 8 de enero de 2024, Playa Cahuitán fue decretada Área Natural Protegida con categoría de Santuario, en reconocimiento a su relevancia para la anidación de tortugas marinas, especialmente de la tortuga laúd (CONANP, 2026).

Como se mencionó previamente, el SAR no se traslapa o intersecta con la poligonal de algún sitio RAMSAR. Teniendo en cuenta la naturaleza del proyecto y la distancia a la cual se ubican con respecto al trazo carretero, no se prevé que el proyecto pueda ocasionar afectación alguna a estos humedales, toda vez que ninguna de las obras y actividades prevista en esta MIA será desplantada en su interior o proximidad.

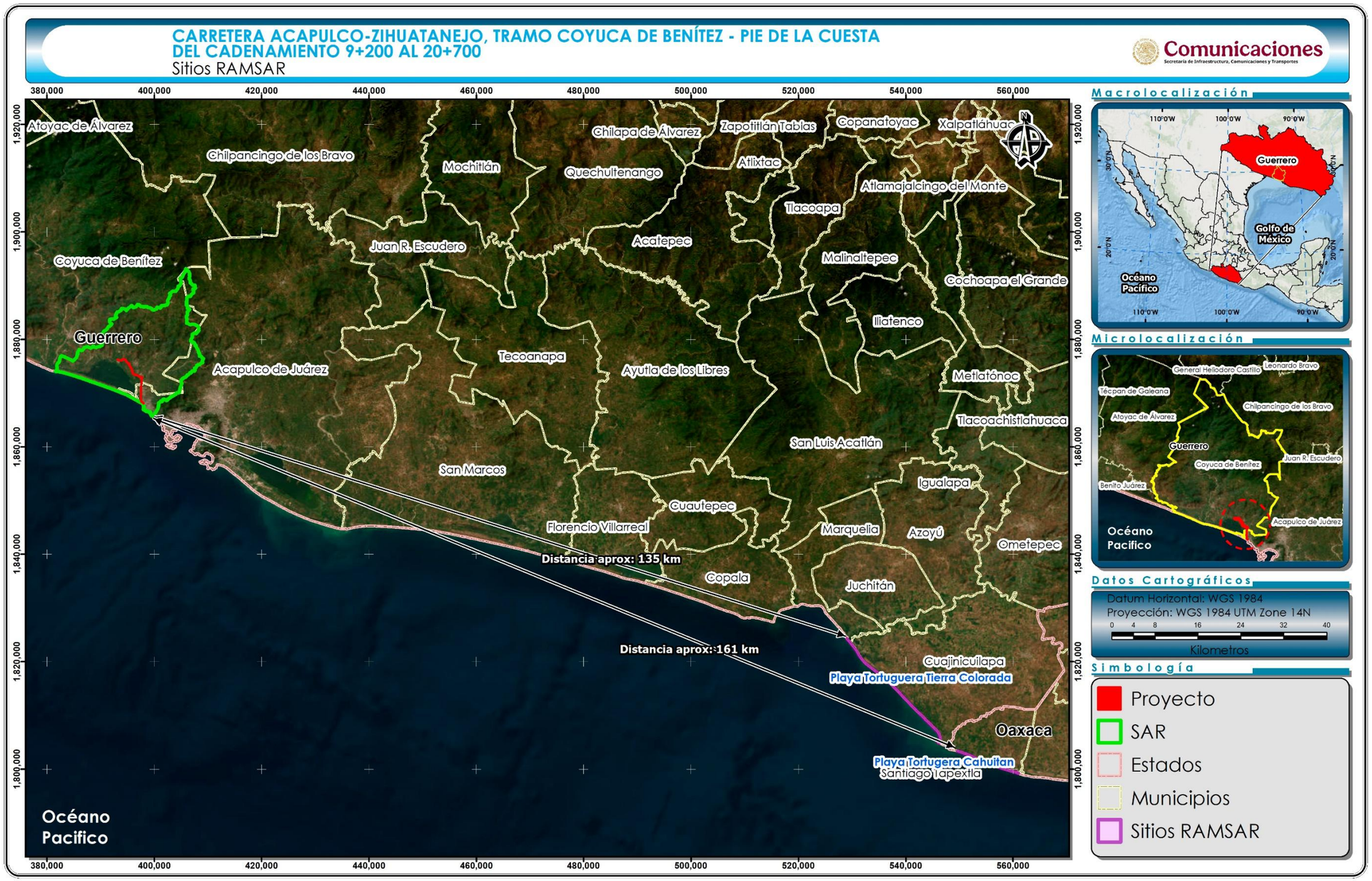


Figura IV-10. Ubicación del Sistema Ambiental Regional y del trazo del proyecto con respecto a los Sitios RAMSAR.

IV.3.1.2 Regionalización CONABIO

La regionalización implica la división de un territorio en áreas menores con características comunes y representa una herramienta metodológica básica en la planeación ambiental, pues permite el conocimiento de los recursos para su manejo adecuado. La importancia de la regionalización de tipo ambiental estriba en que se consideran análisis basados en ecosistemas, cuyo objetivo principal es incluir la heterogeneidad ecológica que prevalece dentro de un determinado espacio geográfico para, así, proteger hábitats y áreas con funciones ecológicas vitales para la biodiversidad.

En este contexto, la designación de Regiones Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad que lleva a cabo la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) se orienta en la detección de áreas cuyas características físicas y bióticas favorezcan condiciones particularmente importantes desde el punto de vista de la biodiversidad y la funcionalidad de los ecosistemas. Estas regiones se dividen en:

- Regiones Terrestres Prioritarias (RTP's)
- Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP's)
- Regiones Marinas Prioritarias (RMP's)
- Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA's)

IV.3.1.2.1 Regiones Terrestres Prioritarias (RTP's)

El SAR se traslapa con la **RTP-117 "Sierra Madre del Sur de Guerrero"** en una superficie de 4,882.52 hectáreas (Figura IV-11). Esta RTP ocupa un área de 11,965 km^2 y se ubica en los municipios de Ajuchitlán del Progreso, Atoyac de Álvarez, Benito Juárez, Chilpancingo de los Bravo, Coyuca de Benítez, Coyuca de Catalán, General Heliodoro Castillo, José Azueta, Leonardo Bravo, Petatlán, San Miguel

Totolapan y Tecpan de Galeana, en el estado de Guerrero. Presenta los climas Aw1 (30%), (A)C(w2) (26%), Aw2 (18%), C(w2)x' (14%) y Awo (12%); asimismo, se pueden observar las siguientes unidades de suelo: cambisol crómico (56%), andosol úmbrico (24%) y regosol éutrico (20%) (CONABIO, s.f.a).

Con respecto a los aspectos bióticos de esta RTP, se tiene que los principales tipos de vegetación y uso de suelo son: bosque de pino (30%); selva baja caducifolia (22%); bosque de encino (21%); bosque mesófilo de montaña (10%); agricultura, pecuario y forestal (10%); y selva mediana subcaducifolia (7%). El bosque de pino-encino predomina en la parte sur y centro, en tanto que las selvas bajas prevalecen hacia la costa, así como el bosque mesófilo de montaña. El límite de esta RTP considera la vegetación de bosque de pino-encino que representa la más integrada y conservada de la sierra (CONABIO, s.f.a).

La importancia de la Sierra Madre del Sur de Guerrero para la conservación radica en que se trata de una región aislada de alto endemismo y riqueza en todos los grupos, y presenta numerosas especies de distribución restringida. Además, constituye una cuenca de captación de agua muy importante para la zona urbana costera y de la cuenca del Balsas. No obstante, enfrenta problemas importantes de uso inadecuado de recursos, narcotráfico, explotación forestal inadecuada, introducción de ganado y tala inmoderada en muchos sitios (CONABIO, s.f.a).

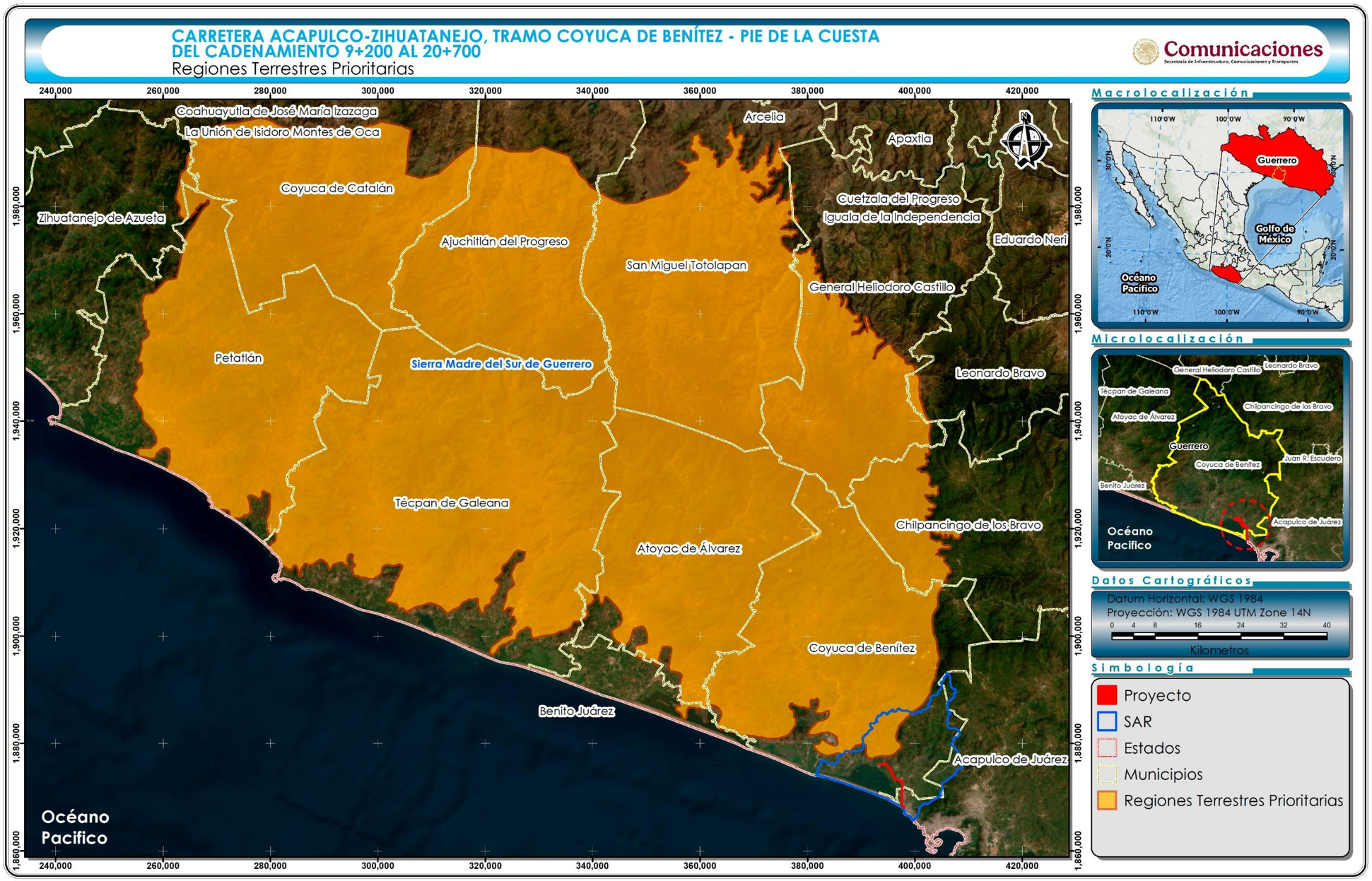


Figura IV-11. Ubicación del Sistema Ambiental Regional y del trazo del proyecto con respecto a las RTP's.

IV.3.1.2.2 Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP's)

En mayo de 1998, con el objetivo de obtener un diagnóstico de las principales subcuencas y sistemas acuáticos del país, la CONABIO inició el Programa de Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP's), considerando las características de biodiversidad y los patrones sociales y económicos de las áreas identificadas. Se estableció así un marco de referencia para los diferentes sectores, auxiliar en el desarrollo de planes de investigación, conservación uso y manejo sostenido de los recursos (Arriaga *et al.,* 2002).

La mayor parte del SAR delimitado para el proyecto se encuentra contenida dentro de la RHP-28 Río Atoyac-Laguna de Coyuca (31,445.89 ha), y la superficie restante (1,287.97 ha) está dentro de la RHP-29 Río Papagayo-Acapulco (Figura IV-12).

De acuerdo con la CONABIO (s.f.b), la **RHP-28 Río Atoyac-Laguna de Coyuca** se encuentra en el estado de Guerrero y tiene una extensión de 2,166.08 km^2. Sus principales cuerpos lénticos son las lagunas de Coyuca y Mitla, en tanto que sus principales cuerpos lóticos son los ríos Atoyac, Coyuca y Camotal. Con respecto a la limnología, la laguna de Coyuca se considera mesotrófica. Esta RHP presenta los climas cálido subhúmedo, semicálido húmedo y subhúmedo y templado subhúmedo con lluvias en verano. Su temperatura media anual es de 14-28ºC, su precipitación total anual de 1000-2500 mm, y su evaporación del 80-90%.

Con respecto a la vegetación, la RHP-28 Río Atoyac-Laguna de Coyuca presenta selva baja caducifolia, selva baja subcaducifolia, selva mediana caducifolia, selva mediana subcaducifolia, bosque mesófilo de montaña, bosque de pino-encino, manglares, lagunas costeras y otros humedales.

Algunas especies de fauna características son: *Anachis vexillum, Calyptraea spirata, Calliostoma aequisculptum, Chiton articulatus, Collisella discors*, *Crassinella skoglundae*, *Agonostomus monticola, Arius caerulescens, Astyanax fasciatus, Atherinella balsana, A. guatemalensis, Centropomus nigrescens, C. viridis,*

Cichlasoma istlanum, Diapterus lineatus, Dormitator latifrons, Eleotris picta, Gobiomorus maculaturs, Gobionellus microdon, Ictalurus balsanus, Lile gracilis, Mugil cephalus, M. curema, Oligoplites altus, Poecilia butleri, Poeciliopsis fasciata, Pseudophallus starksii, Sicydium multipunctatum, Xiphophorus helleri; *Cyanolyca mirabilis* y *Lophornis brachylopha*. Entre las especies endémicas presentes en esta RHP, se encuentran: *Oithona alvarezi*, *Aphelocoma unicolor guerrerensis, Catharus occidentalis, Dendrortyx macroura, Grallaria guatimalensis ochraceiventris, Thryothorus felix,* y *Vireo hypochryseus*.

Las principales actividades económicas de esta RHP son la pesca, agricultura y ganadería. Las principales problemáticas que enfrenta son: la desforestación para agricultura, introducción de ganado y tala inmoderada; la contaminación por basura, agroquímicos y materia orgánica; la explotación irracional de recursos bióticos; y el narcotráfico y la inestabilidad social.

Por su parte, según la CONABIO (s.f.b), la **RHP-29 Río Papagayo-Acapulco** ocupa una superficie de 8,501.81 km^2 en el estado de Guerrero. Sus principales cuerpos lénticos son las lagunas Negra, La Sabana y Tres Palos, en tanto que sus principales cuerpos lóticos son los ríos Papagayo, La Sabana y Omitlán. La geología de esta RHP incluye lomeríos y planicies aluviales en la boca de los ríos, y predominan las rocas metamórficas. Los suelos son someros poco desarrollados, con predominio de Regosol, Cambisol y Feozem. El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano; la temperatura media anual de 16-28°C, la precipitación total anual de 1000-2000 mm, y la evaporación del 80-90%.

Con respecto a la biodiversidad, los tipos de vegetación presentes en esta RHP son: selva baja caducifolia, selva mediana subcaducifolia, bosques de pino-encino, de encino-pino, de encino, mesófilo de montaña y pastizal inducido. En términos de la fauna, algunas especies características de esta RHP son *Anachis vexillum*, *Balcis falcata, Calyptraea spirata Entodesma lucasanum*, *Lucina lingualis, Nassarina (Zanassarina) atella, Semele (Amphidesma) verrucosa pacifica, Serpulorbis oryzata*

y *Tegula globulus*. Algunas de las especies endémicas presentes en esta RHP son: *Rana omiltemana, R. sierramadrensis*, *R. zweifeli*, *Amazilia viridifrons, Aulacorhynchus wagleri, Cyanolyca mirabilis, Deltarhynchus flammulatus, Dendrocolaptes certhia shefferi, Dendrortyx macroura, Eupherusa poliocerca, Lepidocolaptes leucogaster, Nyctiphrynus mcleodii, Piculus auricularis, Pipilo ocai guerrerensis, Piranga erythrocephala, Rhodinocichla rosea, Ridgwayia pinicola, Streptoprocne semicollaris, Vireo nelsoni*.

Las principales actividades económicas de la RHP-29 Río Papagayo-Acapulco son el turismo, la ganadería, la agricultura y la pesca de crustáceos *Macrobrachium acanthochirus, M. americanum, M. occidentale y M. tenellum.* Las principales problemáticas que enfrenta son: la deforestación, desecación y sobreexplotación de pozos; la contaminación; y el cambio de uso de suelo. Por consiguiente, con el fin de mitigar y compensar los impactos atribuibles al proyecto, se implementará una serie de medidas descritas en el Capítulo VI de la presente MIA, así como el Programa de rescate y reubicación de flora silvestre, el Programa de reforestación y revegetación con especies nativas, y el Programa de conservación y protección a los componentes hídricos, entre otros.

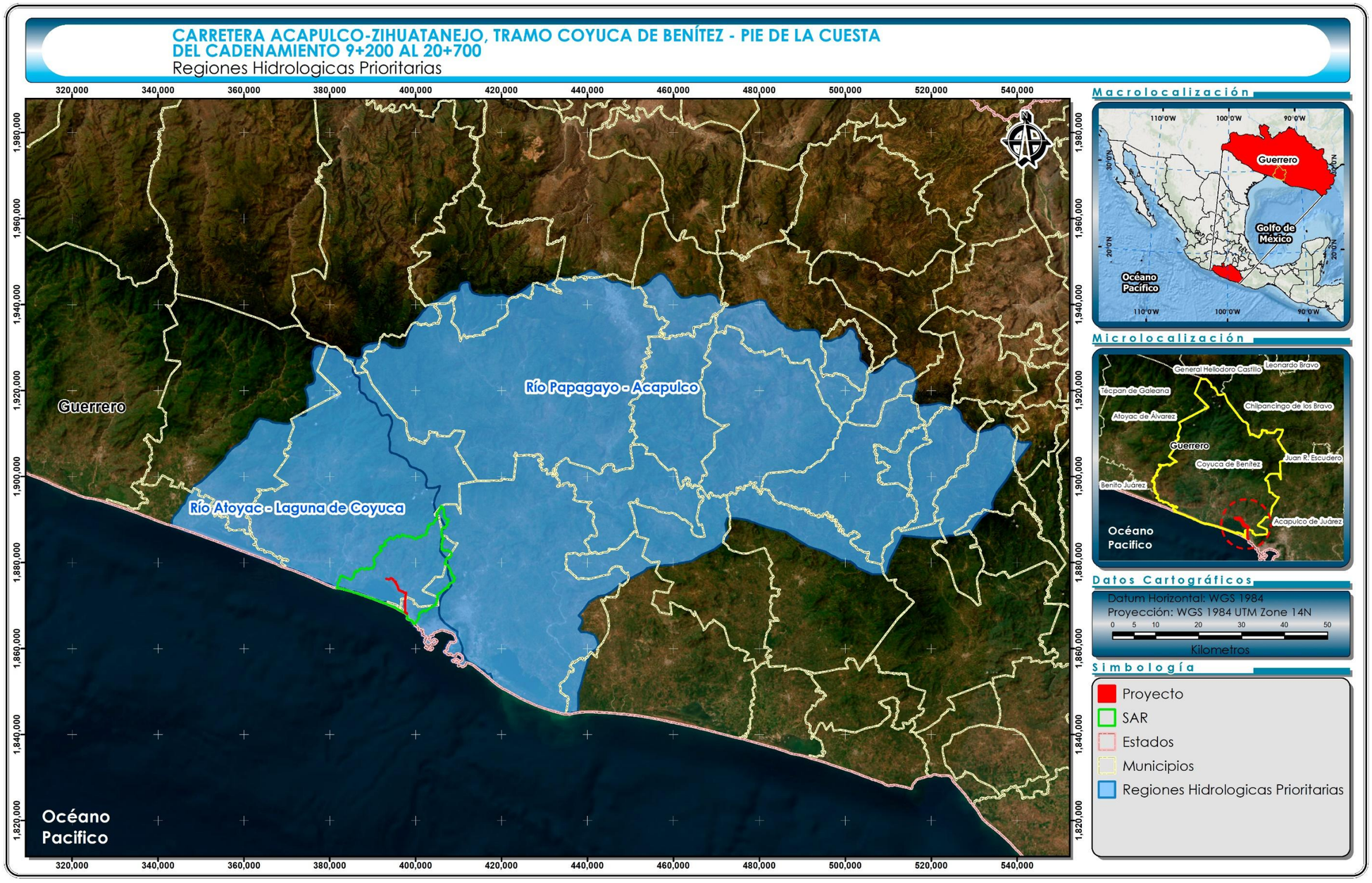


Figura IV-12. Ubicación del Sistema Ambiental Regional y del trazo del proyecto con respecto a las RHP's.

IV.3.1.2.3 Regiones Marinas Prioritarias (RMP's)

La dependencia que tiene el hombre con los recursos de los ecosistemas marinos y el impacto que ha causado en ellos se plantea la necesidad de incrementar el conocimiento de este recurso en todos los niveles. Bajo esta perspectiva, la CONABIO instrumentó el Programa de Regiones Marinas Prioritarias de México en conjunto con el apoyo de la agencia The David and Lucile Packard Foundation (PACKARD), la Agencia Internacional para el Desarrollo de la Embajada de los Estados Unidos de América (USAID), el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN) y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF por sus siglas en inglés) identificaron, delimitaron y caracterizaron 70 áreas costeras y oceánicas consideradas prioritarias por su alta diversidad biológica, por el uso de sus recursos y por su falta de conocimiento sobre biodiversidad (Arriaga *et,. al* 1998).

Como se observa en la Figura IV-13, el SAR delimitado para el proyecto está inmerso en su totalidad dentro de la **Región Marina Prioritaria 32-Coyuca-Tres Palos** (CONABIO, s.f.d). Esta RMP se ubica en el estado de Guerrero y tiene una extensión de 829 km^2. Su clima es cálido subhúmedo, y tiene una temperatura media anual mayor de 26° C; asimismo, se caracteriza por la ocurrencia de tormentas tropicales y huracanes.

Esta RMP comprende costa, marisma, humedales, dunas, playas, lagunas, y constituye una importante zona de alimentación de aves. Entre la biodiversidad presente, destacan moluscos, poliquetos, equinodermos, crustáceos, tortugas, peces, aves, mamíferos marinos, manglar. Asimismo, se encuentra la especie endémica *Lile gracilis*.

Las principales actividades económicas dentro de esta RMP son el turismo de baja densidad y la pesca artesanal y en cooperativas, con explotación de robalo, lisa, mojarra, huachinango. No obstante, enfrenta problemas de modificación del entorno debido a descargas de agua dulce, agroquímicos y fertilizantes, así como a

desechos ganaderos. Adicionalmente, presenta impactos atribuibles al transporte turístico y a la introducción de especies exóticas como la tilapia y la palma cocotera.

Si bien el trazo carretero se encontrará completamente embebido dentro de esta RMP, es importante mencionar que el proyecto no contempla ninguna obra marina, y se implementarán las medidas descritas en el capítulo VI de esta MIA y en los distintos programas propuestos para compensar y mitigar los impactos atribuibles al mismo.

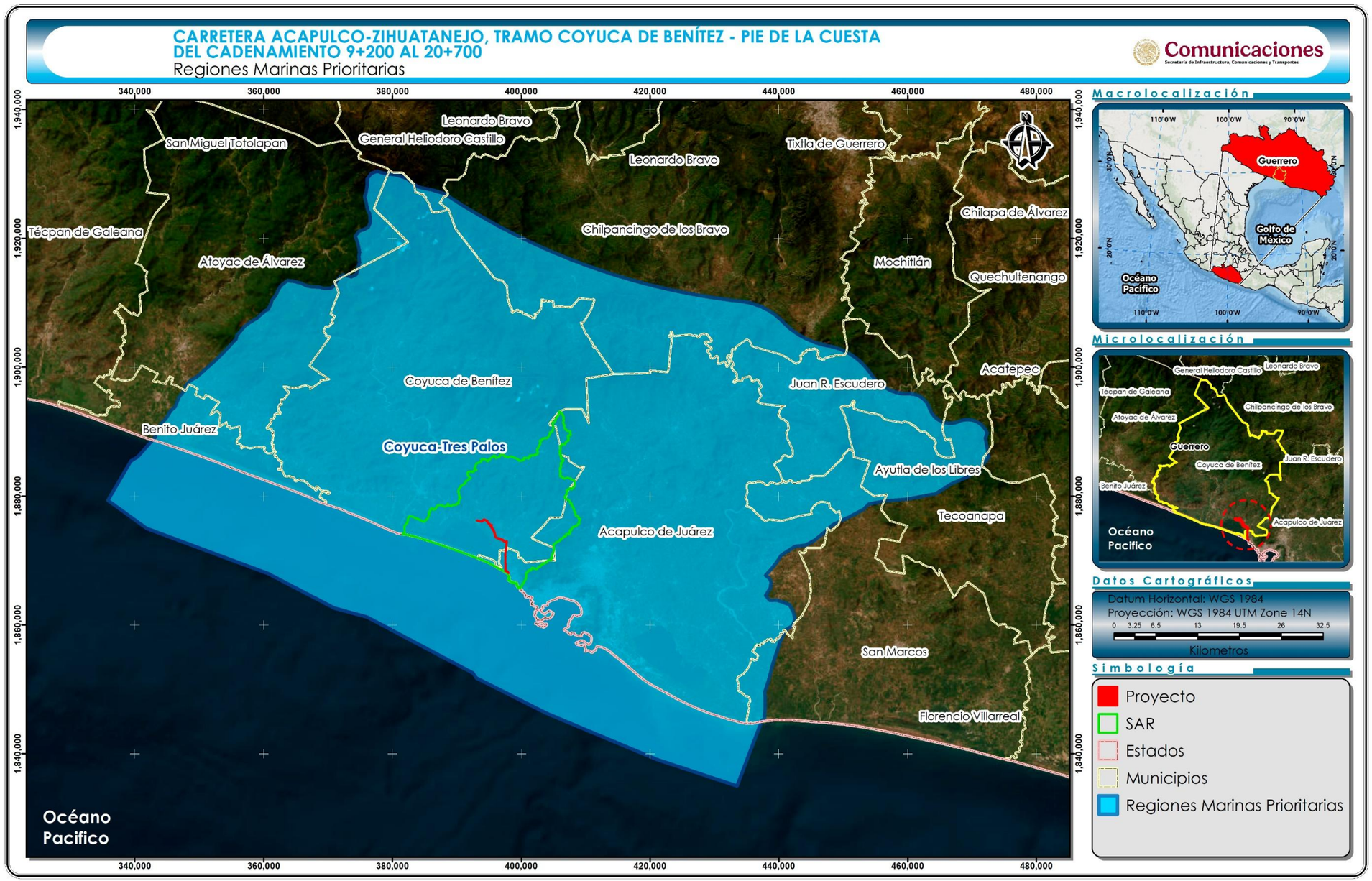


Figura IV-13. Ubicación del Sistema Ambiental Regional y del trazo del proyecto con respecto a las RMP's.

IV.3.1.2.4 Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA's)

El programa de las AICA's surgió como una idea conjunta de la Sección Mexicana del Consejo Internacional para la preservación de las aves (CIPAMEX) y BirdLife International. Inició con apoyo de la Comisión para la Cooperación Ambiental de Norteamérica (CCA) con el propósito de crear una red regional de áreas importantes para la conservación de las aves. Actualmente, se ha identificado un total de 243 AICA's en México, en las cuales es posible observar al 94.53% de las aves del país, 97.29% de las especies incluidas en alguna categoría de amenaza en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y todas las especies endémicas, semiendémicas y cuasiendémicas consideradas en la publicación "Conservación de aves: Experiencias en México" de Gómez D., H., y D. A. Oliveras (eds) (CONABIO, 2015).

El SAR definido para el proyecto se traslapa con el **AICA Lagunas Costeras de Guerrero** en una superficie de 3,343.18 ha, aunque el trazo del proyecto no se localiza dentro de ella (Figura IV-14). Esta AICA tiene una superficie de 14781.350693 hectáreas y está categorizada como A1 (presencia especies amenazadas), A3 (especies restringidas a biomas) y A4i (Sitios que albergan, de manera predecible, al menos el 1% de la población global de una o más especies), de acuerdo con BirdLife (2007) (CONABIO, 2015). Cuenta con 292 especies de aves, entre las que destacan:

Tabla IV-1. Especies de aves presentes en el AICA Lagunas Costeras de Guerrero

Especie	Nombre común
Crypturellus cinnamomeus	Tinamú Canelo
Cairina moschata	Pato Real
Nomonyx dominicus	Pato Enmascarado
Penelope purpurascens	Pava Cojolita
Tachybaptus dominicus	Zambullidor Menor
Cypseloides storeri	Vencejo Cara Blanca
Aramus guarauna	Carrao

Especie	Nombre común
Anarhynchus nivosus	Chorlo Nevado
Limosa fedoa	Picopando Canelo
Calidris mauri	Playero Occidental
Sternula antillarum	Charrán Mínimo
Thalasseus elegans	Charrán Elegante
Mycteria americana	Cigüeña Americana
Fregata magnificens	Fragata Tijereta
Botaurus lentiginosus	Avetoro Norteño
Botaurus exilis	Avetoro Menor
Tigrisoma mexicanum	Garza Tigre Mexicana
Egretta rufescens	Garza Rojiza
Chondrohierax uncinatus	Gavilán Pico de Gancho
Accipiter striatus	Gavilán Pecho Canela
Astur cooperii	Gavilán de Cooper
Geranospiza caerulescens	Gavilán Zancón
Rostrhamus sociabilis	Gavilán Caracolero
Buteogallus anthracinus	Aguililla Negra Menor
Buteogallus urubitinga	Aguililla Negra Mayor
Geranoaetus albicaudatus	Aguililla Cola Blanca
Buteo platypterus	Aguililla Alas Anchas
Buteo swainsoni	Aguililla de Swainson
Buteo albonotatus	Aguililla Aura
Glaucidium palmarum	Tecolote Colimense
Campephilus guatemalensis	Carpintero Pico Plateado
Micrastur semitorquatus	Halcón Selvático de Collar
Falco femoralis	Halcón Fajado
Falco peregrinus	Halcón Peregrino
Eupsittula canicularis	Perico Frente Naranja
Amazona albifrons	Loro Frente Blanca
Amazona finschi	Loro Corona Lila
Ramphotrigon flammulatum	Papamoscas Mexicano
Vireo atricapilla	Vireo Gorra Negra
Vireo pallens	Vireo Manglero
Geothlypis tolmiei	Chipe Lores Negros
Passerina ciris	Colorín Sietecolores



Figura IV-14. Ubicación del Sistema Ambiental Regional y del trazo del proyecto con respecto a las AICA's.

IV.3.2 Caracterización y Análisis del Sistema Ambiental Regional (SAR)

IV.3.2.1 Medio abiótico

A continuación, se presenta una descripción general de los componentes abióticos que ocurren en el Sistema Ambiental Regional (SAR) delimitado para el Proyecto, donde se llevarán a cabo las obras propuestas.

IV.3.2.1.1 Fisiografía

Provincias y subprovincias fisiográficas

La posición latitudinal que el territorio mexicano ha tenido a lo largo de su evolución, los procesos de orogenia y vulcanismo, el intemperismo y otros factores modeladores del paisaje, han hecho que nuestro país tenga una gran diversidad de ambientes, lo cual se refleja en la biota que se desarrolla en su territorio.

El Sistema Ambiental Regional (SAR) delimitado para este proyecto se localiza junto a la costa del estado de Guerrero, dentro de la provincia fisiográfica Sierra Madre del Sur (Figura IV-15), subprovincia Costas del Sur (Figura IV-16).

La provincia Sierra Madre del Sur limita al norte con el Eje Neovolcánico, al este con la Llanura Costera del Golfo Sur, las Sierras de Chiapas y la Llanura Costera Centroamericana del Pacífico, y al sur con el Océano Pacífico. Abarca parte de los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, México, Morelos, Puebla, Oaxaca, Veracruz y todo el estado de Guerrero (INEGI, 2001a). La Sierra Madre del Sur corre paralela a la costa del océano Pacífico y al Eje Neovolcánico, del que es separada por la Depresión del Balsas. El Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur se enlazan en el norte de Oaxaca, en el Escudo Mixteco. La altitud media de esta provincia es de 2,000 msnm, mientras que los puntos con mayor elevación se registran en el Cerro Teotepec con aproximadamente 3, 400 m de altitud (Guerrero), y en el cerro Quie

Yelaag, que está a una altura de 3,710 msnm (Oaxaca) (Cervantes-Zamora *et al*., 1990).

Esta provincia es considerada la región más compleja y menos conocida del país. Debe mucho de sus rasgos particulares a su relación con la placa de Cocos, a la cual se atribuye la fuerte sismicidad que se manifiesta en la región, en particular sobre las costas guerrerenses y oaxaqueñas, siendo la trinchera de Acapulco una de las zonas más activas. Esta relación también es la causante de, aunque la mayoría de la provincia presenta una orientación noroeste-sureste, algunos de sus principales ejes estructurales (depresión del Balsas, cordilleras costeras, etc.) tienen una estricta orientación este-oeste en contraste. Litológicamente, también es una región de gran complejidad en la que las rocas intrusivas (granitos) y metamórficas cobran una importancia mucho mayor que en la mayoría de las provincias del norte del país (INEGI, 2001).

Respecto a las subprovincias, **el SAR se ubica dentro de la Subprovincia Costas del Sur.** Esta subprovincia se caracteriza por tener superficies con altitudes no mayores a los 200 metros sobre el nivel del mar, compuestas por depósitos aluviales, rocas ígneas y metamórficas (SEMARNAT, 2015). Comprende la angosta llanura costera del Pacífico, que está orientada más o menos en sentido noroeste-sureste, desde las cercanías de la desembocadura del río Coahuayana, límite entre Colima y Michoacán, hasta Salina Cruz, Oaxaca, pasando por el estado de Guerrero (CONAGUA, 2024; INEGI, 2004). En sus tramos más angostos, tiene aproximadamente 20 km de ancho; comienza a ampliarse a la altura de Zihuatanejo para alcanzar un máximo de 45 km en la región de Santiago Pinotepa Nacional, Oaxaca. La porción guerrerense localizada entre el límite del estado de Michoacán de Ocampo y la ciudad de Acapulco de Juárez, es conocida como "Costa Grande"; la que se extiende al este de la última población mencionada y llega a Pinotepa Nacional, Oaxaca, es llamada "Costa Chica" y la zona más al oriente se conoce sólo como la "Costa" (CONAGUA, 2024; INEGI, 2004).

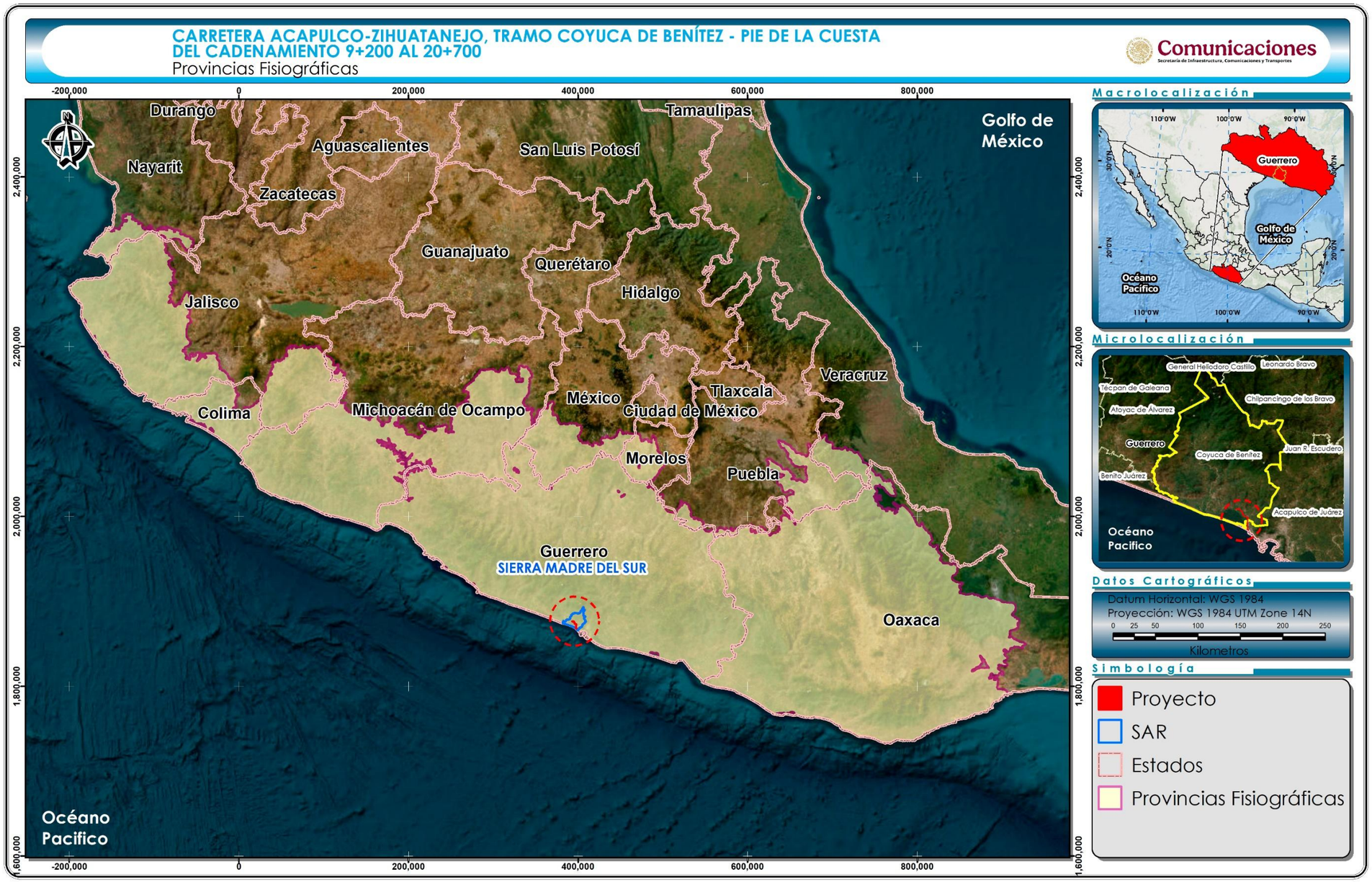


Figura IV-15. Ubicación del Sistema Ambiental Regional y del trazo carretero del Proyecto con respecto a la Provincia fisiográfica Sierra Madre del Sur.



Figura IV-16 Ubicación del Sistema Ambiental Regional y del trazo carretero del Proyecto con respecto a la Subprovincia fisiográfica Costas del Sur.

Topoformas

Se denomina topoforma al conjunto de formas del terreno asociadas con algún patrón o patrones estructurales y/o degradativos (INEGI, 2019). A continuación, se presentan las superficies que ocupan las distintas topoformas dentro del Área del Proyecto y del SAR de acuerdo con el Conjunto de datos vectoriales Fisiográficos de la Serie I del INEGI (2001):

Tabla IV-2. Superficies de topoformas dentro del Área del Proyecto y del SAR

Nombre	Descripción	Área del Proyecto		SAR	
		Superficie (m^2)	Superficie (Ha)	Superficie (m^2)	Superficie (Ha)
Llanura	Llanura costera con lagunas costeras	173,192.88	17.32	82,669,245.30	8,266.92
Sierra	Sierra baja compleja	65,294.03	6.53	241,957,610.67	24,195.76
Llanura	Llanura costera salina	17,175.25	1.72	4,115,181.39	411.52
TOTAL		**255,662.16**	**25.57**	**328,742,037.35**	**32,874.20**

Como se puede observar en la tabla anterior, dentro del Área del Proyecto y del SAR se encuentran tres topoformas distintas: la llanura costera con lagunas costeras, la sierra baja compleja y la llanura costera salina. La topoforma predominante en el trazo carretero o Área del Proyecto es la llanura costera con lagunas costeras, en tanto que en el SAR predomina la topoforma de sierra baja compleja.

De acuerdo con el Diccionario de datos fisiográficos del INEGI (2001b), la llanura costera con lagunas costeras es un área sin elevaciones o depresiones prominentes que bordea en la orilla del continente con el mar y, como indica su nombre, cuenta con lagunas costeras. Ocupa una superficie de 17.32 ha en el Área del proyecto, y 8,266.92 ha en el SAR.

Por su parte, la sierra baja compleja es una línea de montañas cuya elevación es poco considerable en el entorno geográfico y que se compone de rocas de origen diverso. Ocupa una superficie de 6.53 en el Área del Proyecto, y 24,195.76 ha en el SAR.

Finalmente, la llanura costera salina es un área sin elevaciones o depresiones prominentes que bordea en la orilla del continente con el mar y que presenta un alto contenido en sales. Esta topoforma ocupa 1.72 ha dentro del Área del proyecto y 411.52 ha dentro del SAR.

A continuación, se presenta la ubicación de las distintas topoformas dentro de la superficie del SAR delimitado para el Proyecto:

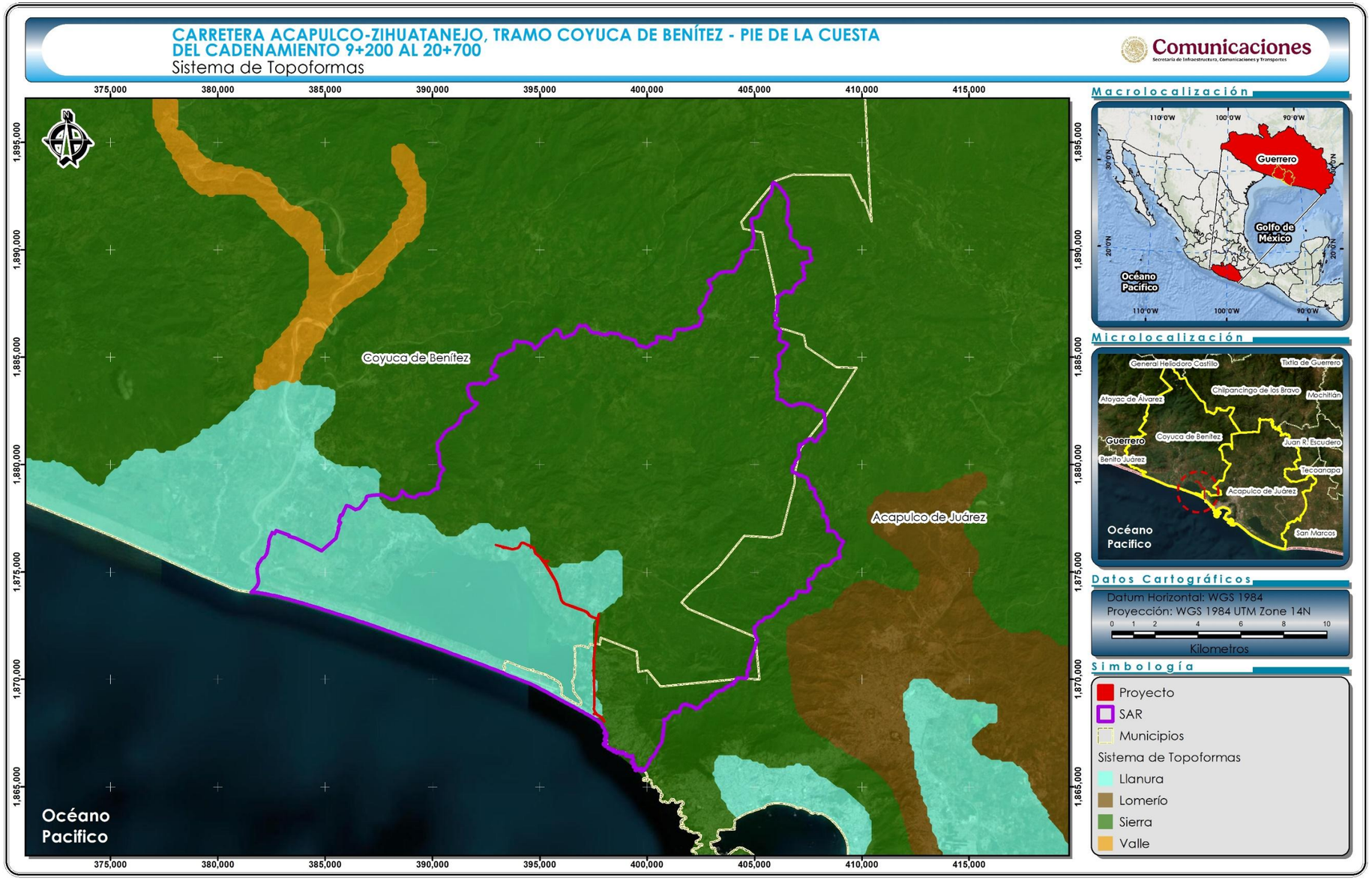


Figura IV-17 Sistemas de topoformas en el trazo carretero y en el SAR delimitado para el proyecto.

IV.3.2.1.2 Geología

Litología

La geología del estado de Guerrero es muy compleja, ya que la entidad se encuentra dividida en diferentes terrenos tectonoestratigráficos, con estratigrafías variadas, pertenecientes a cuencas de depósito, unidades corticales y oceánicas de tamaño, litología, deformación y edad variables. Aunado a esto, dado que esta región está situada en el borde suroccidental de la placa Norteamericana, donde en la región de la fosa de Acapulco, se sumerge y sumergieron placas oceánicas, se han formado durante su historia geológica depósitos relacionados con arcos insulares y mares marginales, dando origen a varios tipos de depósitos vulcanosedimentarios y sedimentos marinos y continentales (terrenos Guerrero, Oaxaca, Xolapa y otros) (CONAGUA, 2015).

Dentro del SAR delimitado para el Proyecto, donde está inserto el trazo de eje carretero, el sustrato geológico está dominado por rocas metamórficas de tipo Gneis que datan del periodo Jurásico J(Gn), rocas sedimentarias del Cuaternario Q(s), y rocas ígneas intrusivas ácidas del Jurásico J(Igia) y del Terciario T(Igia) (Figura IV-18). A continuación, se presentan las superficies ocupadas por cada tipo de roca dentro del SAR delimitado para el proyecto:

Tabla IV-3. Superficies por tipo de roca dentro del SAR

Clase	Tipo	Clave	Superficie dentro del SAR (ha)
Metamórfica	Gneis	J(Gn)	17,092.53
N/A	N/A	Q(s)	11,756.84
Ígnea intrusiva	Ígnea intrusiva ácida	J(Igia)	3,516.30
Ígnea intrusiva	Ígnea intrusiva ácida	T(Igia)	508.54

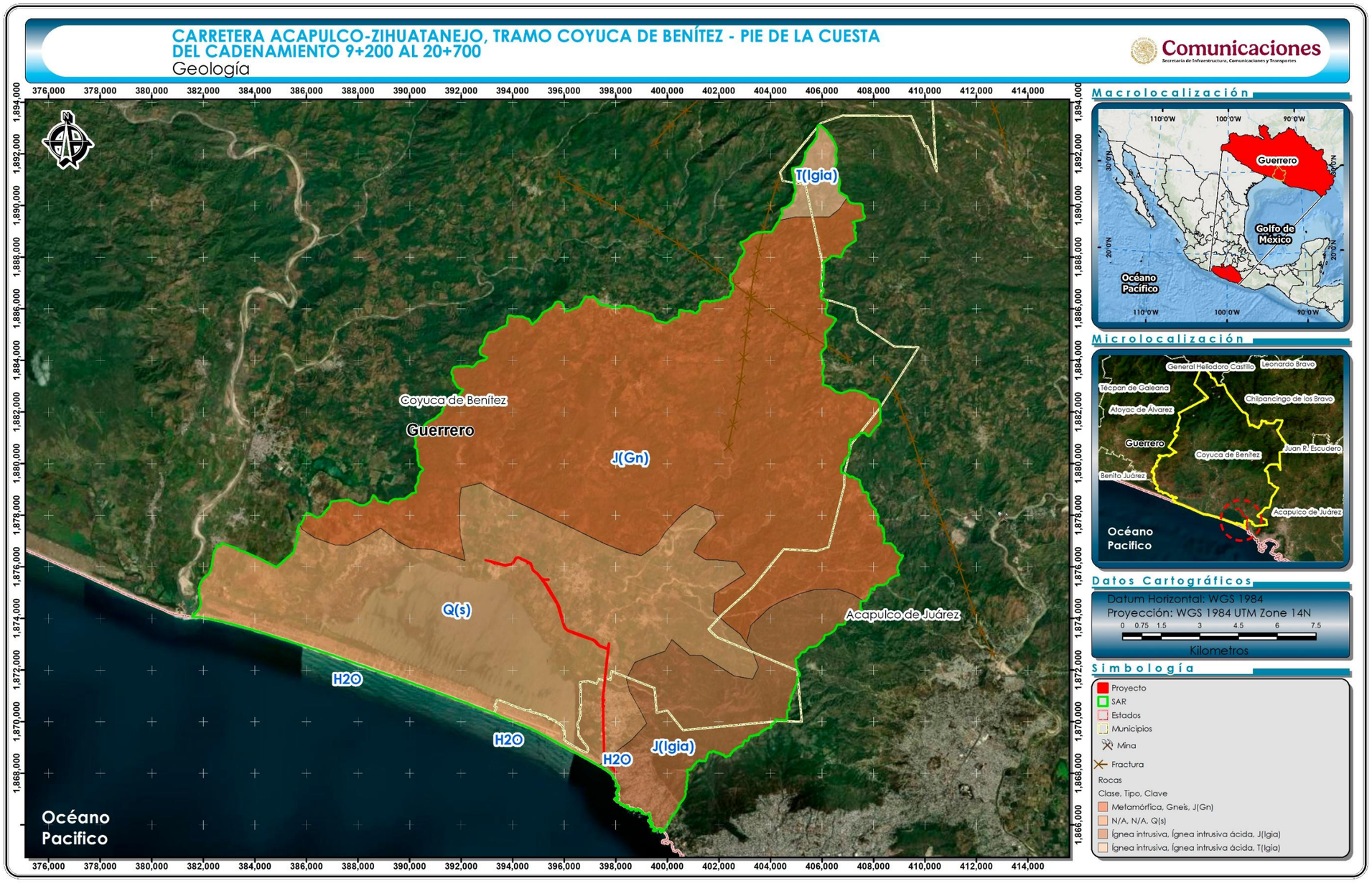


Figura IV-18. Sustrato geológico del SAR delimitado para el Proyecto.

Como se puede observar en la figura anterior, el sustrato geológico del tipo ígnea intrusiva ácida del Terciario T(Igia) es el que ocupa la menor superficie (508.54 ha) y se localiza en la punta norte del SAR. En contraste, el estrato con rocas metamórficas de tipo Gneis que datan del periodo Jurásico J(Gn) se ubica en la parte central y es el que ocupa la mayor área (17,092.53 ha) dentro del SAR. Finalmente, los estratos en los que dominan rocas sedimentarias del Cuaternario Q(s) y rocas ígneas intrusivas ácidas del Jurásico J(Igia) colindan con la costa y ocupan superficies de 11,756.84 ha y 3,516.30 ha, respectivamente.

Con respecto al eje del trazo carretero, donde ocurrirán las obras propuestas, se presenta principalmente un sustrato geológico de tipo rocas sedimentarias del Cuaternario Q(s), con una pequeña porción al sur de rocas ígneas intrusivas ácidas del Jurásico J(Igia). Entonces, las rocas que componen la región de incidencia del tazo carretero corresponden principalmente a rocas sedimentarias e ígneas.

Las rocas sedimentarias (del latín *sedimentum*, asentamiento) se forman por la precipitación y acumulación de materia mineral de una solución o por la compactación de restos vegetales y/o animales que se consolidan en rocas duras. Los sedimentos son depositados por capas en la superficie de la litósfera a temperaturas y presiones relativamente bajas y pueden estar integrados por fragmentos de roca preexistentes de diferentes tamaños, minerales resistentes, restos de organismos y productos de reacciones químicas o de evaporación (Servicio Geológico Mexicano, 2025a).

Una roca preexistente expuesta en la superficie de la tierra pasa por un proceso sedimentario (erosión o intemperismo, transporte, depósito, compactación y diagénesis) con el que llega a convertirse en una roca sedimentaria; a esta transformación se le conoce como litificación. Las rocas sedimentarias generalmente se clasifican, según el modo en que se producen, en detríticas o clásticas, y químicas o no clásticas; dentro de ésta última, se encuentra una subcategoría conocida como bioquímicas (Servicio Geológico Mexicano, 2025a).

Por su parte, las rocas ígneas (del latín *ignis*, fuego), también nombradas magmáticas, se han formado por solidificación de un de material rocoso, caliente y móvil denominado magma. Este proceso, llamado cristalización, resulta del enfriamiento de los minerales y del entrelazamiento de sus partículas. Este tipo de rocas también son formadas por la acumulación y consolidación de lava, término con el que se denomina a un magma que se enfría en la superficie al ser expulsado por los volcanes. Cuando la solidificación del magma se produce en el seno de la litósfera, la roca ígnea resultante se denomina plutónica o intrusiva; si el enfriamiento se produce, al menos en parte, en la superficie o a escasa profundidad, la roca resultante se denomina volcánica o extrusiva (Servicio Geológico Mexicano, 2025b).

Las rocas ígneas también se pueden clasificar con base en la cantidad de elementos de sílice que contienen. Las rocas ácidas, como el granito, el microgranito y la riolita, son ricas en sílice y contienen minerales como cuarzo, feldespato y biotita, entre otros. Las rocas básicas, como el gabro, la dolerita y el basalto, son pobres en sílice y contienen minerales como olivino, piroxeno, feldespato y/o cuarzo, entre otros. También son ricas en magnesio y hierro, y a menudo se las describe como *máficas*. Las rocas intermedias incluyen la diorita, la microdiorita y la andesita (Donnelly, s.f.).

Fallas y fracturas

Dentro del SAR delimitado para el proyecto, en su extremo noreste, se presentan dos fracturas. Sin embargo, ninguna de ellas intersecta con el trazo carretero.

Sismicidad

Los sismos son los movimientos de la corteza terrestre que se originan en el interior de la tierra y se propagan por ella en todas direcciones, en forma de ondas. Son de corta duración e intensidad variable, y son generados por la liberación espontánea de energía (SGM, 2025).

Al aplicar un esfuerzo mecánico sobre una roca, dependiendo de su estructura y composición, se comportará en forma plástica. La elasticidad es una propiedad de los sólidos y significa que, luego de haber sido un cuerpo deformado por una fuerza aplicada, éste retorna a su forma original cuando la fuerza ya no está presente. Si la fuerza deformante continúa por un período prolongado de tiempo, la deformación será permanente y podría ocurrir una rotura súbita que libera la energía elástica en forma de una onda o sismo que se propaga en todas direcciones (SGM, 2025).

Por sus causas, los sismos se pueden clasificar en:

- Tectónicos: son los sismos que se originan por el desplazamiento de las placas tectónicas que conforman la corteza.
- Volcánicos: poco frecuentes; cuando la erupción es violenta genera grandes sacudidas que producen sismos en los lugares cercanos al evento eruptivo.
- Por hundimientos: cuando al interior de la corteza se ha producido la acción erosiva de las aguas subterráneas, va dejando un vacío, el cual termina por ceder ante el peso de la parte superior, este hundimiento genera el sismo.
- Por deslizamientos: cuando ocurre un movimiento o desplazamiento del suelo a lo largo de una falla, lo que puede producir sismos.
- Por explosiones atómicas: ocasionados por la detonación de bombas atómicas subterráneas.

La distribución de las placas tectónicas y de las fallas terrestres permite medir la frecuencia e intensidad de los sismos. De esta forma se pueden clasificar las zonas sísmicas en tres regiones:

- Sísmicas: zonas activas de la corteza terrestre propensas a sufrir grandes movimientos sísmicos; coinciden con las zonas de impacto o roce de las placas.
- Penisísmicas: zonas en las que se registran terremotos de poca intensidad y frecuencia.

- Asísmicas: zonas muy estables de la corteza terrestre en las que raramente se registran terremotos. Se trata de regiones muy antiguas de la corteza terrestre, de tipo continental (escudos).

Para medir la intensidad de los daños producidos por un temblor, se utiliza la escala de Intensidad o de Mercalli, la cual está relacionada con la cantidad daños causados al hombre y a sus construcciones. Para medir la magnitud de un sismo se utiliza la escala de Magnitud o Richter, la cual está relacionada con la energía que se libera durante un sismo y se obtiene en forma numérica a partir de los registros dados por los sismógrafos.

A nivel nacional, las Regiones Sísmicas se subdividen en cuatro zonas:

- Zona Baja (A), no se tienen registros históricos de sismos y no se esperan aceleraciones del suelo mayores a 10% de la aceleración de la gravedad a causa de algún temblor.
- Zonas Moderada (B) y Alta (C), se registran sismos no tan frecuentes, o son zonas afectadas por aceleraciones que no sobrepasan el 70% de la aceleración del suelo.
- Zona Severa (D), se han reportado sismos históricos importantes, la ocurrencia de sismos es frecuente y las aceleraciones del suelo pueden sobrepasar el 70% de la aceleración de la gravedad.

Como se observa en la siguiente figura, el SAR delimitado para el Proyecto y el trazo carretero se ubican en su totalidad dentro de la Zona Sísmica D (severo), por lo que el promovente deberá tomar las previsiones necesarias para que la ingeniería de las obras propuestas considere la ocurrencia de sismos.

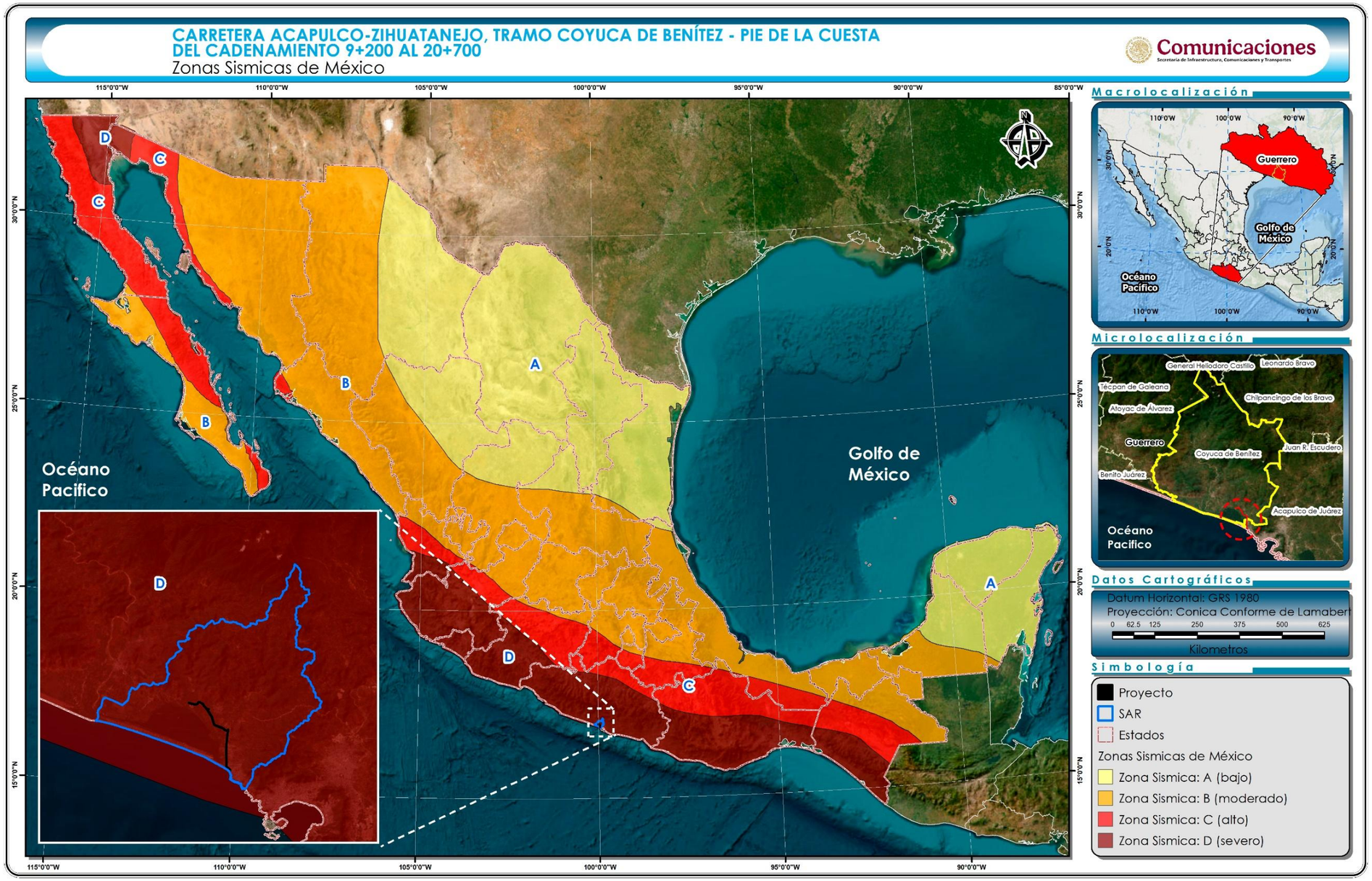


Figura IV-19. Ubicación del SAR y trazo carretero con relación a las zonas sísmicas de México.

IV.3.2.1.3 Edafología

De acuerdo con la FAO (2009) el suelo es una entidad que está compuesta por minerales, materia orgánica, microorganismos vegetales y animales, aire y agua. Se trata de una capa delgada que se ha formado lentamente, a través de los siglos, a partir de la desintegración del material parenteral superficial por los agentes de intemperismo (agua, viento y clima, entre otros). Las plantas y animales que crecen y mueren dentro y sobre el suelo, son descompuestos por los microorganismos y, posteriormente, transformados en materia orgánica mezclada con el suelo inerte o mineral.

La materia orgánica es el producto de la descomposición de los seres vivos que han fallecido. La materia orgánica puede almacenar importantes cantidades de agua y suele ser rica en minerales. Los minerales provienen de la roca madre, que se deshace lentamente por intemperismo; también los minerales pueden ser trasladados desde otros lugares gracias a la acción del agua y el viento (erosión).

Los microorganismos cumplen una función muy importante en la formación y composición del suelo, pues son los encargados de fragmentar la materia orgánica (insectos y lombrices) y, después, descomponerla para liberar sus nutrientes (hongos, bacterias) dentro del suelo.

El suelo, un sistema trifásico

El suelo es un cuerpo natural tridimensional, organizado e independiente, formado a partir de la intemperización de rocas y sedimentos por la interacción del clima, la biota, el relieve y el tiempo (Jenny, 1941). Es heterogéneo y anisotrópico en su composición, contiene materia viva y es capaz de soportar plantas. Presenta tres fases:

- *Sólida*: Está compuesta por minerales y materia orgánica. Dentro de los minerales se distinguen tres partículas importantes: arenas, limos y arcillas. La materia orgánica se distingue entre viva y no viva (biomasa).
- *Líquida*: Se compone principalmente por el agua que entra y se conserva en el suelo.
- *Gaseosa*: Se compone principalmente de vapor de agua, dióxido de carbono (CO_2), oxígeno y algunos elementos que tienen una fase gaseosa como el nitrógeno.

La interacción de estas tres fases le confiere al suelo una serie de propiedades y características propias. De esta manera, se distinguen propiedades físicas y químicas del suelo. Estas propiedades no se mantienen constantes, y generalmente varían de acuerdo con la profundidad del suelo.

Propiedades físicas del suelo

- **Textura:** Es la proporción relativa de arena, limo y arcilla en él.
- **Estructura:** Es el ordenamiento o acomodo de las partículas del suelo (arena, limo y arcilla) en partículas secundarias o agregados y el espacio poroso que llevan asociados, todo ello como resultado de interacciones físico-químicas entre las arcillas y los grupos funcionales de la materia orgánica. Influye sobre la circulación del agua y del aire dentro del suelo, la resistencia o susceptibilidad a la erosión, y el crecimiento de las raíces.
- **Densidad aparente:** Indica, de manera indirecta, el grado de compactación del suelo y su porosidad.
- **Materia orgánica:** Se compone de vegetales, animales y microorganismos vivos, sus restos, y las sustancias resultantes de su degradación físico-química. Es importante para la retención de agua, el desarrollo de la

estructura del suelo, la penetración de las raíces y la reducción de la erodabilidad del suelo.

- **Infiltración:** Es el flujo del agua desde la superficie del suelo hacia la zona de raíces y, posteriormente, hacia capas más profundas, mientras dura el aporte de agua. La velocidad de infiltración depende principalmente de la porosidad y permeabilidad del suelo.

El perfil de suelo

El perfil del suelo es un corte vertical del terreno que permite estudiar el suelo desde su superficie hasta el material que le dio origen. En esta observación pueden distinguirse capas que se denominan horizontes (Figura IV-20) y que se delimitan con base en su color, textura, estructura y diferencias en propiedades asociadas como la plasticidad, adhesividad y dureza. Los horizontes del suelo son:

- **Horizonte O**. Horizonte orgánico de un suelo mineral, se presenta en la parte superior del suelo en condiciones aeróbicas.
- **Horizonte A**. Horizonte mineral con acumulación de materia orgánica formado en la parte superior del suelo o debajo de un horizonte O. También se designa como horizonte A cualquier horizonte en una superficie afectada por laboreo o pastoreo.
- **Horizonte E**. Horizonte mineral eluvial de color claro y texturas gruesas debido a la pérdida de materiales como materia orgánica, óxidos de hierro y aluminio, y a las arcillas.
- **Horizonte B**. Horizonte mineral donde hay acumulación de materiales procedentes del horizonte E, por lo que presenta colores oscuros y texturas más finas que el resto de los horizontes.
- **Horizonte C**. Horizonte mineral; se trata de roca o sedimento que presenta señales de intemperismo.

- **Horizonte R**. Roca consolidada subyacente demasiado dura para romperse con las manos, por lo que se requiere de herramientas para poder fragmentarla.
- **Horizonte W**. En zonas donde hay problemas de drenaje o inundación, el límite inferior del suelo está determinado por la presencia de agua.
- **Horizonte H**. Horizonte orgánico formado por la acumulación de materia orgánica en condiciones anaeróbicas. Se presenta en zonas con problemas de inundación constante o congelamiento de la parte superficial del suelo.

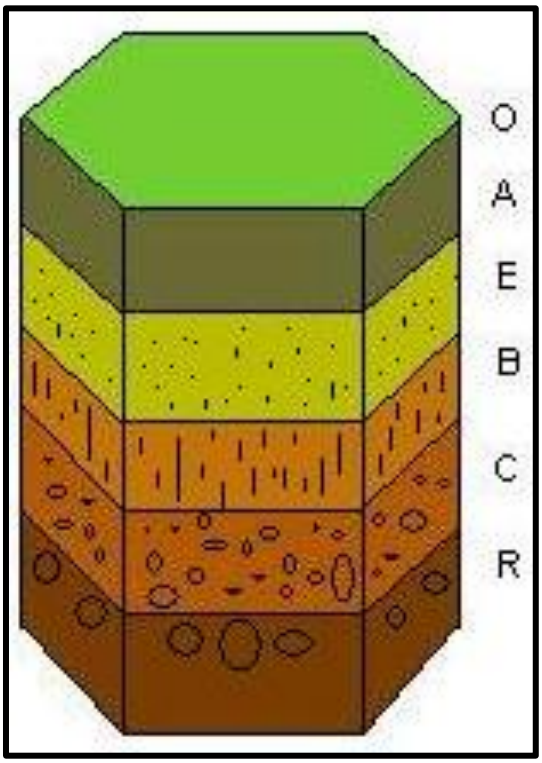


Figura IV-20. Representación esquemática de los distintos horizontes que conforman el perfil del suelo.

Tipos de suelo en el SAR

FAO y la UNESCO (1970) han propuesto un sistema mundial de clasificación de los suelos (World Reference Base for Soil Resources), y el INEGI ha adoptado esta

clasificación para caracterizar los tipos principales de suelos para el territorio nacional. Con base en Datos Vectoriales de Edafología escala 1:250,000 Serie II del INEGI (2002-2007), se identificó la presencia de 13 tipos de suelo en el SAR delimitado para el proyecto, además de cuerpos de agua y zona urbana. A continuación, se presenta la ubicación de cada tipo de suelo y la superficie que ocupa dentro del SAR, así como una breve descripción del mismo.

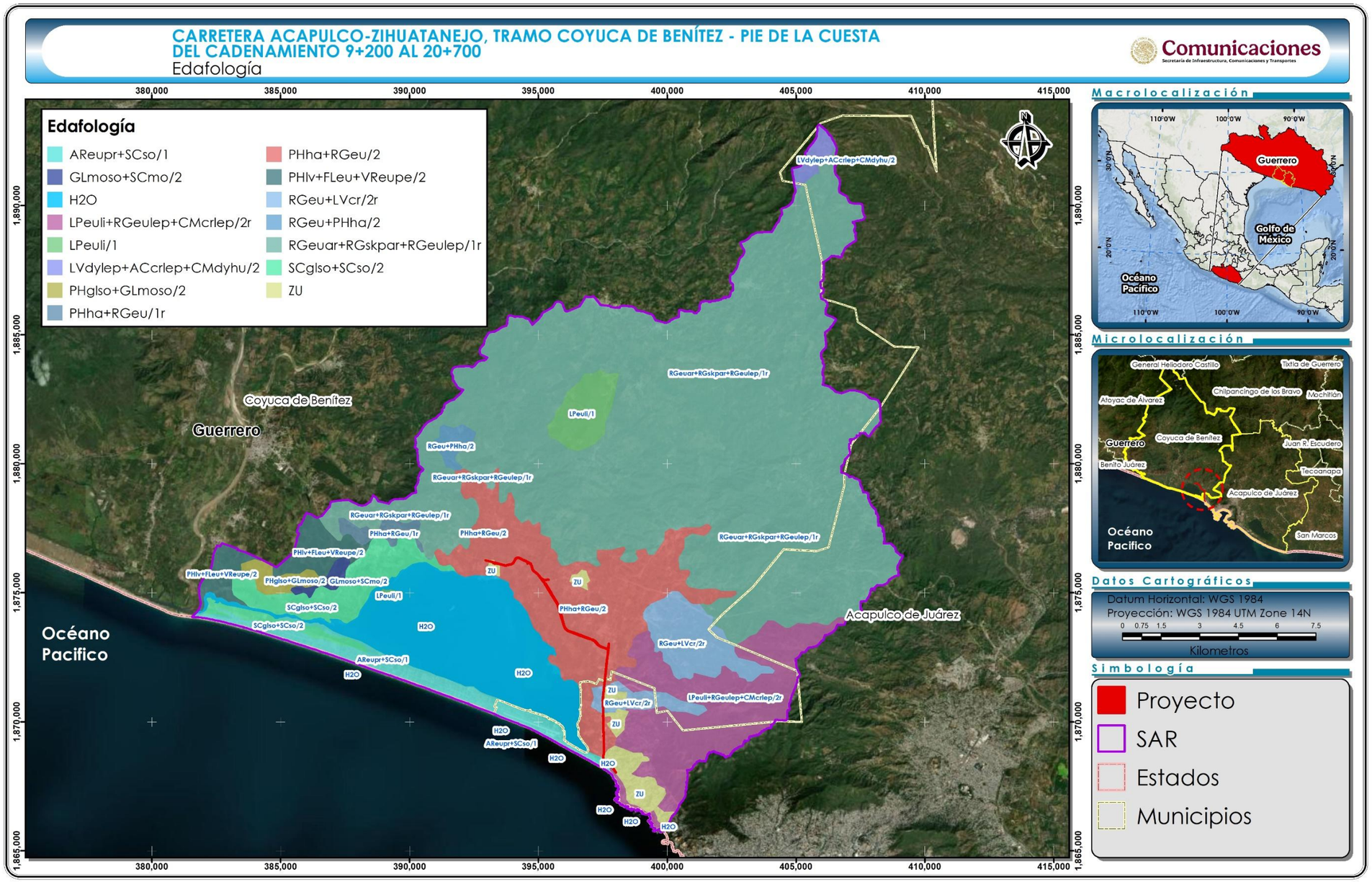


Figura IV-21. Sustrato edafológico del Sistema Ambiental Regional delimitado para el Proyecto.

Tabla IV-4. Tipos de suelo dentro del SAR (World Reference Base for Soil Resources)

CLAVE_WRB	Descripción	Superficie (m^2)	Superficie (ha)
RGeuar+RGskpar+RGeulep/1r	Sitio dominado por suelos poco desarrollados (Regosoles), con perfiles someros, textura gruesa y muchas piedras o gravas — característica típica de áreas montañosas, rocosas o con sustratos duros.	176,570,477.70	17,657.05
PHha+RGeu/2	Sitio dominado por suelos generalmente fértiles y de textura media, principalmente Phaeozem háplico acompañados de Regosol eútrico, lo que indica buen potencial agrícola pero con cierta variabilidad en el desarrollo y profundidad del suelo.	35,416,545.74	3,541.65
LPeuli+RGeulep+CMcrlep/2r	Sitio dominado por suelos someros y pedregosos (principalmente Leptosoles y Regosoles eútricos, junto con Cambisoles crómicos), de textura media y con presencia de roca cercana a la superficie, lo que sugiere relieve accidentado y limitaciones para uso agrícola intensivo.	26,811,995.52	2,681.20
SCglso+SCso/2	Sitio dominado por Solonchaks con influencia gleyca y típica salina, de textura media, lo que indica suelos con alta salinidad y problemas de drenaje, generalmente asociados a zonas bajas o con acumulación de sales, que presentan fuertes limitaciones para la agricultura sin manejo especializado.	11,562,731.53	1,156.27
RGeu+LVcr/2r	Sitio con predominio de Regosoles eútricos asociados a Luvisoles crómicos, de textura media y fase pedregosa, lo que sugiere suelos con fertilidad química moderada a buena pero con variabilidad en desarrollo del perfil y presencia de fragmentos rocosos que pueden limitar su manejo agrícola.	11,437,795.27	1,143.78
AReupr+SCso/1	Sitio con predominio de Arenosoles eútricos (probablemente profundos y de textura gruesa) asociados con Solonchaks salinos, de textura gruesa, lo que indica suelos arenosos, de buen drenaje pero baja retención de agua, con presencia de salinidad que puede representar limitaciones importantes para la agricultura.	9,217,559.68	921.76
PHlv+FLeu+VReupe/2	Sitio con predominio de Phaeozem lúvico acompañado de Fluvisol eútrico y Vertisol eútrico pélico, de textura media, lo que indica suelos generalmente fértiles desarrollados en ambientes con influencia aluvial y con sectores arcillosos que pueden presentar agrietamiento y problemas de drenaje estacional.	6,952,323.94	695.23
LPeuli/1	Sitio dominado por Leptosoles eútricos, de textura gruesa, caracterizados por suelos muy someros y poco desarrollados, generalmente sobre roca madre cercana a la superficie, con fuertes limitaciones para la agricultura y uso intensivo.	5,567,229.64	556.72
PHglso+GLmoso/2	Sitio dominado por Phaeozem gleysólico asociado a Gleysol mólico salino, de textura media, lo que indica suelos fértiles pero con problemas de drenaje y acumulación de agua en periodos húmedos, así como presencia de salinidad que puede limitar su uso agrícola sin manejo adecuado.	2,228,856.66	222.89
PHha+RGeu/1r	Sitio con predominio de Phaeozem háplico acompañado de Regosol eútrico, de textura gruesa y fase pedregosa, lo que sugiere suelos relativamente fértiles pero con poca profundidad y presencia de fragmentos rocosos que pueden limitar la labranza y el uso agrícola intensivo.	2,026,379.05	202.64

RGeu+PHha/2	Sitio con predominio de Regosol eútrico asociado a Phaeozem háplico, de textura media, indicando suelos generalmente fértiles, con perfil moderadamente desarrollado pero con cierta variabilidad local y potenciales limitaciones por poca profundidad o fragmentos rocosos dispersos.	1,745,190.07	174.52
LVdylep+ACcrlep+CMdyhu/2	Sitio con predominio de Luvisoles distróficos eútricos pélicos, asociados a Acrisoles crómicos pélicos y Cambisoles distróficos húmicos, de textura media, lo que indica suelos con fertilidad moderada a buena, variabilidad en profundidad y desarrollo del perfil, y presencia de sectores con limitaciones por arcillas expansivas o texturas variables que afectan el manejo agrícola.	1,709,206.51	170.92
GLmoso+SCmo/2	Sitio con predominio de Gleysoles mólicos salinos asociados a Solonchaks moderados, de textura media, lo que indica suelos con problemas de drenaje y acumulación de agua, junto con presencia de sales en el perfil, limitando fuertemente su aptitud agrícola sin manejo especializado.	1,103,633.32	110.36
ZU	Zonas urbanas	4,766,869.04	476.69
H_2O	Cuerpos de agua	31,735,059.63	3,173.51
TOTAL		**328,851,853.30**	**32,885.19**

Con respecto al proyecto, éste incide sobre cuatro diferentes asociaciones edáficas además de las zonas urbanas, tal y como se observa en la siguiente tabla y figura:

Tabla IV-5. Tipos de suelo dentro del SAR (World Reference Base for Soil Resources)

CLAVE_WRB	Descripción	Superficie (m^2)	Superficie (ha)
PHha+RGeu/2	Sitio dominado por suelos generalmente fértiles y de textura media, principalmente Phaeozem háplico acompañados de Regosol eútrico, lo que indica buen potencial agrícola pero con cierta variabilidad en el desarrollo y profundidad del suelo.	221547.9113	22.15479
RGeu+LVcr/2r	Sitio con predominio de Regosoles eútricos asociados a Luvisoles crómicos, de textura media y fase pedregosa, lo que sugiere suelos con fertilidad química moderada a buena pero con variabilidad en desarrollo del perfil y presencia de fragmentos rocosos que pueden limitar su manejo agrícola.	15958.60822	1.595861
AReupr+SCso/1	Sitio con predominio de Arenosoles eútricos (probablemente profundos y de textura gruesa) asociados con Solonchaks salinos, de textura gruesa, lo que indica suelos arenosos, de buen drenaje pero baja retención de agua, con presencia de salinidad que puede representar limitaciones importantes para la agricultura.	7099.246701	0.709925
LPeuli+RGeulep+CMcrlep/2r	Sitio dominado por suelos someros y pedregosos (principalmente Leptosoles y Regosoles eútricos, junto con Cambisoles crómicos), de textura media y con presencia de roca cercana a la superficie, lo que sugiere relieve accidentado y limitaciones para uso agrícola intensivo.	203.976466	0.020398
ZU	Zonas urbanas	11842.80918	1.184281
TOTAL		**256652.5519**	**25.66526**

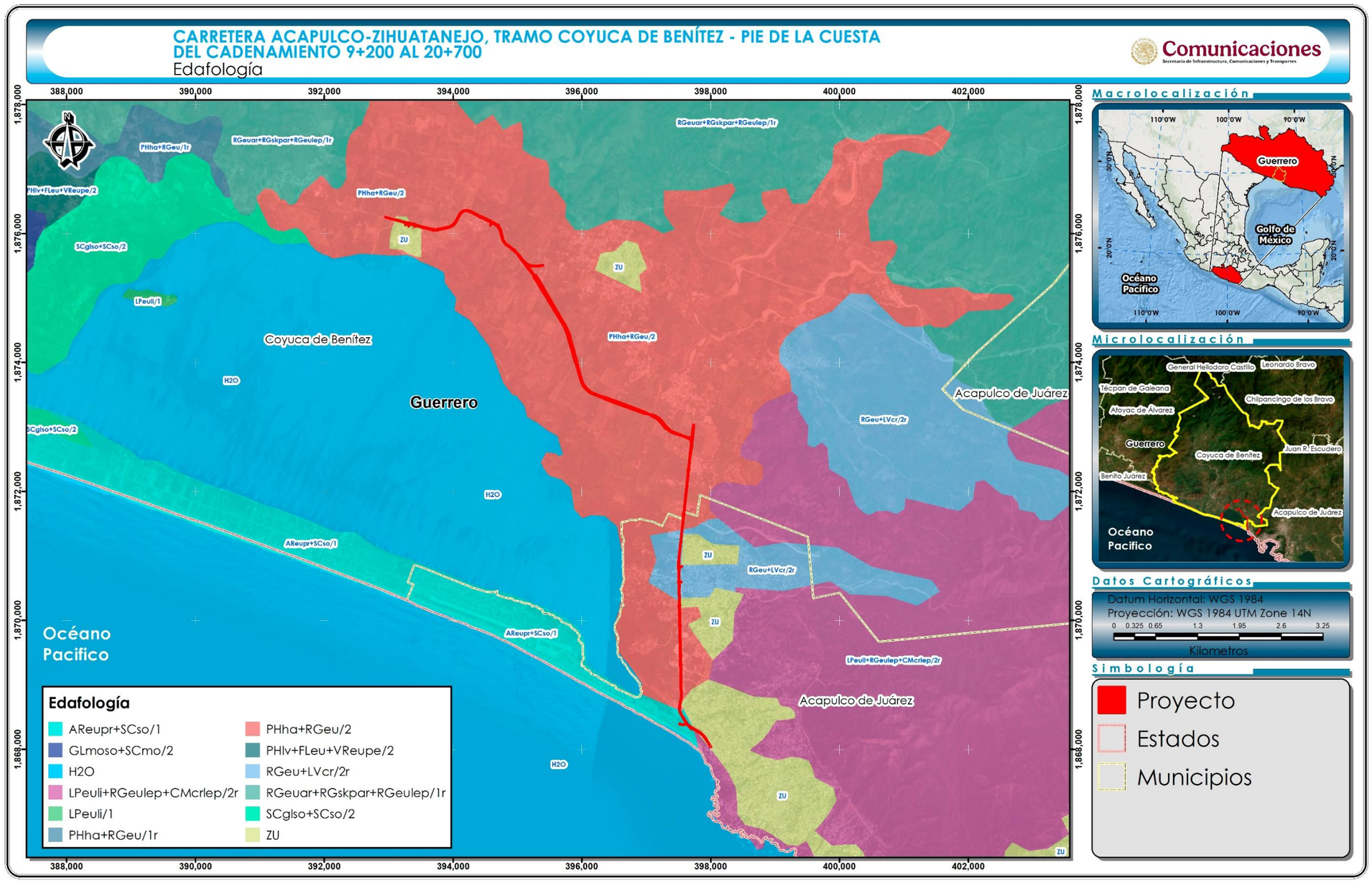


Figura IV-22. Sustrato edafológico del Área del Proyecto.

IV.3.2.1.4 Clima

El clima está determinado por varios factores, entre los que se encuentran la altitud sobre el nivel del mar, la latitud geográfica, las diversas condiciones atmosféricas y la distribución existente de tierra y agua. Por lo anterior, el país cuenta con una gran diversidad de climas, los cuales de manera muy general pueden clasificarse, según su temperatura, en cálido y templado; y de acuerdo con la humedad existente en el medio, en: húmedo, subhúmedo y muy seco.

Existen en México, amplias zonas con clima templado (C) que se localizan en las zonas montañosas o llanuras de altitud superior a 800-1,000 msnm, en lugares en donde la temperatura media de un mes desciende, por lo menos, por debajo de 18 °C. Los límites entre estos climas y los climas cálidos húmedos tropicales (A), secos (B) o fríos (E), dependen de la altitud, de la latitud y de la exposición a los vientos húmedos. En aquellas zonas que se encuentran directamente expuestas a la influencia de vientos húmedos, la transición es de climas A a C; en cambio, en las zonas menos expuestas a dichos vientos, la transición es de climas B a C.

El estado de Guerrero presenta siete tipos de climas y, de acuerdo con su presencia en el territorio, predomina el Cálido subhúmedo con lluvias de verano (A(w)), seguido del Semicálido subhúmedo con lluvias de verano (ACw), Seco semiseco con lluvias de verano (BS1(h´)), Semicálido húmedo con abundantes lluvias de verano (ACm), Templado subhúmedo con lluvias de verano (Cw), Seco con lluvias de verano (BS0(h´)), y Templado húmedo con abundantes lluvias de verano (C(m)). El clima A(w) cubre la mayor parte del territorio guerrerense (73.69%) y abarca las ocho regiones del estado. Por su parte, el clima Cw está presente en las áreas altas de la región Sierra y Montaña (5.0%), en tanto que en la parte baja de la región sierra y centro se sitúa el clima ACm (3.0%). La región Tierra Caliente y Montaña presenta un clima BS1(h´) (6.8%), y el clima C(m) solo ocupa el 1.0% y se encuentra

en los municipios de Cochoapa y Metlatónoc de la región de La Montaña (Gobierno del Estado de Guerrero, s.f.).

De acuerdo con la clasificación climática de Köppen modificada por García (2004), y al conjunto de datos vectoriales de unidades climáticas, escala 1:1,000,000 del INEGI (2008), el clima que domina en el Área del Proyecto es el $Aw_1(w)$ (Figura IV-23), mientras que el SAR también abarca el clima $Aw_2(w)$ (Figura IV-24).

A continuación, se describen las características de las cuatro unidades climáticas que son reconocidas, con metodología y procesos diseñados por el INEGI (2004, 2008), mediante el análisis de los datos de temperatura media y precipitación total de aproximadamente 4,000 estaciones meteorológicas existentes en el país.

A continuación, se describen las características de las dos unidades climáticas que son reconocidas, con metodología y procesos diseñados por el INEGI (2004, 2008), mediante el análisis de los datos de temperatura media y precipitación total de aproximadamente 4,000 estaciones meteorológicas existentes en el país

Aw1(w): Cálido subhúmedo con lluvias en verano y sequía en invierno, con un porcentaje de lluvias invernal menor de 5% respecto al total anual. Intermedio en cuanto a grado de humedad, con un cociente P/T entre 43.2 y 55.3.

Aw2(w): Cálido subhúmedo con lluvias en verano y sequía en invierno, con un porcentaje de lluvias invernal menor de 5% respecto al total anual. De los más húmedos de los subhúmedos con un cociente P/T (precipitación total anual en mm, sobre temperatura media anual °C) mayor de 55.3.

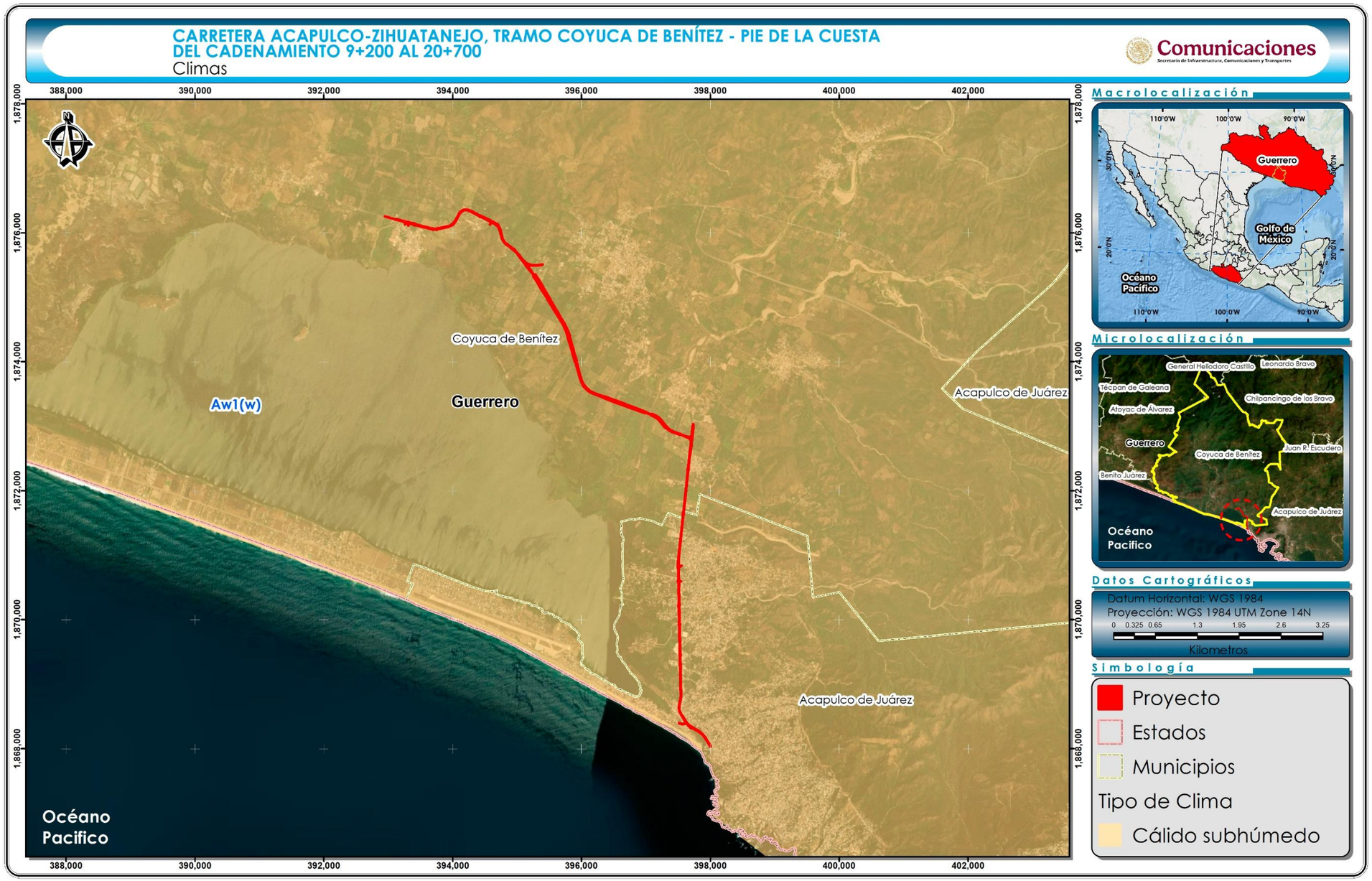


Figura IV-23. Climas presentes en el Área del Proyecto.

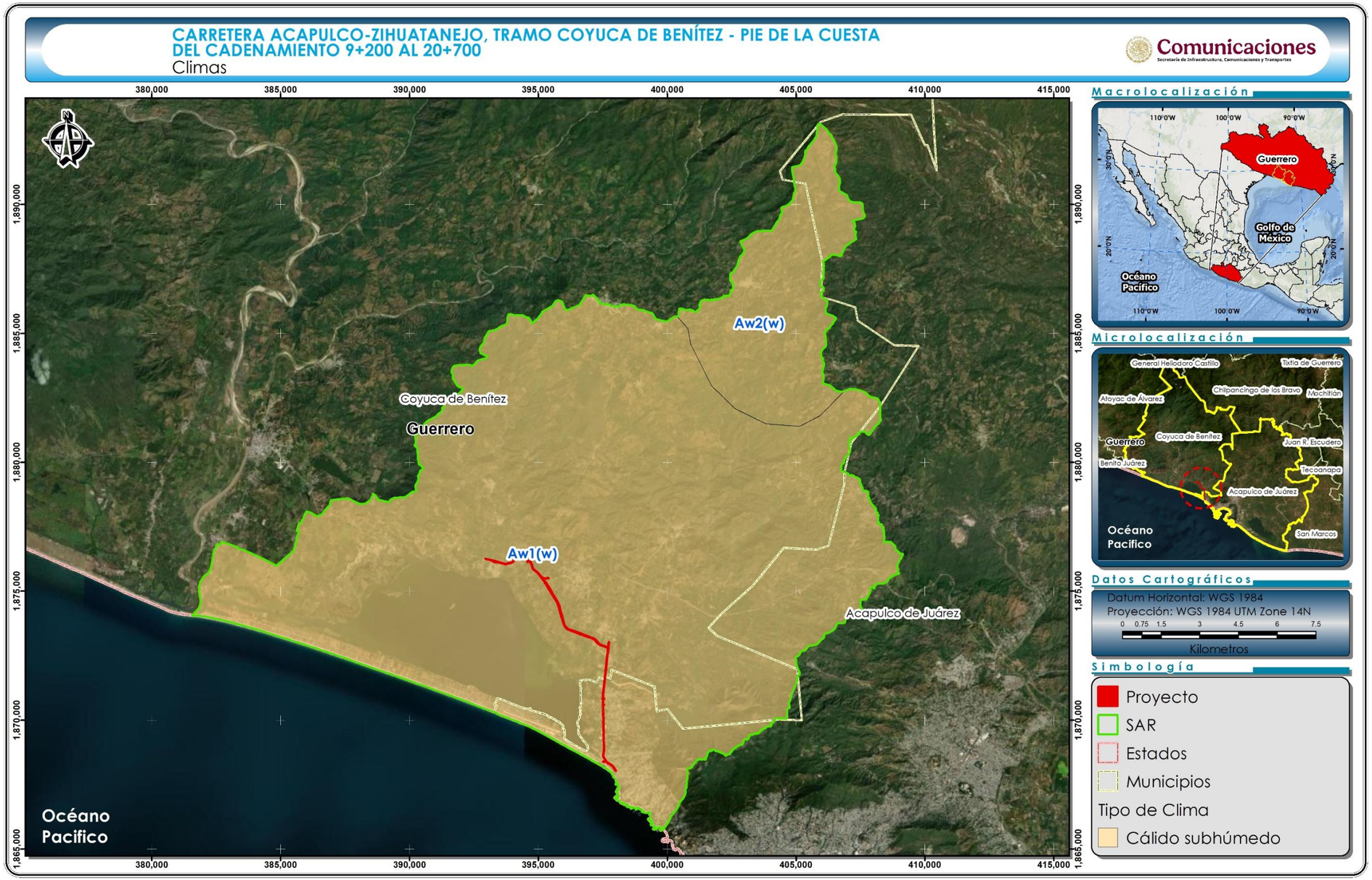


Figura IV-24. Climas presentes en el Sistema Ambiental Regional delimitado para el Proyecto.

Temperatura y precipitación

De acuerdo con el conjunto de datos vectoriales escala 1:1,000,000 de las Cartas Climatológicas del INEGI (2007), la temperatura media anual en el SAR va de 24-26 °C, que corresponde a un clima cálido (Figura IV-25). Por su parte, la precipitación media anual en la mayoría del SAR es de 1200 a 1500 mm, aunque una pequeña porción en la punta norte del SAR presenta una precipitación media anual de 1500 a 2000 mm (INEGI, 2006) (Figura IV-26).

No obstante, para tener datos más precisos sobre estos parámetros, se consultaron los registros históricos de las cuatro estaciones meteorológicas de la CONAGUA (s.f.) que se encuentran en las cercanías del SAR y que están en estado de operación (Figura IV-27):

- 12016, Carrera Larga, Coyuca de Benítez
- 12142, Acapulco de Juárez (SMN), Acapulco de Juárez
- 12183, La Sabana, Acapulco de Juárez
- 12219, Laguna de Coyuca, Coyuca de Benítez

Cabe mencionar que las estaciones de Carrera Larga (12016), La Sabana (12183) y Laguna de Coyuca (12219) carecen de datos de temperatura para el periodo de 1991-2020. Por ende, con base en los datos disponibles, para el presente análisis de temperatura se consideran únicamente los registros históricos del periodo 1991-2010 de la estación Acapulco de Juárez (SMN) (12142). En contraste, para el análisis de precipitación, se consideran los datos del periodo de 1991-2020 de las estaciones Carrera Larga (12016), Acapulco de Juárez (SMN) (12142), La Sabana (12183) y Laguna de Coyuca (12219).

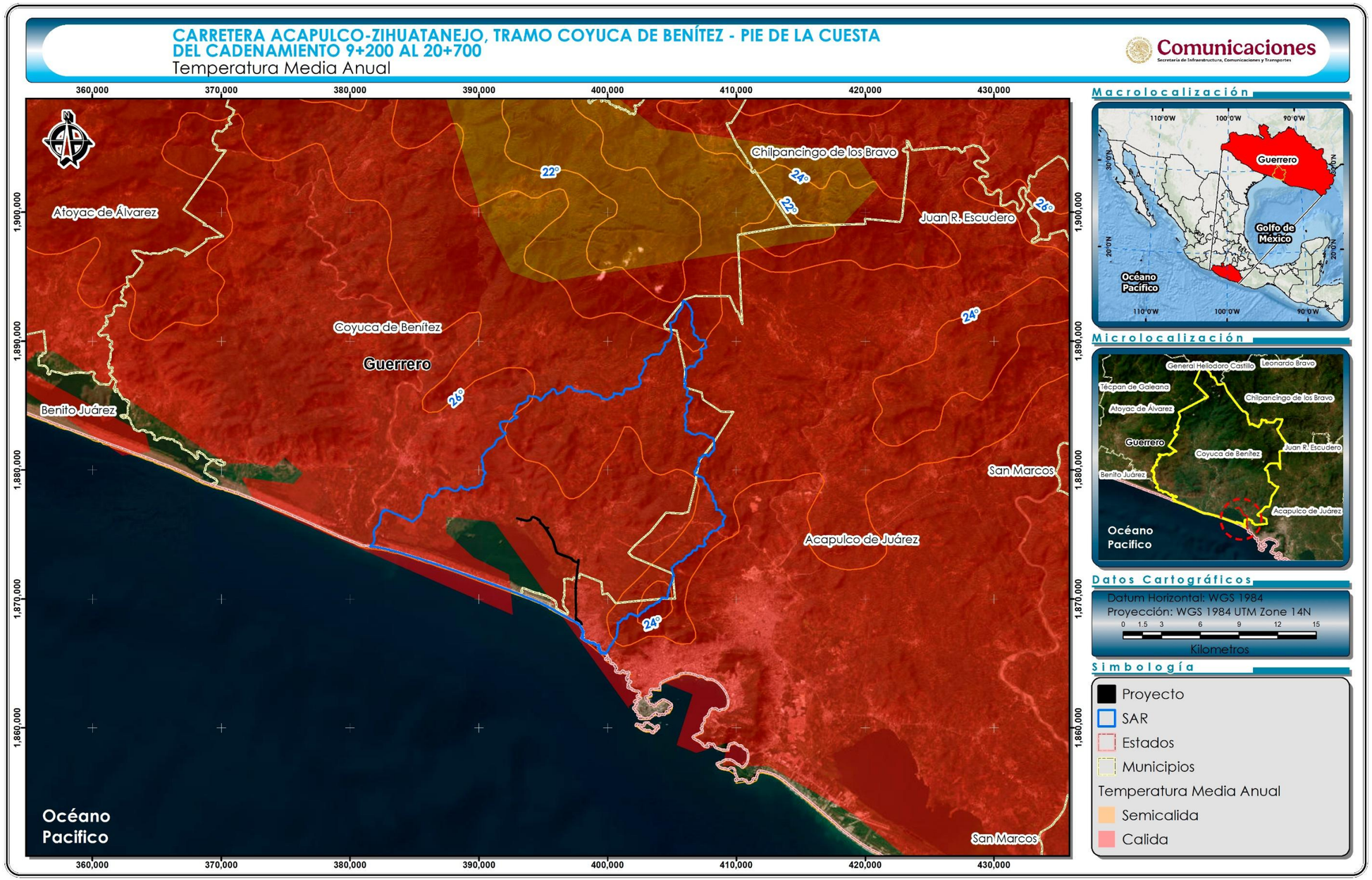


Figura IV-25. Temperatura media en el SAR según las Cartas Climatológicas del INEGI (2007).

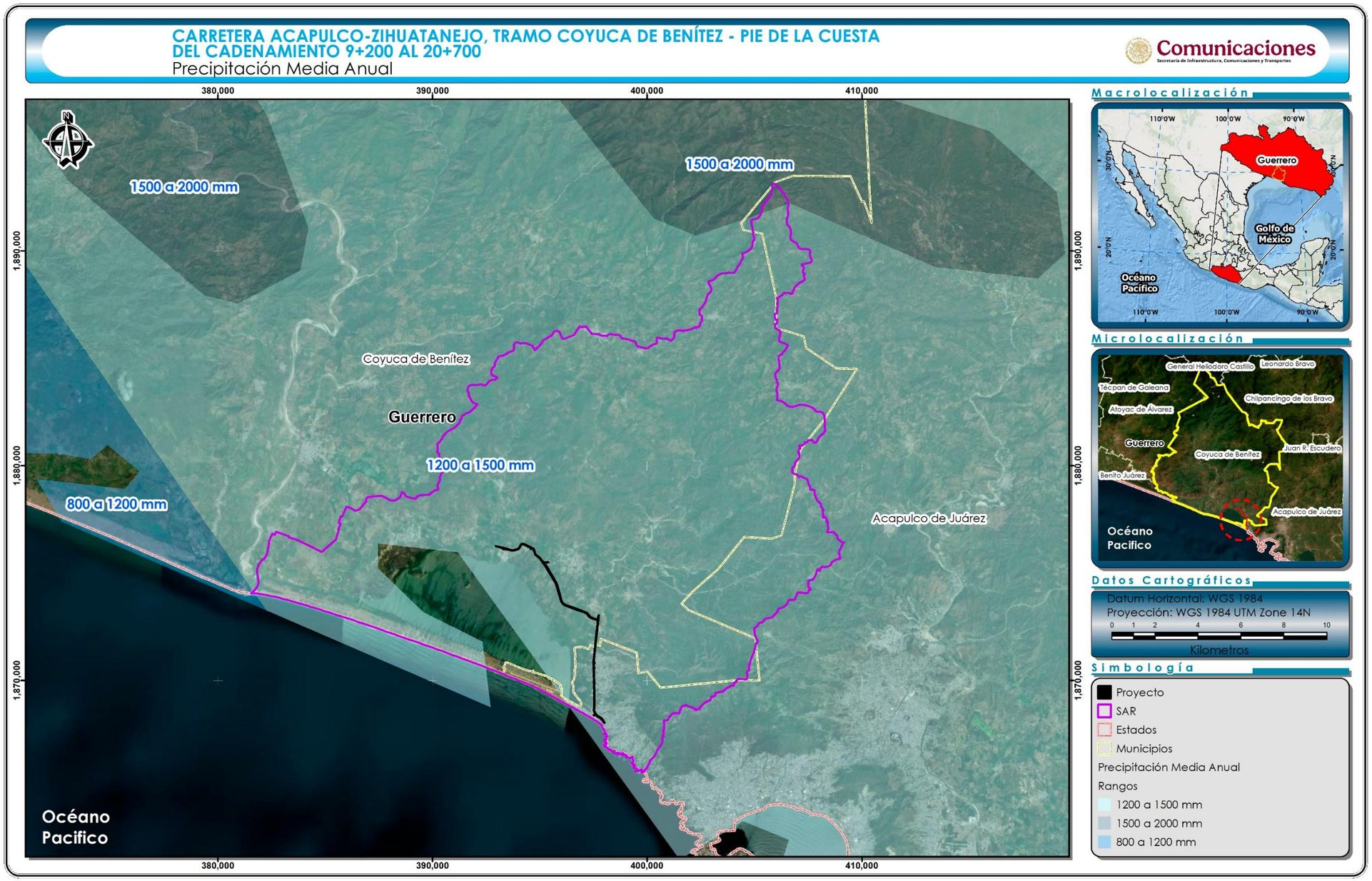


Figura IV-26. Precipitación media anual en el SAR según las Cartas Climatológicas del INEGI (2006).

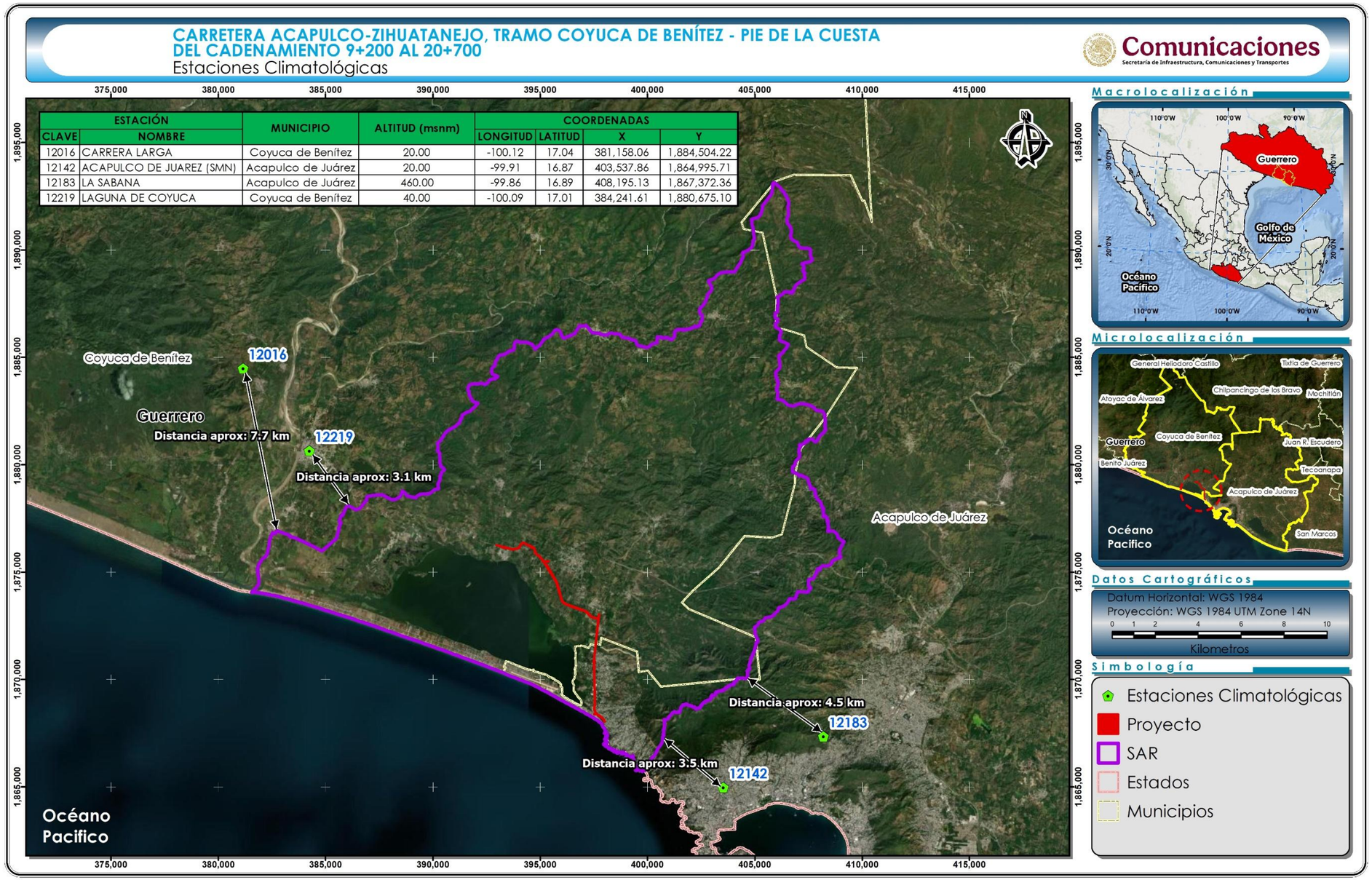


Figura IV-27. Estaciones meteorológicas cercanas al SAR y AP.

Estación Carrera Larga (12016)

La estación meteorológica Carrera Larga se ubica en el municipio de Coyuca de Benítez, Guerrero, a 7.7 km del SAR. Sus coordenadas son 17.04166667° de Latitud y -100.1166667° de Longitud, y se encuentra a 20 msnm.

Como se observa en la siguiente tabla, la precipitación normal anual fue de 1,103.5 mm. La precipitación máxima mensual ocurrió el mes de agosto de 2007, con un total de 598.2 mm, y la precipitación máxima diaria fue de 283.5 mm, en junio. En promedio, septiembre es el mes más lluvioso, y abril el más seco.

Tabla IV-6. Precipitación normal mensual, máxima mensual y máxima diaria registrada en la estación meteorológica 12016 Carrera Larga.

ESTACIÓN CARRERA LARGA (12016)													
1991-2020													
MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PRECIPITACIÓN (MM)													
NORMAL	8.5	5.9	1.7	0.2	24.5	197.5	171.1	249.0	270.8	145.5	21.2	7.6	1103.5
MÁXIMA MENSUAL	64.2	86.2	27.8	3.1	89.3	466.3	339.8	598.2	458.3	452.9	258.8	42.2	
AÑO DE MÁXIMA	2004	2010	2001	2007	2017	1999	2011	2007	2010	2004	2002	2000	
MÁXIMA DIARIA	53.7	60.2	26.5	3.1	45.8	283.5	119.0	182.6	191.0	207.9	148.4	42.2	

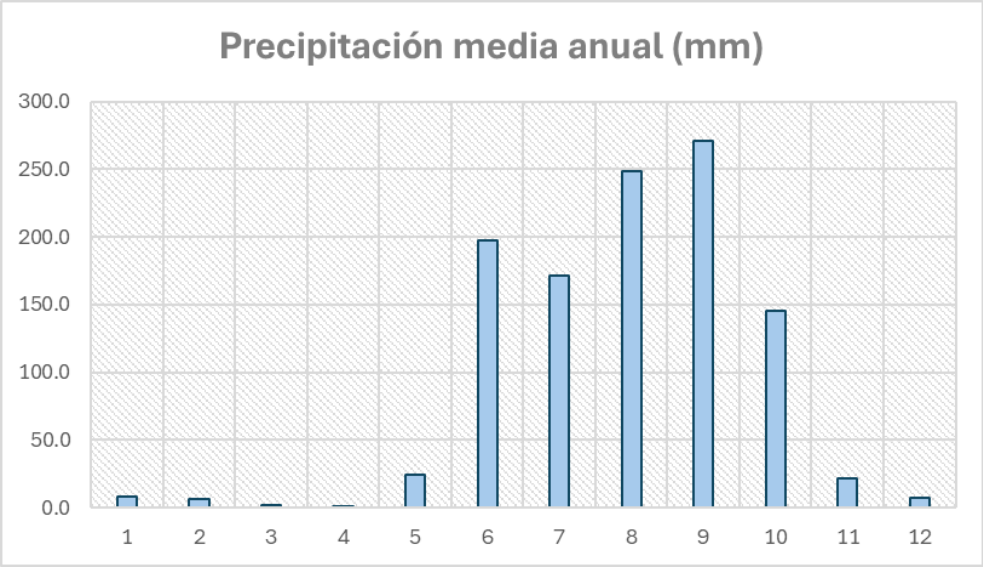


Figura IV-28. Precipitación media anual registrada por la estación 12016 Carrera Larga.

Finalmente, cabe recordar que no se registraron datos de temperatura en esta estación para el periodo de 1991-2020.

Estación Acapulco de Juárez (SMN) (12142)

La estación meteorológica Acapulco de Juárez (SMN) se ubica en el municipio de Acapulco de Juárez, Guerrero, a 3.5 km del SAR. Sus coordenadas son 16.86638889° de Latitud y -99.90555556° de Longitud, y se encuentra a 20 msnm.

La temperatura máxima anual fue de 31.4 °C, mientras que la temperatura media anual fue de 27.8 °C y la temperatura mínima anual fue de 24.3 °C. Enero presenta las temperaturas promedio más bajas y julio y agosto las más elevadas. En la siguiente tabla, se presentan los valores de temperatura registrados por la estación:

Tabla IV-7. Temperatura máxima, media y mínima registrada en la estación meteorológica 12142 Acapulco de Juárez (SMN).

ESTACIÓN ACAPULCO DE JUÁREZ (SMN) (12142)													
1991-2020													
MESES	**ENE**	**FEB**	**MAR**	**ABR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SEP**	**OCT**	**NOV**	**DIC**	**ANUAL**
TEMPERATURA MÁXIMA (°C)													
NORMAL	30.3	30.4	30.5	30.8	31.8	32.1	32.5	32.5	31.9	31.8	31.6	30.8	31.4
MÁXIMA MENSUAL	32.0	32.7	32.9	32.5	34.0	33.7	34.3	33.9	33.6	33.5	33.1	32.9	
AÑO DE MÁXIMA	1995	1995	2002	2002	1992	1994	1994	1994	1994	1993	1993	1994	
MÁXIMA DIARIA	34.0	34.0	35.5	35.0	35.5	36.0	36.0	37.0	35.0	36.0	35.5	36.5	
TEMPERATURA MÍNIMA (°C)													
NORMAL	23.2	23.3	23.3	23.7	25.0	25.1	25.1	25.0	24.5	24.8	24.7	23.9	24.3
MÍNIMA MENSUAL	21.9	22.0	20.0	20.9	23.1	23.1	23.8	23.8	23.0	23.6	23.6	22.7	
AÑO DE MÍNIMA	2008	1998	2001	2001	2019	2018	1996	2017	2017	2018	2016	2017	
MÍNIMA DIARIA	18.5	19.5	17.0	16.0	21.0	20.0	19.0	19.0	20.0	21.0	20.0	20.0	
TEMPERATURA MEDIA (°C)													
NORMAL	26.8	26.8	26.9	27.2	28.4	28.6	28.8	28.7	28.2	28.3	28.1	27.3	27.8

Con respecto a la precipitación, como se observa en la siguiente tabla, la precipitación normal anual fue de 1,435.4 mm. La precipitación máxima mensual ocurrió el mes de septiembre de 2013, con un total de 941.5 mm, y la precipitación máxima diaria fue de 360.0 mm, en octubre. En promedio, septiembre es el mes más lluvioso, y abril el más seco.

Tabla IV-8. Precipitación normal mensual, máxima mensual y máxima diaria registrada en la estación meteorológica 12142 Acapulco de Juárez (SMN).

ESTACIÓN ACAPULCO DE JUÁREZ (SMN) (12142)													
1991-2020													
MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PRECIPITACIÓN (MM)													
NORMAL	9.3	5.5	5.4	1.9	41.0	265.4	237.7	302.8	346.7	187.1	24.2	8.4	1435.4
MÁXIMA MENSUAL	92.3	100.0	103.2	25.0	271.5	603.0	490.4	736.5	941.5	526.4	219.9	57.5	
AÑO DE MÁXIMA	2004	2010	2016	1995	2014	2006	1998	2007	2013	1997	2002	2001	
MÁXIMA DIARIA	86.6	84.0	80.1	25.0	126.0	273.4	200.0	213.5	226.5	360.0	146.5	57.5	

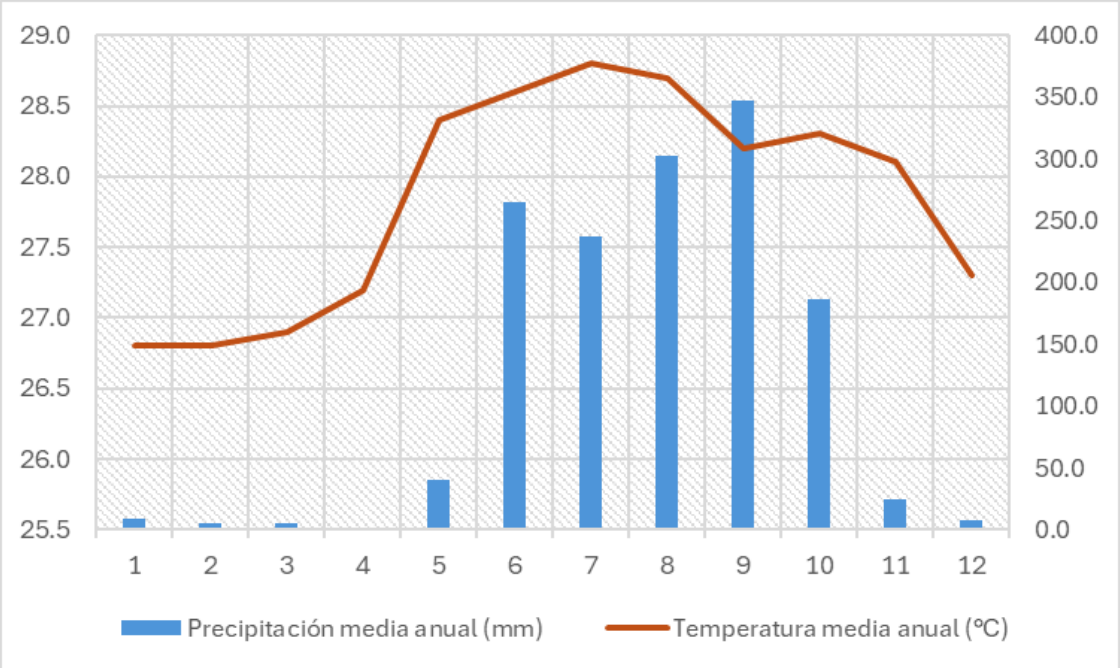


Figura IV-29. Climograma de la estación 12142 Acapulco de Juárez (SMN).

Estación La Sabana (12183)

La estación meteorológica La Sabana se ubica en el municipio de Acapulco de Juárez, Guerrero, a 4.5 km del SAR. Sus coordenadas son 16.88805556° de Latitud y -99.86194444° de Longitud, y se encuentra a 460 msnm.

Como se observa en la siguiente tabla, la precipitación normal anual fue de 897.6 mm. La precipitación máxima mensual ocurrió el mes de agosto de 2007, con un total de 1,599.8 mm, y la precipitación máxima diaria fue de 316.3 mm, en octubre. En promedio, agosto es el mes más lluvioso, y abril el más seco.

Tabla IV-9. Precipitación normal mensual, máxima mensual y máxima diaria registrada en la estación meteorológica 12183 La Sabana.

ESTACIÓN LA SABANA (12183)													
1991-2020													
MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PRECIPITACIÓN (MM)													
NORMAL	3.3	3.6	3.0	1.2	26.3	147.3	196.1	231.1	178.1	98.4	4.2	5.0	897.6
MÁXIMA MENSUAL	45.0	65.2	46.0	25.0	154.1	475.5	924.4	1599.8	871.0	523.9	38.2	31.3	
AÑO DE MÁXIMA	1992	2010	2001	1995	2014	1999	2008	2007	2017	1997	2018	2007	
MÁXIMA DIARIA	30.9	45.9	27.5	25.0	70.9	197.0	197.0	285.3	120.3	316.3	23.3	31.3	

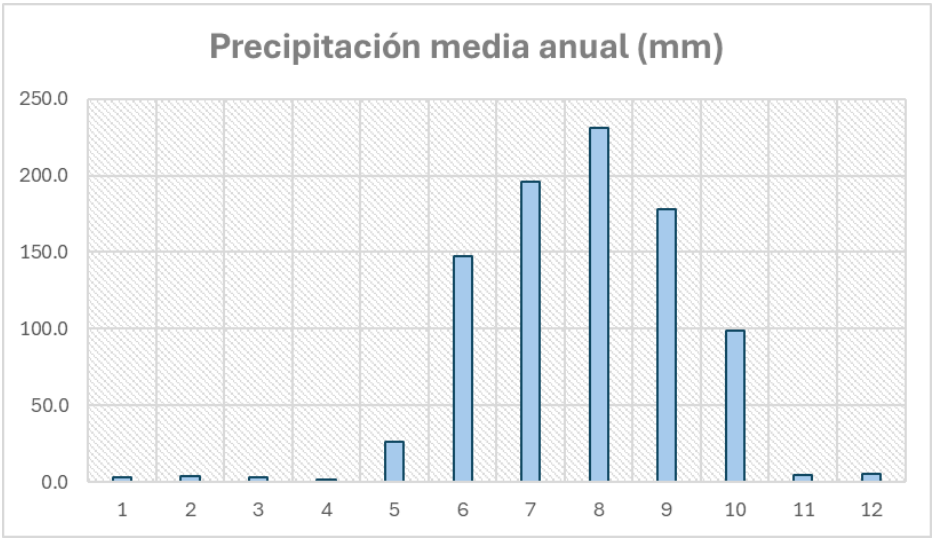


Figura IV-30. Precipitación media anual registrada por la estación 12183 La Sabana.

Estación Laguna de Coyuca (12219)

La estación meteorológica Laguna de Coyuca se ubica en el municipio de Coyuca de Benítez, Guerrero, a 3.1 km del SAR. Sus coordenadas son 17.00722222° de Latitud y - 100.0875° de Longitud, y se encuentra a 40 msnm.

Como se observa en la siguiente tabla, la precipitación normal anual fue de 1181.8 mm. La precipitación máxima mensual ocurrió el mes de agosto de 2010, con un total de 825.7 mm, y la precipitación máxima diaria fue de 180.5 mm, en junio. En promedio, septiembre es el mes más lluvioso, y abril el más seco.

Tabla IV-10. Precipitación normal mensual, máxima mensual y máxima diaria registrada en la estación meteorológica 12219 Laguna de Coyuca.

ESTACIÓN LAGUNA DE COYUCA (12219)													
1991-2020													
MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PRECIPITACIÓN (MM)													
NORMAL	9.0	6.2	3.2	0.1	28.3	235.1	181.4	270.2	271.4	151.8	20.3	4.8	1181.8
MÁXIMA MENSUAL	84.5	110.6	75.0	2.0	235.0	469.4	387.4	825.7	485.4	398.1	124.0	36.5	
AÑO DE MÁXIMA	1992	2010	2016	1995	2014	1999	2010	2010	2017	1997	2019	1995	
MÁXIMA DIARIA	70.2	70.2	75.0	2.0	110.8	180.5	110.2	180.3	124.0	342.5	60.0	30.0	

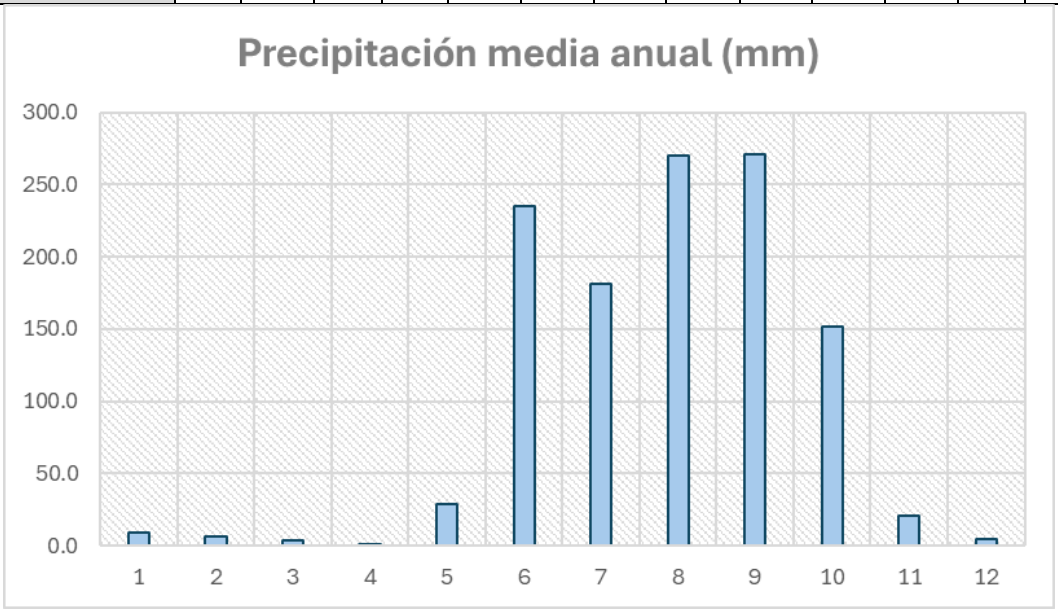


Figura IV-31. Precipitación media anual registrada por la estación 12219 Laguna de Coyuca.

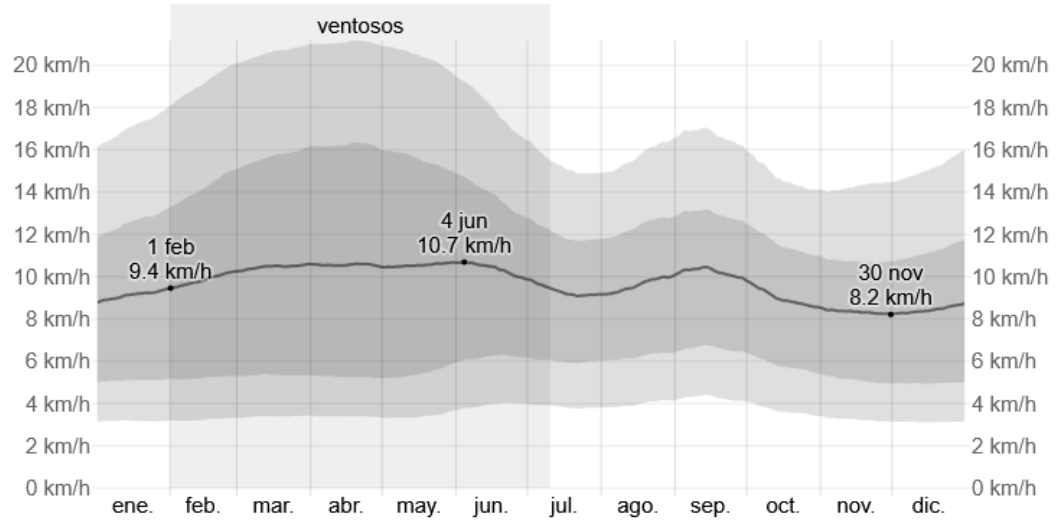
De la información registrada por las estaciones meteorológicas más cercanas al SAR definido para el proyecto, se concluye que en el SAR el mes más frío es enero y los más calientes son julio y agosto. Con respecto a la precipitación, el mes más seco es abril y los meses con mayor precipitación son agosto y septiembre.

Viento

El viento es un elemento climatológico definido como "el aire en movimiento" y se describe por dos características: 1) la dirección y 2) la velocidad. La dirección y velocidad del viento influyen sobre las dinámicas de dispersión de los contaminantes del aire, por lo que recabar datos sobre estos parámetros es fundamental para adoptar medidas más eficientes para la protección de la salud humana y del medio ambiente.

Dado que no se encontraron Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAs) o Estaciones Sinópticas Meteorológicas Automáticas (ESMAs) del Servicio Meteorológico Nacional en los municipios de Acapulco de Juárez y Coyuca de Benítez que registraran datos sobre la dirección y velocidad del viento, se consultó la información de la plataforma Weather Spark para ambos municipios.

De acuerdo con Weather Spark (2026), la velocidad promedio del viento por hora en Coyuca de Benítez tiene variaciones estacionales leves en el transcurso del año. La parte más ventosa del año dura aproximadamente 5.3 meses, del 1 de febrero al 10 de julio, con velocidades promedio del viento de más de 9.4 kilómetros por hora. El mes más ventoso del año es mayo, con vientos a una velocidad promedio de 10.5 kilómetros por hora. En contraste, el tiempo más calmado del año dura 6.7 meses, del 10 de julio al 1 de febrero, y el mes más calmado del año es noviembre, con vientos a una velocidad promedio de 8.3 kilómetros por hora.



	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sep.	oct.	nov.	dic.
Vel. del viento (kph)	9.1	9.9	10.5	10.5	10.5	10.4	9.3	9.6	10.2	9.0	8.3	8.4

Figura IV-32. Velocidad promedio del viento en Coyuca de Benítez. El promedio de la velocidad media del viento por hora (línea gris oscuro), con las bandas de percentil 25º a 75º y 10º a 90º. Fuente: Weather Spark, 2026.

La dirección del viento promedio por hora predominante en Coyuca de Benítez es del oeste durante el año. En la siguiente figura se muestra el porcentaje de horas en las que la dirección media del viento viene de cada uno de los cuatro puntos cardinales, excluyendo las horas en que la velocidad media del viento es menos de *1.6 km/h*. En el gráfico, las áreas de colores claros en los límites representan el porcentaje de horas que pasa en las direcciones intermedias implícitas (noreste, sureste, suroeste y noroeste).

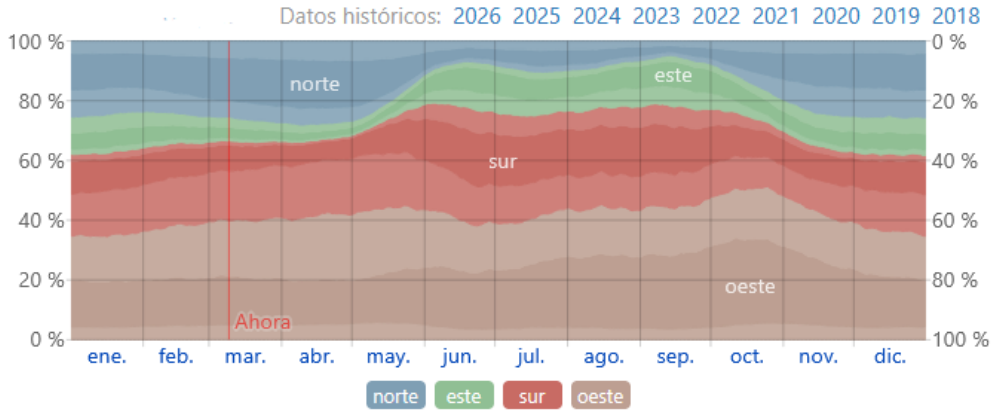
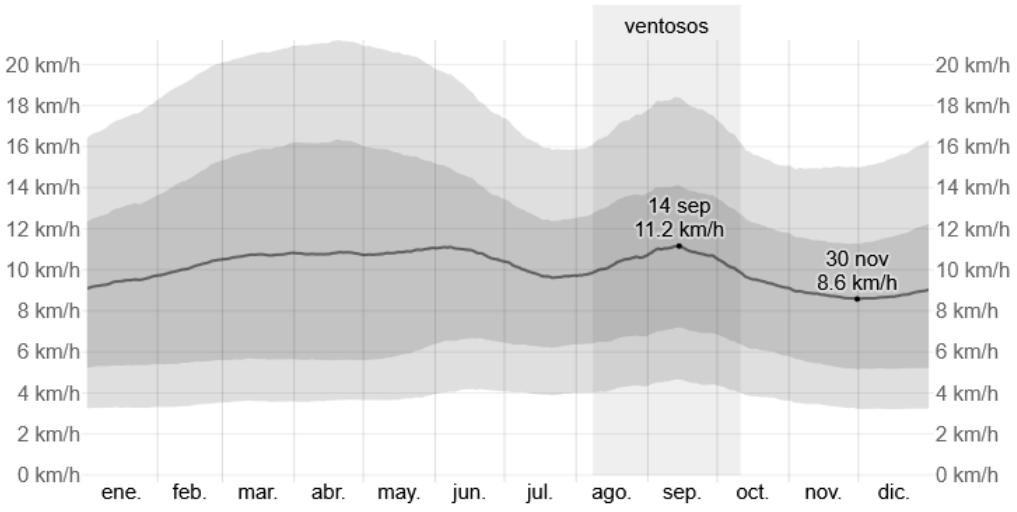


Figura IV-33. Dirección del viento en Coyuca de Benítez. Fuente: Weather Spark, 2026.

Con respecto a Acapulco de Juárez, la velocidad promedio del viento por hora en tiene variaciones estacionales leves en el transcurso del año. La parte más ventosa del año dura 2.1 meses, del 8 de agosto al 11 de octubre, con velocidades promedio del viento de más de 9.9 kilómetros por hora. El mes más ventoso del año es septiembre, con vientos a una velocidad promedio de 10.9 kilómetros por hora. El tiempo más calmado del año dura 9.9 meses, del 11 de octubre al 8 de agosto. El mes más calmado es diciembre, con vientos a una velocidad promedio de 8.8 kilómetros por hora.

En la siguiente figura se muestra la velocidad promedio del viento en Acapulco de Juárez. En el gráfico, el promedio de la velocidad media del viento por hora se ilustra con una línea gris oscuro, con las bandas de percentil 25º a 75º y 10º a 90º.



	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sep.	oct.	nov.	dic.
Vel. del viento (kph)	9.4	10.1	10.7	10.8	10.9	10.8	9.8	10.2	10.9	9.6	8.8	8.8

Figura IV-34. Velocidad promedio del viento en Acapulco de Juárez. Fuente: Weather Spark, 2026.

La dirección del viento promedio por hora predominante en Acapulco es del oeste durante el año. En la siguiente figura se muestra el porcentaje de horas en las que la dirección media del viento viene de cada uno de los cuatro puntos cardinales, excluyendo las horas en que la velocidad media del viento es menos de *1.6 km/h*. En el gráfico, las áreas de colores claros en los límites representan el porcentaje de horas que pasa en las direcciones intermedias implícitas (noreste, sureste, suroeste y noroeste).

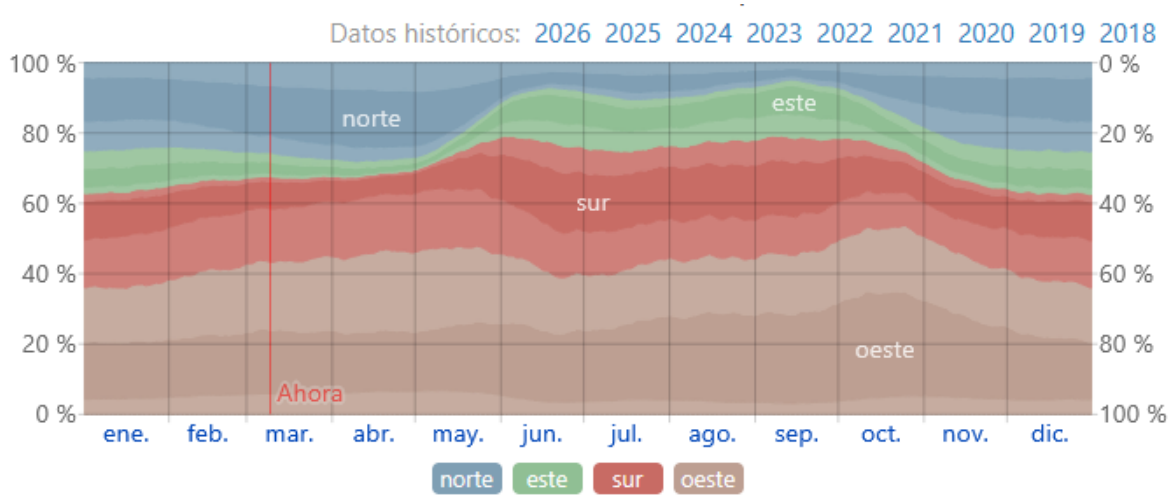


Figura IV-35. Dirección del viento en Acapulco de Juárez. Fuente: Weather Spark, 2026.

Radiación solar

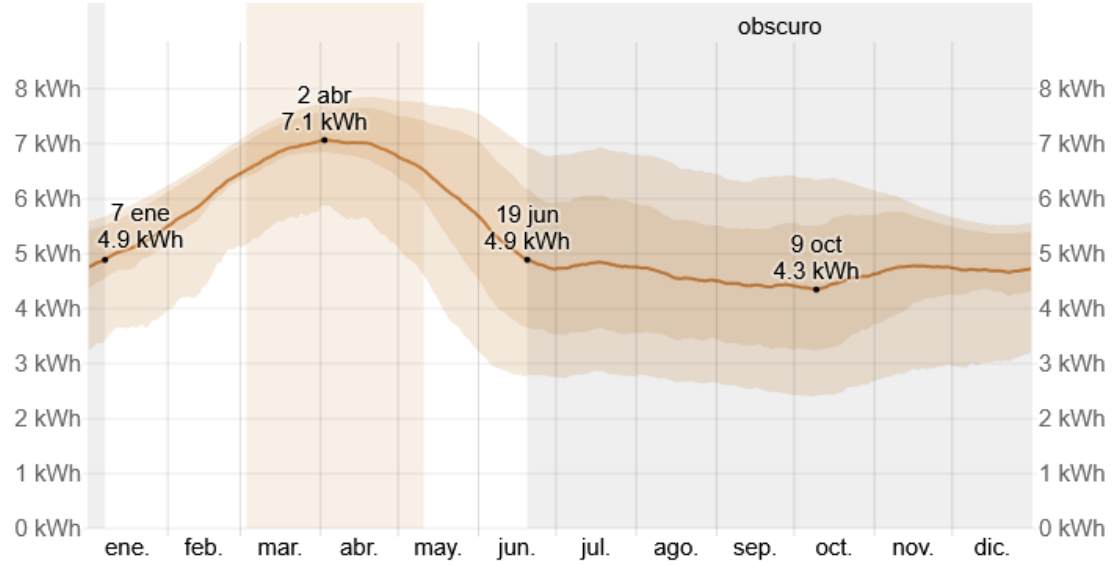
La radiación solar es la energía emitida por el Sol que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas. Su importancia radica en que determina la dinámica de los procesos fotoquímicos atmosféricos y el clima, además de que puede influir sobre las tasas de formación de algunos contaminantes como el ozono y las partículas ultrafinas.

Los siguientes datos versan sobre la energía solar de onda corta incidente diaria total que llega a la superficie de la tierra en un área amplia, tomando en cuenta las variaciones estacionales de la duración del día, la elevación del sol sobre el horizonte y la absorción de las nubes y otros elementos atmosféricos. La radiación de onda corta incluye luz visible y radiación ultravioleta.

De acuerdo con los datos de Coyuca de Benítez registrados por Weather Spark (2026), la energía solar de onda corta incidente promedio diaria tiene variaciones estacionales leves durante el año. El período más resplandeciente del año dura 2.2 meses, del 3 de marzo al 10 de mayo, con una energía de onda corta incidente

diaria promedio por metro cuadrado superior a 6.5 kWh. El mes más resplandeciente del año es abril, con un promedio de 7.0 kWh.

En contraste, el periodo más obscuro del año dura 6.6 meses, del 19 de junio al 7 de enero, con una energía de onda corta incidente diaria promedio por metro cuadrado de menos de 4.9 kWh. El mes más oscuro del año es septiembre, con un promedio de 4.4 kWh.

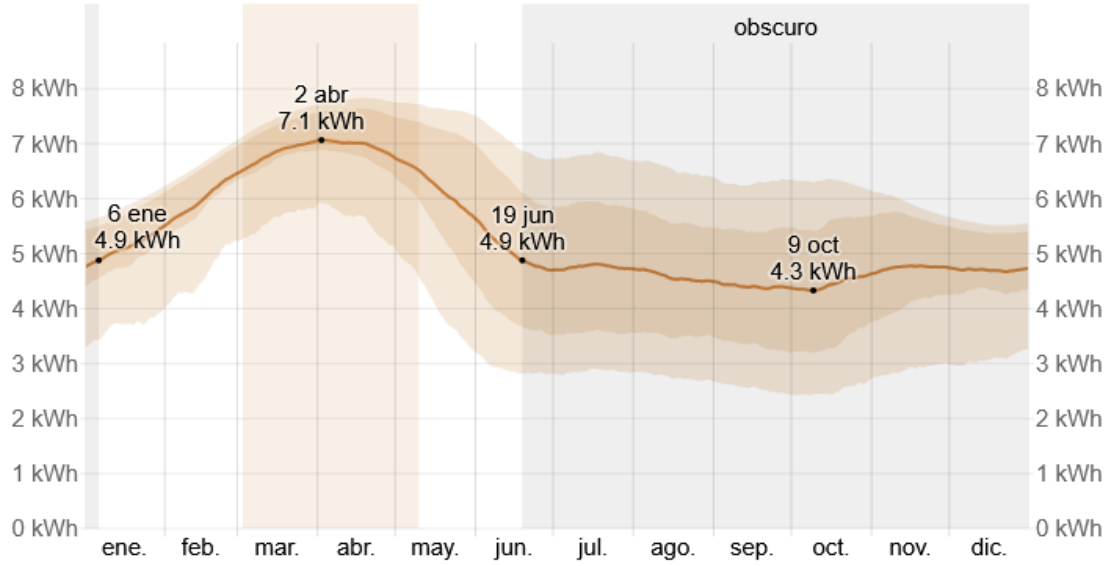


	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sep.	oct.	nov.	dic.
Energía solar kWh	5.1	6.0	6.8	7.0	6.2	5.0	4.8	4.6	4.4	4.5	4.7	4.7

Figura IV-36. Energía solar de onda corta incidente diaria promedio en Coyuca de Benítez. La energía solar de onda corta promedio diaria que llega a la tierra por metro cuadrado (línea anaranjada), con las bandas de percentiles 25º a 75º y 10º a 90º. Fuente: Weather Spark, 2026.

En Acapulco de Juárez, la energía solar de onda corta incidente promedio diaria también presenta variaciones estacionales leves durante el año. El período más resplandeciente del año dura 2.2 meses, del 3 de marzo al 10 de mayo, con una energía de onda corta incidente diaria promedio por metro cuadrado superior a 6.5 kWh. El mes más resplandeciente del año es abril, con un promedio de 7.0 kWh.

Por el contrario, el periodo más obscuro del año dura 6.6 meses, del 19 de junio al 6 de enero, con una energía de onda corta incidente diaria promedio por metro cuadrado de menos de 4.9 kWh. El mes más oscuro del año es septiembre, con un promedio de 4.4 kWh.



	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sep.	oct.	nov.	dic.
Energía solar kWh	5.1	6.0	6.8	7.0	6.2	5.0	4.8	4.6	4.4	4.5	4.8	4.7

Figura IV-37. Energía solar de onda corta incidente diaria promedio en Acapulco de Juárez. La energía solar de onda corta promedio diaria que llega a la tierra por metro cuadrado (línea anaranjada), con las bandas de percentiles 25º a 75º y 10º a 90º. Fuente: Weather Spark, 2026.

Huracanes

Un huracán es un fenómeno meteorológico que representa la etapa de intensificación de un ciclón tropical, y puede conllevar un alto nivel de riesgo. Los huracanes pueden generar un aumento repentino del nivel del mar (marejada ciclónica), y el incremento de los vientos, el oleaje y las lluvias. Estas características generan impactos en la zona costera como inundaciones e inestabilidad de laderas,

lo cual puede generar desde daños a la infraestructura de la región hasta las pérdidas económicas y de vidas (Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, s.f.).

De acuerdo con la escala Saffir-Simpson, los huracanes se pueden clasificar en función de la velocidad de sus vientos como huracanes de categoría 1 a 5. Sin embargo, la categoría de un huracán no siempre está relacionada necesariamente con los daños que ocasiona, por lo que los huracanes categoría 2, pueden provocar inundaciones severas tierra adentro, daños estructurales a casas y viviendas derribadas (Marcano, 2005).

Tabla IV-11. Características de huracanes en base a la categoría Saffir-Simpson.

No	Velocidad del viento en km/h	Nivel de marejada en metros	Daños
1	119-154	1.2 - 1.5	Inundaciones ligeras sin daño estructural a viviendas.
2	155-178	1.8 - 2.4	Inundaciones en las zonas costeras, daños a embarcaciones y techos de viviendas.
3	179-210	2.7 - 3.7	Inundaciones severas, daños estructurales a casas, destrucción de viviendas frágiles.
4	211-250	3.9 - 5.5	Inundaciones severas tierra adentro, daños estructurales a casas y viviendas derribadas.
5	>250	> 5.5	Inundaciones severas a varios km de las costas, daños severos a viviendas.

Fuente: Saffir-Simpson, 2014.

Por su ubicación geográfica y por poseer costas tanto en el Golfo de México como en el Océano Pacífico, México se encuentra expuesto a la influencia de los ciclones tropicales, fenómenos que se caracterizan por producir fuertes vientos, lluvias intensas y alto oleaje. Los ciclones tropicales se presentan año tras año afectando a la población que se asienta próxima a las costas y, muchas veces, también a asentamientos lejanos a ellas (Rodríguez-Esteves, 2017).

El estado de Guerrero, por su localización, es uno de los estados más vulnerables ante la presencia de huracanes. Los ciclones tropicales cerca del litoral del Estado ocasionan zonas de lluvias, inundaciones, vientos ciclónicos y alturas de ola extraordinarias, los cuales provocan daños a infraestructura, contaminación del agua, restricción de las actividades comerciales, pesqueras, industriales y turísticas (Martínez-García *et al.*, 2002).

En la siguiente tabla, se observan los huracanes formados en el Océano Pacífico que han afectado al estado de Guerrero desde 2010, siendo los de mayor categoría (Cinco) Otis (2023) y Patricia (2015). Cabe destacar que, al momento de elaboración de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, la Comisión Nacional del Agua aún no había publicado la reseña de los ciclones tropicales en el Océano Pacífico para 2025, por lo que los datos más recientes considerados para el presente análisis corresponden al año de 2024.

Tabla IV-12. Huracanes que han afectado al estado de Guerrero (2010-2024).

Año	Nombre	Categoría de Impacto	Periodo de impacto	Vientos máximos km/h
2024	John	H3	22 al 27 de septiembre	195 km/h con rachas de 220 km/h
2023	Otis	H5	22 al 25 de octubre	270 km/h con rachas de 330 km/h
	Max	TT	07 al 10 de octubre	95 km/h con rachas de 120 km/h
	Lidia	H4	03 al 11 de octubre	220 km/h con rachas de 260 km/h
	Catorce-E	DT	23 al 24 de septiembre	55 km/h con rachas de 75 km/h
	Hilary	H4	16 al 21 de agosto	230 km/h con rachas de 280 km/h
	Dora	H4	31 de julio al 6 de agosto	220 km/h con rachas de 270 km/h
	Beatriz	H1	28 de junio al 01 de julio	140 km/h con rachas de 165 km/h
2022	Roslyn	H4	19 al 23 de octubre	215 km/h con rachas de 260 km/h
	Orlene	H4	28 de septiembre al 03 de octubre	215 km/h con rachas de 240 km/h
	Newton	TT	21 al 25 de septiembre	100 km/h con rachas de 120 km/h
	Lester	TT	15 al 17 de septiembre	65 km/h con rachas de 85 km/h
	Kay	H2	4 al 9 de septiembre	165 km/h con rachas de 205 km/h
	Celia	TT	16 al 28 de junio	100 km/h con rachas de 140 km/h

Año	Nombre	Categoría de Impacto	Periodo de impacto	Vientos máximos km/h
	Blas	H1	14 al 20 de junio	150 km/h con rachas de 185 km/h
	Agatha	H2	27 al 31 de mayo	175 km/h con rachas de 215 km/h
2021	Rick	H2	22 al 25 de octubre	165 km/h con rachas de 205 km/h
	Nora	H1	25 al 30 de agosto	140 km/h con rachas de 165 km/h
	Kevin	TT	07 al 12 de agosto	95 km/h con rachas de 110 km/h
	Enrique	H1	25 al 30 de junio	150 km/h con rachas de 185 km/h
	Dolores	TT	18 al 20 de junio	110 km/h con rachas de 140 km/h
	Blanca	TT	30 de mayo al 04 de junio	95 km/h con rachas de 110 km/h
2020	Hernan	TT	26 al 28 de agosto	75 km/h con rachas de 95 km/h
	Geneviev e	H4	16 al 21 de agosto	215 km/h con rachas de 260 km/h
	Cristina	TT	06 al 12 de julio	110 km/h con rachas de 140 km/h
2019	Priscilla	TT	20 de octubre	65 km/h con rachas de 85 km/h
	Diecisiet e-E	Ciclón Tropical Potencial	15 al 16 de octubre	55 km/h con rachas de 75 km/h
	Narda	TT	28 de septiembre al 1° de octubre	85 km/h con rachas de 100 km/h
	Lorena	H1	17 al 22 de septiembre	140 km/h con rachas de 165 km/h
	Alvin	H1	25 al 29 de junio	120 km/h con rachas de 150 km/h
2018	Vicente	TT	19 al 23 de octubre	75 km/h con rachas de 95 km/h
	Tara	TT	14 al 16 de octubre	100 km/h con rachas de 120 km/h
	Sergio	H4	29 de septiembre al 12 de octubre	220 km/h con rachas de 270 km/h
	Ileana	TT	04 al 07 de agosto	100 km/h con rachas de 120 km/h
	Carlotta	TT	14 al 18 de junio	100 km/h con rachas de 120 km/h
2017	Ramón	TT	04 al 06 de octubre	95 km/h con rachas de 110 km/h
	Pilar	TT	23 al 25 de septiembre	75 km/h con rachas de 95 km/h
	Max	H1	13 al 15 de septiembre	140 km/h con rachas de 165 km/h
	Lidia	TT	29 de agosto al 03 de septiembre	105 km/h con rachas de 120 km/h
	Dora	H1	24 al 28 de junio	150 km/h con rachas de 185 km/h
	Beatriz	TT	31 de mayo al 02 de junio	75 km/h con rachas de 95 km/h
2016	Newton	H1	04 al 07 de septiembre	150 km/h con rachas de 185 km/h
	Javier	TT	07 al 09 de agosto	100 km/h con rachas de 120 km/h
	1-E	DT	06 al 08 de junio	55 km/h con rachas de 75 km/h
2015	Sandra	H4	23 al 28 de noviembre	130 km/h con rachas de 155 km/h
	Rick	TT	18 al 22 de noviembre	65 km/h con rachas de 95 km/h
	Patricia	H5	20 al 24 de octubre	325 km/h con rachas de 400 km/h

Año	Nombre	Categoría de Impacto	Periodo de impacto	Vientos máximos km/h
	Marty	H1	26 de septiembre al 01 de octubre	130 km/h con rachas de 155 km/h
	Carlos	H1	10 al 17 de junio	150 km/h con rachas de 185 km/h
	Blanca	H4	31 de mayo al 09 de junio	220 km/h con rachas de 270 km/h
2014	Vance	H2	30 de octubre al 05 de noviembre	175 km/h con rachas de 215 km/h
	Trudy	TT	17 al 18 de octubre	95 km/h con rachas de 110 km/h
	Rachel	H1	24 de agosto al 30 de septiembre	140 km/h con rachas de 165 km/h
	Polo	H1	16 al 22 de septiembre	120 km/h con rachas de 150 km/h
	Odile	H4	10 al 17 de septiembre	215 km/h con rachas de 260 km/h
	Elida	TT	30 de junio al 02 de julio	75 km/h con rachas de 95 km/h
2013	Raymond	H3	19 al 30 de octubre	205 km/h con rachas de 250 km/h
	Manuel	H1	13 al 16 y del 17 al 19 de septiembre	120 km/h con rachas de 150 km/h
	Lorena	TT	05 al 07 de septiembre	75 km/h con rachas de 95 km/h
	Erick	H1	04 al 09 de julio	130 km/h con rachas de 160 km/h
	Dalila	H1	29 de junio al 07 de julio	120 km/h con rachas de 150 km/h
	Cosme	H1	23 al 27 de junio	140 km/h con rachas de 165 km/h
2012	Carlotta	H2	13 al 16 de junio	165 km/h con rachas de 205 km/h
	Bud	H3	21 al 26 de mayo	185 km/h con rachas de 220 km/h
2011	Hilary	H4	21 al 30 de septiembre	230 km/h con rachas de 275 km/h
	Eugene	H4	31 de julio al 06 de agosto	220 km/h con rachas de 270 km/h
	Dora	H4	18 al 24 de julio	250 km/h con rachas de 305 km/h
	Calvin	TT	07 al 09 de Julio	130 km/h con rachas de 155 km/h
2010	Frank	H1	21 al 28 de Agosto	150 km/h con rachas de 185 km/h

Como se observa en el siguiente mapa, según los datos de la NOAA, hay tres huracanes que han incidido dentro del Sistema Ambiental Regional delimitado para el proyecto en las últimas siete décadas: S_N (1951), Pauline (1997) y Otis (2023).

El huracán Pauline (1997) se convirtió en huracán categoría 4 dentro de la escala Saffir-Simpson, con vientos mayores de 210 km/h y rachas de 240 km/h. Esto produjo una precipitación mayor de 400 mm durante cinco horas en Acapulco,

Guerrero, lo que originó importantes escurrimientos; a su vez, estos escurrimientos provocaron derrumbes, inundaciones y la muerte de cientos de personas. Los daños estimados fueron cercanos a los $300 millones de pesos (Matías-Ramírez, 1998).Por su parte, el huracán Otis, azotó la costa de Guerrero la noche del 24 al 25 de octubre de 2023, y se convirtió en un huracán de categoría 5 en la escala Saffir-Simpson en menos de 12 horas. Alcanzó vientos sostenidos de 270 km/h, con rachas de hasta 330 km/h, y provocó severos daños a la infraestructura local y turística del puerto de Acapulco (Ramírez-Fernández *et al*., 2023).

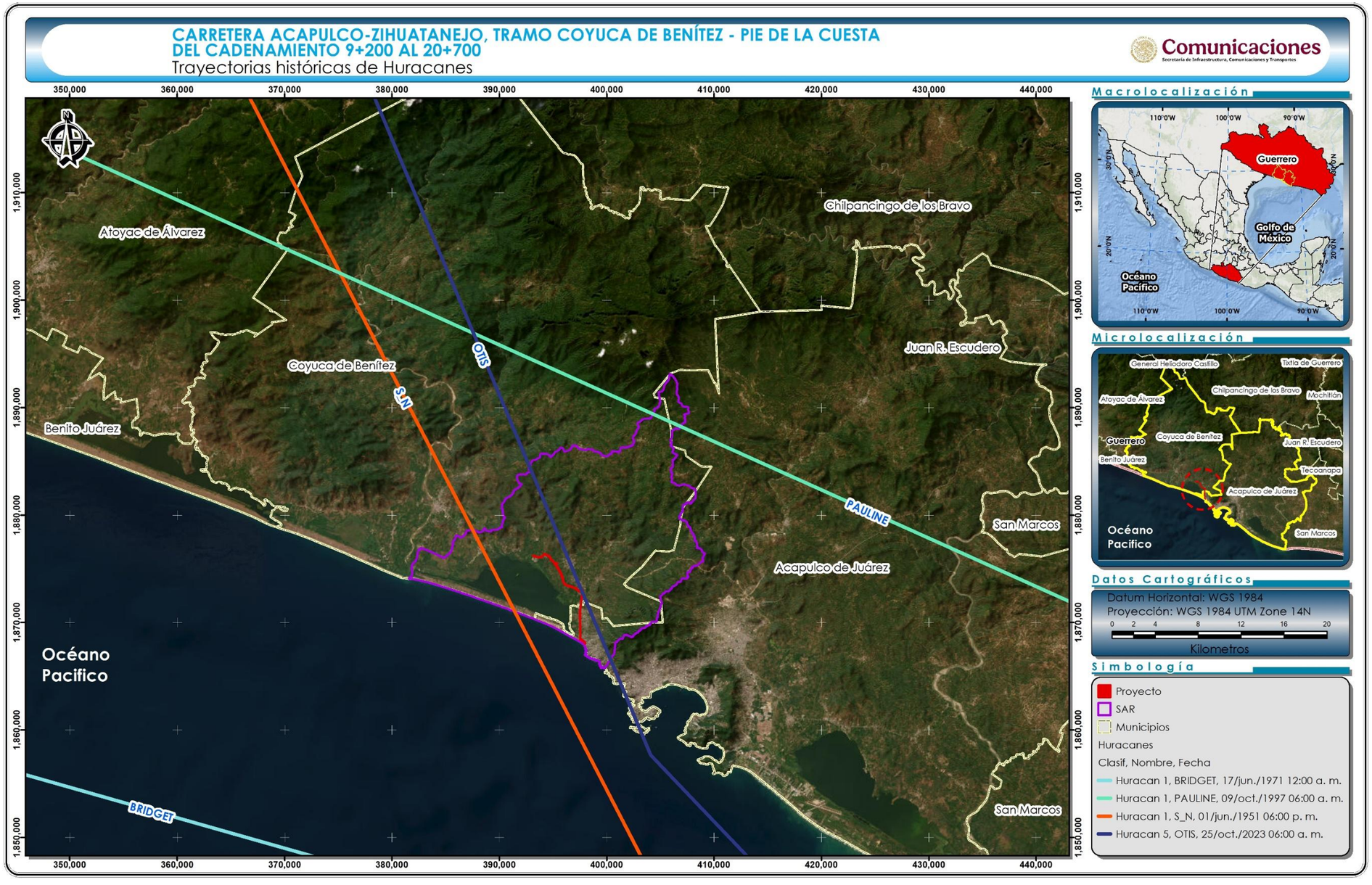


Figura IV-38. Trayectorias históricas de huracanes que han atravesado el SAR delimitado para el proyecto.

Como se muestra en la siguiente imagen, de acuerdo con los datos de la CENAPRED del periodo de 1949 a 2020, el grado de peligro por presencia de ciclones tropicales en el municipio de Coyuca de Benítez es bajo, en tanto que en el municipio de Acapulco de Juárez es medio. No obstante, cabe mencionar que el diseño del proyecto fue concebido contemplando la posible ocurrencia de huracanes en el AP y en el SAR, y las características constructivas del mismo se desarrollan en el Capítulo II de la presente MIA-R.

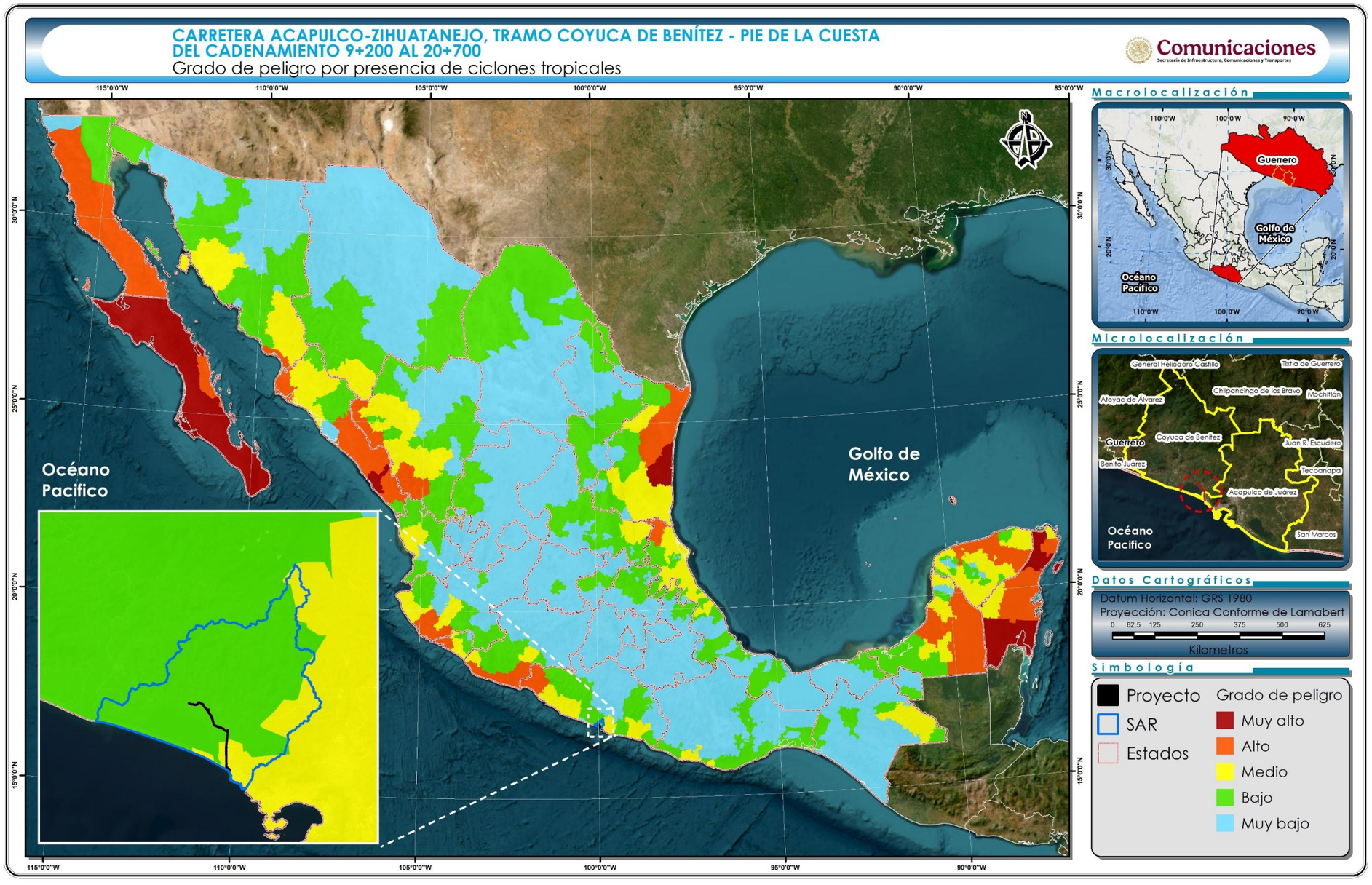


Figura IV-39. Grado de peligro por presencia de ciclones tropicales en los municipios en los que se ubica el SAR delimitado para el Proyecto.

IV.3.2.1.5 Agua

Regiones, subregiones hidrológicas y cuencas hidrológicas

Para propósitos de administración de las aguas nacionales, la CONAGUA ha definido 757 **cuencas hidrológicas**, las cuales se encuentran organizadas en 37 **regiones hidrológicas (RH)** que representan los límites naturales de las grandes cuencas de México y se emplean para el cálculo del agua. A su vez, estas regiones hidrológicas se subdividen en subregiones hidrológicas.

De acuerdo con la CONAGUA (2012), el SAR y el trazo carretero se localizan en la **Región Hidrológica No. 19 (RH-19) denominada Costa Grande de Guerrero** (Figura IV-40). Esta Región Hidrológica se localiza en el sureste de la República Mexicana, en la región de la Costa, en el Estado de Guerrero. Tiene la forma alargada en el sentido Este-Oeste y se encuentra delimitada al Norte y Oeste por la Región Hidrológica Número 18 Balsas; al Sur por el Océano Pacífico y al Este por la Región Hidrológica Número 20 Costa Chica de Guerrero. Comprende un total de 28 cuencas hidrológicas.

Con respecto a las subregiones hidrológicas, **el proyecto y el SAR se encuentran contenidos en su totalidad dentro de la subregión Costa Grande de Guerrero,** tal y como se observa en la Figura IV-41. Ésta se subdivide en tres cuencas: Río Ixtapa y otros, Río Coyuquilla y Otros y la cuenca Río Atoyac y otros; **el SAR y el trazo carretero se ubican en la cuenca Río Atoyac y otros** Figura IV-42.

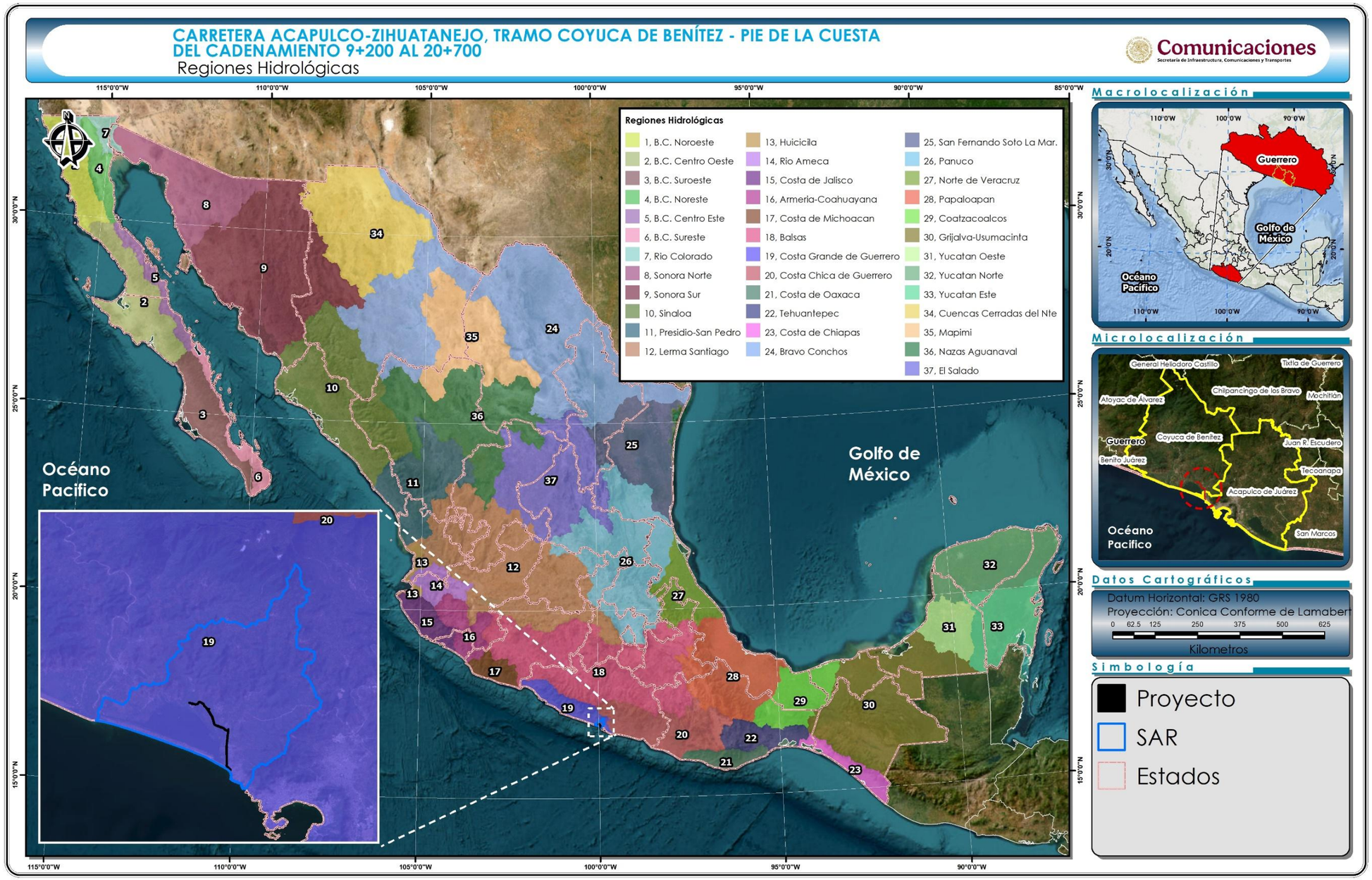


Figura IV-40. Regiones Hidrológicas de México

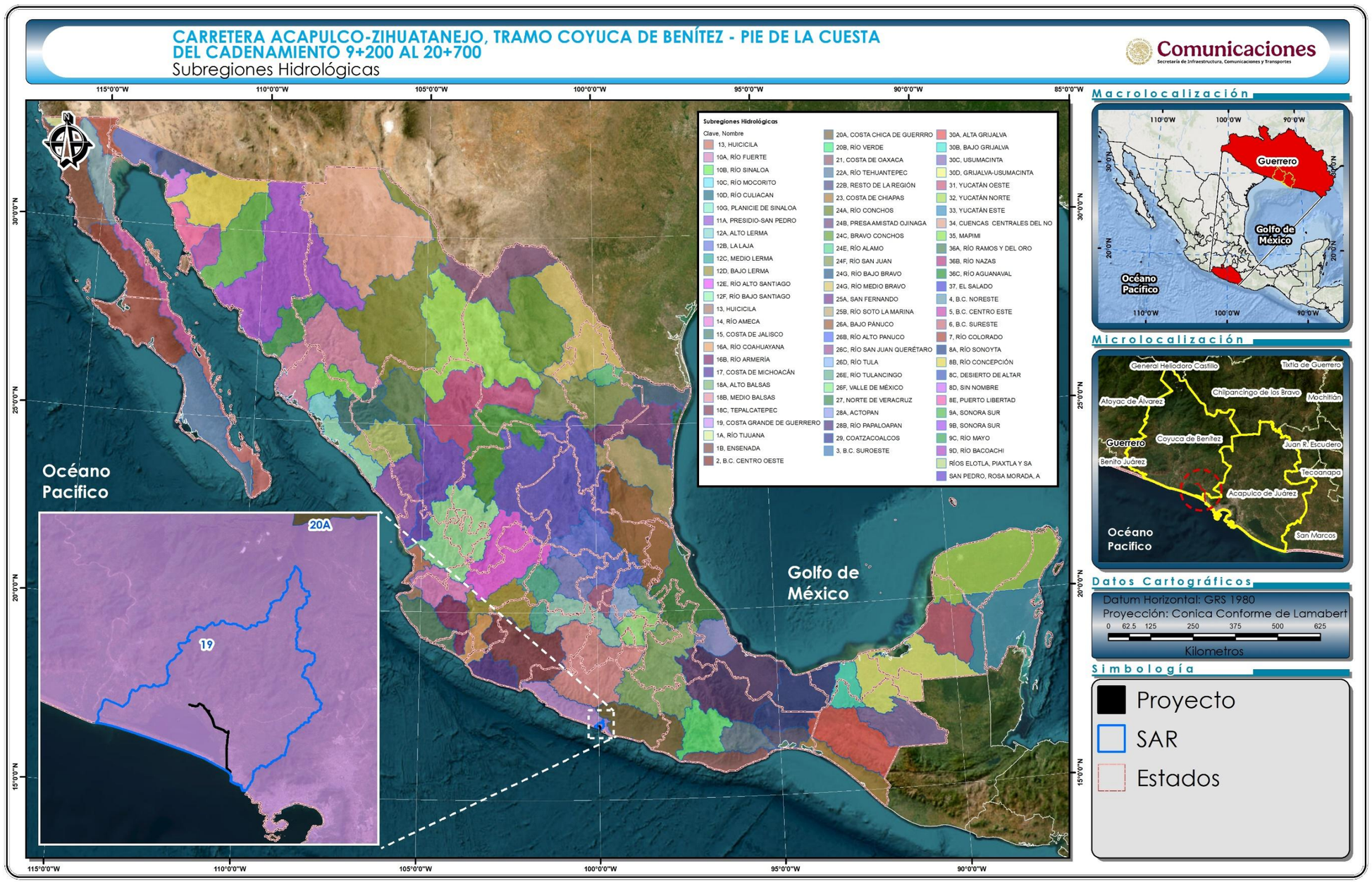


Figura IV-41. Ubicación del SAR y del proyecto con respecto a las subregiones hidrológicas.

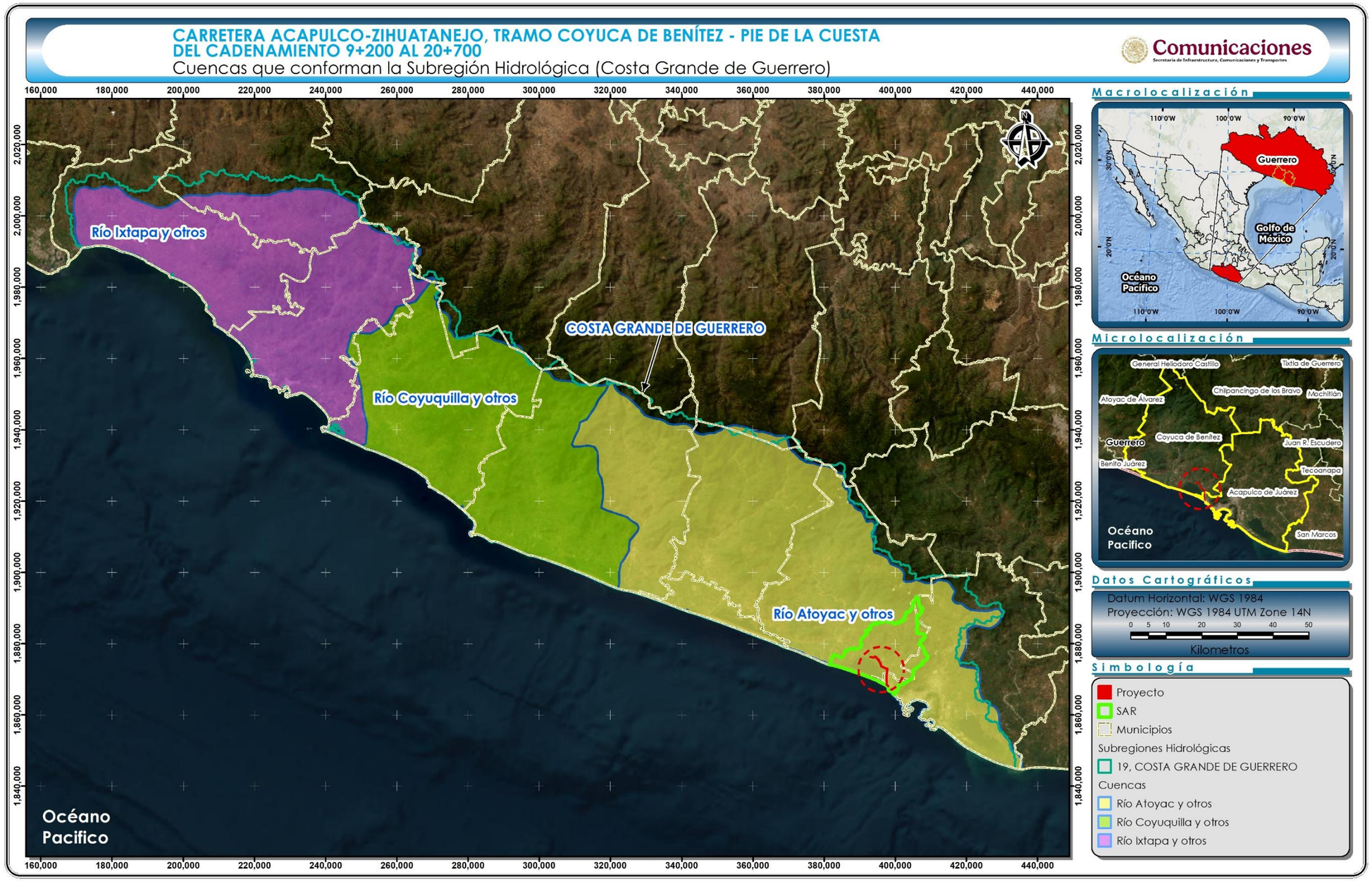


Figura IV-42. Ubicación del SAR y del proyecto con respecto a las cuencas hidrológicas

Regiones Hidrológicas Administrativas

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) agrupó las regiones hidrológicas y delimitó trece regiones hidrológico-administrativas con la finalidad de facilitar la administración del agua. Debido a la necesidad de coordinación de la acción gubernamental, los límites de estas trece regiones se ajustaron a límites municipales. (RHA) (CONAGUA, 2018) (Figura IV-43).

El SAR y el Área del Proyecto se encuentran dentro de la **Región Hidrológica Administrativa V Pacífico Sur (RHA V PS).** Ésta se ubica al sur-sureste de la República Mexicana; colinda al norte con las RHA IV Balsas y X Golfo Centro, al sur con el Océano Pacífico, al este con la RHA XI Frontera Sur y al oeste con la RHA IV Balsas y Océano Pacífico. Administrativamente, la conforman 378 municipios, de los cuales 342 corresponden a Oaxaca y 36 a Guerrero, con una superficie total de 82 844 km^2 (CONAGUA, 2022).

La topografía del área de la RHA V PS es bastante abrupta, con elevaciones máximas al sureste del orden de los 3 750 msnm. El 70.7% del área es sierra, el 3.9% valle, el 12.4% llanura, el 9.1% lomerío y el restante 3.9%, corresponde a cañones, mesetas y playas. Los climas predominantes según la clasificación de Köppen modificado por E. García (1964) son: cálido subhúmedo con un 53.5%, templado subhúmedo con el 18.6% y el semicálido subhúmedo con 10.7% (CONAGUA, 2022).

Las principales corrientes son los ríos Verde con longitud de 342 km, Tehuantepec con 240 km, Papagayo con 140 km y Ometepec con 115 km de longitud. Existen también corrientes de menor longitud como son los ríos Ixtapa, San Jeronimito, Petatlán, Coyuquilla, San Luis, Tecpan, Atoyac, Coyuca, La Sabana, Omitlán, Nexpa, Marquelia, Santa Catarina y Quetzala en Guerrero, así como, Cortijos, Yutamá, La Esmeralda, Yolotepec, Juquila, Colotepec, Copalita, Tequisistlán, Los Perros, Chicapa, Niltepec, Ostuta y Zanatepec en el estado de Oaxaca (CONAGUA, 2022).

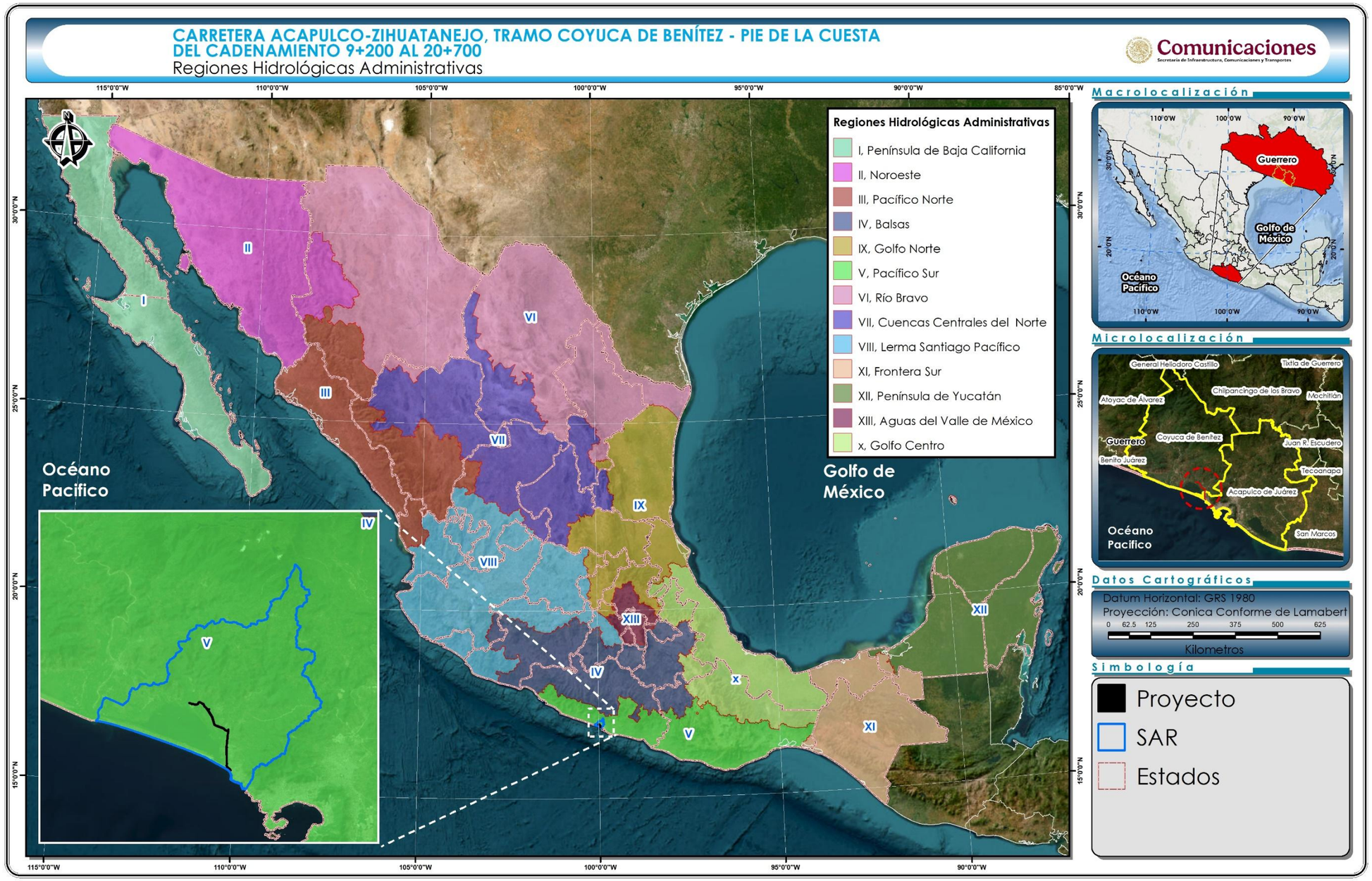


Figura IV-43. Ubicación del SAR y del proyecto con respecto a las regiones Hidrológicas Administrativas de México.

Hidrología superficial

De acuerdo con el Conjunto de Datos Vectoriales de Rasgos Topográficos, escala 1:20,000, del INEGI (2017), dentro del SAR delimitado para el proyecto existen tres ríos perennes con nombre: El Conchero, Aguacostla y Yetla. Adicionalmente, se identificaron ocho arroyos perennes con nombre y 31 arroyos intermitentes con nombre dentro de esta superficie (Figura IV-44). El nombre, la condición y la longitud de cada uno de estos cuerpos de agua se presenta en la siguiente tabla:

Tabla IV-13. Cuerpo de agua superficiales en el SAR.

Etiquetas de fila	Perenne	Intermitente	Total
Río	**24,411.62**		**24,411.62**
Aguacostla	15,386.42		15,386.42
El Conchero	3,584.37		3,584.37
Yetla	5,329.45		5,329.45
Sin nombre	111.39		111.39
Arroyo	**38,963.27**	**962,793.90**	**1,001,757.17**
Arroyo de la Poza del Hueso		3,809.18	3,809.18
Arroyo de monte grande		2,951.97	2,951.97
Arroyo del Aguacate		944.35	944.35
Arroyo del Infiernillo		10,673.37	10,673.37
Arroyo del Mangal		3,595.42	3,595.42
Arroyo del Mango		4,504.03	4,504.03
Arroyo del Ojo de Agua		30.29	30.29
Arroyo Grande	5,803.51	2,009.75	7,813.26
Arroyo Seco		2,121.05	2,121.05
Arroyo Verde		2,830.59	2,830.59
Barranca Honda		5,641.81	5,641.81
El Aguacate		9,374.47	9,374.47
El Cacao		2,403.53	2,403.53

Etiquetas de fila	Perenne	Intermitente	Total
El Cagel		4,729.30	4,729.30
El Carrizal	3,799.31		3,799.31
El Conchero	4,522.80		4,522.80
El Guarumbo		10.00	10.00
El Guayabo		3,103.04	3,103.04
El Huicón		2,170.00	2,170.00
El Mamey		4,056.23	4,056.23
El Naranjito	738.91		738.91
El Salto		8,495.27	8,495.27
El Toronjo	9,069.03		9,069.03
El Veladero		5,268.86	5,268.86
La Calera		3,705.66	3,705.66
La Chorreada		7,514.71	7,514.71
La Ciénega		2,024.79	2,024.79
La Galera	286.41	1,291.85	1,578.26
La Lima		5,709.31	5,709.31
La Pilita		116.00	116.00
La Vainilla		2,662.08	2,662.08
Las Parotas		4,044.21	4,044.21
Las Pozas		2,282.19	2,282.19
Los Tepetates		1,828.07	1,828.07
Ocotillo		1,532.97	1,532.97
Tecomapa	7,972.49		7,972.49
Valle del Río	5,284.06		5,284.06
Sin nombre	1,486.75	851,359.58	852,846.33
Total general	**63,374.89**	**962,793.90**	**1,026,168.79**

Con respecto al Área del Proyecto, como se observa en la Figura IV-45, el trazo carretero es atravesado por los ríos Yetla y El Conchero, y por el arroyo intermitente El Mango.

Cabe destacar que, de acuerdo con la CONAGUA (2024a), las únicas corrientes superficiales de importancia en el SAR son algunas que provienen de las regiones altas, entre las que destacan los ríos Yetla y El Conchero. Por consiguiente, tal como se desarrolla en el Capítulo II y VI de esta MIA, para garantizar la continuidad del flujo superficial hídrico y vial, se construirán cinco puentes como obras de drenaje mayor cuyo diseño está sustentado por estudios hidrológicos e hidráulicos y los informes topohidráulicos correspondientes.



Figura IV-44. Hidrología superficial del SAR.

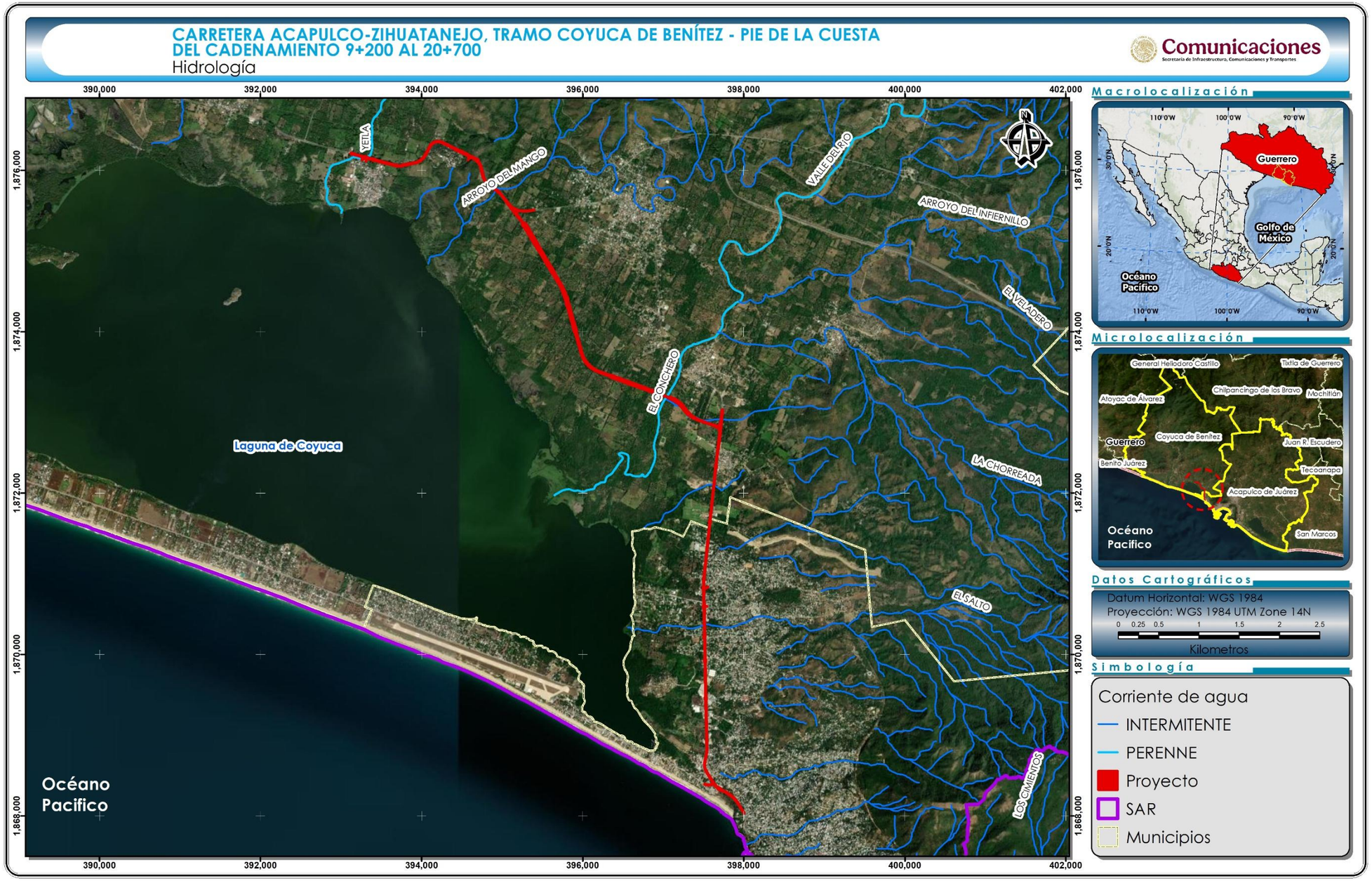


Figura IV-45. Hidrología superficial del Área del Proyecto.

Hidrología subterránea

El SAR delimitado para el proyecto se ubica sobre cuatro acuíferos distintos: Conchero, Coyuca, Bahía de Acapulco y La Sabana. A continuación, se muestran las superficies que ocupa el SAR sobre cada uno de los acuíferos:

Tabla IV-14. Superficie ocupada por el SAR sobre cada acuífero.

Acuífero	Superficie (ha)
Conchero	32,426.67
Coyuca	290.87
Bahía de Acapulco	86.30
La Sabana	77.72

La mayor parte del SAR (32,426.67 ha) y la totalidad del trazo carretero se ubican sobre el acuífero Conchero (1225). Este acuífero se localiza en la porción sur del Estado de Guerrero, entre los paralelos 16° 52' y 17° 08' de latitud Norte y los meridianos 99° 49' y 100° 06' de longitud Oeste; abarca una superficie aproximada de 579 km^2. Limita al norte y oeste con el acuífero Coyuca, al este con el acuífero La Sabana y al sureste con el acuífero Bahía de Acapulco; al sur, limita con el Océano Pacífico (CONAGUA, 2024a).

Por su parte, el **acuífero Coyuca (1224)** se localiza en la porción sur del Estado de Guerrero, entre los paralelos 16° 56' y 17° 29' de latitud norte y los meridianos 99° 51' y 100° 14' de longitud oeste; ocupa un área aproximada de 1,188 km^2. Limita al norte con el acuífero Tlacotepec, al noreste y este con el acuífero Papagayo, al sureste con el acuífero Conchero y al oeste con el acuífero Atoyac; al sur, su límite es el Océano Pacífico (CONAGUA, 2024b).

El **acuífero Bahía de Acapulco** (1226) comprende una superficie de tan solo 36 km² de extremo sur del estado de Guerrero. Se localiza entre el Océano Pacífico y

la Sierra Madre del Sur, en la región limítrofe entre la Costa Grande y la Costa Chica de Guerrero. Se encuentra delimitado por los paralelos 16º 49' y 16º 51' de latitud norte y los meridianos 99º 51' y 99º 54' de longitud oeste. Colinda al norte y este con el acuífero La Sabana, al oeste con el acuífero Conchero y al sur con el Océano Pacífico. El acuífero Bahía de Acapulco se localiza totalmente dentro del municipio de Acapulco de Juárez, destacando en él la cabecera municipal Acapulco y las poblaciones Tres Palos y Pie de la Cuesta (CONAGUA, 2024c).

Finalmente, el **acuífero La Sabana** (1227) se extiende en una superficie de 986 km² y se localiza entre el Océano Pacífico y la Sierra Madre del Sur, en la región conocida como Costa Grande de Guerrero. Se encuentra delimitado por los paralelos 16º 42' y 17º 11' de latitud norte y los meridianos 99º 54' y 99º 37' de longitud oeste. Colinda al norte y oriente con el acuífero Papagayo, al occidente con El Conchero, al suroccidente con el acuífero Bahía de Acapulco y al sur con el Océano Pacífico (CONAGUA, 2024d).

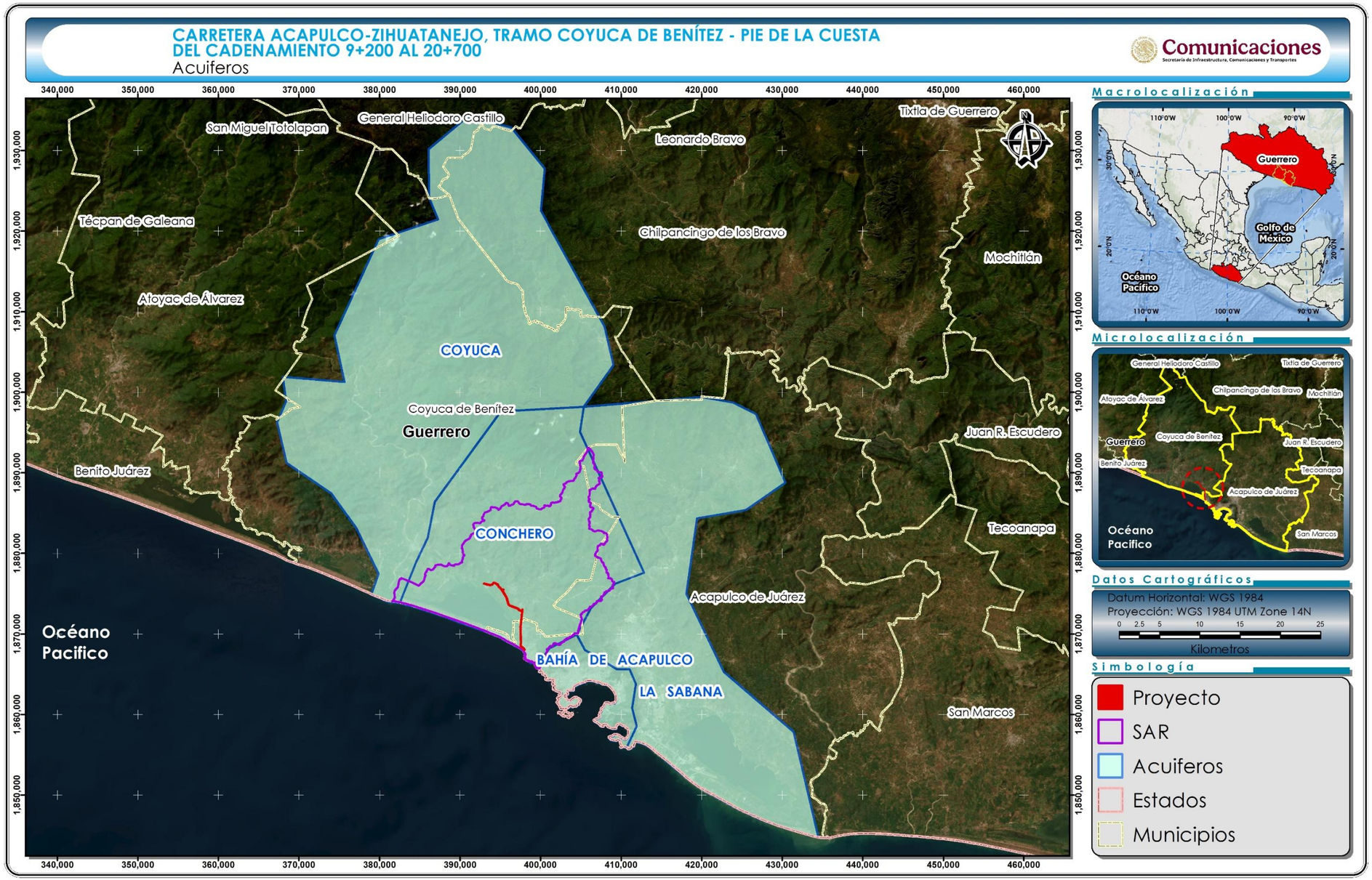


Figura IV-46. Acuíferos sobre los que se encuentra el SAR delimitado para el proyecto y el trazo carretero.

Disponibilidad actual del agua

La disponibilidad de aguas subterráneas constituye el volumen medio anual de agua subterránea disponible en un acuífero, al que tendrán derecho de explotar, usar o aprovechar los usuarios, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro a los ecosistemas. Se obtiene de restar al volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de extracción de aguas subterráneas.

$$DMA = R – DNC – VEAS$$

Donde:

DMA= Disponibilidad media anual de agua subterránea en una unidad hidrogeológica.
R= Recarga total media anual
DNC= Descarga natural comprometida
VEAS=Volumen de extracción de aguas subterráneas

Con base en lo anterior, a continuación, se presenta la disponibilidad media anual de agua subterránea en los distintos acuíferos sobre los que se encuentra el SAR.

Tabla IV-15. Disponibilidad media anual de agua subterránea en los acuíferos sobre los que se encuentra el SAR

Acuífero	R (hm³/año)	DNC (hm³/año)	VEAS (m³/año)	DMA (m³/año)
Conchero	27.9	18.8	3.730783	5,369,217
Coyuca	23.0	9.9	8.287285	4,812,715
Bahía de Acapulco	3.3	2.3	3.575047	-2.575047
La Sabana	92.0	21.2	35.579939	35.220061

No obstante, como se mencionó en el Capítulo II de la presente MIA Regional, el agua potable requerida para el consumo de los trabajadores se obtendrá de potabilizadoras cercanas y/o será comprada en garrafones de 20 litros procedentes

de las poblaciones cercanas. Por su parte, el agua cruda para los riegos y conformación de mezclas se obtendrá por medio del abastecimiento municipal desde poblaciones cercanas mediante pipas. **Por ningún motivo se extraerá o aprovechará agua de los mantos freáticos o de cuerpos de agua superficiales.**

IV.3.2.1.6 Aire

La atmósfera es la capa gaseosa que envuelve a la Tierra y se compone por nitrógeno (78%), oxígeno (21%) aproximadamente, y por gases traza entre los que destacan los gases de efecto invernadero (GEI) como el vapor de agua, el dióxido de carbono, el metano y el ozono, entre otros (1%). La mezcla de gases que forma la atmósfera recibe genéricamente el nombre de aire.

La calidad de aire de una región está determinada, entre otros factores, por sus condiciones climáticas, sus características fisiográficas, las actividades económicas asociadas a la quema de combustibles fósiles que se llevan a cabo dentro de ella, y la movilidad de los ciudadanos y mercancías (Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente del Gobierno del Estado de Michoacán, 2013). Se puede ver comprometida por distintos contaminantes, los cuales se pueden clasificar como naturales y antropogénicos según su origen, y como primarios y secundarios dependiendo de si se vierten directamente a la atmósfera o no.

Los contaminantes primarios son vertidos directamente a la atmósfera por alguna fuente de emisión e incluyen, entre otros:

- Monóxido de carbono (CO): Es el contaminante más abundante en la capa inferior de la atmósfera y proviene principalmente de los vehículos. Se produce por la combustión incompleta de compuestos de carbono, y se oxida generando dióxido de carbono (CO_2).
- Óxidos de azufre (SO_X): Se forman por la combustión del azufre presente en el carbón y el petróleo. Los SO_X forman aerosoles con la humedad ambiente,

incrementando el poder corrosivo de la atmósfera, disminuyendo la visibilidad y provocando la lluvia ácida.

- Óxidos de nitrógeno (NO_X): Se producen durante la combustión de productos fósiles, destacando los vehículos, el carbón y las quemas de madera. La producción de fertilizantes y explosivos, tabaco y calderas también contribuyen significativamente a las emisiones de NO_X. El NO se oxida formando NO_2, el cual es precursor del esmog fotoquímico.
- Partículas: Es material respirable presente en la atmósfera en forma sólida o líquida (polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento y polen, entre otras). De acuerdo con su tamaño se pueden dividir en dos grupos principales: las de diámetro aerodinámico igual o inferior a los 10 µm (PM_{10}) y las de fracción respirable más pequeña ($PM_{2,5}$).

Por su parte, los contaminantes secundarios son aquéllos que se generan indirectamente como resultado de la transformación de los contaminantes primarios en la atmósfera. Entre estos contaminantes destacan:

- Ozono (O_3): El ozono troposférico tiene carácter oxidante, reactivo, corrosivo y tóxico, por lo que reacciona con rapidez generando compuestos secundarios.
- Lluvia ácida: Es la precipitación de ácidos formados en la atmósfera como resultado de la contaminación por dióxido de azufre (SO_2) y NO_X. Al entrar en contacto con el agua, estos contaminantes forman ácido sulfúrico y nítrico respectivamente, ocasionando que el pH de la lluvia resultante sea inferior a 5.
- Contaminación fotoquímica: Es una mezcla de contaminantes que se forman por reacciones producidas por la luz solar al incidir sobre los contaminantes primarios.

La contaminación del aire puede ocasionar graves problemas de salud a la población, principalmente a las personas de la tercera edad, los niños y los asmáticos. Entre las afecciones más comunes que se reportan como consecuencia

de las concentraciones elevadas de contaminantes del aire se encuentran: bronquitis, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, neumonía arritmias, infartos e incluso la muerte (Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente del Gobierno del Estado de Michoacán, 2013). Por consiguiente, con el fin de cuidar de la salud de la población, es fundamental llevar a cabo el monitoreo regular de la calidad del aire.

En México, existen distintas normas oficiales que regulan los valores límites permitidos de los principales contaminantes del aire:

Tabla IV-16. Valores límites de contaminantes atmosféricos permitidos por Normas Oficiales Mexicanas de Calidad del Aire Ambiente

Contaminante	Valor límite Indicador con el que se evalúa	Norma Oficial Mexicana
Partículas PM_{10}	24 h año 1: 70 µg/m^3	NOM-025-SSA1-2021
	24 h año 3: 60 µg/m^3	
	24 h año 5: 50 µg/m^3	
	Anual año 1: 36 µg/m^3	
	Anual año 3: 28 µg/m^3	
	Anual año 5: 20 µg/m^3	
Partículas $PM_{2.5}$	24 h año 1: 41 µg/m^3	
	24 h año 3: 33 µg/m^3	
	24 h año 5: 25 µg/m^3	
	Anual año 1: 10 µg/m^3	
	Anual año 3: 10 µg/m^3	
	Anual año 5: 10 µg/m^3	
Ozono (O_3)	1 hora año 1: 176 µg/m^3 / 0.090 ppm	NOM-020-SSA1-2021
	1 hora año 3: 176 µg/m^3 / 0.090 ppm	
	1 hora año 5: 176 µg/m^3 / 0.090 ppm	
	8 horas año 1: 127 µg/m^3 / 0.065 ppm	
	8 horas año 3: 118 µg/m^3 / 0.060 ppm	
	8 horas año 5: 100 µg/m^3 / 0.051 ppm	

Contaminante	Valor límite Indicador con el que se evalúa	Norma Oficial Mexicana
Dióxido de azufre (SO_2)	1 hora: 0.075 ppm	NOM-022-SSA1-2019
	24 h: 0.04 ppm	
Dióxido de nitrógeno (NO_2)	1 hora: 200 µg/m^3 / 0.106 ppm	NOM-023-SSA1-2021
	Anual: 40 µg/m^3 / 0.021 ppm	
Monóxido de carbono (CO)	1 hora: 30,000 µg/m^3 / 26.0 ppm	NOM-021-SSA1-2021
	8 horas: 10,000 µg/m^3 / 9.00 ppm	
Plomo (Pb)	Anual: 0.5 µg/m^3	NOM-026-SSA1-2021

Fuente: Elaboración propia con información de las NOM.

Aunado a esto, se cuenta con el Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire (SINAICA), que consiste en una serie de programas informáticos que permiten recabar, transmitir y publicar la información de calidad del aire que se genera en las estaciones de monitoreo ubicadas en las diversas entidades federativas que disponen de la infraestructura adecuada para tal tipo de medición. La información proviene de Sistemas de Monitoreo de Calidad del Aire (SMCA) que son manejados por diferentes órdenes de gobierno, estatal y municipal. Las mediciones de calidad del aire de los SMCA se pueden consultar como datos crudos de calidad del aire y de variables meteorológicas en tiempo real, así como indicadores de calidad del aire (INECC, 2026).

El SINAICA permite comparar datos históricos y actualizados de las concentraciones de los principales contaminantes del aire con los límites máximos permitidos por las distintas Normas Oficiales Mexicanas en materia de calidad del aire. Los contaminantes criterio que se incluyen son:

- Partículas suspendidas PM_{10} y $PM_{2.5}$
- Ozono (O_3)
- Dióxido de azufre (SO_2)
- Dióxido de nitrógeno (NO_2)

- Monóxido de carbono (CO)

Calidad de Aire en la ciudad de Acapulco, Guerrero

Actualmente el monitoreo de la calidad del aire en Acapulco se encuentra a cargo de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMAREN) del Gobierno del Estado. Este municipio cuenta con una estación de monitoreo fija incorporada al SINAICA, la cual está ubicada en las instalaciones de Protección Civil, cuya ubicación se muestra en la siguiente figura. No obstante, **ésta se encuentra fuera de operación, por lo que no se cuenta con información para realizar el diagnóstico de la calidad del aire del municipio** (INECC, 2021; 2026).



Fuente: INECC, SINAICA

Figura IV-47. Ubicación de la estación de monitoreo en Acapulco, Guerrero

El estudio oficial más reciente publicado se llevó a cabo del 18 de octubre al 30 de octubre de 2007 con la unidad móvil para monitoreo atmosférico de la SEMAREN

(ProAire Guerrero, 2019). La unidad móvil midió las concentraciones de: dióxido de azufre (SO_2), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO_2), ozono (O_3), y partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$), aunque no pudo obtener información sobre estas últimas. Adicionalmente, en el exterior se colocó una torre con sensores para medir dirección y velocidad de viento, temperatura y humedad relativa. A continuación, se presenta una tabla con los resultados del estudio por parámetro:

Tabla IV-17. Resultados del estudio de calidad del aire por parámetro.

Parámetro	Máximo	Mínimo	Promedio del Período	Porcentaje de Registros Obtenidos
Temperatura (°C)	30.8	23.4	27.2	99
Humedad Relativa (%)	99.6	67	92.6	99
Óxido Nítrico (ppb)	66	1	9.8	99
Dióxido de Nitrógeno (ppb)	32	3	14.3	99
Óxidos de Nitrógeno (ppb)	88	4	24.4	99
Ozono (ppb)	56	1	15.8	97
Dióxido de Azufre (ppb)	7	1	1.5	39
Monóxido de Carbono (ppm)	2.6	0.1	0.5	99
Velocidad de Viento (m/s)	6.1	0.4	2.6	100
Dirección de Viento (°)	--------	--------	--------	91
$PM_{2.5}$ (ug/m^3)	--------	--------	--------	0
PM_{10} (ug/m^3)	--------	--------	--------	0

Fuente: ProAire Guerrero, 2019

Como resultado del estudio, se concluyó que, durante el periodo de muestreo, las NOM de calidad del aire vigentes en ese año no se rebasaron.

Inventario de emisiones por fuente de emisión en el Estado de Guerrero

Por lo que respecta a las fuentes de emisión de contaminantes, se realizó un inventario estatal de emisiones año base 2016 (ProAire Guerrero, 2019). A continuación, se presenta un resumen de la emisión de contaminantes atmosféricos por fuente de emisión en el estado de Guerrero:

Tabla IV-18. Inventario de emisiones por fuente para el Estado de Guerrero

Fuente	Contaminante (Mg/año)						
	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	NOx	COV	CO	NH_3
Área	35,697.9	21,924.4	1,533.4	19,101.2	122,393.0	130,240.2	28,072.4
Fijas	698.8	305.7	135,731.2	28,951.2	1,152.0	1,982.0	5.6
Móviles carreteras	2,212.3	1,703.0	903.6	36,101.4	19,683.1	226,904.5	240.2
Móviles no carreteras	80.2	77.8	181.9	1,152.2	132.5	814.9	NE
Naturales	191,371.2	28,705.7	NA	74,774.0	654,215.4	NA	NA
Total	230,060.5	52,716.5	138,349.9	160,080.0	797,576.0	359,941.6	28,318.2
Fuente	**Porcentaje**						
	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	NOx	COV	CO	NH_3
Área	16	42	1	12	15	36	99
Fijas	NS	1	98	18	NS	1	NS
Móviles carreteras	1	3	1	22	3	63	1
Móviles no carreteras	NS	NS	NS	1	NS	NS	NS
Naturales	83	54	NA	47	82	NA	NA
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

NA= No aplica; NE = No estimado; NS = No significativo.
* Las diferencias pueden deberse al redondeo de las cifras.

Como resultado, se encontró que, considerando sólo las emisiones generadas por la actividad antropogénica, las partículas PM_{10} son generadas principalmente por combustión doméstica, labranza agrícola y actividades de construcción; mientras tanto, las partículas $PM_{2.5}$ por la combustión doméstica, las quemas agrícolas y la quema de residuos; el SO_2 es generado casi en su totalidad por la generación de energía eléctrica; el NO_x por la generación de energía eléctrica, combustión agrícola y los vehículos automotores; los compuestos orgánicos volátiles (COV) por combustión doméstica y vehículos automotores y el CO casi exclusivamente por los

vehículos automotores. A nivel municipal, Acapulco contribuye con el 24% de PM_{10}; 21% de $PM_{2.5}$; 23% de CO; y 23% de los COV.

Con base en la información presentada previamente y en las principales actividades económicas de la región, se puede inferir que calidad del aire en el SAR, en general, es buena, pues se trata de una zona predominantemente rural con baja densidad de población a pesar de que se encuentra cerca de una zona urbana con gran actividad turística.

IV.3.2.1.7 Erosión

A. Erosión hídrica

La pérdida de suelo por erosión hídrica deriva en un grave problema medioambiental a nivel global ya que contribuye intensamente a la pérdida de productividad y biodiversidad de los suelos en todo el planeta. Los territorios mexicanos se ven, en su mayoría, afectados por este proceso debido al relieve, climatología y tipos y manejo de suelos. En el presente apartado se analiza mediante la implementación de la ecuación RUSLE, en un SIG, los niveles de erosión potencial en nuestra área de estudio. Para este ejercicio se tomó como base el trabajo realizado por Martínez (2005), Montes-León *et al*. (2011), así como el publicado por Bolaños *et al*. (2016).

De acuerdo con Renard *et al*. (1997), la ecuación RUSLE puede ser usada apropiadamente para:

- Predecir pérdida de suelo promedio a largo plazo de condiciones de campo específicas, usando un sistema específico de manejo.
- Para predecir erosión en sistemas agropecuarios y sitios en construcción.

- La pérdida de suelo calculado por el modelo es la cantidad de sedimento perdido en el perfil arrastrados por la escorrentía.
- El perfil del paisaje es definido por una longitud de la pendiente, la cual es la longitud del origen del flujo superficial hasta el punto donde el flujo alcanza una mayor concentración o área de deposición como en las pendientes cóncavas y cerca de los límites del terreno.

La ecuación universal de pérdida de suelo revisada (RUSLE) tiene la siguiente expresión matemática (Renard et al., 1997):

$$A = R*K*LS*C$$

A = Pérdida de suelo promedio anual en (t ha^{-1} año^{-1}).
*R = Erosividad de las lluvias en (MJ ha*mm^{-1} h^{-1}).*
*K = Erodabilidad del suelo en (t ha^{-1} MJ*ha^{-1} mm*h^{-1}).*
LS= Topografía (función de longitud-inclinación-forma de la pendiente, adimensional).
C = Ordenación de los cultivos (cubierta vegetal, adimensional).

No existe información específica sobre el grado de erosión a nivel del SAR, sin embargo, la información con la que se cuenta sobre los tipos de suelo, pendiente y precipitación media anual fueron incorporadas como variables para realizar en este documento, en el cual se generó un modelo con base en la ecuación RUSLE representadas gráficamente en un SIG.

El método para determinar la pérdida de suelo requirió de la preparación de cuatro mapas intermedios (uno por cada factor) que se mencionan a continuación, mismos que son multiplicados mediante un SIG para obtener un mapa final de las áreas potenciales con riesgo de erosión hídrica.

- **Factor R:** Mapa de erosividad de las lluvias.
- **Factor K:** Mapa de erodabilidad del suelo.
- **Factor LS:** Mapa topográfico.
- **Factor C:** Mapa de uso de suelo y vegetación.

Factor R

Es el potencial erosivo de la lluvia que afecta el proceso de erosión del suelo. La erosión por gotas de lluvia incrementa con la intensidad de la lluvia. Una suave y prolongada lluvia puede tener la misma energía total que una lluvia de corta duración y más intensa.

La erosividad (R) se puede estimar utilizando la precipitación media anual de la región bajo estudio.

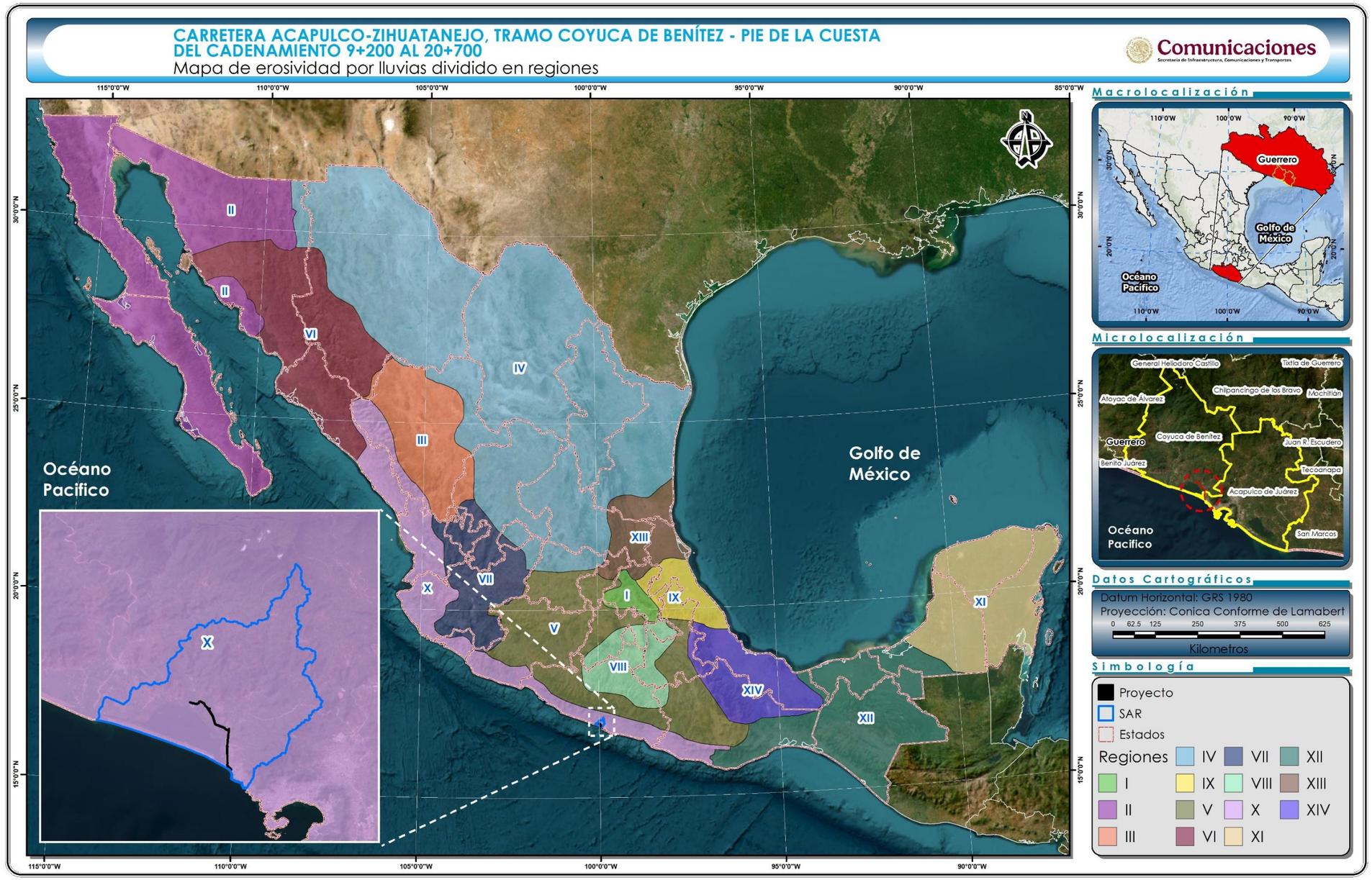


Figura IV-48. Mapa de erosividad por lluvias dividido en regiones (SAGARPA, 2005).

Las zonas se asocian a un número de región y se consulta una ecuación cuadrática donde a partir de datos de precipitación anual (P) se puede estimar el valor de R, tal como se observa en la siguiente tabla:

Tabla IV-19. Ecuaciones para estimar la erosividad de la lluvia (R) en el país.

REGIÓN	ECUACIÓN	R^2
I	$R = 1.2078P + 0.002276P^2$	0.92
II	$R = 3.4555P + 0.006470P^2$	0.93
III	$R = 3.6752P - 0.001720P^2$	0.94
IV	$R = 2.8559P + 0.002983P^2$	0.92
V	$R = 3.4880P - 0.00088P^2$	0.94
VI	$R = 6.6847P + 0.001680P^2$	0.90
VII	$R = -0.0334P + 0.006661P^2$	0.98
VIII	$R = 1.9967P + 0.003270P^2$	0.98
IX	$R = 7.0458P - 0.002096P^2$	0.97
X	$R = 6.8938P + 0.000442P^2$	0.95
XI	$R = 3.7745P + 0.004540P^2$	0.98
XII	$R = 2.4619P + 0.006067P^2$	0.96
XIII	$R = 10.7427P - 0.00108P^2$	0.97
XIV	$R = 1.5005P + 0.002640P^2$	0.95

Para estimar el valor de erosividad de los municipios de Coyuca de Benítez y Acapulco de Juárez, Guerrero se puede aplicar la ecuación de la región X:

El Factor R se calcula con la siguiente fórmula (Región X):

$$R = 6.8938\mathrm{P} + 0.000442\mathrm{P}^2$$

Dónde:

R= Erosividad de la lluvia ((MJ ha*mm^{-1} h^{-1})

P= Precipitación media anual de la región.

Si la precipitación media de la región es de 1,087.3 mm anuales, entonces el valor de R es:

$$R = 6.8938(1{,}087.3) + 0.000442(1{,}087.3)^2$$

$$\boldsymbol{R = 8{,}018.17}$$

Factor K

La susceptibilidad de los suelos a erosionarse depende del tamaño de las partículas del suelo, del contenido de materia orgánica, de la estructura del suelo en especial del tamaño de los agregados y de la permeabilidad.

En la Metodología Provisional para la Evaluación de la Degradación de Suelos (FAO, 1980), El Factor K se extrae de una tabla de doble entrada donde se usa la unidad de suelo según la clasificación y la textura superficial del suelo, misma que se presenta a continuación:

Tabla IV-20. Factor K de acuerdo el tipo de unidad de suelo y su textura (FAO 1980).

Clasificación	Textura	Factor K	Clasificación	Textura	Factor K
Acrisol ferrico	Media	0.013	Cambisol gleyico	Media	0.013
Acrisol humico	Fina	0.027	Cambisol humico	Fina	0.027
Acrisol humico	Media	0.013	Cambisol humico	Gruesa	0.005
Acrisol ortico	Fina	0.027	Cambisol humico	Media	0.013
Acrisol ortico	Media	0.013	Cambisol vertico	Fina	0.027
Acrisol plintico	Fina	0.027	Cambisol vertico	Gruesa	0.005
Acrisol plintico	Gruesa	0.005	Cambisol vertico	Media	0.013
Acrisol plintico	Media	0.013	Castañosem haplico	Fina	0.027
Andosol humico	Gruesa	0.005	Castañosem haplico	Media	0.013
Andosol humico	Media	0.013	Castañozem calcico	Fina	0.027
Andosol molico	Fina	0.027	Castañozem calcico	Gruesa	0.005
Andosol molico	Gruesa	0.005	Castañozem calcico	Media	0.013
Andosol molico	Media	0.013	Castañozem luvico	Fina	0.027

Clasificación	Textura	Factor K	Clasificación	Textura	Factor K
Andosol ocrico	Fina	0.027	Castañozem luvico	Media	0.013
Andosol ocrico	Gruesa	0.005	Chernozem calcico	Fina	0.027
Andosol ocrico	Media	0.013	Chernozem calcico	Media	0.013
Andosol vitrico	Gruesa	0.005	Chernozem haplico	Fina	0.027
Andosol vitrico	Media	0.013	Chernozem haplico	Media	0.013
Arenosol cambico	Gruesa	0.005	Chernozem luvico	Media	0.013
Cambisol calcico	Fina	0.027	Feozem calcarico	Fina	0.027
Cambisol calcico	Gruesa	0.005	Feozem calcarico	Gruesa	0.005
Cambisol calcico	Media	0.013	Feozem calcarico	Media	0.013
Cambisol cromico	Fina	0.027	Feozem gleyico	Media	0.013
Cambisol cromico	Gruesa	0.005	Feozem haplico	Fina	0.027
Cambisol cromico	Media	0.013	Feozem haplico	Gruesa	0.005
Cambisol districo	Fina	0.027	Feozem haplico	Media	0.013
Cambisol districo	Gruesa	0.005	Feozem luvico	Fina	0.027
Cambisol districo	Media	0.013	Feozem luvico	Gruesa	0.005
Cambisol eutrico	Fina	0.027	Feozem luvico	Media	0.013
Cambisol eutrico	Gruesa	0.005	Fluvisol calcarico	Fina	0.027
Cambisol eutrico	Media	0.013	Fluvisol calcarico	Gruesa	0.005
Cambisol ferralico	Fina	0.027	Fluvisol calcarico	Media	0.013
Cambisol ferralico	Gruesa	0.005	Fluvisol districo	Gruesa	0.005
Cambisol ferralico	Media	0.013	Fluvisol eutrico	Fina	0.027
Cambisol gleyico	Gruesa	0.005	Fluvisol eutrico	Gruesa	0.005
Fluvisol eutrico	Media	0.013	Luvisol plintico	Gruesa	0.005
Fluvisol gleyico	Fina	0.027	Luvisol plintico	Media	0.013
Fluvisol gleyico	Gruesa	0.005	Luvisol vertico	Fina	0.027
Fluvisol gleyico	Media	0.013	Luvisol vertico	Media	0.013
Gleysol calcarico	Fina	0.027	Nitosol districo	Fina	0.027
Gleysol calcarico	Media	0.013	Nitosol districo	Media	0.013
Gleysol eutrico	Fina	0.027	Nitosol eutrico	Fina	0.027
Gleysol eutrico	Gruesa	0.005	Nitosol eutrico	Gruesa	0.005
Gleysol eutrico	Media	0.013	Planosol districo	Gruesa	0.005
Gleysol humico	Fina	0.027	Planosol eutrico	Fina	0.027
Gleysol humico	Media	0.013	Planosol eutrico	Gruesa	0.005
Gleysol molico	Fina	0.027	Planosol eutrico	Media	0.013
Gleysol molico	Gruesa	0.005	Planosol humico	Media	0.013
Gleysol molico	Media	0.013	Planosol molico	Fina	0.027
Gleysol plintico	Fina	0.027	Planosol molico	Gruesa	0.005

Clasificación	Textura	Factor K	Clasificación	Textura	Factor K
Gleysol plintico	Gruesa	0.005	Planosol molico	Media	0.013
Gleysol plintico	Media	0.013	Planosol solodico	Fina	0.027
Gleysol vertico	Fina	0.027	Planosol solodico	Media	0.013
Gleysol vertico	Media	0.013	Ranker	Fina	0.027
Histosol eutrico	Media	0.013	Ranker	Media	0.013
Litosol	Fina	0.027	Regosol calcarico	Fina	0.027
Litosol	Gruesa	0.005	Regosol calcarico	Gruesa	0.005
Litosol	Media	0.013	Regosol calcarico	Media	0.013
Luvisol albico	Media	0.013	Regosol districo	Fina	0.027
Luvisol calcico	Fina	0.027	Regosol districo	Gruesa	0.005
Luvisol calcico	Media	0.013	Regosol districo	Media	0.013
Luvisol cromico	Fina	0.027	Regosol eutrico	Fina	0.027
Luvisol cromico	Media	0.013	Regosol eutrico	Gruesa	0.005
Luvisol ferrico	Fina	0.027	Regosol eutrico	Media	0.013
Luvisol ferrico	Media	0.013	Rendzina	Fina	0.027
Luvisol gleyico	Fina	0.027	Rendzina	Gruesa	0.005
Luvisol gleyico	Gruesa	0.005	Rendzina	Media	0.013
Luvisol gleyico	Media	0.013	Solonchak gleyico	Fina	0.027
Luvisol ortico	Fina	0.027	Solonchak gleyico	Gruesa	0.005
Luvisol ortico	Media	0.013	Solonchak gleyico	Media	0.013
Luvisol plintico	Fina	0.027	Solonchak molico	Fina	0.027
Solonchak molico	Gruesa	0.005	Yermosol luvico	Fina	0.027
Solonchak molico	Media	0.013	Yermosol luvico	Gruesa	0.005
Solonchak ortico	Fina	0.027	Yermosol luvico	Media	0.013
Solonchak ortico	Gruesa	0.005	Yermosol takirico	Gruesa	0.005
Solonchak ortico	Media	0.013			
Solonchak takirico	Fina	0.027			
Solonchak takirico	Gruesa	0.005			
Solonchak takirico	Media	0.013			
Solonetz albico	Fina	0.027			
Solonetz albico	Gruesa	0.005			
Solonetz albico	Media	0.013			
Solonetz ortico	Fina	0.027			
Solonetz ortico	Media	0.013			
Vertisol cromico	Fina	0.027			
Vertisol cromico	Gruesa	0.005			
Vertisol cromico	Media	0.013			

Clasificación	Textura	Factor K	Clasificación	Textura	Factor K
Vertisol pelico	Fina	0.027			
Vertisol pelico	Media	0.013			
Xerosol calcico	Fina	0.027			
Xerosol calcico	Gruesa	0.005			
Xerosol calcico	Media	0.013			
Xerosol gypsico	Gruesa	0.005			
Xerosol gypsico	Media	0.013			
Xerosol haplico	Fina	0.027			
Xerosol haplico	Gruesa	0.005			
Xerosol haplico	Media	0.013			
Xerosol luvico	Fina	0.027			
Xerosol luvico	Gruesa	0.005			
Xerosol luvico	Media	0.013			
Yermosol calcico	Fina	0.027			
Yermosol calcico	Gruesa	0.005			
Yermosol calcico	Media	0.013			
Yermosol gypsico	Media	0.013			
Yermosol haplico	Fina	0.027			
Yermosol haplico	Gruesa	0.005			
Yermosol haplico	Media	0.013			

Factor LS

Este factor representa el efecto de la topografía sobre la erosión del suelo. La erosión aumenta conforme se incrementa la longitud del terreno (L) en el sentido de la pendiente y la inclinación de la superficie (S) se hace mayor (Figueroa et al., 1991). Los dos efectos se evalúan en campo por separado y son considerados en la RUSLE también en forma separada como L y S, aunque se recomienda considerarla como un solo factor LS. El factor L es definido como la distancia del punto de origen del flujo superficial al punto donde la pendiente decrece hasta que ocurre sedimentación o el escurrimiento entra a una red de drenaje o a un canal construido. El factor S indica el grado de inclinación de la pendiente. La pérdida de

suelo se aumenta más rápidamente con la inclinación de la pendiente que con la longitud (Wischmeier y Smith, 1978).

Cuando se utilizan los SIG's para evaluar la erosión de los suelos a escala de cuenca, se ha tenido dificultades para obtener el valor del factor topográfico LS, en particular al atender la definición del factor L, por lo que han hecho esfuerzos para calcularlo con algoritmos de programación y el uso de modelos digitales de elevación (MDE), aunque en la mayoría de los casos se ha optado por la aplicación directa de las funciones antes mencionadas para el cálculo de LS en MDE manejado en un SIG.

Para generar los cálculos de estos 2 parámetros se utilizó una propuesta dada para ingresar a la calculadora raster del algebra de mapas en ArcMap, en la cual se consideran los siguientes cálculos:

El factor L: Donde λ es la longitud de la pendiente (m), m es el exponente de la longitud de la pendiente y β es el ángulo de la pendiente. La longitud de la pendiente se define como la distancia horizontal desde donde se origina el flujo superficial al punto donde comienza la deposición o donde la escorrentía fluye a un canal definido (Foster et al., 1977, citado por BARRIOS y QUIÑONEZ, 2000)

$$L = \left(\frac{\lambda}{22.13}\right)^{m} \qquad m = \frac{F}{(1+F)} \qquad F = \frac{\sin\beta / 0.0896}{3(\sin\beta)^{0.8}+0.56}$$

El factor S: El ángulo β se toma como el ángulo medio a todos los subgrids en la dirección de mayor pendiente (McCOOL et al., 1987,1989, citado por BARRIOS y QUINONEZ, 2000).

$$S_{(i,j)} = \begin{cases} 10{,}8\sin\beta_{(i,j)} + 0{,}03 & \tan\beta_{(i,j)} < 0{,}09 \\ 16{,}8\sin\beta_{(i,j)} - 0{,}5 & \tan\beta_{(i,j)} \geq 0{,}09 \end{cases}$$

Factor C

El factor C es usado para reflejar el efecto del uso de suelo y prácticas de manejo en las tasas de erosión. Este factor mide como el potencial de pérdida de suelo será distribuido en el tiempo durante la construcción de actividades, rotación de cultivos, y otros esquemas de manejo.

El Factor C se calcula tomando en cuenta valores del uso de suelo, como se muestra en la siguiente Tabla, a partir de la cual se genera un mapa vectorial para este factor.

Tabla IV-21. Factor C de acuerdo el tipo de uso de suelo y vegetación.

Uso de suelo y vegetación	Factor C
Acuícola	0
Agricultura de humedad anual	0.8
Agricultura de humedad anual y permanente	0.8
Agricultura de humedad anual y semipermanente	0.8
Agricultura de humedad permanente	0.8
Agricultura de humedad semipermanente	0.8
Agricultura de humedad semipermanente y permanente	0.8
Agricultura de riego anual	0.8
Agricultura de riego anual y permanente	0.8
Agricultura de riego anual y semipermanente	0.8
Agricultura de riego permanente	0.8
Agricultura de riego semipermanente	0.8
Agricultura de riego semipermanente y permanente	0.8
Agricultura de temporal anual	0.8
Agricultura de temporal anual y permanente	0.8
Agricultura de temporal anual y semipermanente	0.8
Agricultura de temporal permanente	0.8
Agricultura de temporal semipermanente	0.8
Agricultura de temporal semipermanente y permanente	0.8
Asentamientos humanos	0
Bosque cultivado	0.11
Bosque de ayarín	0.11
Bosque de cedro	0.11

Uso de suelo y vegetación	Factor C
Bosque de encino	0.1
Bosque de encino-pino	0.1
Bosque de galería	0.11
Bosque de mezquite	0.11
Bosque de oyamel	0.1
Bosque de pino	0.11
Bosque de pino-encino	0.1
Bosque de táscate	0.11
Bosque inducido	0.11
Bosque mesófilo de montaña	0.1
Chaparral	0.16
Cuerpo de agua	0
Desprovisto de vegetación	0.7
Manglar	0
Matorral crasicaule	0.15
Matorral desértico micrófilo	0.15
Matorral espinoso tamaulipeco	0.15
Matorral rosetófilo costero	0.15
Matorral sarco-crasicaule	0.15
Matorral sarco-crasicaule de neblina	0.15
Matorral sarcocaule	0.15
Matorral submontano	0.15
Matorral subtropical	0.15
Mezquital tropical	0.16
Mezquital xerófilo	0.16
País extranjero	0
Palmar inducido	0.14
Palmar natural	0.14
Pastizal cultivado	0.7
Pastizal gipsófilo	0.14
Pastizal halófilo	0.7
Pastizal inducido	0.7
Pastizal natural	0.7
Popal	0.16
Pradera de alta montaña	0.6

Uso de suelo y vegetación	Factor C
Sabana	0.15
Sabanoide	0.01
Selva alta perennifolia	0.08
Selva alta subperennifolia	0.08
Selva baja caducifolia	0.08
Selva baja espinosa caducifolia	0.08
Selva baja espinosa subperennifolia	0.08
Selva baja perennifolia	0.08
Selva baja subcaducifolia	0.08
Selva baja subperennifolia	0.08
Selva de galería	0.08
Selva mediana caducifolia	0.08
Selva mediana perennifolia	0.08
Selva mediana subcaducifolia	0.08
Selva mediana subperennifolia	0.08
Sin vegetación aparente	0.15
Tular	0.01
Vegetación de desiertos arenosos	0.95
Vegetación de dunas costeras	0.9
Vegetación de petén	0.09
Vegetación gipsófila	0.35
Vegetación halófila hidrófila	0.23
Vegetación halófila xerófila	0.21
Vegetación secundaria arbórea de bosque de ayarín	0.11
Vegetación secundaria arbórea de bosque de cedro	0.11
Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino	0.11
Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino-pino	0.11
Vegetación secundaria arbórea de bosque de galería	0.11
Vegetación secundaria arbórea de bosque de mezquite	0.11
Vegetación secundaria arbórea de bosque de oyamel	0.11
Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino	0.11
Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino	0.11
Vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate	0.11
Vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña	0.11
Vegetación secundaria arbórea de manglar	0.11

Uso de suelo y vegetación	Factor C
Vegetación secundaria arbórea de palmar natural	0.11
Vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia	0.11
Vegetación secundaria arbórea de selva alta subperennifolia	0.11
Vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia	0.11
Vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa caducifolia	0.11
Vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa subperennifolia	0.11
Vegetación secundaria arbórea de selva baja perennifolia	0.11
Vegetación secundaria arbórea de selva baja subcaducifolia	0.11
Vegetación secundaria arbórea de selva baja subperennifolia	0.11
Vegetación secundaria arbórea de selva de galería	0.11
Vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia	0.11
Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subcaducifolia	0.11
Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia	0.11
Vegetación secundaria arbórea de vegetación de petén	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de ayarín	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de cedro	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino-pino	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de galería	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de mezquite	0.11
Vegetacion secundaria arbustiva de bosque de oyamel	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de bosque mesófilo de montaña	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de chaparral	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de manglar	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico rosetófilo	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de matorral espinoso tamaulipeco	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de matorral rosetófilo costero	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de matorral sarco-crasicaule	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de matorral sarco-crasicaule de nebli*	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de matorral sarcocaule	0.11

Uso de suelo y vegetación	Factor C
Vegetación secundaria arbustiva de matorral submontano	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de matorral subtropical	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de mezquital tropical	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de palmar natural	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de pastizal gipsófilo	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de pastizal halófilo	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de selva alta perennifolia	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de selva alta subperennifolia	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa subperennifolia	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja perennifolia	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja subcaducifolia	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana caducifolia	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana perennifolia	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subcaducifolia	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de vegetación de desiertos arenosos	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de vegetación de galería	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de vegetación halófila hidrófila	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de vegetación halófila xerófila	0.11
Zona urbana	0

Para el mapa de erosión hídrica se utilizaron siete rangos para clasificar el grado de pérdida de suelo, los cuales van desde una pérdida de suelo muy baja, menos de 10 t ha^{-1} a^{-1}, a extrema, más de 250 t ha^{-1} a^{-1}, tal y como se observa en la siguiente tabla. Esta escala de clasificación de la pérdida de suelo es una modificación que se hizo a la presentada por Montes–León *et al.* (2011). Esta modificación consistió en fraccionar la que ellos denominaron como baja (pérdida de suelo menor a 50 t ha^{-1} a^{-1}), en las clasificaciones baja (pérdida de suelo entre 10 y 50 t ha^{-1} a^{-1}) y muy baja (pérdida de suelo menor a 10 t ha^{-1} a^{-1}).

Tabla IV-22. Clasificación de los rangos de erosión hídrica, aplicando la ecuación RUSLE, para la interpretación de los mapas.

Clasificación	Rango de pérdida de suelo (t ha^{-1} $año^{-1}$)
Muy baja	El rango equivale a una pérdida de suelo de menos de 10.
Baja	El rango equivale a una pérdida de suelo entre 10 y 50.
Media	El rango equivale a una pérdida de suelo entre 50 y 100.
Considerable	El rango equivale a una pérdida de suelo entre 100 y 150.
Alta	El rango equivale a una pérdida de suelo entre 150 y 200.
Muy alta	El rango equivale a una pérdida de suelo entre las 200 y 250.
Extrema	El rango equivale a una pérdida de suelo mayor a las 250.

A través de la aplicación de la metodología descrita anteriormente, se elaboraron los mapas para la estimación de cada uno de los factores de la ecuación RUSLE, mismos que se presentan a continuación. Finalmente, mediante una multiplicación de los cuatro mapas resultantes, y a través de un SIG, se obtuvo una representación gráfica que expresa la erosión hídrica potencial en el área bajo estudio (Figura IV—50).

Con base en los mapas generados, concluye que la erosión hídrica en la mayor parte del SAR, incluyendo el Área del Proyecto, presenta una erosión hídrica muy baja, con una pérdida de suelo menor a 10 toneladas por hectárea al año. Al norte del SAR, existen zonas con una pérdida de suelo baja, de entre 10 y 50 toneladas por hectárea al año, pero en ningún área del SAR la erosión hídrica es de alta a extrema.

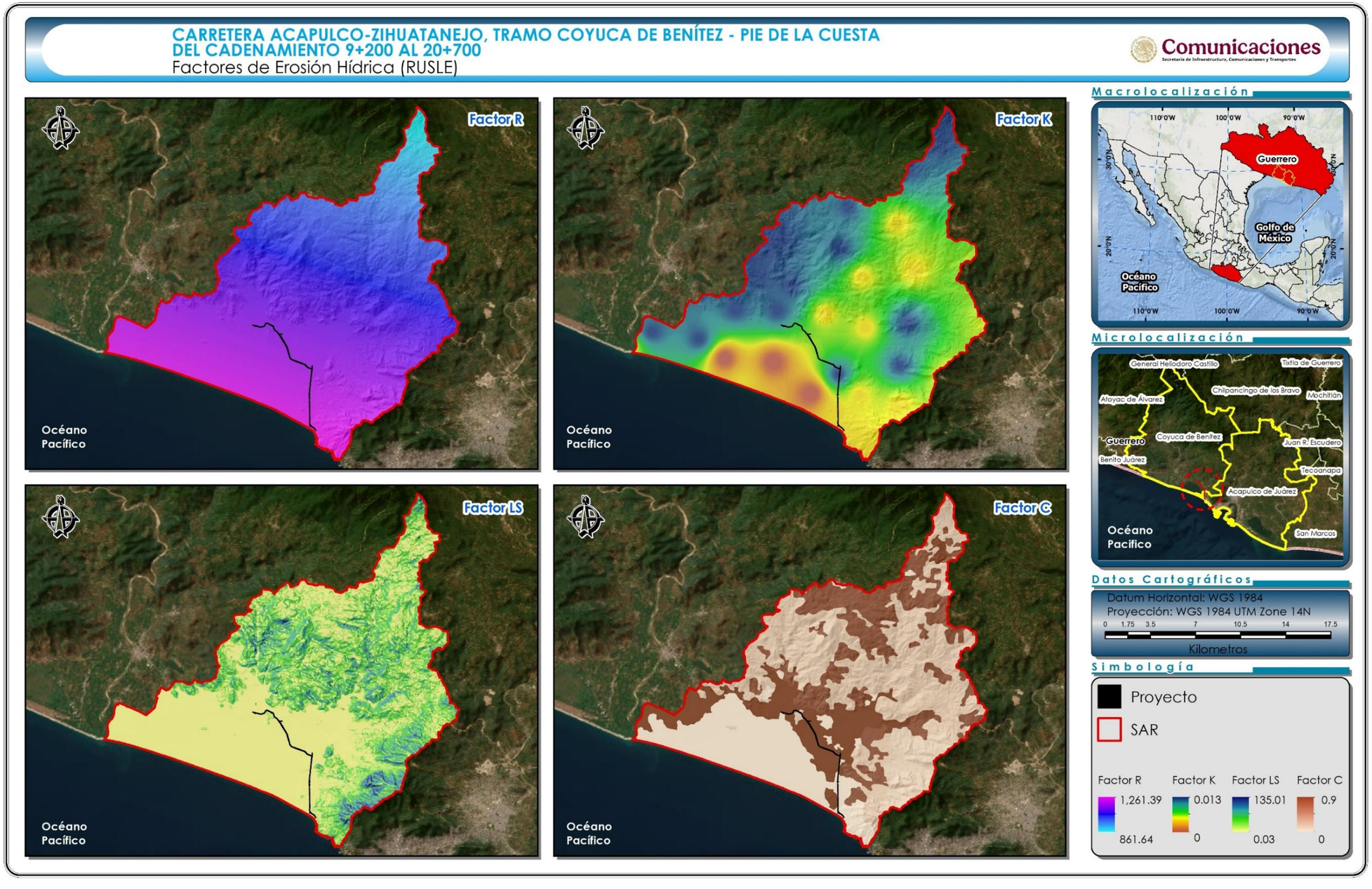


Figura IV-49. Mapas para los factores generados con la herramienta "Análisis de Erosión Hídrica" para estimar la erosión potencial en Sistema Ambiental Regional del proyecto.

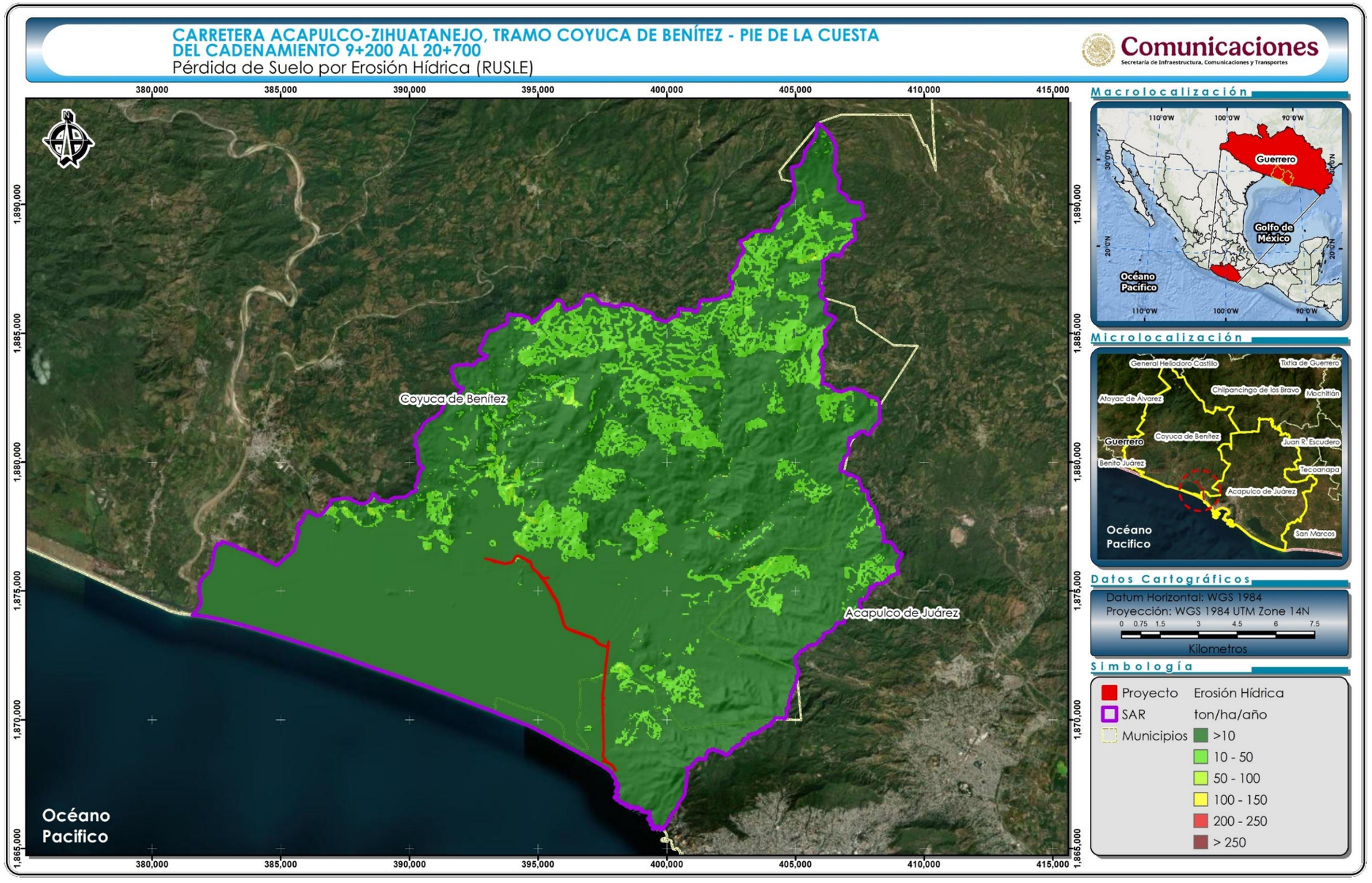


Figura IV-50. Mapa de la pérdida de suelo hídrica potencial en el Sistema Ambiental Regional y área del proyecto.

De los resultados obtenidos a nivel del SAR, la erosión hídrica potencial "Muy baja" (< 10 t ha^{-1} a^{-1}) es la que predominó, representando el 84.183 % del área total (Tabla IV—xx). A esta le siguen la categoría "Baja" (entre 10 - 50 t ha^{-1} a^{-1}) con 15.424% y la categoría "Media" (50-100 t ha^{-1} a^{-1}) con 0.374 %. Es de resaltar que sólo 0.5 hectáreas, de las 32,885.19 ha del SAR, presentan un potencial de pérdida de suelo "Muy alta" por arriba de los 200 t ha^{-1} a^{-1}.

El área del proyecto también fue analizada en relación con la pérdida potencial de suelo, la cual presentó un orden similar al SAR. En este caso, el 99.54% de las 25.67 ha del área del proyecto resultó con una pérdida potencial de suelo "Muy baja", el 0.12 % con una categoría de "Baja", como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla IV-23. Erosión hídrica potencial estimada para el Sistema Ambiental Regional y Área del Proyecto.

Rango	Clasificación	SAR		Área del proyecto	
Nivel Erosión, t/ha/año		Superficie (Ha)	Proporción (%)	Área (Ha)	Proporción (%)
< 10	Muy baja	27,683.861	84.183	25.548	99.545
10 - 50	Baja	5,072.093	15.424	0.117	0.455
50 - 100	Media	122.930	0.374	0.000	0.000
100 - 150	Considerable	2.901	0.009	0.000	0.000
150 - 200	Alta	2.901	0.009	0.000	0.000
200 - 250	Muy alta	0.500	0.002	0.000	0.000
> 250	Extrema	0.000	0.000	0.000	0.000
TOTAL		**32,885.185**	**100.000**	**25.665**	**100.000**

Aún y considerando que existen diversos factores que determinan la tasa de pérdida de suelo y que cada caso es específico, con base en esta información se puede considerar que la erosión estimada en la mayor parte del SAR delimitado y dentro del área del proyecto se encuentra en rangos menores a 50 t ha^{-1} a^{-1} (categorías de "Muy baja" a "Baja").

IV.3.2.2 Medio biótico

IV.3.2.2.1 Flora

IV.3.2.2.1.1 Análisis de usos de suelo y/o vegetación a nivel Sistema Ambiental Regional (SAR)

Metodología para determinar los usos de suelo y/o vegetación

Para la determinación de los diferentes usos de suelo y/o vegetación que se desarrollan al interior del SAR se tomaron en cuenta los siguientes puntos:

1. Revisión de información a nivel SAR. Teniendo como base el uso de suelo y/o vegetación, serie VII (continuo nacional), escala 1:250,000 (2021) y los límites del SAR, mediante la utilización de un Sistema de Información Geográfica (SIG); se realizó una primera clasificación del uso de suelo y/o vegetación a nivel SAR.

Como resultado de este ejercicio, se tiene que al interior del SAR se desarrollan 19 usos de suelo y/o vegetación, mismos que corresponden a Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia (VSa/SBC), Pastizal cultivado (PC), Agricultura de temporal permanente (TP), Cuerpo de agua (H2O), Asentamientos humanos (AH), Manglar (VM), Selva mediana subperennifolia (SMQ), Selva baja caducifolia (SBC), Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subcaducifolia (VSA/SMS), Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subcaducifolia (VSa/SMS), Agricultura de temporal anual y permanente (TAP), Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino (VSA/BP), Bosque de encino (BQ), Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino (VSa/BQ), Tular (VT), Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia (VSa/SMQ), Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino (VSA/BQ), Selva mediana

subcaducifolia (SMS) y Vegetación de dunas costeras (VU), tal y como se muestra en la siguiente tabla y figura.

Tabla IV-24. Usos de suelo y/o vegetación a nivel SAR conforme a la clasificación de la Serie VII de INEGI (2021).

No.	Clave	Uso de suelo y/o vegetación	Superficie (m²)	Superficie (ha)	%
1	VSa/SBC	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	100,519,034.27	10,051.90	30.57
2	PC	Pastizal cultivado	70,767,450.03	7,076.75	21.52
3	TP	Agricultura de temporal permanente	40,333,167.14	4,033.32	12.26
4	H2O	Cuerpo de agua	31,888,644.67	3,188.86	9.70
5	AH	Asentamientos humanos	21,616,894.82	2,161.69	6.57
6	VM	Manglar	12,570,235.53	1,257.02	3.82
7	SMQ	Selva mediana subperennifolia	9,837,856.67	983.79	2.99
8	SBC	Selva baja caducifolia	9,669,227.42	966.92	2.94
9	VSA/SMS	Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subcaducifolia	6,483,508.48	648.35	1.97
10	VSa/SMS	Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subcaducifolia	6,962,971.10	696.30	2.12
11	TAP	Agricultura de temporal anual y permanente	5,730,932.27	573.09	1.74
12	VSA/BP	Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino	2,514,843.21	251.48	0.76
13	BQ	Bosque de encino	2,164,599.54	216.46	0.66
14	VSa/BQ	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	2,000,154.13	200.02	0.61
15	VT	Tular	1,752,607.40	175.26	0.53
16	VSa/SMQ	Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia	1,645,105.07	164.51	0.50
17	VSA/BQ	Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino	1,031,301.89	103.13	0.31
18	SMS	Selva mediana subcaducifolia	1,309,289.67	130.93	0.40
19	VU	Vegetación de dunas costeras	54,029.83	5.40	0.02
	Totales		**328,851,853.12**	**32,885.19**	**100.00**

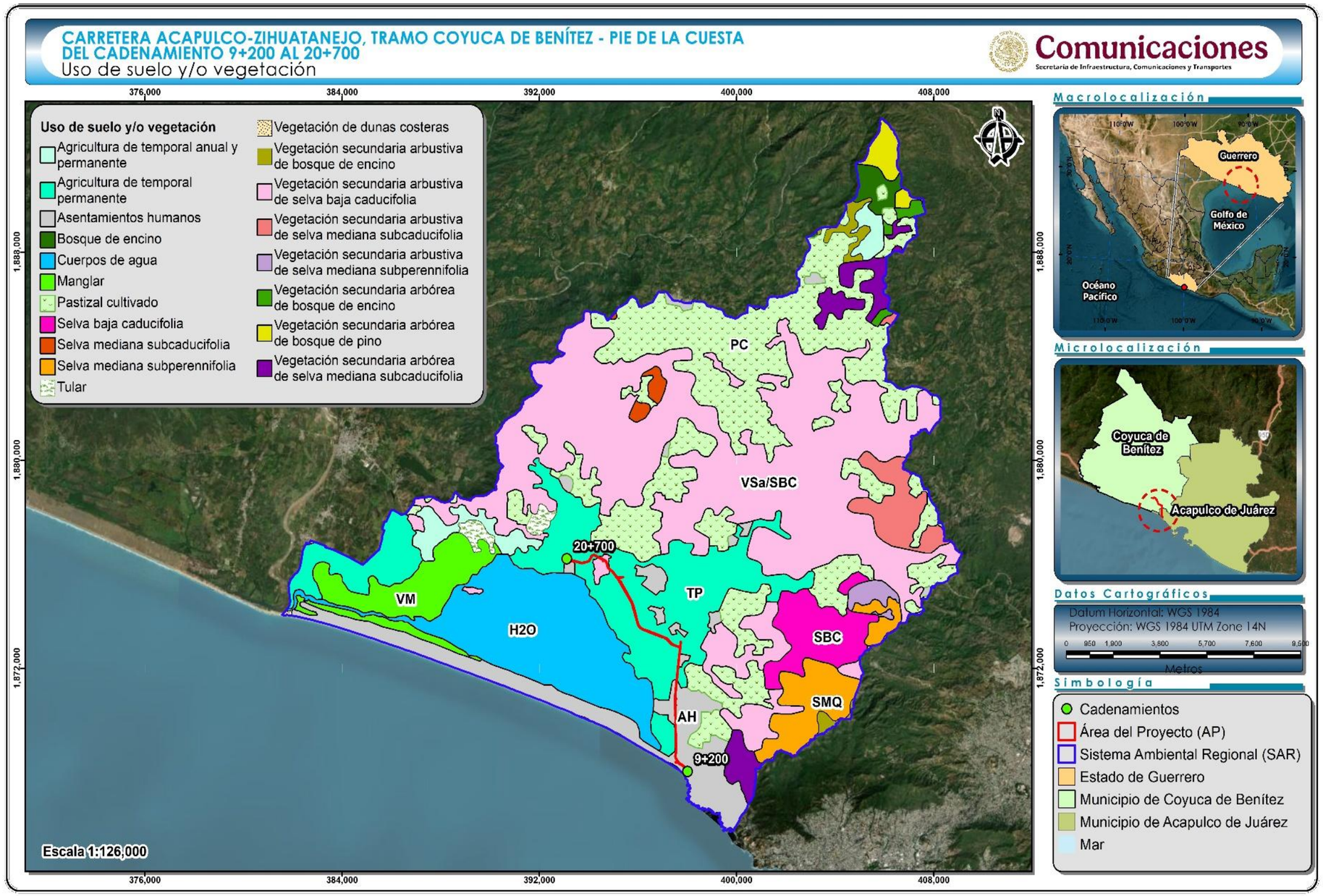


Figura IV-51. Usos de suelo y/o vegetación que se desarrollan al interior del SAR con base en lo reportado por INEGI (2021).

2. Recorridos de campo. Una vez obtenida la clasificación del uso de suelo y/o vegetación, utilizando equipo GPS Garmin Etrex 30, se realizaron recorridos al interior del SAR para confirmar y determinar la existencia o no de más usos de suelo.

3. Clasificación final. Sobreponiendo el uso de suelo y/o vegetación que se obtuvo en la primera clasificación con los recorridos de campo y apoyados con imágenes de satélite de alta resolución se realizó la clasificación final del uso de suelo y/o vegetación que se desarrollan al interior del SAR.

4. Levantamiento de información en sitios de muestreo. Una vez obtenido el uso de suelo y/o vegetación final se realizó la fase de campo (levantamiento de información ecológica), dirigiendo los sitios de muestreo sobre las superficies cubiertas con vegetación forestal y en las asociaciones de vegetación que se verán afectadas por el desarrollo del proyecto, la metodología utilizada para el diseño de muestreo se presenta más adelante.

Resultados de usos de suelo y/o vegetación a nivel SAR

Como resultado de la reclasificación del uso de suelo y/o vegetación a nivel SAR, se obtuvieron 20 usos de suelo y/o vegetación: Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia (VSa/SBC), Pastizal cultivado (PC), Agricultura de temporal permanente (TP), Cuerpos de agua (H2O), Asentamientos humanos (AH), Manglar (VM), Selva mediana subperennifolia (SMQ), Selva baja caducifolia (SBC), Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subcaducifolia (VSA/SMS), Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subcaducifolia (VSa/SMS), Agricultura de temporal anual y permanente (TAP), Sin vegetación aparente (DV), Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino (VSA/BP), Bosque de encino (BQ), Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino (VSa/BQ), Tular (VT), Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia (VSa/SMQ), Selva mediana subcaducifolia (SMS), Vegetación secundaria arbórea de bosque de

encino (VSA/BQ) y Vegetación de dunas costeras (VU); a través de la siguiente tabla se enlista cada uso de suelo y/o vegetación identificado en el SAR junto a su superficie de distribución y porcentaje respecto a la superficie total, mientras que, en la figura posterior se muestra la distribución a través de una imagen satelital.

Tabla IV-25. Usos de suelo y/o vegetación, que se desarrollan al interior del SAR conforme a la reclasificación realizada.

No.	Clave	Uso de suelo y/o vegetación	Superficie (m²)	Superficie (ha)	%
1	VSa/SBC	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	101,030,810.73	10,103.081	30.72
2	PC	Pastizal cultivado	69,417,670.07	6,941.767	21.11
3	TP	Agricultura de temporal permanente	36,038,147.67	3,603.815	10.96
4	H2O	Cuerpos de agua	31,717,214.12	3,171.721	9.64
5	AH	Asentamientos humanos	23,351,660.61	2,335.166	7.10
6	VM	Manglar	12,243,936.96	1,224.394	3.72
7	SMQ	Selva mediana subperennifolia	9,837,856.65	983.786	2.99
8	SBC	Selva baja caducifolia	9,580,696.96	958.070	2.91
9	VSA/SMS	Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subcaducifolia	6,955,751.31	695.575	2.12
10	VSa/SMS	Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subcaducifolia	6,415,007.63	641.501	1.95
11	TAP	Agricultura de temporal anual y permanente	5,476,554.72	547.655	1.67
12	DV	Sin vegetación aparente	4,377,805.76	437.781	1.33
13	VSA/BP	Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino	2,514,843.11	251.484	0.76
14	BQ	Bosque de encino	2,164,599.63	216.460	0.66
15	VSa/BQ	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	2,000,154.08	200.015	0.61
16	VT	Tular	1,751,075.07	175.108	0.53
17	VSa/SMQ	Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia	1,605,810.55	160.581	0.49
18	SMS	Selva mediana subcaducifolia	1,309,289.77	130.929	0.40
19	VSA/BQ	Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino	1,031,301.86	103.130	0.31
20	VU	Vegetación de dunas costeras	31,665.86	3.167	0.01
	Totales		**328,851,853.12**	**32,885.19**	**100.00**

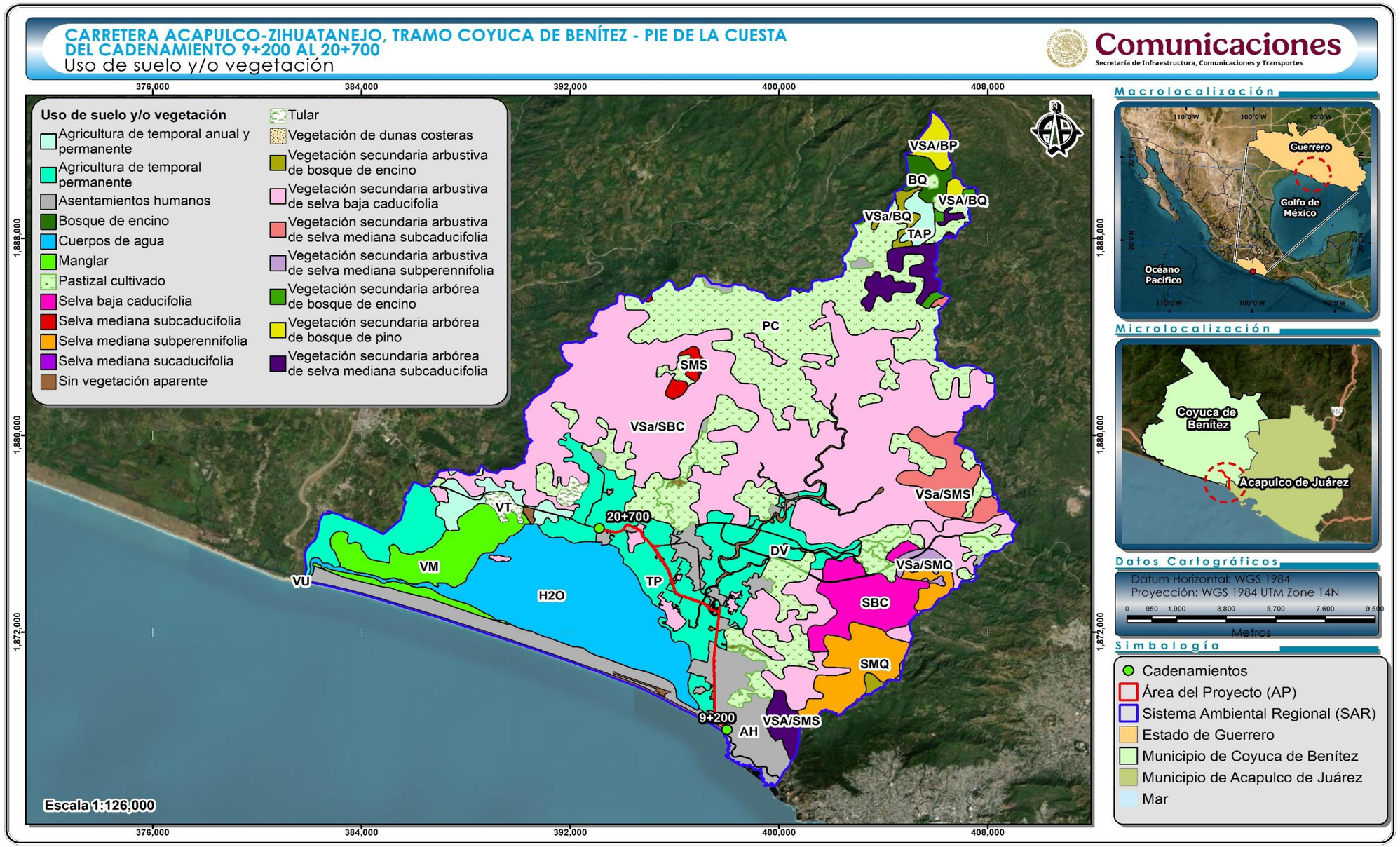


Figura IV-52. Usos de suelo y/o vegetación que se desarrollan al interior del SAR.

Metodología del muestreo de campo a nivel SAR

Diseño de muestreo

En los estudios ecológicos, el diseño de muestreo es la parte que requiere mayor cuidado, ya que éste determina el éxito potencial de un experimento, y de éste depende el tipo de análisis e interpretación a realizarse. Para que un muestreo sea lo suficientemente representativo y confiable, debe estar bien diseñado. Esto quiere decir que la muestra a tomarse debe considerar la mayor variabilidad existente en toda una población estadística. La representatividad está dada por el número de réplicas a tomarse en cuenta y por el conocimiento de los factores que pueden influir en una determinada variable (Mostacedo, 2000).

Existen algunos tipos de muestreo que son muy simples de utilizar, dentro de los que se pueden señalar los siguientes: muestreo aleatorio simple, muestreo aleatorio estratificado y muestreo sistemático (Mostacedo, 2000).

1. Muestreo aleatorio simple. Es el esquema de muestreo más sencillo de todos y de aplicación más general. Este tipo de muestreo se emplea en aquellos casos en que se dispone de poca información previa acerca de las características de la población a medirse.

2. Muestreo aleatorio estratificado. En este tipo de muestreo la población en estudio se separa en subgrupos o estratos que tienen cierta homogeneidad. Después de la separación, dentro de cada subgrupo se debe hacer un muestreo aleatorio simple. El requisito principal para aplicar este método de muestreo es el conocimiento previo de la información que permite subdividir a la población.

3. Muestreo estratificado. Consiste en ubicar las muestras o unidades muestrales en un patrón regular en toda la zona de estudio. Este tipo de muestreo permite detectar variaciones espaciales en la comunidad. Sin embargo, no se puede tener

una estimación exacta de la precisión de la media de la variable considerada. El muestreo sistemático puede realizarse a partir de un punto determinado al azar, del cual se establece una cierta medida para medir los subsiguientes puntos. Este tipo de muestreo, a diferencia del muestreo aleatorio, se puede planificar en el mismo lugar donde se realizará el estudio y la aplicación del diseño es más rápida.

Tomando en consideración los puntos anteriores, se decidió utilizar el diseño de muestreo denominado aleatorio estratificado; dirigido sobre las superficies cubiertas por vegetación forestal al interior del SAR, por las siguientes razones:

1) Previo a la elección del diseño de muestreo a utilizar, se contaba con la clasificación de uso de suelo y/o vegetación al interior del SAR.

2) Al tener una clasificación de los usos de suelo y/o vegetación, se facilita la implementación del diseño de muestreo dirigiéndolos solamente en las áreas cubiertas por vegetación forestal.

3) El hecho de ser aleatorio y considerar puntos de muestreo garantiza un menor error de muestreo, puesto que los sitios de muestreo están determinados previo al inicio de los trabajos de campo (inventario forestal).

Distribución de los sitios de muestreo a nivel SAR

El muestreo se realizó sobre las áreas cubiertas por vegetación forestal del tipo Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, ya que, este tipo de vegetación será la que se verá afectada por las actividades de remoción de vegetación, y con el muestreo propuesto se hará un análisis de la riqueza que se desarrolla en esta asociación tanto en el SAR como en la superficie que se requiere para remoción de vegetación y de esta manera determinar que la diversidad de flora en el SAR se mantenga.

En la siguiente tabla se presentan las coordenadas UTM de los transectos de muestreo donde se colectó la información de campo, mientras que, en la siguiente figura, se presenta su ubicación geográfica.

Tabla IV-26. Coordenadas UTM de los transectos de muestreo donde se colectó la información de vegetación en el SAR para el proyecto.

Cuadro de construcción de los transectos de vegetación en el SAR		
Vértice	Coordenadas UTM, WGS84, Zona 14	
	X	Y
Transecto 1		
1	397469.0550	1872912.6855
2	397441.2809	1872924.0257
3	397443.1709	1872928.6547
4	397470.9450	1872917.3145
Superficie: 150.00 m²		
Transecto 2		
1	397430.8931	1872870.7584
2	397403.9937	1872884.0407
3	397406.2074	1872888.5239
4	397433.1069	1872875.2416
Superficie: 150.00 m²		
Transecto 3		
1	397345.6290	1872912.9095
2	397320.5428	1872929.3620
3	397323.2849	1872933.5431
4	397348.3710	1872917.0905
Superficie: 150.00 m²		
Transecto 4		
1	395876.6253	1873997.2184
2	395867.2466	1874025.7148
3	395871.9960	1874027.2779
4	395881.3747	1873998.7816
Superficie: 150.00 m²		
Transecto 5		
1	395916.5340	1874067.5889
2	395911.6006	1874097.1805
3	395916.5326	1874098.0027
4	395921.4660	1874068.4111
Superficie: 150.00 m²		

Cuadro de construcción de los transectos de vegetación en el SAR		
Vértice	Coordenadas UTM, WGS84, Zona 14	
	X	Y
Transecto 6		
1	395845.5945	1874110.3192
2	395837.4245	1874139.1853
3	395842.2355	1874140.5469
4	395850.4055	1874111.6808
Superficie: 150.00 m²		
Transecto 7		
1	395490.5013	1874891.9197
2	395489.5373	1874921.9042
3	395494.5347	1874922.0648
4	395495.4987	1874892.0803
Superficie: 150.00 m²		
Transecto 8		
1	395483.2505	1874925.7262
2	395469.8922	1874952.5880
3	395474.3692	1874954.8144
4	395487.7275	1874927.9526
Superficie: 150.00 m²		
Transecto 9		
1	395346.7972	1875129.8179
2	395332.6115	1875156.2520
3	395337.0171	1875158.6163
4	395351.2028	1875132.1821
Superficie: 150.00 m²		
Transecto 10		
1	394692.1073	1876247.6549
2	394687.8927	1876250.3451
3	394704.0333	1876275.6330
4	394708.2480	1876272.9429
Superficie: 150.00 m²		

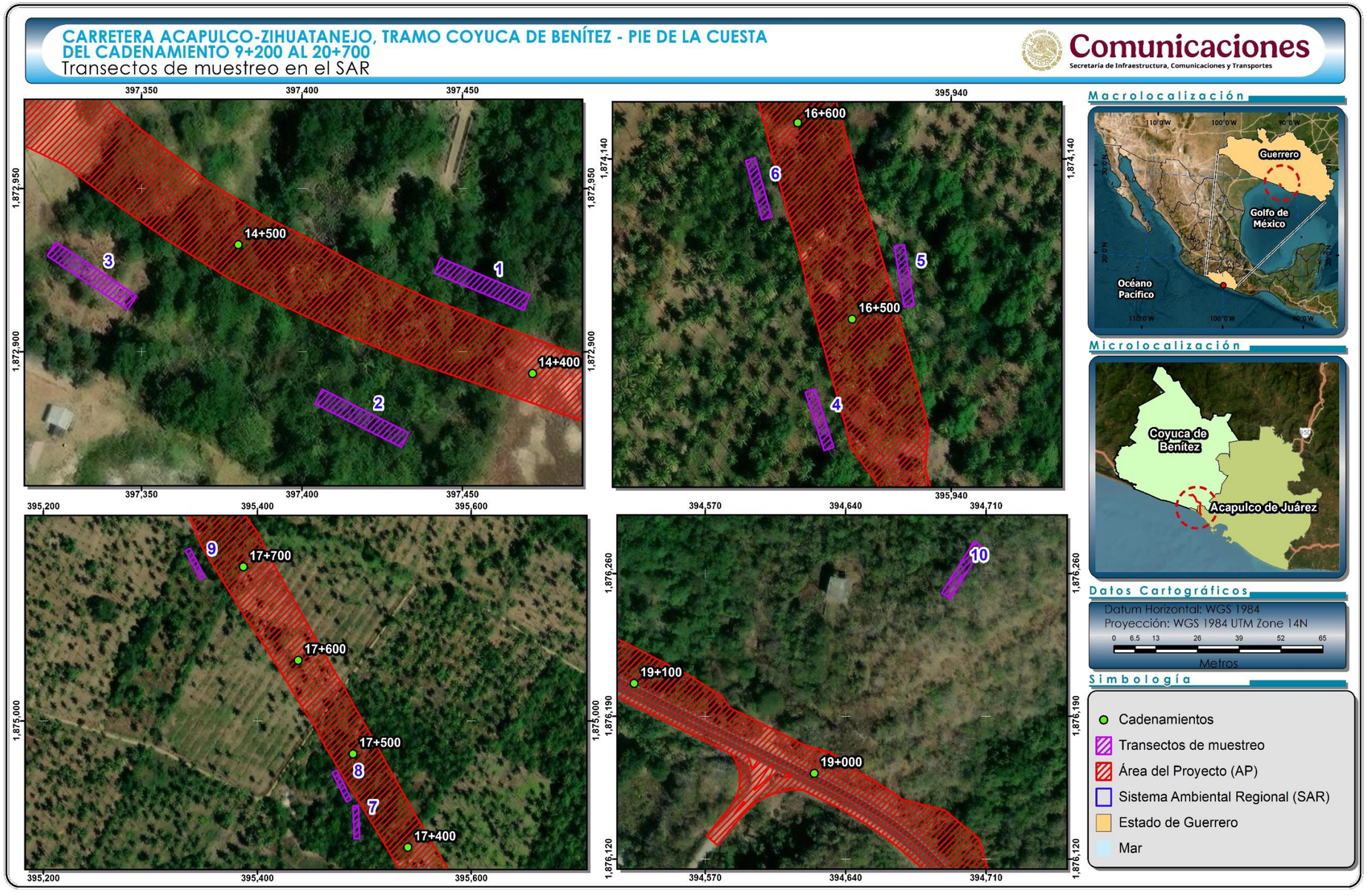


Figura IV-53. Ubicación de los transectos de muestreo al interior del SAR definido para el proyecto.

Descripción del muestreo de campo

El diseño del muestreo es aleatorio estratificado, con la finalidad de contar con elementos estadísticos que permitan estimar la confiabilidad del inventario e intensificar el muestreo en las estructuras vegetativas de interés.

→ ***Diseño y estrategia de muestreo***

Como se ha mencionado anteriormente, la base del diseño de muestreo es por medio del Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y/o vegetación, Escala 1:250,000, Serie VII de INEGI (2021). Para lo que primeramente se definió, con base a los objetivos del inventario, la estratificación a realizarse para el muestreo de acuerdo con el sistema de clasificación de la vegetación utilizado en la cartografía, la superficie y su ubicación.

Tomando en cuenta que el tipo de vegetación a afectar con la remoción de vegetación corresponde a Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, sobre esta misma se realizó la distribución de los transectos de muestreo en el SAR, esto se realizó con el apoyo de un Sistema de Información Geográfica (SIG), a través del programa ArcMap 10.6, donde se realizó la sobreposición del Uso de suelo y/o vegetación con el polígono delimitado como SAR. Posteriormente, de manera aleatoria se ubicaron los transectos de muestreo en la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, y paso siguiente se obtuvieron las coordenadas UTM de cada uno de estos transectos; finalmente estas coordenadas fueron exportadas a un equipo GPS Garmin GPSMAP 64s, para así poder ubicar en campo cada uno de los sitios marcados.

→ ***Tamaño y forma de los sitios de muestreo***

Los sitios de muestreo pueden tener la forma que más convenga a las posibilidades y tiempo disponibles, de tal manera, que se pueden tener sitios; cuadrados, rectangulares, circulares, triangulares, romboidales, irregulares, etc.; aunque las

tres formas que más se han utilizado en inventarios forestales son: cuadrados, circulares y rectangulares; pues resultaría muy laborioso la delimitación en el terreno de cualquier otra forma diferente a las antes citadas; representaría la utilización de más tiempo y costo, principalmente.

Los tamaños más adecuados para un sitio de muestreo, estarán en función de lo que se requiera evaluar; considerando que el proyecto consiste en un trazo carretero, se optó por utilizar transectos de forma rectangular, con la finalidad de poder tener el mismo tipo de sitio tanto en el SAR como en el Área del Proyecto; cuyas características se presentan a continuación:

→ Transectos de 150.00 m^2 (30 m de longitud por 5 m de ancho) para el muestreo de las especies de Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia del estrato arbóreo.

→ Transectos de 50.00 m^2 (10 m de longitud por 5 m de ancho) para el muestreo de las especies de Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia del estrato arbustivo.

Los atributos que se consideraron fueron: Nombre común, Diámetro normal, Diámetro de copa (Cobertura) y Altura total.

→ ***Intensidad y esfuerzo de muestreo***

La intensidad de muestreo es la relación porcentual de la superficie de la muestra con respecto a la superficie total. Normalmente en inventarios forestales se han utilizado intensidades de muestreo del orden de 1.0%, 0.5%, 0.1% y 0.01%, dependiendo de varios factores: superficie por inventariar, factores económicos, precisión requerida, etc. (Romahn de la Vega, 1994).

En la siguiente tabla, se presenta la intensidad de muestreo utilizada para el levantamiento de información forestal en la Vegetación secundaria arbustiva de

selva baja caducifolia que se desarrolla al interior del SAR definido para el proyecto.

Tabla IV-27. Intensidad de muestreo utilizado a nivel SAR.

No.	Uso de suelo y/o vegetación	Superficie (m²)	Superficie (ha)	Cantidad de sitios levantados	Superficie de muestreo	Intensidad de muestreo
1	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	76,607,513.55	7,660.75	10	0.15	0.002
Total		**76,607,513.55**	**7,660.75**	**10**	**0.15**	**0.002**

Como se puede apreciar, la intensidad de muestreo que se utilizó se encuentra por debajo de los valores utilizados en los inventarios forestales; sin embargo, Romahn de la Vega (1994) señala que la intensidad varía según la precisión con que se deseen medir las características del medio, aunque los factores que tienen influencia en este aspecto son la forma de las unidades muestrales, tamaño de las unidades muestrales y distribución de las unidades muestrales.

Considerando que la intención de realizar el levantamiento de información vegetal es para corroborar que las especies que se verán afectadas con el desarrollo del proyecto se distribuyen al interior del SAR, es importante mencionar que para hacer esto posible, resulta necesario que se tengan unidades de muestreo similares en superficie, de modo que se puedan minimizar los sesgos y se asegure que las diferencias proceden de variantes reales en ambas áreas de estudio, de tal manera que con los resultados obtenidos se pueda establecer una comparación precisa para constatar que no se pone en riesgo la diversidad florística presente en el SAR. Aunado a esto y considerando que la superficie de muestreo es la misma a nivel del área del proyecto (0.150 ha), se consideró este muestreo forestal como suficiente.

El esfuerzo de muestreo realizado fue de 5 días; en cada día de muestreo se emplearon 8 horas, realizando la multiplicación de los 5 días por las 8 horas de cada día tenemos un esfuerzo de muestreo de 40 horas.

De manera digital, en el Anexo digital G, en formato Excel, se presenta la base de datos de flora silvestre con la información recabada en campo para cada uno de los transectos de muestreo levantados en el SAR. La documentación fotográfica de las especies florísticas halladas en campo se presenta en el Anexo Fotográfico de Flora Silvestre.

→ ***Levantamiento de la información***

Para el levantamiento de información se siguieron los siguientes pasos:

Ubicación del transecto. La primera actividad en el levantamiento de los datos de campo consistió en determinar la ubicación geográfica de cada transecto de muestreo de tal forma que se pueda regresar a este en ocasiones subsecuentes.

Marcado físico del transecto. Una vez que se ubicó el transecto, mediante el uso de pintura en aerosol, se procedió a marcar el centro del mismo, o bien, por medio de cinta fluorescente se marcó anotando la coordenada UTM, posteriormente con el apoyo de una cinta métrica se ubicó uno de los extremos del transecto, anotando su coordenada UTM, paso siguiente del centro del transecto se trazó una línea de 15 m con la cinta métrica para ubicar el otro extremo del mismo y se anotó su coordenada UTM.

Para el marcado del transecto para la obtención de información del estrato arbustivo, se siguió el mismo procedimiento que para el estrato arbóreo, pero con una distancia de 5m.

Toma de datos y fotografías. Una vez ubicado y marcado el transecto, se procedió a registrar la información de los estratos, y posteriormente, se obtuvo la información correspondiente.

En las siguientes fotografías se puede observar parte de la metodología descrita para la ubicación y marcado físico de los transectos de muestreo.



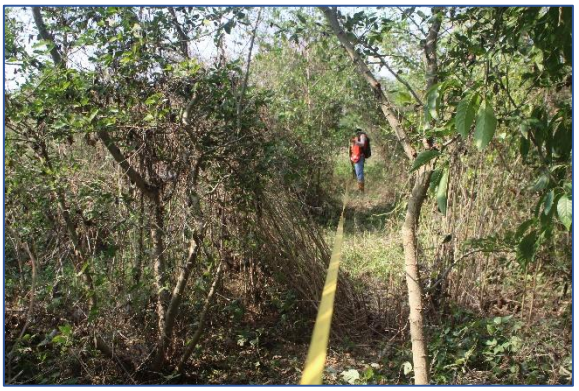
Fotografía 1. Marcaje del centro de transecto de muestreo.



Fotografía 2. Toma de coordenadas del centro de transecto de muestreo.



Fotografía 3. Delimitación del transecto de muestreo.



Fotografía 4. Delimitación del transecto de muestreo.



Fotografía 3. Delimitación del transecto de muestreo Sur.



Fotografía 4. Levantamiento de información en el transecto de muestreo.

Confiabilidad del tamaño de muestra a nivel SAR

1. Índice de completitud

Con la intención de obtener un parámetro que nos permita asegurar que, con los sitios de muestreo levantados en el SAR, se obtenga una muestra aceptable de las especies de flora silvestre que se desarrollan en la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, se recurrió a un estimador no paramétrico de la riqueza de especies, los cuales son un conjunto de métodos de estimación que no asumen ninguna distribución de los datos y no los ajustan a un modelo determinado (Colwell & Coddington, 1994).

Para este caso se utilizaron dos estimadores Chao1 y Chao2, con los cuales se pudo estimar la **completitud del inventario realizado** de la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, entendiéndose como completitud a la relación entre la riqueza observada y la riqueza estimada.

A continuación, se presenta la forma de estimación de cada uno de estos estimadores y los resultados obtenidos de la asociación vegetal muestreada.

CHAO1. Estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies representadas por un individuo (singletons) y el número de especies representadas por dos individuos en las muestras (doubletons).

$$SChao1 = Sobs + \frac{n_1^2}{2n_2}$$

Dónde:

Sobs: Número de especies registradas.

n_1: Especies que solo registran 1 solo individuo.

n_2: Especies que registraron 2 individuos.

CHAO 2. Estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies únicas (que sólo aparecen en una muestra) y el número de especies duplicadas (que aparecen compartidas en dos muestras).

$$SChao2 = Sobs + \frac{n_1^2}{2n_2}$$

Dónde:

Sobs: Número de especies registradas.

n_1: Especies que solo se registran en un solo sitio de muestreo.

n_2: Especies que se registraron en dos sitios de muestreo.

Resultados

Como se puede observar en la siguiente tabla mediante el análisis de los índices de Chao1 y Chao2 tenemos que en esta asociación se obtiene un índice de completitud del 19.53% para el estrato arbóreo y 93.94% para el estrato arbustivo, lo anterior significa que, si bien para el estrato arbóreo se obtiene un promedio bajo, se evidencia que la asociación vegetal muestreada es predominantemente arbustiva, tal como se señala en el uso de suelo y/o vegetación, serie VII (continuo nacional), escala 1:250,000 (2021), hecho que también es comprobable mediante las curvas de acumulación que se presentan de manera posterior, por lo tanto, se considera que, con los sitios de muestreo levantados en campo es suficiente para determinar que se ha completado la riqueza de las especies presentes en la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que se desarrolla en el SAR; los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla IV-28. Análisis de completitud (Chao1 y chao2) para cada uno de los estratos de la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que se desarrolla en el SAR.

SAR											
Grupo	**Sobs**	**n1**	**n2**	**Chao 1**	**Completitud**	**Sobs**	**n1**	**n2**	**Chao 2**	**Completitud**	**Promedio completitud**
Arbóreo	15	7	0	64.00	**23.44**	15	9	1	96.00	**15.63**	**19.53**
Arbustivo	16	1	1	16.50	**96.97**	16	4	5	17.60	**90.91**	**93.94**

2. Curvas de acumulación de especies

Como complemento de la información presentada anteriormente se recurrió a un muestreo probabilístico para la estimación de la riqueza de flora silvestre, mediante la generación de curvas de acumulación de especies, cuya metodología empleada y resultados obtenidos se presentan a continuación.

Las curvas de acumulación nos permiten: 1) dar fiabilidad a los inventarios biológicos y posibilitar su comparación, 2) una mejor planificación del trabajo de muestreo, tras estimar el esfuerzo requerido para conseguir inventarios fiables y, 3) extrapolar el número de especies observado en un inventario para estimar el total de especies que estarían presentes en la zona (Lamas *et al*., 1991; Soberón & Llorente, 1993; Colwell y Coddington, 1994; Gotelli y Colwell, 2001).

Es importante mencionar que cuando se trabaja con comunidades biológicas, existen limitaciones de espacio, tiempo, esfuerzo y recursos, que en todos los casos impiden conocer a la totalidad de las especies que integran a una comunidad, o que se distribuyen en un área determinada.

En este contexto, cabe mencionar también que no existen inventarios biológicos completos, y los existentes representan únicamente una fracción de la riqueza que se distribuyen en una región específica y en un tiempo determinado. El número de especies es, quizás, el atributo más frecuentemente utilizado a la hora de describir

una taxocenosis, ya que es una expresión mediante la cual se obtiene una idea rápida y sencilla de su diversidad (Magurran, 1988; Gastón, 1996).

Por ello, los especialistas de distintas disciplinas relacionadas con el conocimiento de la biodiversidad han recurrido al empleo de métodos de muestreo probabilísticos, tal como los estimadores de riqueza (Colwell y Coddington 1994).

Por lo anterior, se consideró el empleo del programa EstimateS 9.1.0 (Colwell, 2013) que permitió evaluar y comparar la diversidad y composición de los conjuntos de especies de cada uno de los estratos de la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que se desarrolla en el SAR según los datos de muestreo, a través de una variedad de estadísticas de biodiversidad, que incluyen rarefacción y extrapolación, estimadores de riqueza de especies, índices de diversidad, números de Hill y medidas de similitud.

Para a la construcción de las curvas de acumulación, se emplearon las matrices de datos relativa a cada estrato, elaboradas a partir del número de especies y de las muestras obtenidas en cada uno de los transectos. Posteriormente, cada una de las matrices se procesaron mediante el software EstimateS 9.1.0 (Colwell, 2013), el cual realiza un promedio estadístico de los datos obtenidos, aleatorizando las unidades de esfuerzo de muestreo (n) y calculando el número medio de especies (Sn) para los valores de n comprendidos en 1 y el número total de unidades de esfuerzo con la finalidad de minimizar los sesgos que puedan tener efectos en la forma de la curva que pudieran dificultar su interpretación o análisis (Collwell, 2000).

Finalmente, con la matriz de datos generada por el programa, se generaron las curvas de acumulación con ayuda del software Excel® considerando las columnas *Samples* y *S Mean (runs)*, que de acuerdo con la metodología empleada por Jiménez y Hortal (2003) para la elaboración de curvas de acumulación para la evaluación de calidad de inventarios biológicos, corresponden al número de unidades de esfuerzo de muestreo y al número de especies promedio acumuladas. Cabe señalar que, adicional a esto, de los distintos estimadores estadísticos

generados por el programa, únicamente se emplearon los valores generados para el estimador Chao 1, el cual se basa en abundancia indicando el número de especies que se espera obtener y que, de acuerdo con Villarreal *et al*., 2006 este estimador resulta el más preciso en lo que a evaluación de abundancia se refiere. Asimismo, la confiabilidad y suficiencia de los muestreos se evaluó considerando la tendencia de las curvas de acumulación, que como se mencionó anteriormente se construyeron a partir de los datos reales y los estimados.

A continuación, se presentan las curvas de acumulación de especies los estratos arbóreo y arbustivo que componen la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, presente en el SAR, donde se puede observar que los puntos azules presentan el número de especies promedio acumuladas y los puntos color naranja muestran las especies que se esperaría registrar.

En el Anexo Digital G en formato digital, se presenta la hoja de cálculo con las matrices de datos generadas y su respectiva gráfica.

Resultados

Estrato arbóreo

Derivado del levantamiento de información en los 10 sitios de muestreo en este estrato se obtuvo una riqueza de 2 especies, mediante la construcción de la curva de acumulación de especies (análisis logarítmico), usando una confiabilidad del 41.96%, se espera obtener una riqueza de 35 especies, lo que nos arroja que la riqueza obtenida contra la riqueza esperada sea distinta.

Como se puede apreciar en la siguiente figura con el levantamiento del primer transecto de muestreo se obtuvo una riqueza de 4 especies, para el segundo transecto se obtuvo una riqueza de 6 especies, que aumentó nuevamente para el transecto 3 en el que se registraron 7 especies, para el cuarto transecto se obtuvo

un registro de 9 especies, respecto al quinto transecto la riqueza registrada fue de 10 especies, continuando con esta misma tendencia, para el transecto 6 se registró una riqueza de 11 especies, que nuevamente aumentó a 12 para el séptimo transecto, en relación al transecto 8 la riqueza fue de 13 especies, finalmente para los transectos 9 y 10 la riqueza registrada fue de 14 y 15 especies respectivamente.

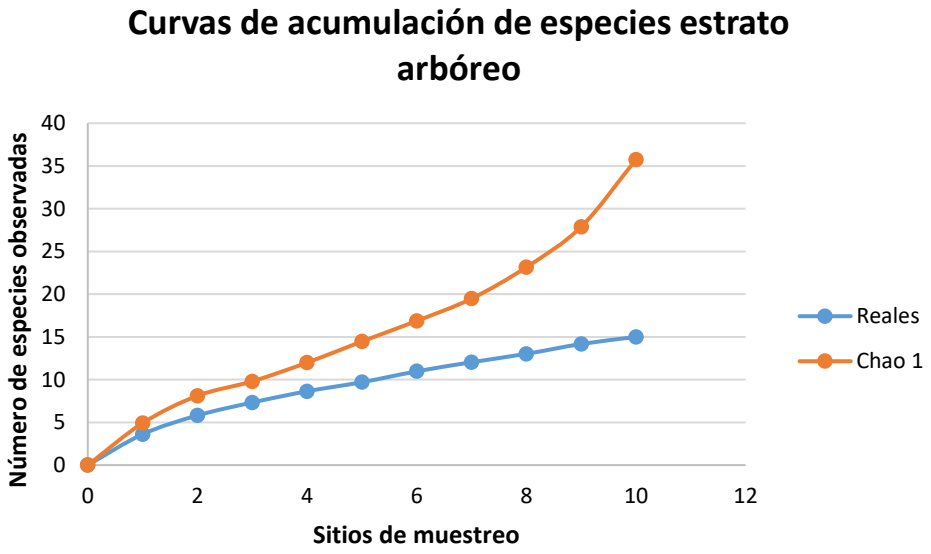


Figura IV-54. Curva comparativa de acumulación de especies para el estrato arbóreo.

Considerando las curvas de las especies obtenidas y las esperadas, se puede apreciar que ambas presentan tendencias diferentes, principalmente en la de especies que se espera registrar; esto se debe a que la asociación vegetal a la que pertenece este estrato es predominantemente arbustiva que, además se encuentra en una fase sucesional secundaria, debido a que presenta perturbaciones tanto naturales (ocasionada por fenómenos hidrometeorológicos) como antropogénicas (conversión de terrenos forestales a usos agrícolas), los cuales modifican la estructura y composición florística, por lo tanto las diferencias observables en ambas curvas se debe a la composición propia de la Vegetación secundaria

arbustiva de selva baja caducifolia que se desarrolla en el SAR y no al hecho de que no se ha muestreado lo suficiente, pues como se observa en la gráfica de especies acumuladas (presentada en color azul) muestra una tendencia asintótica al final de la misma que, de acuerdo a Villarreal *et al.*, 2006, cuando una curva de acumulación es asintótica indica que aunque se aumente el número de unidades de muestreo o de individuos censados, es decir, aumente el esfuerzo, no se incrementará el número de especies. En la siguiente figura se muestran las curvas de acumulación obtenidas para el estrato arbóreo.

Estrato arbustivo

Derivado del levantamiento de información en los 10 transectos de muestreo en este estrato se obtuvo una riqueza de 16 especies, mediante la construcción de la curva de acumulación de especies (análisis logarítmico), usando una confiabilidad del 100.00%, se espera obtener una riqueza de 16 especies, lo que nos arroja que la riqueza obtenida contra la riqueza esperada sea la misma.

Como se puede apreciar en la siguiente figura con el levantamiento del primer transecto de muestreo se obtuvo una riqueza de 5 especies, para el segundo transecto se obtuvo una riqueza de 8 especies, que aumentó nuevamente para el transecto 3 en el que se registraron 10 especies, para el cuarto transecto se obtuvo un registro de 11 especies, respecto al quinto transecto la riqueza registrada fue de 13 especies, continuando con esta misma tendencia, para los transectos 6 y 7 se registró una riqueza de 14 especies, que nuevamente aumentó a 15 para el octavo transecto, finalmente para los transectos 9 y 10 la riqueza registrada fue de 16 especies.

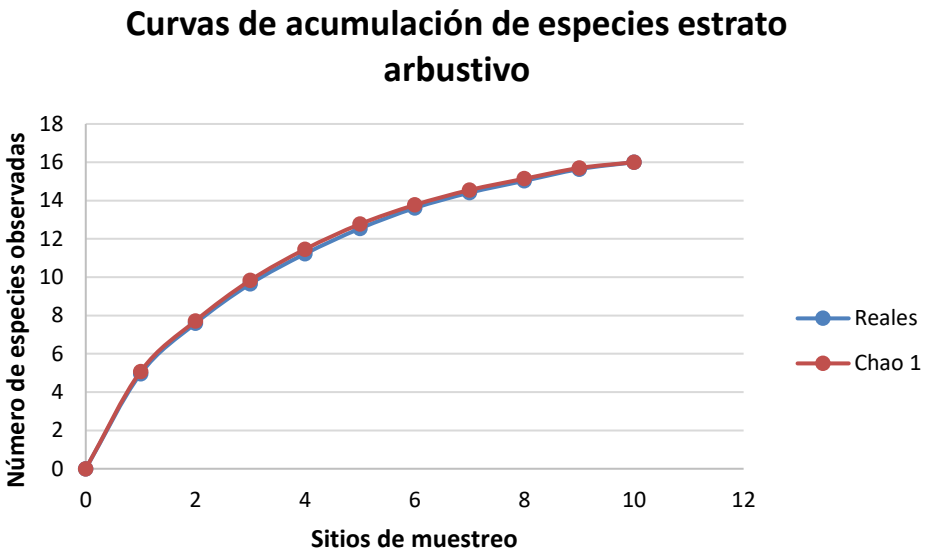


Figura IV-55. Curva comparativa de acumulación de especies para el estrato arbustivo.

Considerando las curvas de las especies obtenidas y las esperadas, se puede apreciar que ambas presentan tendencias similares cercanas a la igualdad; evidenciando con esto que la vegetación a la que pertenece este estrato es ciertamente arbustiva, tal como lo señala el continuo nacional de suelo y/o vegetación, serie VII, escala 1:250,000 (2021).

Con base en lo anterior y retomando los datos obtenidos para la construcción de las curvas de las especies obtenidas y las esperadas, se puede apreciar que ambas presentan una tendencia asintótica, que de acuerdo con Villarreal *et al*., 2006, cuando una curva de acumulación es asintótica indica que aunque se aumente el número de unidades de muestreo o de individuos censados, es decir, aumente el esfuerzo, no se incrementará el número de especies, además se puede notar que los valores estimados finalizan con cierta similitud a los valores observados por lo tanto, se tiene una muestra confiable. Con base en lo anterior, se estimó que con el levantamiento de los 8 sitios de muestreo son suficientes para obtener la riqueza de

este estrato, ya que la probabilidad de encontrar especies nuevas con el levantamiento de más sitios de muestreo es baja.

Conclusiones

Considerando que las curvas de acumulación nos permiten calcular el número (teórico esperado) de especies que existe en un área determinada, considerando la riqueza observada mediante los censos de campo y la tasa de encuentro de las mismas, bajo una medida de esfuerzo estandarizada (Díaz-Francés y Soberón, 2003), aunado a las condiciones propias del área de estudio, podemos tener las siguientes conclusiones:

i. Para el caso del estrato arbóreo de la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia los resultados son diferentes, registrando una riqueza obtenida en campo de 15 y una riqueza estimada mediante un análisis logarítmico de 35 especies, hecho que no se debe a la insuficiencia del muestreo sino a la fase sucesional secundaria en la que se encuentra esta asociación vegetal debido a los cambios que ha presentado desde hace tiempo debido a causas naturales y en mayor medida a causas antropogénicas derivadas de la conversión de terrenos forestales a terrenos agrícolas (en menor medida pecuarios), dando lugar a una composición florística predominantemente arbustiva, por lo tanto podemos decir que con el levantamiento de los 10 transectos de muestreo son suficientes para obtener la riqueza de este estrato, ya que la probabilidad de encontrar especies nuevas con el levantamiento de más sitios de muestreo es baja.

ii. Para el caso del estrato arbustivo de la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia los resultados son idénticos, registrando una riqueza obtenida en campo de 16 y una riqueza estimada mediante un análisis logarítmico de igual manera de 16 especies, con lo que se hace evidente que

asociación vegetal que es predominantemente arbustiva, tal como se señala en el continuo nacional de suelo y/o vegetación, serie VII, escala 1:250,000 (2021), por consiguiente podemos decir que con el levantamiento de los 10 transectos de muestreo son suficientes para obtener la riqueza de este estrato, ya que la probabilidad de encontrar especies nuevas con el levantamiento de más sitios de muestreo es baja.

Conclusión final

Conforme a los resultados de los índices no paramétricos (Chao1 y Chao2), así como de las curvas de acumulación de especies, se puede concluir que con el levantamiento de los 10 transectos de muestreo se tiene una muestra representativa de la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, que pueden ser comparables con éstas mismas en la superficie del proyecto, por lo tanto, no se considera necesario el levantamiento de más sitios de muestreo.

Atributos ecológicos de la asociación vegetal

Para caracterizar la asociación vegetal identificada se utilizaron los siguientes parámetros ecológicos:

Tabla IV-29. Parámetros para caracterizar la asociación vegetal que se desarrolla a nivel SAR.

Medidas de abundancia	Descripción	Fórmula
Índice de Chao1	Estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies representadas por un individuo (singletons) y el número de especies representadas por dos individuos en las muestras (doubletons).	$SChao1 = Sobs + \frac{n_1^2}{2n_2}$ Dónde: Sobs: Número de especies registradas.

Medidas de abundancia	Descripción	Fórmula
		n_1: Especies que solo registran 1 solo individuo. n_2: Especies que registraron 2 individuos.
Índice de Chao2	Estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies únicas (que sólo aparecen en una muestra) y el número de especies duplicadas (que aparecen compartidas en dos muestras).	$SChao2 = Sobs + \frac{n_1^2}{2n_2}$ Dónde: Sobs: Número de especies registradas. n_1: Especies que solo se registran en un solo sitio de muestreo. n_2: Especies que se registraron en dos sitios de muestreo.
Curvas de acumulación de especies	Las curvas de acumulación nos permiten calcular el número (teórico esperado) de especies que existe en un área determinada, considerando la riqueza observada mediante los censos de campo y la tasa de encuentro de las mismas, bajo una medida de esfuerzo estandarizada.	Aplicación del programa estadístico Species Accumulation vers. β.
Riqueza de especies	Contabilizada como el número total de taxa registrados en los sitios de muestreo sumado a los identificados durante los recorridos de campo (S).	S = Riqueza por especie / ∑ de la riqueza total de especies *100
Densidad absoluta y relativa (De y Dr)	La densidad es un parámetro que permite conocer la abundancia de una especie o una clase de plantas, principalmente cuando las formas de vida permiten el conteo	Dr = Densidad por especie / ∑ Densidad total * 100

Medidas de abundancia	Descripción	Fórmula
	independiente de cada individuo. La densidad absoluta es el número de individuos de una especie "X" presente en un área determinada, para este caso se consideró al nivel de hectárea tipo. La densidad relativa se refiere a la proporción en número de individuos de una especie con relación al resto, expresada en porcentaje.	
Dominancia relativa (Dr)	Considerada como el área que ocupa una especie, la Dominancia relativa (Dor) es el área que ocupa una especie con relación al resto de las especies. Es una medida que se expresa en porcentaje y se calculó a partir de la estimación del área basal.	Dr = Dominancia estimada de la especie / área basal total * 100
Frecuencia (F)	La frecuencia se define como la probabilidad de encontrar una especie en una unidad de muestreo, es decir, es el número de unidades de muestreo en la que una especie está presente, por tanto, la Frecuencia relativa (Fr), pondera el número de veces en que es encontrada una especie en relación al resto de las especies y es una medida porcentual.	Fr = Frecuencia estimada por especie / ∑ de la frecuencia absoluta * 100
Índice de Valor de importancia (IVI)	Representa la cobertura del área basal de cada especie y su proporción con respecto a la sumatoria de las áreas basales de todas las especies (Lamperch, 1990), permitiendo estimar el grado	IVI = Dominancia relativa + Densidad relativa + Frecuencia relativa

Medidas de abundancia	Descripción	Fórmula
	de espacio horizontal que ocupa la especie en el bosque. El IVI revela la importancia ecológica relativa de cada especie en una comunidad vegetal (Mostacedo y Fredericksen, 2000), y se obtiene a partir de la suma de la abundancia relativa, frecuencia relativa y dominancia relativa para cada especie.	
Índice de Shannon - Wiener (H')	El índice de Shannon–Wiener (H') mide la diversidad natural teniendo en cuenta a) el número de especies presentes; y b) cómo se reparten esas especies. El H' para cada uno de los estratos fue calculado con los registros de cada especie (riqueza).	H' = ∑ pi/log(pi), donde p es la proporción relativa de las i especies.
Índice de Pielou (*J´*)	Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes y el 0 señala la ausencia de uniformidad (Magurran, 1988).	J´=H´/H´ max. Donde H´ max = ln (S) y H´ es el índice de Shannon-Wiener y S es el número total de especies presentes. J´=H'/ln(S).

Descripción por uso de suelo y/o vegetación a nivel SAR

A continuación, se presenta la descripción de cada uno de los usos de suelo y/o vegetación identificados en el SAR definido para el proyecto con apoyo de la Guía para la interpretación de cartografía Uso de Suelo y Vegetación, Escala 1:250,000, Serie VII del INEGI (2021), y en un orden de mayor a menor superficie de ocupación.

Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia - VSa/SBC

Este uso de suelo y/o vegetación refiere a vegetación eliminada y/o alterada en algún momento de su desarrollo surgiendo una comunidad vegetal con composición heterogénea de estrato arbustivo con las características de la selva baja caducifolia que se presentan a continuación.

Las comunidades de la selva baja caducifolia se desarrollan en condiciones climáticas en donde predominan los tipos cálidos subhúmedos semisecos o subsecos, siendo el más común Aw, aunque también se presentan BS y Cw. La temperatura media anual oscila entre los 18 a 28°C; y precipitaciones entre 300 a 1,1500 mm (INEGI, 2021).

Este tipo de comunidad se le puede encontrar desde el nivel del mar hasta unos 1,900 m, y en raras ocasiones hasta 2,000 m de altitud principalmente sobre laderas de cerros con suelos de buen drenaje (INEGI, 2021).

En referencia a tipo de especies, en la selva baja caducifolia pueden presentarse *Bursera simaruba* (chaka, palo mulato); *Bursera* sp. (cuajiote, papelillo, copal, chupandia); *Lysiloma* sp. (tsalam, tepeguaje); *Jacaratia* mexicana (bonete); *Ceiba* sp. (yaaxche, pochote); *Bromelia pinguin* (chom); *Pithecellobium keyense* (chukum); *Ipomoea* sp. (cazahuate); *Pseudobombax* sp. (amapola, clavellina); *Cordia* sp. (ciricote, cuéramo); *Havardia acatlensis* (barbas de chivo); *Amphipterygium adstringens* (cuachalalá); *Leucaena leucocephala* (waxim, guaje); *Erythrina* sp. (colorín), *Lysiloma divaricatum*, *Ocotea tampicensis*, *Acacia coulteri*, *Beaucarnea inermis*, *Lysiloma acapulcense*, *Zuelania guidonia*, *Pseudophoenix sargentii* (kuká), *Beaucarnea pliabilis*, *Guaiacum sancturm*, *Plumeria obtusa*, *Caesalpinia vesicaria*, *Ceiba aesculifolia*, *Diospyros cuneata*, *Hampea trilobata*, *Maclura tinctoria*, *Metopium brownei*, *Parmenteria aculeata*, *Piscidia piscipula*, *Alvaradoa amorphoides* (camarón o plumajillo), *Heliocarpus terebinthinaceus* (namo), *Fraxinus purpusii* (aciquité o saucillo), *Lysiloma acapulcense* (tepeguaje), *Haematoxylum campechianum*, *Ceiba acuminata* (mosmot o lanita), *Cochlospermum vitifolium*,

Pistacia mexicana (achín), *Bursera bipinnata* (copalillo), *Sideroxylon celastrinum* (rompezapote), *Gyrocarpus jatrophifolius* (tincui, San Felipe), *Swietenia humilis* (caoba), *Bucida machrostachya toro*), (cojambomó montaña), *Lonchocarpus* (cacho de *Euphorbia pseudofulva* De *longipedicellatus*, *Hauya microcerata* (yoá), *Colubrina arborescens* (cascarillo) *Lonchocarpus minimiflorus* (ashicana), *Ficus aurea* (higo), *Gymnopodium floribundum* (aguana), *Leucanea collinsii* (guaje), *Leucanea esculenta* (guaje blanco), *Lysiloma microphyllum*, *Jatropha cinerea*, *Cyrtocarpa edulis*, *Bursera laxiflora*, *Lysiloma candidum*, *Cercidium peninsulare*, *Leucaena lanceolata*, *Senna atomaria*, *Prosopis palmeri*, *Esenbeckia flava*, *Sebastiania bilocularis*, *Bursera microphylla*, *Plumeria rubra*, *Bursera odorata*, *Bursera excelsa var. Favonialis* (copal), *Bursera fagaroides var. elongata* y *Bursera fagaroides var. purpusii*, *Comocladia engleriana*, *Cyrtorcarpa procera*, *Lonchocarpus eriocarinalis*, *Pseudosmodingium perniciosum*, *Spondias purpurea*, Trichilia americana, *Bursera longipes*, *B. morelensis, B. fagaroides*, *B. lancifolia*, *B. copallifera*, *B. vejarvazquesii*, *B. submoniliformis*, *B. bipinnata*, *B. bicolor*, *Ceiba aesculifolia subsp. parvifolia*, *Ipomoea murucoides*, *Merremia aegyptia,* I*. wolcottiana, I. arborescens Crateva palmeri*. *Brahea dulcis* (palma de sombrero), *Thevetia ovata*, *Indigofera platycarpa*, *Calliandra grandiflora*, *Celtis iguanaea*, *Diphysa floribunda*, *Bonelllia macrocarpa*, *Malpighia mexicana Pseudobombax ellipticum*, *C. tapia*, *Guazuma ulmifolia*, *Cordia dentata*, *Parkinsonia florida*, *Acacia farnesiana*, *Prosopis laevigata*, *Licania arborea*, *Prosopis juliflora*, *Pithecellobium dulce*, *Zygia conzattii*, *Achatocarpus nigricans* (limoncillo), *Coccoloba caracasana* (papaturro), C. *floribundia* (carnero), *Randia armata* (crucecita), *Rauvolfia tetraphylla* (coralillo), *Trichilia hirta*, *T. trifolia* (mapahuite); además, de cactáceas como *Pereskia lychnidiflora*, *Pachycereus* sp. (cardón); *Stenocereus* sp., *Cephalocereus* spp, *Pilosocereus gaumeri*, *Stenocereus griseus*, *Acanthocereus tetragonus*, *Pachycereus pecten-aboriginum* y *Pterocereus gaumeri*. Los bejucos son abundantes y las plantas epífitas se reducen principalmente a pequeñas bromeliáceas como *Tillandsia* sp., cactáceas y algunas orquídeas (INEGI, 2021).

Al interior del SAR este uso de suelo y/o vegetación se desarrolla a través de una superficie de 10,103.081 ha, que corresponde al 30.72% de la superficie total, siendo el USV con mayor distribución, y siendo uno en los cuales pasa el AP.

Para realizar la caracterización de esta vegetación se realizó una división de las especies de acuerdo con lo siguiente:

Estrato arbóreo. En este estrato se consideraron a todas aquellas especies que tienen un crecimiento arbóreo, es decir, que cuentan con un tallo principal, los cuales cuenten con un DAP igual o mayor a 7.5 centímetros.

Estrato arbustivo. En este estrato se consideraron a todas las especies que tienen un crecimiento en forma de arbustos, es decir, que se ramifican desde la base de su tallo y aquellas especies del estrato arbóreo en su etapa juvenil, las cuales cuentan con un DAP menor a 7.5 centímetros.

A continuación, se presentan los datos de riqueza, especies enlistadas en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010, densidad estimada tipo y relativa, altura promedio y cobertura, índice de valor de importancia, índice de Shannon e índice de equitatividad de Pielou para cada uno de los estratos muestreados en la fase de campo.

Riqueza

Estrato arbóreo

Conforme a los resultados del levantamiento de información en campo sobre el estrato arbóreo de la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia en el SAR, se obtuvo una riqueza de 15 especies pertenecientes a 8 familias, donde, la familia Fabaceae es la mejor representada con un total de 7 especies, que representan el 46.67% de la riqueza total, seguida esta por la familia Anacardiaceae con 2 especies (13.33% de la riqueza total), mientras que, las 6 familias restantes

presentaron solamente una especie cada una (6.67% de la riqueza total, respectivamente), tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla IV-30. Riqueza de especies del estrato arbóreo en la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que se distribuye en el SAR.

No.	Nombre común	Nombre científico	Familia	%
1	Cacahuananche	*Gliricidia sepium*	Fabaceae	46.67
2	Cornezuelo	*Vachellia hindsii*	Fabaceae	
3	Guaje	*Leucaena leucocephala*	Fabaceae	
4	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	Fabaceae	
5	Palo colorado	*Coulteria platyloba*	Fabaceae	
6	Palo de iguana	*Cenostigma eriostachys*	Fabaceae	
7	Timuche	*Pithecellobium lanceolatum*	Fabaceae	
8	Ciruelo	*Spondias purpurea*	Anacardiaceae	13.33
9	Mango	*Mangifera indica*	Anacardiaceae	
10	Palo blanco	*Bravaisia integerrima*	Acanthaceae	6.67
11	Palma de coco	*Cocos nucifera*	Arecaceae	6.67
12	Primavera	*Tabebuia rosea*	Bignoniaceae	6.67
13	Sasanil	*Cordia dentata*	Boraginaceae	6.67
14	Palo mulato	*Bursera simaruba*	Burseraceae	6.67
15	Piñón	*Jatropha curcas*	Euphorbiaceae	6.67
	Total			**100.00**

Estrato arbustivo

Conforme a los resultados del levantamiento de información en campo sobre el estrato arbustivo de la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia en el SAR, se obtuvo una riqueza de 16 especies pertenecientes a 9 familias, donde, la familia Fabaceae es la mejor representada con un total de 8 especies, que representan el 50.00% de la riqueza total, mientras que, las 8 familias restantes presentaron solamente una especie cada una (6.25% de la riqueza total, respectivamente), tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla IV-31. Riqueza de especies del estrato arbustivo en la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que se distribuye en el SAR.

No.	Nombre común	Nombre científico	Familia	%
1	Cornezuelo	*Vachellia hindsii*	Fabaceae	50.00
2	Dormilona	*Mimosa quadrivalvis*	Fabaceae	
3	Frijolillo	*Senna occidentalis*	Fabaceae	
4	Guaje	*Leucaena leucocephala*	Fabaceae	
5	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	Fabaceae	
6	Mezquite	*Neltuma juliflora*	Fabaceae	
7	Palo colorado	*Coulteria platyloba*	Fabaceae	
8	Timuche	*Pithecellobium lanceolatum*	Fabaceae	
9	Palo blanco	*Bravaisia integerrima*	Acanthaceae	6.25
10	Palma de coco	*Cocos nucifera*	Arecaceae	6.25
11	Sasanil	*Cordia dentata*	Boraginaceae	6.25
12	Piñón	*Jatropha curcas*	Euphorbiaceae	6.25
13	Campanilla	Malvaviscus arboreus	Malvaceae	6.25
14	Guayaba	*Psidium guajava*	Myrtaceae	6.25
15	Suzuca	*Salpianthus arenarius*	Nyctaginaceae	6.25
16	Limoncillo	*Bonellia macrocarpa*	Primulaceae	6.25
	Total			**100.00**

En las siguientes fotografías se muestran algunas de las especies registradas en la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que se desarrolla en el SAR.



Fotografía 1. Ejemplar de *Leucaena leucocephala*.



Fotografía 2. Ejemplar de *Salpianthus arenarius*.

Especies enlistadas en alguna categoría de protección

En lo referente a especies sujetas a alguna categoría de protección con respecto a la NOM-059-SEMARNAT-2010, de las especies registradas en los estratos de la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia se obtuvo lo siguiente.

Estrato arbóreo

En el análisis de las 15 especies registradas, solamente una especie se enlista bajo la cita norma, esta corresponde a *Bravaisia integerrima* (Palo blanco) en la categoría de Amenazadas (A).

Estrato arbustivo

En el análisis de las 16 especies registradas, solamente una especie se enlista bajo la cita norma, esta corresponde a *Bravaisia integerrima* (Palo blanco) en la categoría de Amenazadas (A).

Densidad estimada tipo y relativa

Estrato arbóreo

Para el estrato arbóreo se obtuvo una densidad estimada tipo de 553 ind/ha; siendo las especies más abundantes: *Pithecellobium lanceolatum* con 167 ind/ha (densidad relativa – Dr de 30.12%) y *Vachellia hindsii* con 107 ind/ha (densidad relativa de 19.28%), tal y como se muestra en la Tabla IV-32.

Estrato arbustivo

Para el estrato arbustivo se obtuvo una densidad estimada tipo de 6,360 ind/ha; siendo las especies más abundantes: *Pithecellobium lanceolatum* con 1,540 ind/ha (densidad relativa – Dr de 24.21%) y *Vachellia hindsii* con 1,040 ind/ha (densidad relativa de 16.35%), tal y como se muestra en la Tabla IV-33. Los resultados completos para ambos estratos se presentan en las siguientes tablas.

Tabla IV-32. Densidad estimada tipo y relativa obtenida en la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que se distribuye en el SAR para el estrato arbóreo.

No.	Nombre común	Nombre científico	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Individuos totales contabilizados (1,500 m^2)	Densidad estimada tipo (Ind/Ha)	Densidad Relativa (%)
1	Timuche	*Pithecellobium lanceolatum*	1		3	1			11	8	1		25	167	30.12
2	Cornezuelo	*Vachellia hindsii*					2	5	2	5	2		16	107	19.28
3	Palma de coco	*Cocos nucifera*				1	1	1	3	1	3		10	67	12.05
4	Palo blanco	*Bravaisia integerrima*	5		2								7	47	8.43
5	Sasanil	*Cordia dentata*	2	2		1				1	1		7	47	8.43
6	Cacahuananche	*Gliricidia sepium*										5	5	33	6.02
7	Ciruelo	*Spondias purpurea*										3	3	20	3.61
8	Guaje	*Leucaena leucocephala*		1		1				1			3	20	3.61
9	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*					1						1	7	1.20
10	Mango	*Mangifera indica*					1						1	7	1.20
11	Palo colorado	*Coulteria platyloba*										1	1	7	1.20
12	Palo de iguana	*Cenostigma eriostachys*										1	1	7	1.20
13	Palo mulato	*Bursera simaruba*										1	1	7	1.20
14	Piñón	*Jatropha curcas*										1	1	7	1.20
15	Primavera	*Tabebuia rosea*							1				1	7	1.20
	Total		**8**	**3**	**5**	**4**	**5**	**6**	**17**	**16**	**7**	**12**	**83**	**553**	**100.00**

Tabla IV-33. Densidad estimada tipo y relativa obtenida en la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que se distribuye en el SAR para el estrato arbustivo.

No.	Nombre común	Nombre científico	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Individuos totales contabilizados (500 m^2)	Densidad estimada tipo (Ind/Ha)	Densidad Relativa (%)
1	Timuche	*Pithecellobium lanceolatum*		29	20	6	2	12	2	6			77	1,540	24.21
2	Cornezuelo	*Vachellia hindsii*		3	3	6	5	22	5	2	6		52	1,040	16.35
3	Dormilona	*Mimosa quadrivalvis*				13		15			21		49	980	15.41
4	Frijolillo	*Senna occidentalis*				4	8	22					34	680	10.69
5	Palma de coco	*Cocos nucifera*		5		1	2		2	15	2		27	540	8.49
6	Guaje	*Leucaena leucocephala*				10	10			1			21	420	6.60
7	Palo colorado	*Coulteria platyloba*										9	9	180	2.83
8	Sasanil	*Cordia dentata*		1	2		3	3					9	180	2.83
9	Campanilla	Malvaviscus arboreus				3					5		8	160	2.52
10	Suzuca	*Salpianthus arenarius*						3			5		8	160	2.52
11	Palo blanco	*Bravaisia integerrima*		4	2								6	120	1.89
12	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*			4		1						5	100	1.57
13	Mezquite	*Neltuma juliflora*		3	2								5	100	1.57
14	Piñón	*Jatropha curcas*										5	5	100	1.57
15	Limoncillo	*Bonellia macrocarpa*										2	2	40	0.63
16	Guayaba	*Psidium guajava*				1							1	20	0.31
	Total		**0**	**45**	**33**	**44**	**31**	**77**	**9**	**24**	**39**	**16**	**318**	**6,360**	**100.00**

Dominancia

Con base en el análisis de dominancia, a continuación, se presentan los resultados para los estratos presentes en la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia.

Estrato arbóreo

En lo que respecta a dominancia en altura; en el estrato arbóreo, las especies dominantes son: *Cocos nucifera* con una altura promedio de 23.08 m y una cobertura de 21.37 m^2, y *Mangifera indica* con una altura promedio de 20.00 m y una cobertura de 28.27 m^2, tal y como se muestra en la Tabla IV-34.

Estrato arbustivo

En lo que respecta a dominancia en altura; en el estrato arbustivo, las especies dominantes son: *Leucaena leucocephala* con una altura promedio de 3.70 m y una cobertura de 2.43 m^2, y *Vachellia hindsii* con una altura promedio de 3.51 m y una cobertura de 1.19 m^2, tal y como se muestra en la Tabla IV-35.

Los resultados completos para ambos estratos se presentan en las siguientes tablas.

Tabla IV-34. Altura promedio, diámetro promedio y cobertura por especie en la asociación de Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que se distribuye en el SAR para el estrato arbóreo.

No.	Nombre común	Nombre científico	Familia	Altura promedio (m)	Diámetro promedio (m)	Cobertura (m²)
1	Palma de coco	*Cocos nucifera*	Arecaceae	23.08	0.32	21.37
2	Mango	*Mangifera indica*	Anacardiaceae	20.00	24.83	28.27
3	Ciruelo	*Spondias purpurea*	Anacardiaceae	7.67	28.82	17.10
4	Palo colorado	*Coulteria platyloba*	Fabaceae	6.50	8.91	7.07
5	Palo de iguana	*Cenostigma eriostachys*	Fabaceae	6.50	9.87	7.07
6	Palo mulato	*Bursera simaruba*	Burseraceae	6.00	9.17	2.01
7	Palo blanco	*Bravaisia integerrima*	Acanthaceae	5.94	12.93	5.86
8	Cacahuananche	*Gliricidia sepium*	Fabaceae	5.90	12.11	5.68
9	Cornezuelo	*Vachellia hindsii*	Fabaceae	5.69	8.62	3.89
10	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	Fabaceae	5.50	8.15	4.91
11	Guaje	*Leucaena leucocephala*	Fabaceae	5.33	8.24	5.04
12	Timuche	*Pithecellobium lanceolatum*	Fabaceae	5.27	11.30	3.62
13	Piñón	*Jatropha curcas*	Euphorbiaceae	5.00	7.77	2.01
14	Sasanil	*Cordia dentata*	Boraginaceae	4.87	10.26	6.97
15	Primavera	*Tabebuia rosea*	Bignoniaceae	4.70	7.64	3.14
	Total			**117.94**	**168.94**	**124.03**

Tabla IV-35. Altura promedio, diámetro promedio y cobertura por especie en la asociación de Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que se distribuye en el SAR para el estrato arbustivo.

No.	Nombre común	Nombre científico	Familia	Altura promedio (m)	Diámetro promedio (m)	Cobertura (m²)
1	Guaje	*Leucaena leucocephala*	Fabaceae	3.70	0.00	2.43
2	Cornezuelo	*Vachellia hindsii*	Fabaceae	3.51	0.00	1.19
3	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	Fabaceae	2.91	0.00	1.48
4	Limoncillo	*Bonellia macrocarpa*	Primulaceae	2.85	0.00	2.01
5	Sasanil	*Cordia dentata*	Boraginaceae	2.56	0.00	1.29
6	Palo colorado	*Coulteria platyloba*	Fabaceae	2.54	0.00	1.26
7	Mezquite	*Neltuma juliflora*	Fabaceae	2.35	0.00	1.65
8	Timuche	*Pithecellobium lanceolatum*	Fabaceae	2.24	0.00	0.69
9	Piñón	*Jatropha curcas*	Euphorbiaceae	2.08	0.00	0.41
10	Palo blanco	*Bravaisia integerrima*	Acanthaceae	1.85	0.00	0.91
11	Suzuca	*Salpianthus arenarius*	Nyctaginaceae	1.57	0.00	1.63
12	Dormilona	*Mimosa quadrivalvis*	Fabaceae	1.18	0.00	0.87
13	Frijolillo	*Senna occidentalis*	Fabaceae	1.11	0.00	0.33
14	Guayaba	*Psidium guajava*	Myrtaceae	1.10	0.00	0.28
15	Palma de coco	*Cocos nucifera*	Arecaceae	0.81	0.00	0.16
16	Campanilla	Malvaviscus arboreus	Malvaceae	0.70	0.00	0.13
	Total			**33.08**	**0.00**	**16.74**

Índice de valor de importancia (IVI)

Mediante el cálculo de la Densidad relativa (Dr), Coeficiente Simple de Dominancia (CSD) y Frecuencia relativa (Fr), se estimó el IVI para la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que se desarrolla en el SAR, por lo que se obtuvieron los siguientes resultados para ambos estratos.

Estrato arbóreo

En el estrato arbóreo, de las 15 especies registradas, las que presentan mayor IVI son *Pithecellobium lanceolatum* con 49.70, *Cocos nucifera* con 45.95 y *Vachellia hindsii* con 36.31, tal y como se muestra en la Tabla IV-36.

Estrato arbustivo

En el estrato arbustivo, de las 16 especies registradas, las que presentan mayor IVI son *Pithecellobium lanceolatum* con 42.93, *Vachellia hindsii* con 40.10 y *Leucaena leucocephala* con 27.39, tal y como se muestra en la Tabla IV-37.

Los resultados completos para ambos estratos se presentan en las siguientes tablas.

Tabla IV-36. IVI estimado por especie en la asociación de Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que se distribuye en el SAR para el estrato arbóreo.

No.	Nombre común	Nombre científico	Densidad Relativa (%)	Coeficiente Simple de Dominancia (%)	Frecuencia Relativa (%)	Índice de valor de Importancia
1	Timuche	*Pithecellobium lanceolatum*	30.12	2.92	16.67	49.70
2	Palma de coco	*Cocos nucifera*	12.05	17.23	16.67	45.95
3	Cornezuelo	*Vachellia hindsii*	19.28	3.14	13.89	36.31
4	Sasanil	*Cordia dentata*	8.43	5.62	13.89	27.95
5	Mango	*Mangifera indica*	1.20	22.80	2.78	26.78
6	Ciruelo	*Spondias purpurea*	3.61	13.79	2.78	20.18
7	Palo blanco	*Bravaisia integerrima*	8.43	4.73	5.56	18.72
8	Guaje	*Leucaena leucocephala*	3.61	4.06	8.33	16.01
9	Cacahuananche	*Gliricidia sepium*	6.02	4.58	2.78	13.38
10	Palo colorado	*Coulteria platyloba*	1.20	5.70	2.78	9.68
11	Palo de iguana	*Cenostigma eriostachys*	1.20	5.70	2.78	9.68
12	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	1.20	3.96	2.78	7.94
13	Primavera	*Tabebuia rosea*	1.20	2.53	2.78	6.52
14	Palo mulato	*Bursera simaruba*	1.20	1.62	2.78	5.60
15	Piñón	*Jatropha curcas*	1.20	1.62	2.78	5.60
	Total		**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300.00**

Tabla IV-37. IVI estimado por especie en la asociación de Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que se distribuye en el SAR para el estrato arbustivo.

No.	Nombre común	Nombre científico	Densidad Relativa (%)	Coeficiente Simple de Dominancia (%)	Frecuencia Relativa (%)	Índice de valor de Importancia
1	Timuche	*Pithecellobium lanceolatum*	24.21	4.14	14.58	42.93
2	Cornezuelo	*Vachellia hindsii*	16.35	7.08	16.67	40.10
3	Guaje	*Leucaena leucocephala*	6.60	14.54	6.25	27.39
4	Dormilona	*Mimosa quadrivalvis*	15.41	5.23	6.25	26.89
5	Palma de coco	*Cocos nucifera*	8.49	0.99	12.50	21.98
6	Frijolillo	*Senna occidentalis*	10.69	2.00	6.25	18.94
7	Sasanil	*Cordia dentata*	2.83	7.73	8.33	18.89
8	Suzuca	*Salpianthus arenarius*	2.52	9.73	4.17	16.41
9	Mezquite	*Neltuma juliflora*	1.57	9.87	4.17	15.61
10	Limoncillo	*Bonellia macrocarpa*	0.63	12.01	2.08	14.73
11	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	1.57	8.87	4.17	14.61
12	Palo colorado	*Coulteria platyloba*	2.83	7.53	2.08	12.44
13	Palo blanco	*Bravaisia integerrima*	1.89	5.42	4.17	11.48
14	Campanilla	Malvaviscus arboreus	2.52	0.75	4.17	7.43
15	Piñón	*Jatropha curcas*	1.57	2.43	2.08	6.09
16	Guayaba	*Psidium guajava*	0.31	1.69	2.08	4.09
	Total		**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300.00**

Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') e Índice de equitatividad de Pielou (J')

Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H')

Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Magurran, 1988; Peet, 1974; Baev y Penev, 1995). Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988).

El índice de Shannon-Wiener se calcula empleando la siguiente fórmula:

$$H' = \sum pi/Ln(pi)$$, donde p es la proporción relativa de las i especies.

Con la aplicación de la formula anterior, se realizó el cálculo del índice de Shannon (H'), para cada uno de los estratos de la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que se desarrolla en el SAR definido para el proyecto.

De acuerdo con Magurran (1988), cuando los valores de este índice son inferiores a 1.5, el área evaluada es considerada de diversidad baja, en tanto que los valores mayores a 1.5 y hasta 3.0 se consideran como diversidad media, y los valores mayores a 3.0 se consideran como diversidad alta.

Índice de equitatividad de Pielou (J')

Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes y el 0 señala la ausencia de uniformidad (Magurran, 1988).

Los resultados para ambos índices se presentan a continuación:

Para el estrato arbóreo, los resultados de H' fueron de 2.13, mientras que, para el estrato arbustivo, se determinó un valor H' de 2.26. Teniendo en consideración lo anterior, con los resultados de la aplicación del índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'), la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia mantiene una diversidad biológica media para ambos estratos registrados (estrato arbóreo y arbustivo).

En lo que respecta al índice de Equitatividad (J'), tenemos que para el estrato arbóreo se obtuvo un valor de J' de 0.79, mientras que, para el estrato arbustivo se obtuvo un valor J' de 0.82. En resumen, tenemos que la Equitatividad de la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que se desarrolla en el SAR va de 0.79 a 0.82, esto quiere decir que, de manera general, las especies de todos los estratos se distribuyen de una manera uniforme; tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla IV-38. Índice de diversidad de Shannon (H') e índice de Pielou (J') calculado para el estrato arbóreo de la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que se distribuye en el SAR.

No.	Nombre común	Nombre científico	Densidad estimada tipo (Ind/Ha)	Densidad relativa (Pi)	Ln de Pi	Pi x Ln Pi
1	Timuche	*Pithecellobium lanceolatum*	167	0.30	-1.20	-0.36
2	Cornezuelo	*Vachellia hindsii*	107	0.19	-1.65	-0.32
3	Palma de coco	*Cocos nucifera*	67	0.12	-2.12	-0.25
4	Palo blanco	*Bravaisia integerrima*	47	0.08	-2.47	-0.21
5	Sasanil	*Cordia dentata*	47	0.08	-2.47	-0.21
6	Cacahuananche	*Gliricidia sepium*	33	0.06	-2.81	-0.17
7	Ciruelo	*Spondias purpurea*	20	0.04	-3.32	-0.12
8	Guaje	*Leucaena leucocephala*	20	0.04	-3.32	-0.12
9	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	7	0.01	-4.42	-0.05
10	Mango	*Mangifera indica*	7	0.01	-4.42	-0.05
11	Palo colorado	*Coulteria platyloba*	7	0.01	-4.42	-0.05
12	Palo de iguana	*Cenostigma eriostachys*	7	0.01	-4.42	-0.05
13	Palo mulato	*Bursera simaruba*	7	0.01	-4.42	-0.05

No.	Nombre común	Nombre científico	Densidad estimada tipo (Ind/Ha)	Densidad relativa (Pi)	Ln de Pi	Pi x Ln Pi
14	Piñón	*Jatropha curcas*	7	0.01	-4.42	-0.05
15	Primavera	*Tabebuia rosea*	7	0.01	-4.42	-0.05
	Total		**553**	**1.00**		**2.13**
	Riqueza			**15.00**	**Índice de Diversidad de Shannon (H')**	
	Hmax= Ln S			**2.71**		
	Equitatividad (J´)		**H/Hmax=**	**0.79**		

Tabla IV-39. Índice de diversidad de Shannon (H') e índice de Pielou (J') calculado para el estrato arbustivo de la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que se distribuye en el SAR.

No.	Nombre común	Nombre científico	Densidad estimada tipo (Ind/Ha)	Densidad relativa (Pi)	Ln de Pi	Pi x Ln Pi
1	Timuche	*Pithecellobium lanceolatum*	1,540	0.24	-1.42	-0.34
2	Cornezuelo	*Vachellia hindsii*	1,040	0.16	-1.81	-0.30
3	Dormilona	*Mimosa quadrivalvis*	980	0.15	-1.87	-0.29
4	Frijolillo	*Senna occidentalis*	680	0.11	-2.24	-0.24
5	Palma de coco	*Cocos nucifera*	540	0.08	-2.47	-0.21
6	Guaje	*Leucaena leucocephala*	420	0.07	-2.72	-0.18
7	Palo colorado	*Coulteria platyloba*	180	0.03	-3.56	-0.10
8	Sasanil	*Cordia dentata*	180	0.03	-3.56	-0.10
9	Campanilla	Malvaviscus arboreus	160	0.03	-3.68	-0.09
10	Suzuca	*Salpianthus arenarius*	160	0.03	-3.68	-0.09
11	Palo blanco	*Bravaisia integerrima*	120	0.02	-3.97	-0.07
12	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	100	0.02	-4.15	-0.07
13	Mezquite	*Neltuma juliflora*	100	0.02	-4.15	-0.07
14	Piñón	*Jatropha curcas*	100	0.02	-4.15	-0.07
15	Limoncillo	*Bonellia macrocarpa*	40	0.01	-5.07	-0.03
16	Guayaba	*Psidium guajava*	20	0.00	-5.76	-0.02
	Total		**6,360**	**1.00**		**2.26**
	Riqueza			**16.00**	**Índice de Diversidad de Shannon (H')**	
	Hmax= Ln S			**2.77**		
	Equitatividad (J´)		**H/Hmax=**	**0.82**		

Los resultados completos de flora silvestre tanto en el estrato arbóreo como arbustivo se integran en el Anexo Digital **G.**

Pastizal cultivado - PC

Dentro de la clasificación de los usos de suelo y/o vegetación definidos por INEGI (2021), se incluye el grupo o tipo de agroecosistemas, estos son los diferentes tipos de agricultura y actividades acuícolas que conforman la información agrícola, pecuaria y forestal, siendo para este caso el Pastizal cultivado.

En este uso de suelo y/o vegetación dentro del SAR se relaciona a superficies donde se presentan tierras de cultivo con especies de pastos con fines productivos, como pueden ser forrajeras o alimento para ganado.

Al interior del SAR este uso de suelo y/o vegetación se desarrolla a través de una superficie de 6,941.767 ha, que corresponde al 21.11% de la superficie total.

Agricultura de temporal permanente - TP

Dentro de la clasificación de los usos de suelo y/o vegetación definidos por INEGI (2021), se incluye el grupo o tipo de agroecosistemas, estos son los diferentes tipos de agricultura y actividades acuícolas que conforman la información agrícola, pecuaria y forestal, siendo para este caso de Agricultura de temporal permanente.

En este uso de suelo y/o vegetación dentro del SAR se relaciona a superficies donde se presentan tierras de agricultura donde su temporalidad puede ser como marca INEGI (2021), desde temporal a permanente, donde la ocupación del terreno para cultivo es mayor de cinco años.

Al interior del SAR este uso de suelo y/o vegetación se desarrolla a través de una superficie de 3,603.815 ha, que corresponde al 10.96% de la superficie total.

Cuerpo de agua - H2O

Clasificado por el INEGI (2021) como Cuerpo de agua, este no es un tipo de comunidad vegetal en sí, sin embargo, esta superficie corresponde a la extensión de la Laguna de Coyuca del estado de Guerrero.

Al interior del SAR este uso de suelo y/o vegetación se desarrolla a través de una superficie de 3,171.721 ha, que corresponde al 9.64% de la superficie total.

Asentamientos humanos - AH

Clasificado por el INEGI (2021) como Asentamientos humanos, este no es un tipo de comunidad vegetal en sí, sin embargo, esta superficie corresponde a la extensión de la ciudad de Acapulco, sus colonias, manzanas y calles, donde se habita, trabaja y desarrollan actividades económicas.

Al interior del SAR este uso de suelo y/o vegetación se desarrolla a través de una superficie de 2,335.166 ha, que corresponde al 7.10% de la superficie total, y siendo uno en los cuales pasa el AP.

Manglar - VM

De acuerdo con lo descrito por el INEGI (2021), se define este uso de suelo y/o vegetación como una comunidad densa, dominada principalmente por un grupo de especies arbóreas conocidas como mangles en zonas con climas cálidos húmedos y subhúmedos y de muy baja altitud. Este tipo de comunidad se desarrolla en las márgenes de escenarios como lagunas costeras y esteros, así como en desembocaduras de ríos y arroyos, además de las partes bajas y fangosas de las costas relacionándose a suelos profundos, en sitios inundados sin tanta actividad por parte del oleaje o con agua estancada.

En las comunidades de mangles se destaca un rasgo relacionado a la presencia de raíces en forma de zancos, o bien, de neumatóforos, característica que les permite estar en contacto con agua salobre sin ser necesariamente plantas de tipo halófitas (INEGI, 2021).

En relación a las especies, estas son perennifolias y el estrato dominante como se menciona es el arbóreo, aunque también pueden presentarse en subarbóreo o hasta arbustivo, donde las alturas pueden variar desde uno hasta 30 metros (INEGI, 2021). En México predominan cuatro especies en los mangles, estos son mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle salado (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), las cuales, en algunas ocasiones diferentes especies pueden estar asociadas entre sí, pero con diferencias en cuanto al grado de dominancia.

Al interior del SAR este uso de suelo y/o vegetación se desarrolla a través de una superficie de 1,224.394 ha, que corresponde al 3.72% de la superficie total.

Selva mediana subperennifolia - SMQ

De acuerdo con lo descrito por el INEGI (2021), se define este uso de suelo y/o vegetación en donde, los componentes arbóreos pierden de manera estacional su follaje en un 25 a 50%, su desarrollo es en lugares con climas cálido-húmedos y subhúmedos, Aw para las porciones más secas, Am para las más húmedas y Cw en menor proporción. Con temperaturas típicas entre 20 y 28 °C. La precipitación total anual del orden de 1,000 a 1,600 mm. Se le puede localizar entre los 0 a 1,300 m de altitud (INEGI, 2021).

Este tipo de comunidad vegetal ocupa lugares con pendiente moderada con drenaje superficial más rápido o bien, sobre regiones planas, pero ligeramente más secas; los árboles de esta comunidad comprenden contrafuertes y por lo general poseen muchas epífitas y lianas con alturas de 25 a 30 metros, alcanzando un diámetro a

la altura del pecho menor que los de selva alta perennifolia, aún siendo de la misma especie (INEGI, 2021).

Especies importantes para este tipo de comunidad se encuentran *Lysiloma latisiliquum*, *Brosimum alicastrum* (ox, ramón, capomo), *Bursera simaruba* (chaka', palo mulato, jiote, copal), *Manilkara zapota* (ya', zapote, chicozapote), *Lysiloma* spp. (tsalam, guaje, tepeguaje), *Vitex gaumeri* (yaaxnik), *Terminalia buceras* (pukte), *Alseis yucatanensis* (jaasché), *Psidium sartorianum* (pichiche'). Las epífitas más comunes son algunos helechos y musgos, abundantes orquídeas, bromeliáceas y aráceas.

Al interior del SAR este uso de suelo y/o vegetación se desarrolla a través de una superficie de 983.786 ha, que corresponde al 2.99% de la superficie total.

Selva baja caducifolia - SBC

De acuerdo con lo descrito por el INEGI (2021), se define este uso de suelo y/o vegetación el cual, se desarrolla en condiciones climáticas en donde predominan los tipos cálidos subhúmedos, semisecos o subsecos, siendo el más común el Aw, aunque también pueden presentarse los tipos BS y Cw; las temperaturas en las regiones donde se distribuyen pueden ir desde los 18 a 28°C y precipitaciones que van desde los 300 a 1,500 mm, con una estación seca bien marcada.

Este tipo de comunidad se le puede encontrar desde el nivel del mar hasta unos 1,900 m, y en raras ocasiones hasta 2,000 m de altitud principalmente sobre laderas de cerros con suelos de buen drenaje (INEGI, 2021).

Entre los componentes del estrato arbóreo, en esta comunidad se presenta baja altura con máximas de 15 m; para el caso del estrato herbáceo, es bastante reducido y solo se puede apreciar después de que ha empezado la temporada de lluvias, donde retoñan o germinan especies herbáceas; para el caso de las plantas crasas

y suculentas, se encuentran los géneros *Agave*, *Opuntia*, *Stenocereus* y *Cephalocereus* (INEGI, 2021).

En referencia a tipo de especies, en la selva baja caducifolia pueden presentarse *Bursera simaruba* (chaka, palo mulato); *Bursera* sp. (cuajiote, papelillo, copal, chupandia); *Lysiloma* sp. (tsalam, tepeguaje); *Jacaratia* mexicana (bonete); *Ceiba* sp. (yaaxche, pochote); *Bromelia pinguin* (chom); *Pithecellobium keyense* (chukum); *Ipomoea* sp. (cazahuate); *Pseudobombax* sp. (amapola, clavellina); *Cordia* sp. (ciricote, cuéramo); *Havardia acatlensis* (barbas de chivo); *Amphipterygium adstringens* (cuachalalá); *Leucaena leucocephala* (waxim, guaje); *Erythrina* sp. (colorín), *Lysiloma divaricatum*, *Ocotea tampicensis*, *Acacia coulteri*, *Beaucarnea inermis*, *Lysiloma acapulcense*, *Zuelania guidonia*, *Pseudophoenix sargentii* (kuká), *Beaucarnea pliabilis*, *Guaiacum sancturm*, *Plumeria obtusa*, *Caesalpinia vesicaria*, *Ceiba aesculifolia*, *Diospyros cuneata*, *Hampea trilobata*, *Maclura tinctoria*, *Metopium brownei*, *Parmenteria aculeata*, *Piscidia piscipula*, *Alvaradoa amorphoides* (camarón o plumajillo), *Heliocarpus terebinthinaceus* (namo), *Fraxinus purpusii* (aciquité o saucillo), *Lysiloma acapulcense* (tepeguaje), *Haematoxylum campechianum*, *Ceiba acuminata* (mosmot o lanita), *Cochlospermum vitifolium*, *Pistacia mexicana* (achín), *Bursera bipinnata* (copalillo), *Sideroxylon celastrinum* (rompezapote), *Gyrocarpus jatrophifolius* (tincui, San Felipe), *Swietenia humilis* (caoba), *Bucida machrostachya toro*), (cojambomó montaña), *Lonchocarpus* (cacho de *Euphorbia pseudofulva* De *longipedicellatus*, *Hauya microcerata* (yoá), *Colubrina arborescens* (cascarillo) *Lonchocarpus minimiflorus* (ashicana), *Ficus aurea* (higo), *Gymnopodium floribundum* (aguana), *Leucanea collinsii* (guaje), *Leucanea esculenta* (guaje blanco), *Lysiloma microphyllum*, *Jatropha cinerea*, *Cyrtocarpa edulis*, *Bursera laxiflora*, *Lysiloma candidum*, *Cercidium peninsulare*, *Leucaena lanceolata*, *Senna atomaria*, *Prosopis palmeri*, *Esenbeckia flava*, *Sebastiania bilocularis*, *Bursera microphylla*, *Plumeria rubra*, *Bursera odorata*, *Bursera excelsa var. Favonialis* (copal), *Bursera fagaroides var. elongata* y *Bursera fagaroides var. purpusii*, *Comocladia engleriana*, *Cyrtorcarpa procera*, *Lonchocarpus eriocarinalis*,

Pseudosmodingium perniciosum, *Spondias purpurea*, Trichilia americana, *Bursera longipes*, *B. morelensis, B. fagaroides*, *B. lancifolia*, *B. copallifera*, *B. vejarvazquesii*, *B. submoniliformis*, *B. bipinnata*, *B. bicolor*, *Ceiba aesculifolia subsp*. *parvifolia*, *Ipomoea murucoides*, *Merremia aegyptia,* I. *wolcottiana, I. arborescens Crateva palmeri*. *Brahea dulcis* (palma de sombrero), *Thevetia ovata*, *Indigofera platycarpa*, *Calliandra grandiflora*, *Celtis iguanaea*, *Diphysa floribunda*, *Bonelllia macrocarpa*, *Malpighia mexicana Pseudobombax ellipticum*, *C*. *tapia*, *Guazuma ulmifolia*, *Cordia dentata*, *Parkinsonia florida*, *Acacia farnesiana*, *Prosopis laevigata*, *Licania arborea*, *Prosopis juliflora*, *Pithecellobium dulce*, *Zygia conzattii*, *Achatocarpus nigricans* (limoncillo), *Coccoloba caracasana* (papaturro), C. *floribundia* (carnero), *Randia armata* (crucecita), *Rauvolfia tetraphylla* (coralillo), *Trichilia hirta*, *T*. *trifolia* (mapahuite); además, de cactáceas como *Pereskia lychnidiflora*, *Pachycereus* sp. (cardón); *Stenocereus* sp., *Cephalocereus* spp, *Pilosocereus gaumeri*, *Stenocereus griseus*, *Acanthocereus tetragonus*, *Pachycereus pecten-aboriginum* y *Pterocereus gaumeri*. Los bejucos son abundantes y las plantas epífitas se reducen principalmente a pequeñas bromeliáceas como *Tillandsia* sp., cactáceas y algunas orquídeas (INEGI, 2021).

Al interior del SAR este uso de suelo y/o vegetación se desarrolla a través de una superficie de 958.070 ha, que corresponde al 2.91% de la superficie total.

Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subcaducifolia - VSA/SMS

Este uso de suelo y/o vegetación refiere a vegetación eliminada y/o alterada en algún momento de su desarrollo surgiendo una comunidad vegetal con composición heterogénea de estrato arbóreo con las características de la selva mediana subcaducifolia que se presentan a continuación.

La comunidad de selva mediana subcaducifolia se desarrolla en regiones cálidas subhúmedas con lluvias en verano, donde la precipitación anual oscila entre 1,000 a 1,250 mm y con temperatura media anual de 25.9 a 26.6°C y con una temporada

seca bien definida y prolongada; los climas que prosperan son los Am más secos y preferentemente los Aw (INEGI, 2021).

En esta comunidad vegetal, se presenta en su máximo desarrollo con árboles de altura máxima de entre 25 a 30 metros, donde la densidad de los árboles es mucho menor que la de las selvas altas perennifolias y subperennifolias, sin embargo, a mitad de la temporada de lluvias en la época de mayor desarrollo de follaje, la cobertura puede ser lo suficientemente densa para disminuir fuertemente la incidencia de la luz solar en el suelo (INEGI, 2021).

Las especies importantes que pueden presentarse en la comunidad vegetal de la selva mediana subcaducifolia son *Hymenaea courbaril* (guapinol, capomo), *Hura polyandra* (jabillo, habillo), *Brosimum alicastrum* (ox, ramón, capomo, ojoche), *Lysiloma latisiliquum*, *Enterolobium cyclocarpum* (pich, parota, orejón), *Piscidia piscipula* (habin), *Bursera simaruba* (chaka, palo mulato), *Agave* sp. (ki), *Vitex gaumeri* (yaaxnik), *Ficus* spp. (amate), *Aphananthe monoica*, *Astronium graveolens*, *Bernoullia flammea*, *Sideroxylon cartilagineum*, *Bursera arborea*, *Calophyllum brasiliense*, *Cordia alliodora*, *C. elaeagnoides*, *Tabebuia donnell-smithii*, *Dendropanax arboreus*, *Ficus cotinifolia*, *F. obtusifolia*, *F. maxima*, *Luehea candida*, *Lysiloma divaricatum*, *Sideroxylon capiri*, *Attalea cohune*, *Swietenia humilis*, *Tabebuia impetiginosa*, *T. rosea*, *Acacia polyphylla*, *Apoplanesia paniculata*, *Bursera excelsa Trichospermum mexicanum*, *Jacaratia mexicana*, *Ceiba aesculifolia*, *Croton draco*, *Coccoloba barbadensis*, *Cordia seleriana*, *Cupania glabra*, *Esenbeckia berlandieri*, *Eugenia michoacanensis*, *Euphorbia fulva*, *Exothea paniculata*, *Forchhammeria pallida*, *Inga laurina*, *Jatropha peltata*, *Haematoxylum campe chianum Plumeria rubra*, *Licania arborea*, *Psidium sartorianum*, *Swartzia simplex*, *Annona purpurea Lonchocarpus lanceolatus*, *Diospyros digyna*, *Pithecellobium dulce*, *P. lanceolatum*, *Annona reticulata*, *Gyrocarpus jatrophifolius*, *Sideroxylon persimile*, *Godmania aesculifolia*, *Manilkara zapota*, *Vitex mollis*, *Calycophyllum candidissimum*, *Pterocarpus acapulcensis*, *Lafoensia punicifolia*,

Andira inermis, *Morisonia americana*, *Homalium trichostemon Poeppigia procera*, *Tabebuia impetiginosa*, *Couepia polyandra*, *Erythroxylum areolatum*, *Dalbergia granadillo*, *Hauya elegans* (yoá); *Ficus crocata* (amate), *Platymiscium dimorphandrum* (hormiguillo), *Guettarda combsii* (palo de tapón de pumpo), *Wimmeria bartlettii* (hoja menuda de montaña), *Ulmus mexicana*, *Maclura tinctoria* y *Myroxylon balsamum*, *Ceiba pentandra*, *Sideroxylon foetidissimum*, *Caesalpinia gaumeri*, *Cedrela odorata*, *Alseis yucatanensis*, *Spondias mombin*, *Pseudobombax ellipticum*, *Astronium graveolens*, y *Vitex hemsleyi*. Las formas de vida epífitas y las plantas trepadoras, así como el estrato herbáceo son reducidos en comparación con ambientes mucho más mesófilos. Como epífitas están algunas aráceas como *Anthurium tetragonum*, bromeliáceas como *Tillandsia brachycaulos* y orquídeas como *Catasetum integerrimum* (INEGI, 2021).

Al interior del SAR este uso de suelo y/o vegetación se desarrolla a través de una superficie de 695.575 ha, que corresponde al 2.12% de la superficie total.

Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subcaducifolia - VSa/SMS

Este uso de suelo y/o vegetación refiere a vegetación eliminada y/o alterada en algún momento de su desarrollo surgiendo una comunidad vegetal con composición heterogénea de estrato arbustivo con las características de la selva mediana subcaducifolia que se presentan a continuación.

La comunidad de selva mediana subcaducifolia se desarrolla en regiones cálidas subhúmedas con lluvias en verano, donde la precipitación anual oscila entre 1,000 a 1,250 mm y con temperatura media anual de 25.9 a 26.6°C y con una temporada seca bien definida y prolongada; los climas que prosperan son los Am más secos y preferentemente los Aw (INEGI, 2021).

En esta comunidad vegetal, se presenta en su máximo desarrollo con árboles de altura máxima de entre 25 a 30 metros, donde la densidad de los árboles es mucho

menor que la de las selvas altas perennifolias y subperennifolias, sin embargo, a mitad de la temporada de lluvias en la época de mayor desarrollo de follaje, la cobertura puede ser lo suficientemente densa para disminuir fuertemente la incidencia de la luz solar en el suelo (INEGI, 2021).

Las especies importantes que pueden presentarse en la comunidad vegetal de la selva mediana subcaducifolia son *Hymenaea courbaril* (guapinol, capomo), *Hura polyandra* (jabillo, habillo), *Brosimum alicastrum* (ox, ramón, capomo, ojoche), *Lysiloma latisiliquum*, *Enterolobium cyclocarpum* (pich, parota, orejón), *Piscidia piscipula* (habin), *Bursera simaruba* (chaka, palo mulato), *Agave* sp. (ki), *Vitex gaumeri* (yaaxnik), *Ficus* spp. (amate), *Aphananthe monoica*, *Astronium graveolens*, *Bernoullia flammea*, *Sideroxylon cartilagineum*, *Bursera arborea*, *Calophyllum brasiliense*, *Cordia alliodora*, *C. elaeagnoides*, *Tabebuia donnell-smithii*, *Dendropanax arboreus*, *Ficus cotinifolia*, *F. obtusifolia*, *Luehea candida*, *Lysiloma divaricatum*, *Sideroxylon capiri*, *Attalea cohune*, *Swietenia humilis*, *Tabebuia impetiginosa*, *T. rosea*, *Acacia polyphylla*, *Apoplanesia paniculata*, *Bursera excelsa Trichospermum mexicanum*, *Jacaratia mexicana*, *Ceiba aesculifolia*, *Croton draco*, *Coccoloba barbadensis*, *Cordia seleriana*, *Cupania glabra*, *Esenbeckia berlandieri*, *Eugenia michoacanensis*, *Euphorbia fulva*, *Exothea paniculata*, *Forchhammeria pallida*, *Inga laurina*, *Jatropha peltata*, *Haematoxylum campe chianum Plumeria rubra*, *Licania arborea*, *Psidium sartorianum*, *Swartzia simplex*, *Annona purpurea Lonchocarpus lanceolatus*, *Pithecellobium dulce*, *P. lanceolatum*, *Annona reticulata*, *Gyrocarpus jatrophifolius*, *Sideroxylon persimile*, *Godmania aesculifolia*, *Manilkara zapota*, *Calycophyllum candidissimum*, *Dalbergia granadillo*, *Hauya elegans* (yoá); *Ficus crocata* (amate), *Platymiscium dimorphandrum* (hormiguillo), *Guettarda combsii* (palo de tapón de pumpo), *Wimmeria bartlettii* (hoja menuda de montaña), *Maclura tinctoria* y *Myroxylon balsamum*, *Ceiba pentandra*, *Sideroxylon foetidissimum*, *Caesalpinia gaumeri*, *Cedrela odorata*, *Pseudobombax ellipticum*, *Astronium graveolens*, y *Vitex hemsleyi*. Las formas de vida epífitas y las plantas trepadoras, así como el estrato herbáceo son reducidos en comparación con

ambientes mucho más mesófilos. Como epífitas están algunas aráceas como *Anthurium tetragonum*, bromeliáceas como *Tillandsia brachycaulos* y orquídeas como *Catasetum integerrimum* (INEGI, 2021).

Al interior del SAR este uso de suelo y/o vegetación se desarrolla a través de una superficie de 641.501 ha, que corresponde al 1.95% de la superficie total.

Agricultura de temporal anual y permanente - TAP

Dentro de la clasificación de los usos de suelo y/o vegetación definidos por INEGI (2021), se incluye el grupo o tipo de agroecosistemas, estos son los diferentes tipos de agricultura y actividades acuícolas que conforman la información agrícola, pecuaria y forestal, siendo para este caso de Agricultura de temporal anual y permanente.

En los cultivos de temporal anual y permanente, donde, en los temporales se definen cuando el agua es necesaria para su desarrollo vegetativo y es suministrada por la lluvia, mientras que, para el caso de la duración, en los permanentes se definen cuando la duración del cultivo es superior a diez años (INEGI, 2021).

Al interior del SAR este uso de suelo y/o vegetación se desarrolla a través de una superficie de 547.655 ha, que corresponde al 1.67% de la superficie total, y siendo uno en los cuales pasa el AP.

Sin vegetación aparente - DV

De acuerdo con lo señalado por el INEGI (2021), dentro de la clasificación de los usos de suelo y/o vegetación, Sin vegetación aparente se define como aquellos elementos que no forman parte de la cobertura vegetal ni de las área manejadas; entre estas, pueden ser eriales, depósitos litorales, y bancos de ríos que se encuentran desprovistos de vegetación o que ésta no es aparente, debido a que su presencia o tamaño no les permiten ser cartografiable y no se le pueda considerar

bajo algún concepto de comunidad vegetal (INEGI, 2009).

Al interior del SAR este uso de suelo y/o vegetación se desarrolla a través de una superficie de 437.781 ha, que corresponde al 1.33% de la superficie total, y siendo uno en los cuales pasa el AP.

Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino - VSA/BP

Este uso de suelo y/o vegetación refiere a vegetación eliminada y/o alterada en algún momento de su desarrollo surgiendo una comunidad vegetal con composición heterogénea de estrato arbóreo con las características del bosque de pino que se presentan a continuación.

Este uso de suelo y/o vegetación se desarrolla en las cadenas montañosas de todo el país, desde la Península de Baja california hasta Chiapas y una pequeña parte de Quintana Roo, donde los climas que se exponen son templados y semicálidos subhúmedos con lluvias en verano con temperatura media anual que varía entre 6 y 28° C, y precipitación que oscila entre 350 y 1,200 mm (INEGI, 2021).

En los árboles de pino poseen hojas perennifolias, con una época de floración y fructificación heterogénea debido a las diferentes condiciones climáticas donde se presenta (INEGI, 2021).

En referencia a las especies, en este tipo de comunidad pueden presentarse especies comunes como pino chino (*Pinus leiophylla*), pino (*P. hartwegii*), ocote blanco (*P. montezumae*), pino lacio (*P. pseudostrobus*), pino escobetón (*P. devoniana*), pino chino (*P. teocote*), ocote trompillo (*P. oocarpa*), pino ayacahuite (*P.ayacahuite*), pino (*P. pringlei*), *P. durangensis*, *P. leiophylla var. chihuahuana*, *P.* engelmannii, *P. lawsonii*, *P. pseudostrobus var. apulcensis*.

Al interior del SAR este uso de suelo y/o vegetación se desarrolla a través de una superficie de 251.484 ha, que corresponde al 0.76% de la superficie total.

Bosque de encino - BQ

De acuerdo a lo descrito por INEGI (2021), esta comunidad vegetal es común en casi todo el país, distribuyéndose en zonas con climas cálidos, templados húmedos, subhúmedos a secos, con temperaturas anuales que van de los 10 a 26°C y una precipitación media anual que varía de 350 a 2,000 mm.

En relación al tamaño, en este tipo de comunidad vegetal, los árboles varían desde los 4 a 30 metros de altura y los que hay desde bosques a muy densos (INEGI, 2021).

Este tipo de bosque se define como una transición entre los bosques de coníferas y las selvas, comúnmente relacionado con los bosques de pino, formando una serie de mosaicos complejos (INEGI, 2021).

En esta comunidad vegetal se encuentra conformada por diferentes especies de encinos o robles del género Quercus; por otra parte, las especies más comunes son el encino laurelillo (*Quercus laurina*), el encino nopis (*Q. magnoliifolia*), el encino blanco (*Q. candicans*), el roble (*Q. crassifolia*), el encino quebracho (*Q. rugosa*), el encino tesmolillo (*Q. crassipes*), el encino cucharo (*Q. urbanii*), el charrasquillo (*Q. microphylla*), el encino colorado (*Q. castanea*), el encino prieto (*Q. laeta*), el laurelillo (*Q. mexicana*), *Q. glaucoides*, *Q. scytophylla* y en zona tropicales *Quercus oleoides*. Son árboles perennifolios o caducifolios con un periodo de floración y fructificación variable, aunque generalmente la floración se da en la época seca del año de diciembre a marzo, y los frutos maduran entre junio y agosto.

Al interior del SAR este uso de suelo y/o vegetación se desarrolla a través de una superficie de 216.460 ha, que corresponde al 0.66% de la superficie total.

Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino - VSa/BQ

Este uso de suelo y/o vegetación refiere a vegetación eliminada y/o alterada en algún momento de su desarrollo surgiendo una comunidad vegetal con composición heterogénea de estrato arbustivo con las características del bosque de encino que se presentan a continuación.

De acuerdo a lo descrito por INEGI (2021), el bosque de encino es común en casi todo el país, distribuyéndose en zonas con climas cálidos, templados húmedos, subhúmedos a secos, con temperaturas anuales que van de los 10 a 26°C y una precipitación media anual que varía de 350 a 2,000 mm.

En relación al tamaño, en este tipo de comunidad vegetal, los árboles varían desde los 4 a 30 metros de altura y los que hay desde bosques a muy densos (INEGI, 2021).

Este tipo de bosque se define como una transición entre los bosques de coníferas y las selvas, comúnmente relacionado con los bosques de pino, formando una serie de mosaicos complejos (INEGI, 2021).

En esta comunidad vegetal se encuentra conformada por diferentes especies de encinos o robles del género Quercus; por otra parte, las especies más comunes son el encino laurelillo (*Quercus laurina*), el encino nopis (*Q. magnoliifolia*), el encino blanco (*Q. candicans*), el roble (*Q. crassifolia*), el encino quebracho (*Q. rugosa*), el encino tesmolillo (*Q. crassipes*), el encino cucharo (*Q. urbanii*), el charrasquillo (*Q. microphylla*), el encino colorado (*Q. castanea*), el encino prieto (*Q. laeta*), el laurelillo (*Q. mexicana*), *Q. glaucoides*, *Q. scytophylla* y en zona tropicales *Quercus oleoides*. Son árboles perennifolios o caducifolios con un periodo de floración y fructificación variable, aunque generalmente la floración se da en la época seca del año de diciembre a marzo, y los frutos maduran entre junio y agosto.

Al interior del SAR este uso de suelo y/o vegetación se desarrolla a través de una superficie de 200.015 ha, que corresponde al 0.61% de la superficie total.

Tular - VT

De acuerdo a lo descrito por INEGI (2021), el tular se define como una comunidad de plantas acuáticas, distribuida principalmente en altiplanicies y llanuras costeras en sitios con climas que van desde cálidos hasta templados, con amplios rangos de temperatura, precipitación y altitud.

Esta comunidad se desarrolla en lagunas y lagos de agua dulce o salada con escasa profundidad, así como en áreas pantanosas, canales y remansos de ríos, donde las plantas viven arraigadas en el fondo y constituyen masas densas con hojas largas y angostas, formando un solo estrato herbáceo de 0.8 a 2.5 m de altura (INEGI, 2021).

Dentro del tular se constituyen plantas como tule (*Typha* spp.), y tulillo (*Scirpus* spp.), pero también incluye a los llamados carrizales de *Phragmites australis* y de *Arundo donax* y a los "saibadales" de *Cladium jamaicense* del sureste del país (INEGI, 2021).

Al interior del SAR este uso de suelo y/o vegetación se desarrolla a través de una superficie de 175.108 ha, que corresponde al 0.53% de la superficie total.

Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia - VSa/SMQ

Este uso de suelo y/o vegetación refiere a vegetación eliminada y/o alterada en algún momento de su desarrollo surgiendo una comunidad vegetal con composición heterogénea de estrato arbustiva con las características de la selva mediana subperennifolia que se presentan a continuación.

De acuerdo a lo descrito por el INEGI (2021), en la selva mediana subperennifolia los componentes arbóreos pierden de manera estacional su follaje en un 25 a 50%, su desarrollo es en lugares con climas cálido-húmedos y subhúmedos, Aw para las porciones más secas, Am para las más húmedas y Cw en menor proporción. Con

temperaturas típicas entre 20 y 28 °C. La precipitación total anual del orden de 1,000 a 1,600 mm. Se le puede localizar entre los 0 a 1,300 m de altitud (INEGI, 2021).

Este tipo de comunidad vegetal ocupa lugares con pendiente moderada con drenaje superficial más rápido o bien, sobre regiones planas, pero ligeramente más secas; los árboles de esta comunidad comprenden contrafuertes y por lo general poseen muchas epífitas y lianas con alturas de 25 a 30 metros, alcanzando un diámetro a la altura del pecho menor que los de selva alta perennifolia, aun siendo de la misma especie (INEGI, 2021).

Especies importantes para este tipo de comunidad se encuentran *Lysiloma latisiliquum*, *Brosimum alicastrum* (ox, ramón, capomo), *Bursera simaruba* (chaka', palo mulato, jiote, copal), *Manilkara zapota* (ya', zapote, chicozapote), *Lysiloma* spp. (tsalam, guaje, tepeguaje), *Vitex gaumeri* (yaaxnik), *Terminalia buceras* (pukte), *Alseis yucatanensis* (jaasché), *Psidium sartorianum* (pichiche'). Las epífitas más comunes son algunos helechos y musgos, abundantes orquídeas, bromeliáceas y aráceas.

Al interior del SAR este uso de suelo y/o vegetación se desarrolla a través de una superficie de 160.581 ha, que corresponde al 0.49% de la superficie total.

Selva mediana subcaducifolia - SMS

De acuerdo a lo descrito por el INEGI (2021), la comunidad de la selva mediana subcaducifolia se desarrolla en regiones cálidas subhúmedas con lluvias en verano, donde la precipitación anual oscila entre 1,000 a 1,250 mm y con temperatura media anual de 25.9 a 26.6°C y con una temporada seca bien definida y prolongada; los climas que prosperan son los Am más secos y preferentemente los Aw.

En esta comunidad vegetal, se presenta en su máximo desarrollo con árboles de altura máxima de entre 25 a 30 metros, donde la densidad de los árboles es mucho menor que la de las selvas altas perennifolias y subperennifolias, sin embargo, a

mitad de la temporada de lluvias en la época de mayor desarrollo de follaje, la cobertura puede ser lo suficientemente densa para disminuir fuertemente la incidencia de la luz solar en el suelo (INEGI, 2021).

Las especies importantes que pueden presentarse en la comunidad vegetal de la selva mediana subcaducifolia son *Hymenaea courbaril* (guapinol, capomo), *Hura polyandra* (jabillo, habillo), *Brosimum alicastrum* (ox, ramón, capomo, ojoche), *Lysiloma latisiliquum*, *Enterolobium cyclocarpum* (pich, parota, orejón), *Piscidia piscipula* (habin), *Bursera simaruba* (chaka, palo mulato), *Agave* sp. (ki), *Vitex gaumeri* (yaaxnik), *Ficus* spp. (amate), *Aphananthe monoica*, *Astronium graveolens*, *Bernoullia flammea*, *Sideroxylon cartilagineum*, *Bursera arborea*, *Calophyllum brasiliense*, *Cordia alliodora*, *C. elaeagnoides*, *Tabebuia donnell-smithii*, *Dendropanax arboreus*, *Ficus cotinifolia*, *F. obtusifolia*, *F. maxima*, *Luehea candida*, *Lysiloma divaricatum*, *Sideroxylon capiri*, *Attalea cohune*, *Swietenia humilis*, *Tabebuia impetiginosa*, *T. rosea*, *Acacia polyphylla*, *Apoplanesia paniculata*, *Bursera excelsa Trichospermum mexicanum*, *Jacaratia mexicana*, *Ceiba aesculifolia*, *Croton draco*, *Coccoloba barbadensis*, *Cordia seleriana*, *Cupania glabra*, *Esenbeckia berlandieri*, *Eugenia michoacanensis*, *Euphorbia fulva*, *Exothea paniculata*, *Forchhammeria pallida*, *Inga laurina*, *Jatropha peltata*, *Haematoxylum campe chianum Plumeria rubra*, *Licania arborea*, *Psidium sartorianum*, *Swartzia simplex*, *Annona purpurea Lonchocarpus lanceolatus*, *Diospyros digyna*, *Pithecellobium dulce*, *P. lanceolatum*, *Annona reticulata*, *Gyrocarpus jatrophifolius*, *Sideroxylon persimile*, *Godmania aesculifolia*, *Manilkara zapota*, *Vitex mollis*, *Calycophyllum candidissimum*, *Pterocarpus acapulcensis*, *Lafoensia punicifolia*, *Andira inermis*, *Morisonia americana*, *Homalium trichostemon Poeppigia procera*, *Tabebuia impetiginosa*, *Couepia polyandra*, *Erythroxylum areolatum*, *Dalbergia granadillo*, *Hauya elegans* (yoá); *Ficus crocata* (amate), *Platymiscium dimorphandrum* (hormiguillo), *Guettarda combsii* (palo de tapón de pumpo), *Wimmeria bartlettii* (hoja menuda de montaña), *Ulmus mexicana*, *Maclura tinctoria* y *Myroxylon balsamum*, *Ceiba pentandra*, *Sideroxylon foetidissimum*, *Caesalpinia*

gaumeri, *Cedrela odorata*, *Alseis yucatanensis*, *Spondias mombin*, *Pseudobombax ellipticum*, *Astronium graveolens*, y *Vitex hemsleyi*. Las formas de vida epífitas y las plantas trepadoras, así como el estrato herbáceo son reducidos en comparación con ambientes mucho más mesófilos. Como epífitas están algunas aráceas como *Anthurium tetragonum*, bromeliáceas como *Tillandsia brachycaulos* y orquídeas como *Catasetum integerrimum* (INEGI, 2021).

Al interior del SAR este uso de suelo y/o vegetación se desarrolla a través de una superficie de 130.929 ha, que corresponde al 0.40% de la superficie total.

Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino - VSA/BQ

Este uso de suelo y/o vegetación refiere a vegetación eliminada y/o alterada en algún momento de su desarrollo surgiendo una comunidad vegetal con composición heterogénea de estrato arbóreo con las características del bosque de encino que se presentan a continuación.

De acuerdo a lo descrito por INEGI (2021), el bosque de encino es común en casi todo el país, distribuyéndose en zonas con climas cálidos, templados húmedos, subhúmedos a secos, con temperaturas anuales que van de los 10 a 26°C y una precipitación media anual que varía de 350 a 2,000 mm.

En relación al tamaño, en este tipo de comunidad vegetal, los árboles varían desde los 4 a 30 metros de altura y los que hay desde bosques a muy densos (INEGI, 2021).

Este tipo de bosque se define como una transición entre los bosques de coníferas y las selvas, comúnmente relacionado con los bosques de pino, formando una serie de mosaicos complejos (INEGI, 2021).

En esta comunidad vegetal se encuentra conformada por diferentes especies de encinos o robles del género Quercus; por otra parte, las especies más comunes son

el encino laurelillo (*Quercus laurina*), el encino nopis (*Q. magnoliifolia*), el encino blanco (*Q. candicans*), el roble (*Q. crassifolia*), el encino quebracho (*Q. rugosa*), el encino tesmolillo (*Q. crassipes*), el encino cucharo (*Q. urbanii*), el charrasquillo (*Q. microphylla*), el encino colorado (*Q. castanea*), el encino prieto (*Q. laeta*), el laurelillo (*Q. mexicana*), *Q. glaucoides*, *Q. scytophylla* y en zona tropicales *Quercus oleoides*. Son árboles perennifolios o caducifolios con un periodo de floración y fructificación variable, aunque generalmente la floración se da en la época seca del año de diciembre a marzo, y los frutos maduran entre junio y agosto.

Al interior del SAR este uso de suelo y/o vegetación se desarrolla a través de una superficie de 103.130 ha, que corresponde al 0.31% de la superficie total.

Vegetación de dunas costeras - VU

De acuerdo a lo señalado por el INEGI (2018), este uso de suelo y/o vegetación comprende una comunidad vegetal que se establece a lo largo de las costas, donde se caracterizan plantas pequeñas y suculentas; las especies que forman esta comunidad fungen como pioneras y fijadoras de arena, evitando que esta se arrastre por acción del viento y oleaje (INEGI, 2021).

En referencia a las especies que pudieran presentarse están nopal (*Opuntia dillenii*), riñonina (*Ipomoea pes-caprae*), alfombrilla (*Abronia maritima*), (*Croton* spp.), verdolaga (*Sesuvium portulacastrum*), etcétera. También se pueden encontrar algunas leñosas y gramíneas como el uvero (*Coccoloba uvifera*), pepe (*Chrysobalanus icaco*), cruceto (*Randia* sp.), espino blanco (*Acacia sphaerocephala*), mezquite (*Prosopis juliflora*), zacate salado (*Distichlis spicata*), zacate (*Sporobolus* sp.) entre otros (INEGI, 2021).

Al interior del SAR este uso de suelo y/o vegetación se desarrolla a través de una superficie de 3.167 ha, que corresponde al 0.01% de la superficie total.

IV.3.2.2.1.2 Análisis de usos de suelo y/o vegetación a nivel Área del Proyecto (AP)

Metodología para determinar los usos de suelo y/o vegetación

Para determinar los diferentes usos de suelo y/o vegetación que se desarrollan en las superficies que serán afectadas con el desarrollo del proyecto, se consideraron los siguientes pasos:

1. Revisión de información en las superficies específicas. Una vez obtenido el uso de suelo y/o vegetación a nivel del SAR, se realizó una sobreposición de este uso de suelo con la superficie total del AP, para así obtener el uso de suelo y/o vegetación en esta superficie.

2. Clasificación final. Una vez que se realizó la sobreposición del uso de suelo y/o vegetación que se obtuvo en el SAR, con la superficie total del proyecto, se realizaron recorridos por cada una de las áreas con el apoyo de GPS Garmin GPSMAP64s para confirmar y determinar la existencia o no de diferentes asociaciones vegetales y usos de suelo en la fracción del terreno considerada para el desarrollo del proyecto.

3. Levantamiento de información florística. Finalmente, se realizó el levantamiento de información sobre las características de la estructura y composición florística del tipo de vegetación identificado en la superficie necesaria para el desarrollo del proyecto.

Resultados de usos de suelo y/o vegetación a nivel AP

Como resultado de la sobreposición del uso de suelo y/o vegetación obtenidos al interior del AP con la superficie total del proyecto y con los recorridos de campo, se obtuvieron 4 usos de suelo, los cuales corresponden a: Forestal y No forestal, en

donde dentro del uso de suelo Forestal se desarrolla un uso de suelo y/o vegetación, correspondiente a: Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia mientras que en el uso de suelo No forestal se desarrollan 3 usos de suelo y/o vegetación denominados: Agricultura de temporal permanente, Sin vegetación aparente y Asentamientos humanos.

Con el desarrollo del proyecto se pretende ocupar una superficie total de 255,662.65 m^2 (25.566 ha), de las cuales 23,976.07 m^2 (2.398 ha) se encuentran cubiertas por vegetación forestal del tipo Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, misma que es la superficie solicitada para CUSTF (23,976.07 m^2 o 2.398 ha). En la siguiente tabla se muestra la superficie por uso de suelo, mientras que en la siguiente figura se muestra su ubicación geográfica. La descripción a detalle de los mismos se presenta posteriormente.

Tabla IV-40. Superficies por uso de suelo a afectar con el desarrollo del proyecto.

No.	Uso de suelo	Uso de suelo y/o vegetación	Superficie (m^2)	Superficie (ha)	Proporción %
1	Forestal	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	23,976.07	2.398	9.38
	Subtotal		**23,976.07**	**2.398**	**9.38**
1	No forestal	Agricultura de temporal permanente	124,932.35	12.493	48.87
2		Sin vegetación aparente	79,217.18	7.922	30.99
3		Asentamientos humanos	27,537.05	2.754	10.77
	Subtotal		**231,686.58**	**23.169**	**90.62**
	Totales		**255,662.65**	**25.566**	**100.00**

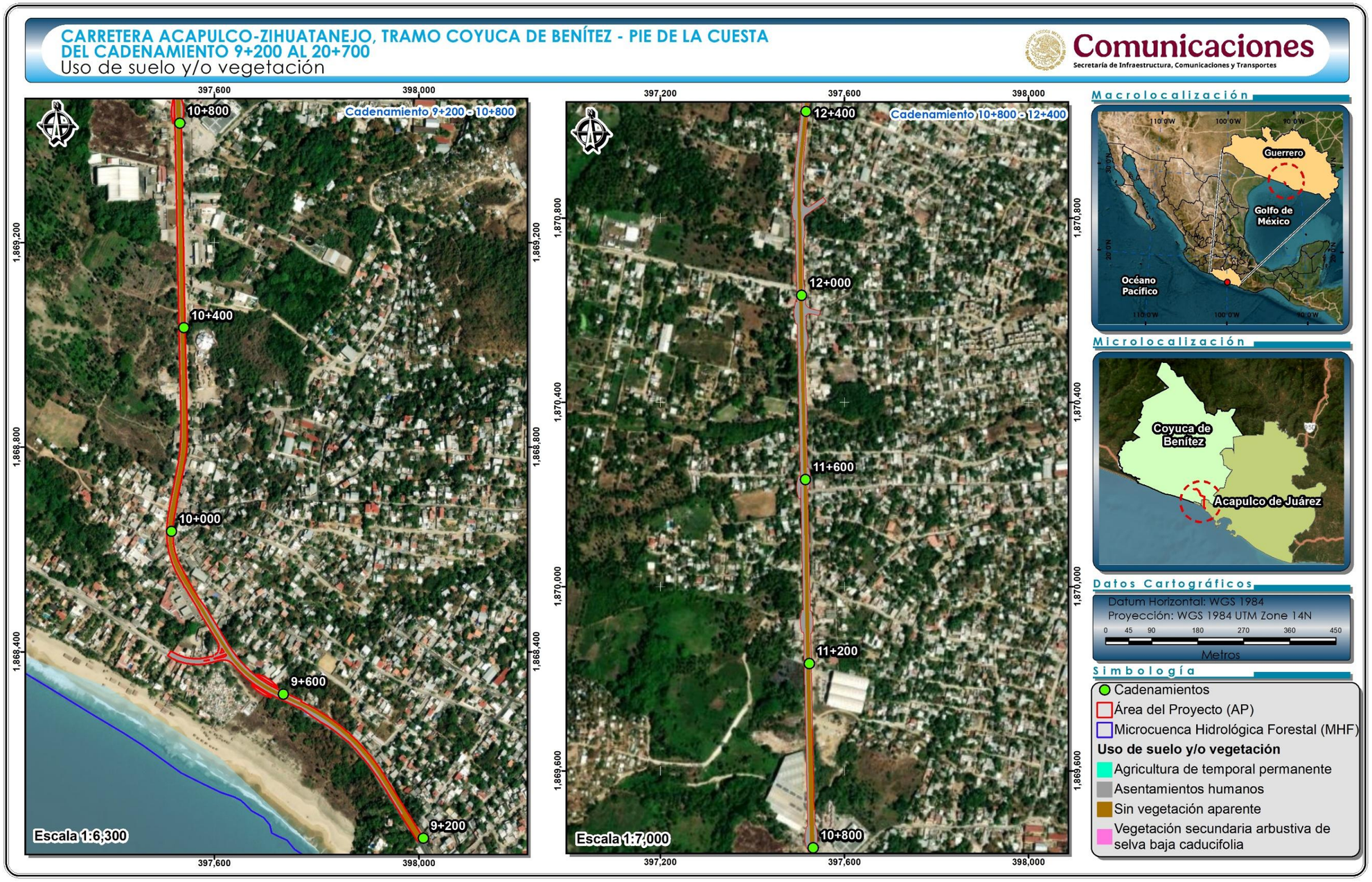


Figura IV-56. Uso de suelo y/o vegetación identificada en la superficie donde se pretende desarrollar el proyecto del cadenamiento 9+200 al 12+400.

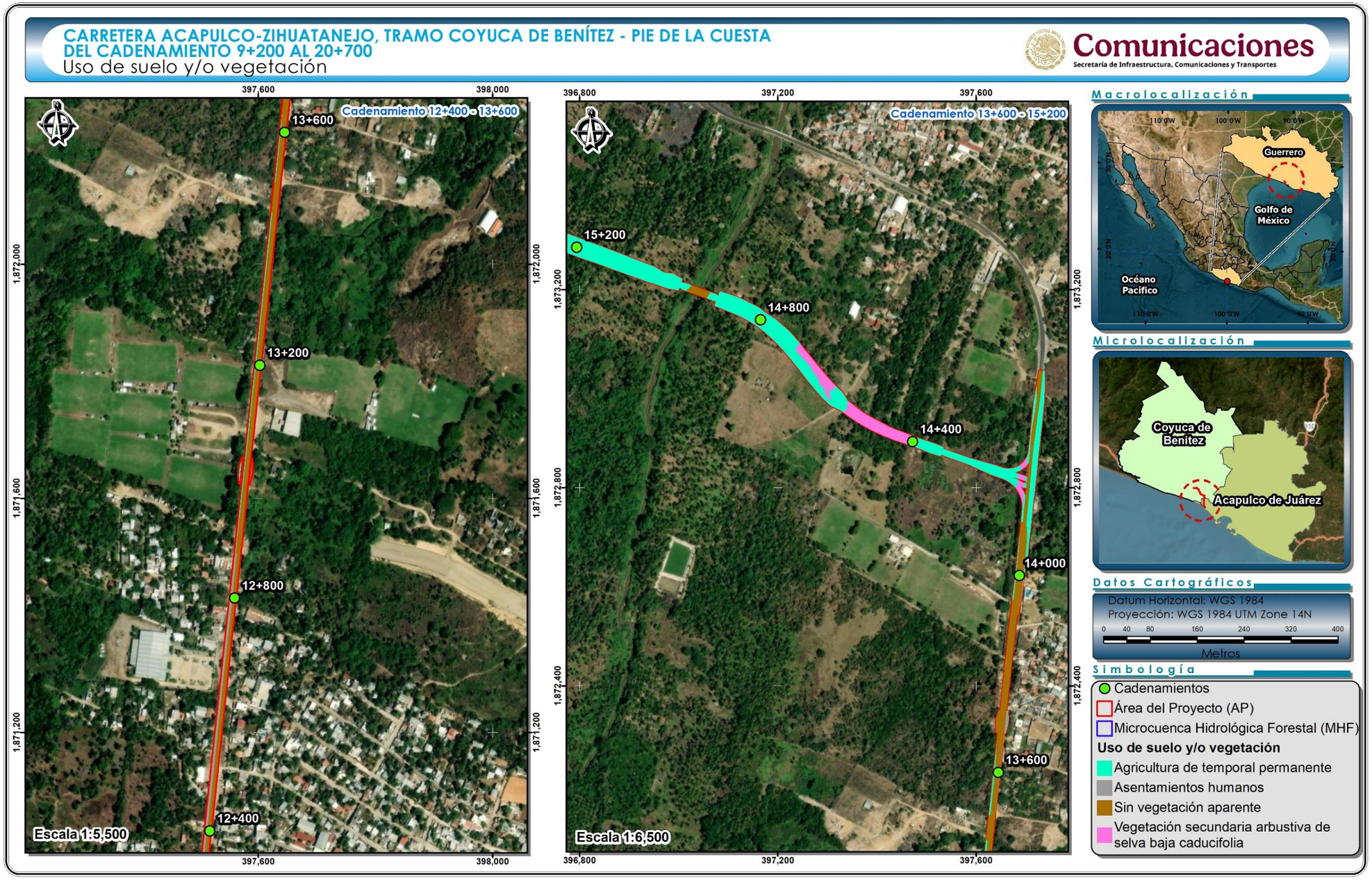


Figura IV-57. Uso de suelo y/o vegetación identificada en la superficie donde se pretende desarrollar el proyecto del cadenamiento 12+400 al 15+200.

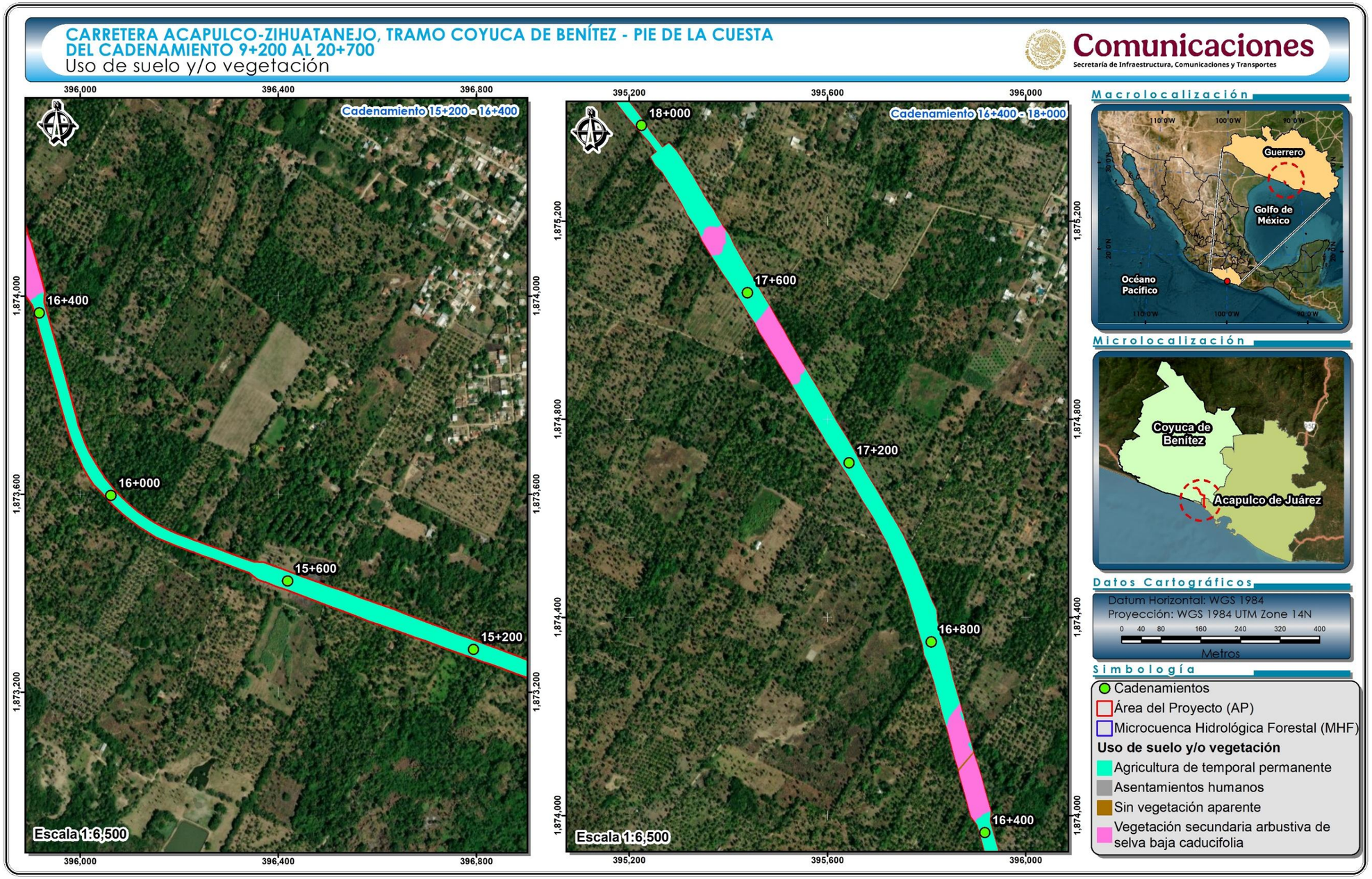


Figura IV-58. Uso de suelo y/o vegetación identificada en la superficie donde se pretende desarrollar el proyecto del cadenamiento 15+200 al 18+000

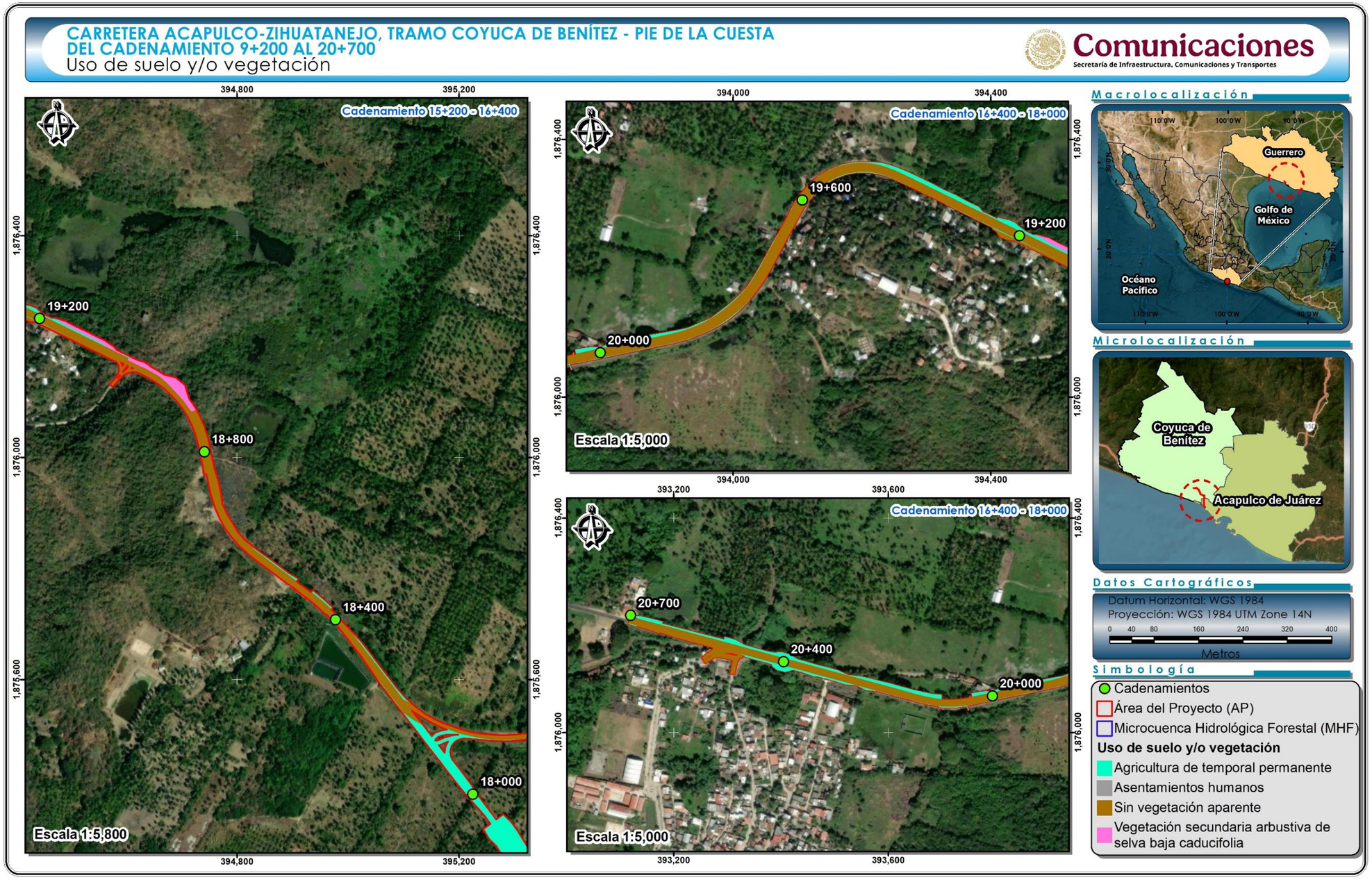


Figura IV-59. Uso de suelo y/o vegetación identificada en la superficie donde se pretende desarrollar el proyecto del cadenamiento 18+000 al 20+700.

Metodología utilizada para el levantamiento de la información de campo

Diseño de muestreo.

En los estudios ecológicos, el diseño de muestreo es la parte que requiere mayor cuidado, ya que éste determina el éxito potencial de un experimento, y de éste depende el tipo de análisis e interpretación a realizarse. Para que un muestreo sea lo suficientemente representativo y confiable, debe estar bien diseñado. Esto quiere decir que la muestra a tomarse debe considerar la mayor variabilidad existente en toda una población estadística. La representatividad está dada por el número de réplicas a tomarse en cuenta y por el conocimiento de los factores que pueden influir en una determinada variable (Mostacedo, 2000).

Existen algunos tipos de muestreo que son muy simples de utilizar, dentro de los que se pueden señalar los siguientes: muestreo aleatorio simple, muestreo aleatorio estratificado y muestreo sistemático (Mostacedo, 2000).

1. Muestreo aleatorio simple. Es el esquema de muestreo más sencillo de todos y de aplicación más general. Este tipo de muestreo se emplea en aquellos casos en que se dispone de poca información previa acerca de las características de la población a medirse.

2. Muestreo aleatorio estratificado. En este tipo de muestreo la población en estudio se separa en subgrupos o estratos que tienen cierta homogeneidad. Después de la separación, dentro de cada subgrupo se debe hacer un muestreo aleatorio simple. El requisito principal para aplicar este método de muestreo es el conocimiento previo de la información que permite subdividir a la población.

3. Muestreo estratificado. Consiste en ubicar las muestras o unidades muestrales en un patrón regular en toda la zona de estudio. Este tipo de muestreo permite detectar variaciones espaciales en la comunidad. Sin embargo, no se puede tener una estimación exacta de la precisión de la media de la variable considerada. El muestreo sistemático puede realizarse a partir de un punto determinado al azar, del

cual se establece una cierta medida para medir los subsiguientes puntos. Este tipo de muestreo, a diferencia del muestreo aleatorio, se puede planificar en el mismo lugar donde se realizará el estudio y la aplicación del diseño es más rápida.

Atendiendo a los sistemas de muestreo arriba planteados, se decidió utilizar el diseño de muestreo denominado aleatorio estratificado; el cual fue dirigido sobre aquellas superficies cubiertas por Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, que se desarrolla al interior de la superficie solicitada para CUSTF, ya que es perfectamente aplicable por las siguientes razones:

1) Previo a la elección del diseño de muestreo a utilizar, se contaba con la clasificación de uso de suelo y/o vegetación al interior del AP.

2) Al tener una clasificación de los usos de suelo y vegetación, se facilita la implementación del diseño de muestreo dirigiéndolos solamente en las áreas cubiertas por vegetación forestal.

3) El hecho de ser aleatorio y considerar puntos de muestreo garantiza un menor error de muestreo, puesto que los sitios de muestreo están determinados previo al inicio de los trabajos de campo (inventario forestal).

Distribución de los sitios de muestreo a nivel AP

Los sitios de muestreo se dirigieron sobre el tipo de vegetación de Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, ya que este tipo de vegetación se desarrolla en la superficie que se solicita para CUSTF y con el muestreo realizado poder hacer un análisis de la riqueza de especies que se desarrollan en la misma, como en la superficie que se desarrolla en el SAR y poder determinar que la diversidad de flora de la superficie que se solicita para CUSTF, se mantiene.

En la siguiente tabla se presentan las coordenadas UTM de los transectos de muestreo donde se obtuvo la información forestal, mientras que en la siguiente figura se presenta su distribución geográfica.

Tabla IV-41. Coordenadas UTM de los transectos en la superficie que se solicita para CUSTF.

Cuadro de construcción de los transectos de vegetación en el área del proyecto		
Vértice	Coordenadas UTM, WGS84, Zona 14	
	X	Y
Transecto 1		
1	397441.0385	1872901.6923
2	397429.0187	1872906.7008
3	397413.4217	1872913.5177
4	397415.4241	1872918.0991
5	397430.9787	1872911.3005
6	397442.9615	1872906.3077
Superficie: 150.00 m²		
Transecto 2		
1	397380.7475	1872928.8364
2	397354.7843	1872943.8668
3	397357.2893	1872948.1940
4	397383.2525	1872933.1636
Superficie: 150.00 m²		
Transecto 3		
1	395904.5753	1874001.3912
2	395897.2694	1874030.4880
3	395902.1188	1874031.7056
4	395909.4247	1874002.6088
Superficie: 150.00 m²		
Transecto 4		
1	395891.6190	1874055.2378
2	395882.4728	1874083.8096
3	395887.2348	1874085.3340
4	395896.3810	1874056.7622
Superficie: 150.00 m²		
Transecto 5		
1	395869.6179	1874120.2412
2	395860.5121	1874148.8258
3	395865.2762	1874150.3435
4	395874.3821	1874121.7588
Superficie: 150.00 m²		
Transecto 6		
1	395859.6176	1874165.2424
2	395850.5265	1874193.8318
3	395855.2914	1874195.3470
4	395864.3824	1874166.7576
Superficie: 150.00 m²		
Transecto 7		
1	395526.8613	1874903.7054
2	395511.3266	1874929.3701
3	395515.6040	1874931.9592
4	395531.1387	1874906.2946
Superficie: 150.00 m²		
Transecto 8		
1	395492.8649	1874961.6995
2	395477.2587	1874987.3207
3	395481.5289	1874989.9217
4	395497.1351	1874964.3005
Superficie: 150.00 m²		
Transecto 9		
1	395380.8387	1875149.7435
2	395365.7609	1875175.6792
3	395370.0835	1875178.1922
4	395385.1613	1875152.2565
Superficie: 150.00 m²		

Cuadro de construcción de los transectos de vegetación en el área del proyecto		
Vértice	Coordenadas UTM, WGS84, Zona 14	
	X	Y
Transecto 10		
1	394653.3301	1876151.6579
2	394608.5938	1876173.9887

Cuadro de construcción de los transectos de vegetación en el área del proyecto		
Vértice	Coordenadas UTM, WGS84, Zona 14	
	X	Y
3	394609.9336	1876176.6728
4	394654.6699	1876154.3421
Superficie: 150.00 m²		

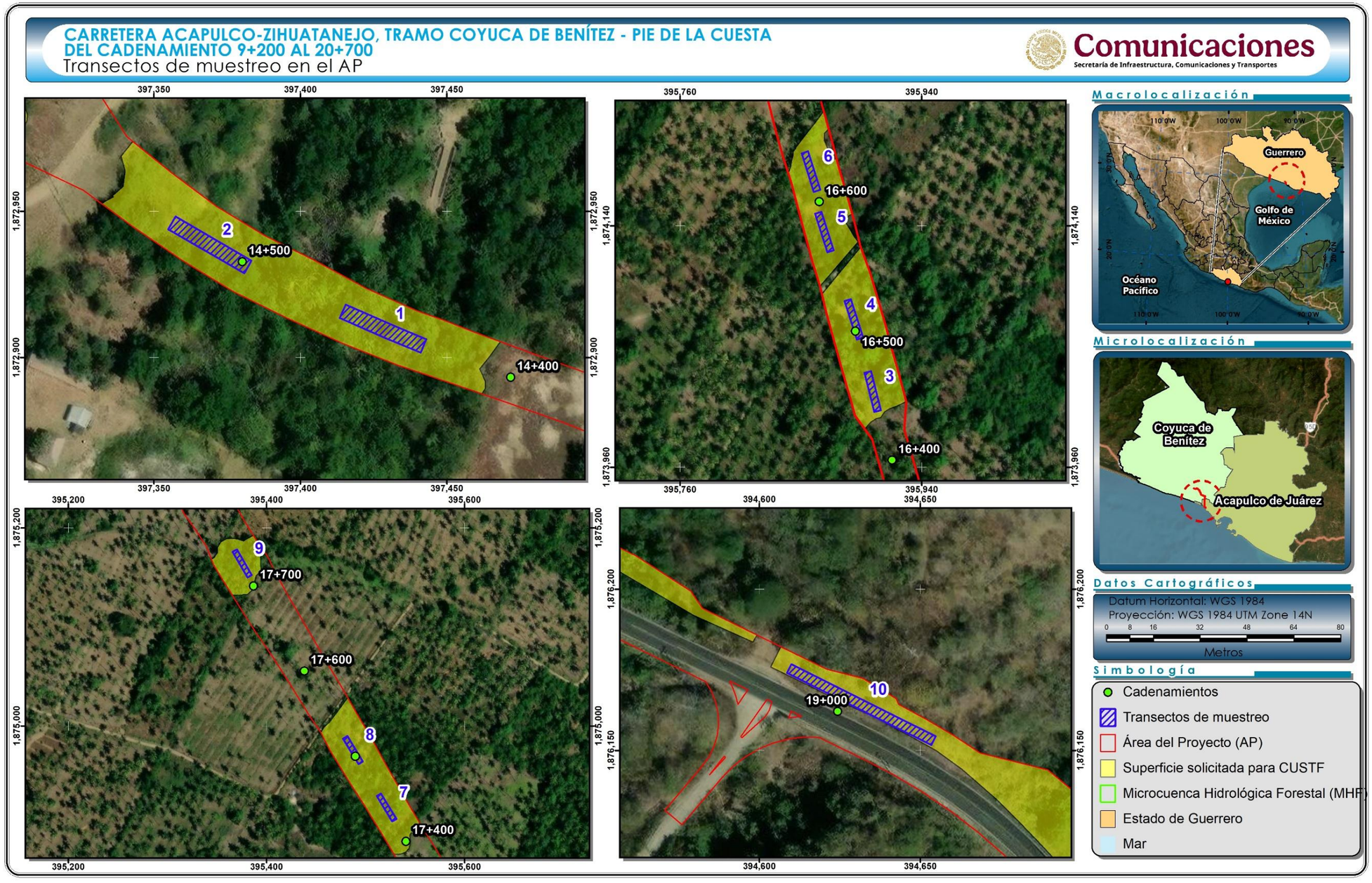


Figura IV-60. Ubicación de los transectos de muestreo en la superficie que se solicita para CUSTF.

Descripción del muestreo de campo

El diseño del muestreo es aleatorio estratificado, con la finalidad de contar con elementos estadísticos que permitan estimar la confiabilidad del inventario e intensificar el muestreo en las estructuras vegetativas de interés.

→ ***Diseño y estrategia de muestreo***

Como se ha venido mencionando, la base del diseño de muestreo, es la carta de uso del suelo y vegetación, Escala 1:250,000, Serie VII elaborada por el INEGI. Para lo que primeramente se definió, con base a los objetivos del inventario, la estratificación a realizarse para el muestreo de acuerdo al sistema de clasificación de la vegetación utilizado en la cartografía, la superficie y su ubicación.

→ ***Tamaño y forma de los sitios de muestreo***

Los sitios de muestreo pueden tener la forma que más convenga a las posibilidades y tiempo disponibles, de tal manera, que se pueden tener sitios; cuadrados, rectangulares, circulares, triangulares, romboidales, irregulares, etc.; aunque las tres formas que más se han utilizado en inventarios forestales son: cuadrados, circulares y rectangulares; pues resultaría muy laborioso la delimitación en el terreno de cualquier otra forma diferente a las antes citadas; representaría la utilización de más tiempo y costo, principalmente.

Los tamaños más adecuados para un sitio de muestreo, estarán en función de lo que se requiera evaluar; considerando que con el proyecto se pretende afectar superficies compactas, se adaptó el tamaño y forma de sitio teniendo en cuenta esta situación; para conferir un mayor tamaño de muestra y una mayor fiabilidad estadística, quedando como sigue:

- Transectos de 150 m^2 (5x30 m) para el muestreo de especies del estrato arbóreo, de la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia.

- Transectos de 50 m^2 (5x10 m), para el muestreo de especies en el estrato arbustivo de la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia.

Los atributos que se consideraron fueron: Nombre común, Diámetro normal, Diámetro de copa (Cobertura) y Altura total.

→ ***Intensidad y esfuerzo de muestreo***

La intensidad de muestreo es la relación porcentual de la superficie de la muestra con respecto a la superficie total. Normalmente en inventarios forestales se han utilizado intensidades de muestreo del orden de 1%, 0.5%, 0.1% y .01%, dependiendo de varios factores; superficie por inventariar, factores económicos, precisión requerida, etc. (Romahn, C.F., 1994).

En la siguiente tabla se presenta la intensidad de muestreo utilizada para el levantamiento de información forestal en la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que se desarrolla al interior de la superficie para CUSTF definida para el proyecto.

Tabla IV-42. Intensidad de muestreo utilizado en la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que se desarrolla en la superficie que se solicita para CUSTF.

No.	Uso de suelo y/o vegetación	Superficie (m^2)	Superficie (ha)	Cantidad de sitios propuestos	Superficie a muestrear (ha)	Intensidad de muestreo
1	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	23,976.07	2.398	10	0.15	6.26
1	**Total**	**23,976.07**	**2.398**	**10**	**0.15**	**6.26**

Como se puede apreciar, la intensidad de muestreo que se utilizó es del 6.26%, misma que es superior a los valores utilizados en los inventarios forestales, por lo tanto el muestreo puede considerarse como suficiente; aunado a esto, considerando que la intención de realizar el levantamiento de información vegetal es para corroborar que las especies que se verán afectadas con el desarrollo del proyecto

tienen presencia en el SAR, también es necesario que tanto en la superficie muestreada a nivel SAR como a nivel CUSTF, se tengan unidades similar en extensión (mismo tamaño de área muestreada), de modo que puedan minimizarse los sesgos y se asegure que las diferencias de riqueza de especies proceden de variaciones reales de la superficie de CUSTF con respecto al SAR. Considerando que a nivel del SAR se tiene la misma superficie de muestreo (0.150 ha), se puede constatar la validez del muestreo realizado

El esfuerzo de muestreo realizado fue de 5 días; en cada día de muestreo se emplearon 8 horas, realizando la multiplicación de los 5 días por las 8 horas de cada día tenemos un esfuerzo de muestreo de 40 horas.

En el Anexo Digital G, en formato Excel, se presenta la base de datos de flora silvestre con la información recabada en campo de la superficie que se solicita para CUSTF.

→ ***Levantamiento de la información***

Ubicación del punto de control. La primera actividad en el levantamiento de los datos de campo consistió en determinar la ubicación geográfica de cada sitio de muestreo de tal forma que se pueda regresar a este en ocasiones subsecuentes.

La determinación de esta ubicación geográfica fue por medio de un punto de control marcado en el terreno (no en el suelo, más bien en algún objeto visible fácilmente identificable a simple vista) y se registró en el apartado del informe correspondiente.

Es necesario anotar siempre, además de las coordenadas del punto de control en el apartado del informe, tantos puntos de referencia con sus coordenadas como sea necesario, conforme se avancen en la trayectoria al transecto.

Ubicación y marcado físico del transecto. Una vez que se registró correctamente la información correspondiente al punto de control y siguiendo con el trayecto hacia el

transecto con la carta topográfica y el equipo GPS en las manos se llegó hasta las coordenadas precisas del transecto a localizar.

Al llegar al punto de muestreo utilizando cinta topográfica se marcó el centro del mismo y se anotaron las coordenadas UTM, posteriormente con el apoyo de una cinta métrica se trazó una línea de 15 m donde igualmente con cinta topográfica se marcó un extremo del sitio de muestreo y se anotaron sus coordenadas UTM y finalmente del punto central se tiró otra línea de 15 m hacia el otro extremo donde se marcó el límite del mismo y se anotaron sus coordenadas UTM. Así mismo, todos los individuos del estrato arbóreo dentro de cada transecto fueron numerados y marcados con aerosol para identificarlos y posteriormente medirlos.

Toma de datos y fotografías. Una vez ubicado y marcado el sitio, se midieron y anotaron en los formatos diseñados para la vegetación, los datos requeridos. Posteriormente, se procedió a ubicar y capturar los datos de campo de los sitios.

En las siguientes fotografías se muestra evidencia de las actividades realizadas para el levantamiento de información de flora silvestre en la superficie solicitada para CUSTF.









Confiabilidad del tamaño de muestra en la superficie que se solicita para CUSTF

1. **Índice de completitud**

Con la intención de obtener un parámetro que nos permita asegurar que con los sitios de muestreo levantados en la superficie que se solicita para CUSTF, se obtenga una muestra aceptable de las especies de flora silvestre que se desarrollan en la Vegetación secundaría arbustiva de selva baja caducifolia, se recurrió a un estimador no paramétrico de la riqueza de especies, los cuales son un conjunto de métodos de estimación que no asumen ninguna distribución de los datos y no los ajustan a un modelo determinado (Colwell & Coddington, 1994).

Para este caso se utilizaron dos estimadores Chao1 y Chao2, con los cuales se pudo estimar la **completitud del inventario realizado** de la Vegetación secundaría arbustiva de selva baja caducifolia, entendiéndose como completitud a la relación entre la riqueza observada y la riqueza estimada.

A continuación, se presenta la forma que se obtuvo cada uno de estos estimadores y los resultados obtenidos de la asociación vegetal muestreada.

CHAO1. Estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies representadas por un individuo (singletons) y el número de especies representadas por dos individuos en las muestras (doubletons).

$$SChao1 = Sobs + \frac{n_1^2}{2n_2}$$

Dónde:

Sobs: Número de especies registradas.

n_1: Especies que solo registran 1 sólo individuo.

n_2: Especies que registraron 2 individuos.

CHAO 2. Estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies únicas (que sólo aparecen en una muestra) y el número de especies duplicadas (que aparecen compartidas en dos muestras).

$$SChao2 = Sobs + \frac{n_1^2}{2n_2}$$

Dónde:

Sobs: Número de especies registradas.

n_1: Especies que solo se registran en un solo sitio de muestreo.

n_2: Especies que se registraron en dos sitios de muestreo.

Resultados

- **Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia**

Como se puede observar en la siguiente tabla mediante el análisis de los índices de Chao1 y Chao2 tenemos que en esta asociación se obtiene un índice de completitud

del 55.00% para el estrato arbóreo y 94.44% para el estrato arbustivo, lo anterior significa que, si bien para el estrato arbóreo se obtiene un promedio bajo, se evidencia que la asociación vegetal muestreada es predominantemente arbustiva, tal como se señala en el uso de suelo y/o vegetación, serie VII (continuo nacional), escala 1:250,000 (2021), hecho que también es comprobable mediante las curvas de acumulación que se presentan de manera posterior, por lo tanto, se considera que, con los sitios de muestreo levantados en campo es suficiente para determinar que se ha completado la riqueza de las especies presentes en la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que se desarrolla en el SAR; los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla IV-43. Análisis de completitud (Chao1 y chao2) para cada uno de los estratos de la Vegetación secundaría arbustiva de selva baja caducifolia que se desarrolla en la superficie que se solicita para CUSTF.

Grupo	Sobs	n1	n2	Chao 1	Completitud	Sobs	n1	n2	Chao 2	Completitud	Promedio completitud
Arbóreo	9	2	2	10.00	**90.00**	9	6	0	45.00	**20.00**	**55.00**
Arbustivo	12	0	1	12.00	**100.00**	12	3	3	13.50	**88.89**	**94.44**

2. Curvas de acumulación de especies

Como complemento de la información presentada anteriormente se recurrió a un muestreo probabilístico para la estimación de la riqueza de flora silvestre, mediante la generación de curvas de acumulación de especies, cuya metodología empleada y resultados obtenidos se presentan a continuación.

Las curvas de acumulación nos permiten: 1) dar fiabilidad a los inventarios biológicos y posibilitar su comparación, 2) una mejor planificación del trabajo de

muestreo, tras estimar el esfuerzo requerido para conseguir inventarios fiables y, 3) extrapolar el número de especies observado en un inventario para estimar el total de especies que estarían presentes en la zona (Lamas et al., 1991; Soberón & Llorente, 1993; Colwell & Coddington, 1994; Gotelli & Colwell, 2001).

Es importante mencionar que cuando se trabaja con comunidades biológicas, existen limitaciones de espacio, tiempo, esfuerzo y recursos, que en todos los casos impiden conocer a la totalidad de las especies que integran a una comunidad, o que se distribuyen en un área determinada.

En este contexto, cabe mencionar también que no existen inventarios biológicos completos, y los existentes representan únicamente una fracción de la riqueza que se distribuyen en una región específica y en un tiempo determinado. El número de especies es, quizás, el atributo más frecuentemente utilizado a la hora de describir una taxocenosis, ya que es una expresión mediante la cual se obtiene una idea rápida y sencilla de su diversidad (Magurran, 1988; Gastón, 1996).

Por ello, los especialistas de distintas disciplinas relacionadas con el conocimiento de la biodiversidad han recurrido al empleo de métodos de muestreo probabilísticos, tal como los estimadores de riqueza (Colwell y Coddington 1994).

Por lo anterior, se consideró el empleo del programa EstimateS 9.1.0 (Colwell, 2013) que permitió evaluar y comparar la diversidad y composición de los conjuntos de especies de cada uno de los estratos de la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que se desarrolla en la superficie que se solicita para CUSTF según los datos de muestreo, a través de una variedad de estadísticas de biodiversidad, que incluyen rarefacción y extrapolación, estimadores de riqueza de especies, índices de diversidad, números de Hill y medidas de similitud.

Para a la construcción de las curvas de acumulación, se emplearon las matrices de datos relativa a cada estrato, elaboradas a partir del número de especies y de las muestras obtenidas en cada uno de los transectos. Posteriormente, cada una de las

matrices se procesaron mediante el software EstimateS 9.1.0 (Colwell, 2013), el cual realiza un promedio estadístico de los datos obtenidos, aleatorizando las unidades de esfuerzo de muestreo (n) y calculando el número medio de especies (Sn) para los valores de n comprendidos en 1 y el número total de unidades de esfuerzo con la finalidad de minimizar los sesgos que puedan tener efectos en la forma de la curva que pudieran dificultar su interpretación o análisis (Collwell, 2000).

Finalmente, con la matriz de datos generada por el programa, se generaron las curvas de acumulación con ayuda del software Excel® considerando las columnas *Samples* y *S Mean (runs)*, que de acuerdo con la metodología empleada por Jiménez y Hortal (2003) para la elaboración de curvas de acumulación para la evaluación de calidad de inventarios biológicos, corresponden al número de unidades de esfuerzo de muestreo y al número de especies promedio acumuladas. Cabe señalar que, adicional a esto, de los distintos estimadores estadísticos generados por el programa, únicamente se emplearon los valores generados para el estimador Chao 1, el cual se basa en abundancia indicando el número de especies que se espera obtener y que, de acuerdo con Villarreal *et al*., 2006 este estimador resulta el más preciso en lo que a evaluación de abundancia se refiere. Asimismo, la confiabilidad y suficiencia de los muestreos se evaluó considerando la tendencia de las curvas de acumulación, que como se mencionó anteriormente se construyeron a partir de los datos reales y los estimados.

A continuación, se presentan las curvas de acumulación de especies los estratos arbóreo y arbustivo que componen la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, presente la superficie para CUSTF, donde se puede observar que los puntos azules presentan el número de especies promedio acumuladas y los puntos color naranja muestran las especies que se esperaría registrar.

En el Anexo Digital G, se presenta la hoja de cálculo con las matrices de datos generadas y su respectiva gráfica.

Resultados

- **Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia**

Estrato arbóreo

Derivado del levantamiento de información en los 10 transectos de muestreo en este estrato se obtuvo una riqueza de 9 especies, mediante la construcción de la curva de acumulación de especies (análisis logarítmico), usando una confiabilidad del 96.57%, se espera obtener una riqueza de 9 especies, lo que nos arroja que la riqueza obtenida contra la riqueza esperada sea idéntica. Como se puede apreciar en la siguiente figura con el levantamiento del primer transecto se obtuvo una riqueza de 2 especie, la cual aumentó a 3 especies en el segundo transecto de muestreo, en el tercer y cuarto transecto la riqueza obtenida fue de 4 especies, misma que aumentó a 6 especies para los transectos cinco y seis, en el transecto siete la riqueza obtenida fue de 7, mientras que en el ocho y nueve fue de 8, por último, en el transecto 10 se obtuvo una riqueza de nueve especies.

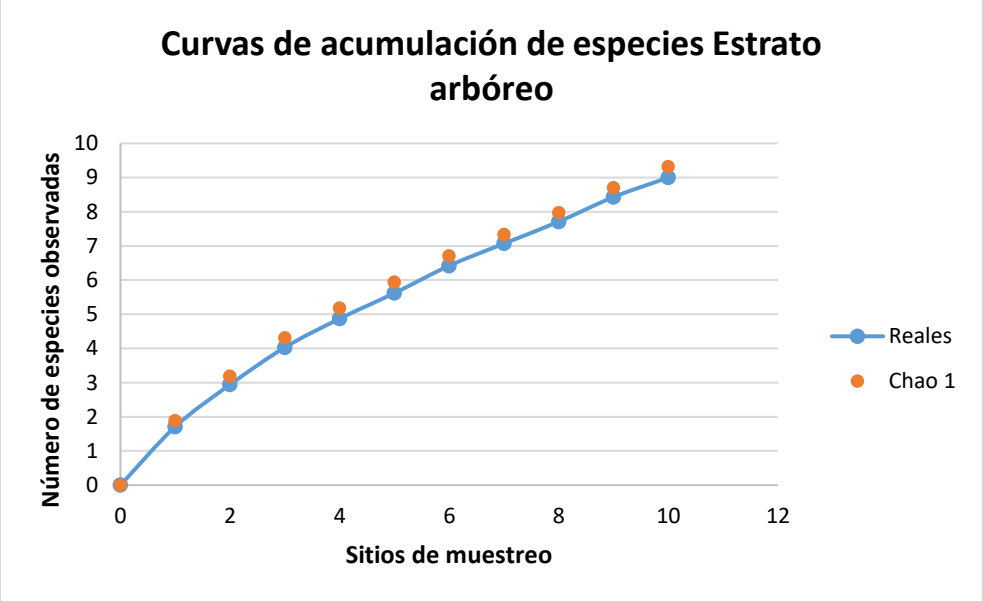


Figura IV-61. Curva comparativa de acumulación de especies para el estrato arbóreo.

Considerando las curvas de las especies obtenidas y las esperadas, se puede apreciar que ambas presentan tendencias similares y se observa que no muestran un comportamiento asintótico; esto se debe a que la asociación vegetal a la que pertenece este estrato es predominantemente arbustiva que, además se encuentra en una fase sucesional secundaria, debido a que presenta perturbaciones tanto naturales (ocasionada por fenómenos hidrometeorológicos) como antropogénicas (conversión de terrenos forestales a usos agrícolas), los cuales modifican la estructura y composición florística, por lo tanto el hecho de que las curvas no muestren una tendencia ascendente se debe a la composición propia de la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que se desarrolla en la superficie para CUSTF y no al hecho de que no se ha muestreado lo suficiente, pues como se observa en la gráfica de especies acumuladas (presentada en color azul) muestra una tendencia asintótica al final de la misma que, de acuerdo a Villarreal *et al.*, 2006, cuando una curva de acumulación es asintótica indica que aunque se aumente el número de unidades de muestreo o de individuos censados, es decir, aumente el esfuerzo, no se incrementará el número de especies. En la siguiente figura se muestran las curvas de acumulación obtenidas para el estrato arbóreo.

Estrato arbustivo

Derivado del levantamiento de información en los 10 transectos de muestreo se obtuvo una riqueza de 12 especies, mediante la construcción de la curva de acumulación de especies (análisis logarítmico), usando una confiabilidad del 100.00%, se espera obtener una riqueza de 12 especies, lo que nos arroja que la riqueza obtenida contra la riqueza esperada sea idéntica.

Como se aprecia en la siguiente figura con el levantamiento del primer transecto se obtuvo una riqueza de 4 especies, para el transecto 2 la riqueza aumentó a 6 especies, en el transecto 3 se obtuvo una riqueza de 8 especies, para el transecto

4 y 5 la riqueza fue de 9 especies, en el transecto 6 la riqueza obtenida fue de 10 especies, mientras que para los transectos 7 y 8 la riqueza obtenida fue de 11 especies, el los transecto 10 la riqueza aumentó a 12 especies.

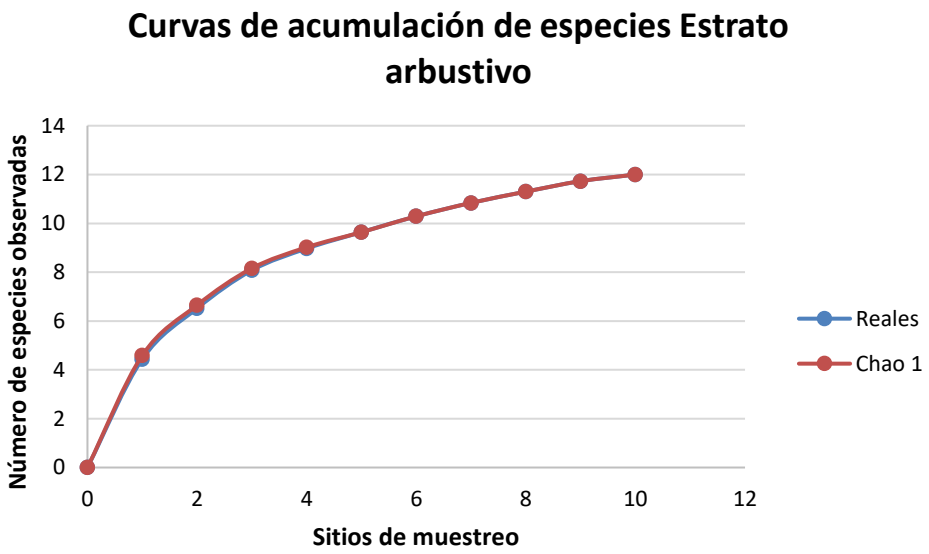


Figura IV-62. Curva comparativa de acumulación de especies para el estrato arbustivo.

Considerando las curvas de las especies obtenidas y las esperadas, se puede apreciar que ambas presentan tendencias similares cercanas a la igualdad; evidenciando con esto que la vegetación a la que pertenece este estrato es ciertamente arbustiva, tal como lo señala el continuo nacional de suelo y/o vegetación, serie VII, escala 1:250,000 (2021).

Con base en lo anterior y retomando los datos obtenidos para la construcción de las curvas de las especies obtenidas y las esperadas, se puede apreciar que ambas presentan una tendencia asintótica, que de acuerdo con Villarreal *et al*., 2006, cuando una curva de acumulación es asintótica indica que aunque se aumente el número de unidades de muestreo o de individuos censados, es decir, aumente el esfuerzo, no se incrementará el número de especies, además se puede notar que

los valores estimados finalizan con cierta similitud a los valores observados por lo tanto, se tiene una muestra confiable. Con base en lo anterior, se estimó que con el levantamiento de los 8 sitios de muestreo son suficientes para obtener la riqueza de este estrato, ya que la probabilidad de encontrar especies nuevas con el levantamiento de más sitios de muestreo es baja.

Conclusiones

Considerando que las curvas de acumulación nos permiten calcular el número (teórico esperado) de especies que existe en un área determinada, considerando la riqueza observada mediante los censos de campo y la tasa de encuentro de las mismas, bajo una medida de esfuerzo estandarizada (Díaz-Francés y Soberón, 2003), podemos tener las siguientes conclusiones:

Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia

i. Para el caso del estrato arbóreo de la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia los resultados son idénticos, registrando una riqueza obtenida en campo de 9 especies y una riqueza estimada mediante un análisis logarítmico de igual manera de 9 especies, con lo que podemos decir que con el levantamiento de los 10 sitios de muestreo son suficientes para obtener la riqueza de este estrato, ya que la probabilidad de encontrar especies nuevas es muy baja.

ii. Para el estrato arbustivo de la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia se obtuvo una riqueza de 12 especies y una riqueza estimada mediante un análisis logarítmico de 12 especies, con lo que se hace evidente que asociación vegetal que es predominantemente arbustiva, tal como se señala en el continuo nacional de suelo y/o vegetación, serie VII, escala 1:250,000 (2021), por consiguiente podemos decir que con el levantamiento de los 10 transectos de muestreo son suficientes para obtener la riqueza de

este estrato, ya que la probabilidad de encontrar especies nuevas con el levantamiento de más sitios de muestreo es baja.

Conclusión final

Conforme a los resultados de los índices no paramétricos (Chao1 y Chao2), así como de las curvas de acumulación de especies, se puede concluir que con el levantamiento de los 10 transectos de muestreo se tiene una muestra representativa de la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, que pueden ser comparables con éstas mismas en la superficie del proyecto, por lo tanto, no se considera necesario el levantamiento de más sitios de muestreo.

Atributos ecológicos de la asociación vegetal

Para caracterizar la asociación identificada se utilizaron los siguientes parámetros ecológicos:

Medidas de abundancia	Descripción	Fórmula
Índice de Chao1	Estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies representadas por un individuo (singletons) y el número de especies representadas por dos individuos en las muestras (doubletons).	$SChao1 = Sobs + \frac{n_1^2}{2n_2}$ Dónde: Sobs: Número de especies registradas. n_1: Especies que solo registran 1 solo individuo. n_2: Especies que registraron 2 individuos.
Índice de Chao2	Estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies únicas (que sólo aparecen en una muestra) y el número de especies duplicadas	$SChao2 = Sobs + \frac{n_1^2}{2n_2}$ Dónde: Sobs: Número de especies registradas.

Medidas de abundancia	Descripción	Fórmula
	(que aparecen compartidas en dos muestras).	n_1: Especies que solo se registran en un solo sitio de muestreo. n_2: Especies que se registraron en dos sitios de muestreo.
Curvas de acumulación de especies	Las curvas de acumulación nos permiten calcular el número (teórico esperado) de especies que existe en un área determinada, considerando la riqueza observada mediante los censos de campo y la tasa de encuentro de las mismas, bajo una medida de esfuerzo estandarizada.	Aplicación del programa estadístico Species Accumulation vers. β.
Riqueza de especies	Contabilizada como el número total de taxa registrados en los sitios de muestreo sumado a los identificados durante los recorridos de campo (S).	S = Riqueza por especie / ∑ de la riqueza total de especies *100
Densidad absoluta y relativa (De y Dr)	La densidad es un parámetro que permite conocer la abundancia de una especie o una clase de plantas, principalmente cuando las formas de vida permiten el conteo independiente de cada individuo. La densidad absoluta es el número de individuos de una especie "X" presente en un área determinada, para este caso se consideró al nivel de hectárea tipo. La densidad relativa se refiere a la proporción en número de individuos de una especie con relación al resto, expresada en porcentaje.	Dr = Densidad por especie / ∑ Densidad total * 100
Dominancia relativa (Dr)	Considerada como el área que ocupa una especie, la Dominancia relativa (Dor) es el área que ocupa una especie con relación al resto de las especies. Es una medida que se	Dr = Dominancia estimada de la especie / área basal total * 100

Medidas de abundancia	Descripción	Fórmula
	expresa en porcentaje y se calculó a partir de la estimación del área basal.	
Frecuencia (F)	La frecuencia se define como la probabilidad de encontrar una especie en una unidad de muestreo, es decir, es el número de unidades de muestreo en la que una especie está presente, por tanto, la Frecuencia relativa (Fr), pondera el número de veces en que es encontrada una especie en relación al resto de las especies y es una medida porcentual.	Fr = Frecuencia estimada por especie / ∑ de la frecuencia absoluta * 100
Índice de Valor de importancia (IVI)	Representa la cobertura del área basal de cada especie y su proporción con respecto a la sumatoria de las áreas basales de todas las especies *(Lamperch, 1990)*, permitiendo estimar el grado de espacio horizontal que ocupa la especie en el bosque. El IVI revela la importancia ecológica relativa de cada especie en una comunidad vegetal *(Mostacedo y Fredericksen, 2000)*, y se obtiene a partir de la suma de la abundancia relativa, frecuencia relativa y dominancia relativa para cada especie.	IVI = Dominancia relativa + Densidad relativa + Frecuencia relativa
Índice de Shannon - Wiener (H')	El índice de Shannon–Wiener (H') mide la diversidad natural teniendo en cuenta a) el número de especies presentes; y b) cómo se reparten esas especies. El H' para cada uno de los estratos fue calculado con los registros de cada especie (riqueza).	H' = ∑ pi/log(pi), donde p es la proporción relativa de las i especies.

Medidas de abundancia	Descripción	Fórmula
Índice de Pielou (*J´*)	Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes y el 0 señala la ausencia de uniformidad *(Magurran, 1988).*	J´=H´/H´ max. Donde H´ max = ln (S) y H´ es el índice de Shannon-Wiener y S es el número total de especies presentes. J´=H'/ln(S).

Descripción por uso de suelo y/o vegetación a nivel superficie que se solicita para CUSTF

Este uso de suelo y/o vegetación refiere a vegetación eliminada y/o alterada en algún momento de su desarrollo surgiendo una comunidad vegetal con composición heterogénea de estrato arbustivo con las características de la selva baja caducifolia que se presentan a continuación.

Las comunidades de la selva baja caducifolia se desarrollan en condiciones climáticas en donde predominan los tipos cálidos subhúmedos semisecos o subsecos, siendo el más común Aw, aunque también se presentan BS y Cw. La temperatura media anual oscila entre los 18 a 28°C; y precipitaciones entre 300 a 1,1500 mm (INEGI, 2021).

Este tipo de comunidad se le puede encontrar desde el nivel del mar hasta unos 1,900 m, y en raras ocasiones hasta 2,000 m de altitud principalmente sobre laderas de cerros con suelos de buen drenaje (INEGI, 2021).

En referencia a tipo de especies, en la selva baja caducifolia pueden presentarse *Bursera simaruba* (chaka, palo mulato); *Bursera* sp. (cuajiote, papelillo, copal, chupandia); *Lysiloma* sp. (tsalam, tepeguaje); *Jacaratia* mexicana (bonete); *Ceiba*

sp. (yaaxche, pochote); *Bromelia pinguin* (chom); *Pithecellobium keyense* (chukum); *Ipomoea* sp. (cazahuate); *Pseudobombax* sp. (amapola, clavellina); *Cordia* sp. (ciricote, cuéramo); *Havardia acatlensis* (barbas de chivo); *Amphipterygium adstringens* (cuachalalá); *Leucaena leucocephala* (waxim, guaje); *Erythrina* sp. (colorín), *Lysiloma divaricatum*, *Ocotea tampicensis*, *Acacia coulteri*, *Beaucarnea inermis*, *Lysiloma acapulcense*, *Zuelania guidonia*, *Pseudophoenix sargentii* (kuká), *Beaucarnea pliabilis*, *Guaiacum sancturm*, *Plumeria obtusa*, *Caesalpinia vesicaria*, *Ceiba aesculifolia*, *Diospyros cuneata*, *Hampea trilobata*, *Maclura tinctoria*, *Metopium brownei*, *Parmenteria aculeata*, *Piscidia piscipula*, *Alvaradoa amorphoides* (camarón o plumajillo), *Heliocarpus terebinthinaceus* (namo), *Fraxinus purpusii* (aciquité o saucillo), *Lysiloma acapulcense* (tepeguaje), *Haematoxylum campechianum*, *Ceiba acuminata* (mosmot o lanita), *Cochlospermum vitifolium*, *Pistacia mexicana* (achín), *Bursera bipinnata* (copalillo), *Sideroxylon celastrinum* (rompezapote), *Gyrocarpus jatrophifolius* (tincui, San Felipe), *Swietenia humilis* (caoba), *Bucida machrostachya toro*), (cojambomó montaña), *Lonchocarpus* (cacho de *Euphorbia pseudofulva* De *longipedicellatus*, *Hauya microcerata* (yoá), *Colubrina arborescens* (cascarillo) *Lonchocarpus minimiflorus* (ashicana), *Ficus aurea* (higo), *Gymnopodium floribundum* (aguana), *Leucanea collinsii* (guaje), *Leucanea esculenta* (guaje blanco), *Lysiloma microphyllum*, *Jatropha cinerea*, *Cyrtocarpa edulis*, *Bursera laxiflora*, *Lysiloma candidum*, *Cercidium peninsulare*, *Leucaena lanceolata*, *Senna atomaria*, *Prosopis palmeri*, *Esenbeckia flava*, *Sebastiania bilocularis*, *Bursera microphylla*, *Plumeria rubra*, *Bursera odorata*, *Bursera excelsa var. Favonialis* (copal), *Bursera fagaroides var. elongata* y *Bursera fagaroides var. purpusii*, *Comocladia engleriana*, *Cyrtorcarpa procera*, *Lonchocarpus eriocarinalis*, *Pseudosmodingium perniciosum*, *Spondias purpurea*, *Trichilia americana*, *Bursera longipes*, *B. morelensis, B. fagaroides*, *B. lancifolia*, *B. copallifera*, *B. vejarvazquesii*, *B. submoniliformis*, *B. bipinnata*, *B. bicolor*, *Ceiba aesculifolia subsp. parvifolia*, *Ipomoea murucoides*, *Merremia aegyptia,* l. *wolcottiana, I. arborescens Crateva palmeri*. *Brahea dulcis* (palma de sombrero), *Thevetia ovata*, *Indigofera platycarpa*,

Calliandra grandiflora, *Celtis iguanaea*, *Diphysa floribunda*, *Bonelllia macrocarpa*, *Malpighia mexicana Pseudobombax ellipticum*, *C. tapia*, *Guazuma ulmifolia*, *Cordia dentata*, *Parkinsonia florida*, *Acacia farnesiana*, *Prosopis laevigata*, *Licania arborea*, *Prosopis juliflora*, *Pithecellobium dulce*, *Zygia conzattii*, *Achatocarpus nigricans* (limoncillo), *Coccoloba caracasana* (papaturro), C. *floribundia* (carnero), *Randia armata* (crucecita), *Rauvolfia tetraphylla* (coralillo), *Trichilia hirta*, *T. trifolia* (mapahuite); además, de cactáceas como *Pereskia lychnidiflora*, *Pachycereus* sp. (cardón); *Stenocereus* sp., *Cephalocereus* spp, *Pilosocereus gaumeri*, *Stenocereus griseus*, *Acanthocereus tetragonus*, *Pachycereus pecten-aboriginum* y *Pterocereus gaumeri*. Los bejucos son abundantes y las plantas epífitas se reducen principalmente a pequeñas bromeliáceas como *Tillandsia* sp., cactáceas y algunas orquídeas (INEGI, 2021).

Al interior del AP este uso de suelo y/o vegetación se desarrolla a través de una superficie de 2.398 ha, que corresponde al 9.38% de la superficie total, siendo el USV con mayor distribución, y siendo uno en los cuales pasa el AP.

Para realizar la caracterización de esta vegetación se realizó una división de las especies de acuerdo con lo siguiente:

Estrato arbóreo. En este estrato se consideraron a todas aquellas especies que tienen un crecimiento arbóreo, es decir, que cuentan con un tallo principal, los cuales cuenten con un DAP igual o mayor a 7.5 centímetros.

Estrato arbustivo. En este estrato se consideraron a todas las especies que tienen un crecimiento en forma de arbustos, es decir, que se ramifican desde la base de su tallo y aquellas especies del estrato arbóreo en su etapa juvenil, las cuales cuentan con un DAP menor a 7.5 centímetros.

A continuación, se presentan los datos de riqueza, especies enlistadas en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010, densidad estimada tipo y relativa, altura promedio y cobertura, índice de valor de importancia, índice de

Shannon e índice de equitatividad de Pielou para cada uno de los estratos muestreados en la fase de campo. En las siguientes fotografías se presenta evidencia de las condiciones actuales de este uso de suelo y/o vegetación.



Fotografía 1. Vista panorámica la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que se desarrolla en la superficie solicitada para CUSTF.



Fotografía 2. Vista panorámica la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que se desarrolla en la superficie solicitada para CUSTF.

Posteriormente, se presentan los datos de riqueza, densidad estimada tipo y relativa, dominancia, índice de valor de importancia e índice de diversidad para cada uno de los estratos de la vegetación.

Riqueza

Estrato arbóreo

Conforme a los resultados de los transectos de muestreo levantados en campo para el estrato arbóreo, en la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que se desarrolla en la superficie que se solicita para CUSTF, en donde se obtuvo una riqueza de 9 especies (R=9), las cuales pertenecen a 6 familias diferentes, donde la familia Fabaceae es la más representativa con 4 especies (44.44% de la riqueza total), mientras que las 5 familias restantes presentaron una especie cada una (11.11% de la riqueza total, respectivamente); los resultados completos se

aprecian en la siguiente tabla.

Tabla IV-44. Riqueza de especies identificada para el estrato arbóreo de la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que se distribuye en la superficie que se solicita para CUSTF.

No.	Nombre común	Nombre científico	Familia	%
1	Cornezuelo	Vachellia hindsii	Fabaceae	44.44
2	Guaje	*Leucaena leucocephala*	Fabaceae	
3	Palo colorado	*Coulteria platyloba*	Fabaceae	
4	Timuche	*Pithecellobium lanceolatum*	Fabaceae	
5	Palo blanco	*Bravaisia integerrima*	Acanthaceae	11.11
6	Ciruelo	*Spondias purpurea*	Anacardiaceae	11.11
7	Palma de coco	*Cocos nucifera*	Arecaceae	11.11
8	Sasanil	*Cordia dentata*	Boraginaceae	11.11
9	Palo mulato	*Bursera simaruba*	Burseraceae	11.11
	Total			**100.00**

En las siguientes fotografías se muestran algunos de los ejemplares de flora silvestre registrados en la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que se distribuyen dentro de la superficie solicitada para CUSTF.



Ejemplar de *Bursera simaruba.*



Ejemplar de *Bravaisia integerrima.*

Estrato arbustivo

Así mismo, conforme a los resultados de los transectos de muestreo levantados en campo para el estrato arbustivo de la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que se desarrolla en la superficie que se solicita para CUSTF, en donde se obtuvo una riqueza de 12 especies (R=12), las cuales pertenecen a 6 familias diferentes, donde la familia Fabaceae es la más representativa con 7 especies (58.33% de la riqueza total), mientras que las 5 familias restantes presentaron una especie cada una (8.33% de la riqueza total, respectivamente); los resultados completos se aprecian en la siguiente tabla.

Tabla IV-45. Riqueza de especies arbustivas identificadas en la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que se distribuye en la superficie que se solicita para CUSTF.

No.	Nombre común	Nombre científico	Familia	%
1	Cornezuelo	*Vachellia hindsii*	Fabaceae	58.33
2	Dormilona	*Mimosa quadrivalvis*	Fabaceae	
3	Frijolillo	*Senna occidentalis*	Fabaceae	
4	Guaje	*Leucaena leucocephala*	Fabaceae	
5	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	Fabaceae	
6	Palo colorado	*Coulteria platyloba*	Fabaceae	
7	Timuche	*Pithecellobium lanceolatum*	Fabaceae	
8	Palo blanco	*Bravaisia integerrima*	Acanthaceae	8.33
9	Palma de coco	*Cocos nucifera*	Arecaceae	8.33
10	Sasanil	*Cordia dentata*	Boraginaceae	8.33
11	Campanilla	Malvaviscus arboreus	Malvaceae	8.33
12	Susuca	*Salpianthus arenarius*	Nyctaginaceae	8.33
	Total			**100.00**

Especies enlistadas en alguna categoría de protección

En lo referente a especies enlistadas en alguna categoría de protección con respecto a la NOM-059-SEMARNAT-2010, de las especies registradas los dos estratos de la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que se

desarrolla en la superficie solicitada para CUSTF, solo una de ellas se encuentra enlistadas en dicha norma, específicamente en la categoría de Amenazada (A).

Tabla IV-46. Especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 registradas en la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia.

No.	Nombre común	Nombre científico	Familia	NOM-059-SEMARNAT-2010
1	Palo blanco	*Bravaisia integerrima*	Acanthaceae	A

Densidad estimada tipo, densidad total y densidad relativa

En lo que a abundancia se refiere (densidad estimada tipo y relativa); para el estrato arbóreo se obtuvo una densidad estimada tipo de 253 ind/ha y una densidad estimada en la superficie que se solicita para CUSTF de 607 individuos; siendo la especie más abundante: *Vachellia hindsii* con 67 ind/ha (densidad relativa – Dr de 26.32%).

En el estrato arbustivo se obtuvo una densidad estimada tipo de 3,140 ind/ha y una densidad estimada en la superficie que se solicita par CUSTF de 7,530 individuos; donde las especies más abundantes son: *Vachellia hindsii* con 960 ind/ha (densidad relativa – Dr de 30.57%) y *Pithecellobium lanceolatum* con 760 ind/ha (densidad relativa – Dr de 24.20%).

Tabla IV-47. Densidad estimada y relativa, registrada en la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que se solicita para CUSTF, para el estrato arbóreo.

No.	Nombre común	Nombre científico	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Individuos totales contabilizados (1,500 m^2)	Densidad estimada tipo (Ind/Ha)	Densidad estimada en la Superficie para CUSTF (2.398 ha)	Densidad Relativa (%)
1	Cornezuelo	Vachellia hindsii			4	1			3	2			10	67	160	26.32
2	Sasanil	*Cordia dentata*		1		1		1	2	3			8	53	128	21.05
3	Palo blanco	*Bravaisia integerrima*		7									7	47	112	18.42
4	Timuche	*Pithecellobium lanceolatum*		1					2	1			4	27	64	10.53
5	Ciruelo	*Spondias purpurea*										3	3	20	48	7.89
6	Guaje	*Leucaena leucocephala*			2								2	13	32	5.26
7	Palo colorado	*Coulteria platyloba*										2	2	13	32	5.26
8	Palma de coco	*Cocos nucifera*						1					1	7	16	2.63
9	Palo mulato	*Bursera simaruba*										1	1	7	16	2.63
	Total		**0**	**9**	**6**	**2**	**0**	**2**	**7**	**6**	**0**	**6**	**38**	**253**	**607**	**100.00**

Tabla IV-48. Densidad estimada y relativa, registrada en la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que se solicita para CUSTF, para el estrato arbustivo.

No.	Nombre común	Nombre científico	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Individuos totales contabilizados (500 m^2)	Densidad estimada tipo (Ind/Ha)	Densidad estimada en la Superficie para CUSTF (2.398 ha)	Densidad Relativa (%)
1	Cornezuelo	*Vachellia hindsii*	3		7	7	9	10	2	10			48	960	2,302	30.57
2	Timuche	*Pithecellobium lanceolatum*	8	8	2	4	1		2	5	8		38	760	1,822	24.20
3	Palo blanco	*Bravaisia integerrima*		13									13	260	623	8.28
4	Guaje	*Leucaena leucocephala*			9	1				2			12	240	576	7.64
5	Palma de coco	*Cocos nucifera*		1	2	3		1	1	2			10	200	480	6.37
6	Campanilla	Malvaviscus arboreus						1	2	2	2		7	140	336	4.46
7	Dormilona	*Mimosa quadrivalvis*					5				2		7	140	336	4.46
8	Sasanil	*Cordia dentata*	2		1	2		1	1				7	140	336	4.46
9	Frijolillo	*Senna occidentalis*	3		2								5	100	240	3.18
10	Susuca	*Salpianthus arenarius*	3					2					5	100	240	3.18
11	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	3										3	60	144	1.91
12	Palo colorado	*Coulteria platyloba*										2	2	40	96	1.27
	Total		**22**	**22**	**23**	**17**	**15**	**15**	**8**	**21**	**12**	**2**	**157**	**3,140**	**7,530**	**100.00**

Altura promedio y cobertura

Estrato arbóreo

En lo referente a la estructura vertical; en el estrato arbóreo la especie dominante es: *Cocos nucifera* con una altura promedio de 22.00 m y una cobertura de 9.62 m^2, Vachellia hindsii con una altura promedio de 6.42 m y una cobertura de 6.39 m^2, *Cordia dentata* con una altura promedio de 6.20 m y una cobertura de 4.74 m^2 y *Bravaisia integerrima* con una altura promedio de 6.17 m y una cobertura de 6.01 m^2.

Tabla IV-49. Altura promedio y cobertura, estimada por especie para el estrato arbóreo de la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que se distribuye en la superficie que se solicita para CUSTF.

No.	Nombre común	Nombre científico	Altura promedio (m)	Cobertura (m^2)
1	Palma de coco	*Cocos nucifera*	22.00	9.62
2	Cornezuelo	Vachellia hindsii	6.42	6.39
3	Sasanil	*Cordia dentata*	6.20	4.74
4	Palo blanco	*Bravaisia integerrima*	6.17	6.01
5	Guaje	*Leucaena leucocephala*	5.50	8.30
6	Ciruelo	*Spondias purpurea*	5.00	4.28
7	Palo mulato	*Bursera simaruba*	5.00	2.01
8	Timuche	*Pithecellobium lanceolatum*	4.92	4.15
9	Palo colorado	*Coulteria platyloba*	4.60	7.55
	Total		**65.80**	**53.05**

Estrato arbustivo

En el estrato arbustivo las especies dominantes son: *Leucaena leucocephala* con una altura promedio de 3.73. m y una cobertura de 1.66 m^2, *Vachellia hindsii* con una altura promedio de 3.41 m y una cobertura de 1.22 m^2, *Bravaisia integerrima* con una altura promedio de 3.24 m y una cobertura de 1.47 m^2 y *Coulteria platyloba* con una altura promedio de 3.00 m y una cobertura de 2.01 m^2.

Tabla IV-50. Altura promedio y cobertura, estimada por especie para el estrato arbustivo de la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que se distribuye en la superficie que se solicita para CUSTF.

No.	Nombre común	Nombre científico	Altura promedio (m)	Cobertura (m²)
1	Guaje	*Leucaena leucocephala*	3.73	1.66
2	Cornezuelo	*Vachellia hindsii*	3.41	1.22
3	Palo blanco	*Bravaisia integerrima*	3.24	1.47
4	Palo colorado	*Coulteria platyloba*	3.00	2.01
5	Sasanil	*Cordia dentata*	2.78	1.78
6	Timuche	*Pithecellobium lanceolatum*	2.53	1.02
7	Campanilla	Malvaviscus arboreus	2.35	1.28
8	Dormilona	*Mimosa quadrivalvis*	1.33	0.82
9	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	1.30	0.13
10	Susuca	*Salpianthus arenarius*	1.18	1.43
11	Palma de coco	*Cocos nucifera*	1.14	0.28
12	Frijolillo	*Senna occidentalis*	0.87	0.09
	Total		**26.85**	**13.18**

Índice de Valor de Importancia (IVI)

Estrato arbóreo

Con los resultados obtenidos en la vegetación de Vegetación secundaría arbustiva de selva baja caducifolia para el estrato arbóreo dentro de la superficie que se solicita para CUSTF se obtuvo el índice de valor de importancia (IVI), donde podemos decir que las especies con mayor IVI son: *Vachellia hindsii* (60.58), *Cordia dentata* (57.77), *Bravaisia integerrima* (35.31) y *Pithecellobium lanceolatum* (35.02).

Tabla IV-51. IVI calculado para el estrato arbóreo presente en la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, que se desarrolla en la superficie que se solicita para CUSTF.

No.	Nombre común	Nombre científico	Densidad Relativa (%)	Coeficiente Simple de Dominancia (%)	Frecuencia Relativa (%)	Índice de valor de Importancia
1	Cornezuelo	Vachellia hindsii	26.32	12.04	22.22	60.58
2	Sasanil	*Cordia dentata*	21.05	8.94	27.78	57.77
3	Palo blanco	*Bravaisia integerrima*	18.42	11.33	5.56	35.31
4	Timuche	*Pithecellobium lanceolatum*	10.53	7.83	16.67	35.02
5	Guaje	*Leucaena leucocephala*	5.26	15.64	5.56	26.46
6	Palma de coco	*Cocos nucifera*	2.63	18.14	5.56	26.32
7	Palo colorado	*Coulteria platyloba*	5.26	14.23	5.56	25.05
8	Ciruelo	*Spondias purpurea*	7.89	8.06	5.56	21.51
9	Palo mulato	*Bursera simaruba*	2.63	3.79	5.56	11.98
	Total		**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300.00**

Estrato arbustivo

Para el estrato arbustivo dentro de la superficie que se solicita para CUSTF se obtuvo el índice de valor de importancia (IVI), donde las especies con mayor IVI son: *Vachellia hindsii* (56.53), *Pithecellobium lanceolatum* (51.01), *Cordia dentata* (29.86) y *Leucaena leucocephala* (27.35).

Tabla IV-52. IVI calculado para el estrato arbustivo presente en la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, que se desarrolla en la superficie que se solicita para CUSTF.

No.	Nombre común	Nombre científico	Densidad Relativa (%)	Coeficiente Simple de Dominancia (%)	Frecuencia Relativa (%)	Índice de valor de Importancia
1	Cornezuelo	*Vachellia hindsii*	30.57	9.29	16.67	56.53
2	Timuche	*Pithecellobium lanceolatum*	24.20	7.76	19.05	51.01
3	Sasanil	*Cordia dentata*	4.46	13.50	11.90	29.86
4	Guaje	*Leucaena leucocephala*	7.64	12.56	7.14	27.35
5	Campanilla	Malvaviscus arboreus	4.46	9.69	9.52	23.67
6	Palma de coco	*Cocos nucifera*	6.37	2.11	14.29	22.76
7	Palo blanco	*Bravaisia integerrima*	8.28	11.17	2.38	21.83

No.	Nombre común	Nombre científico	Densidad Relativa (%)	Coeficiente Simple de Dominancia (%)	Frecuencia Relativa (%)	Índice de valor de Importancia
8	Palo colorado	*Coulteria platyloba*	1.27	15.25	2.38	18.91
9	Susuca	*Salpianthus arenarius*	3.18	10.86	4.76	18.81
10	Dormilona	*Mimosa quadrivalvis*	4.46	6.20	4.76	15.42
11	Frijolillo	*Senna occidentalis*	3.18	0.67	4.76	8.62
12	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	1.91	0.95	2.38	5.25
	Total		**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300.00**

Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) e índice de equitatividad de Pielou (J´)

Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´)

Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección *(Magurran, 1988; Peet, 1974; Baev y Penev, 1995)*. Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos *(Magurran, 1988).*

Mediante este índice se realizó el cálculo de la diversidad florística para cada uno de los estratos de la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que se desarrolla en la superficie solicitada para CUSTF; este índice fue calculado con los registros de cada especie (riqueza), según la siguiente fórmula:

$$H' = \sum pi/\log(pi)$$, donde p es la proporción relativa de las i especies.

De acuerdo con *Magurran (1988),* cuando los valores de este índice son inferiores a 1.5, el área evaluada es considerada de diversidad baja, en tanto que los valores

mayores a 1.5 y hasta 3.0 se consideran como diversidad media, y los valores mayores a 3.0 se consideran como diversidad alta.

Índice de equitatividad de Pielou (J)

Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes y el 0 señala la ausencia de uniformidad *(Magurran, 1988).*

Los resultados se presentan a continuación.

Para el estrato arbóreo se obtuvo un H´ de 1.93, para el estrato arbustivo el H´ obtenido fue de 2.05. Con los resultados obtenidos podemos decir que la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que se desarrolla en la superficie solicitada para CSUTF, obtuvo una densidad media para el estrato arbóreo y arbustivo.

En lo que respecta al índice de Equitatividad (J´), tenemos que para el estrato arbóreo se obtuvo un valor de J´ de 0.88 mientras que para el estrato arbustivo el valor es de 0.83; en resumen, tenemos que la Equitatividad de la Vegetación secundaría arbustiva de selva baja caducifolia la que se desarrolla en la superficie solicitada para CUSTF va de 0.83 a 0.88, esto quiere decir que las especies de todos los estratos se distribuyen de una manera uniforme.

Estos resultados se pueden observar en las siguientes tablas.

Tabla IV-53. Índice de Shannon para el estrato arbóreo presente en las áreas cubiertas por Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que se solicita para CUSTF.

No.	Nombre común	Nombre científico	Densidad estimada tipo (Ind/Ha)	Densidad relativa (Pi)	Ln de Pi	Pi x Ln Pi
1	Cornezuelo	Vachellia hindsii	67	0.26	-1.34	-0.35
2	Sasanil	*Cordia dentata*	53	0.21	-1.56	-0.33
3	Palo blanco	*Bravaisia integerrima*	47	0.18	-1.69	-0.31
4	Timuche	*Pithecellobium lanceolatum*	27	0.11	-2.25	-0.24
5	Ciruelo	*Spondias purpurea*	20	0.08	-2.54	-0.20
6	Guaje	*Leucaena leucocephala*	13	0.05	-2.94	-0.15
7	Palo colorado	*Coulteria platyloba*	13	0.05	-2.94	-0.15
8	Palma de coco	*Cocos nucifera*	7	0.03	-3.64	-0.10
9	Palo mulato	*Bursera simaruba*	7	0.03	-3.64	-0.10
	Total		**253**	**1.00**		**1.93**
	Riqueza			**9.00**	**Indice de Diversidad de Shannon**	
	Hmax= Ln S			**2.20**		
	Equitatividad (J´)		**H/Hmax=**	**0.88**		

Tabla IV-54. Índice de Shannon calculado para el estrato arbustivo presente en las áreas cubiertas por Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que se solicita para CUSTF.

No.	Nombre común	Nombre científico	Densidad estimada tipo (Ind/Ha)	Densidad relativa (Pi)	Ln de Pi	Pi x Ln Pi
1	Cornezuelo	*Vachellia hindsii*	960	0.31	-1.19	-0.36
2	Timuche	*Pithecellobium lanceolatum*	760	0.24	-1.42	-0.34
3	Palo blanco	*Bravaisia integerrima*	260	0.08	-2.49	-0.21
4	Guaje	*Leucaena leucocephala*	240	0.08	-2.57	-0.20
5	Palma de coco	*Cocos nucifera*	200	0.06	-2.75	-0.18
6	Campanilla	Malvaviscus arboreus	140	0.04	-3.11	-0.14
7	Dormilona	*Mimosa quadrivalvis*	140	0.04	-3.11	-0.14
8	Sasanil	*Cordia dentata*	140	0.04	-3.11	-0.14
9	Frijolillo	*Senna occidentalis*	100	0.03	-3.45	-0.11
10	Susuca	*Salpianthus arenarius*	100	0.03	-3.45	-0.11
11	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	60	0.02	-3.96	-0.08
12	Palo colorado	*Coulteria platyloba*	40	0.01	-4.36	-0.06
	Total		**3,140**	**1.00**		**2.05**
	Riqueza			**12.00**	**Indice de Diversidad de Shannon**	
	Hmax= Ln S			**2.48**		
	Equitatividad (J´)		**H/Hmax=**	**0.83**		

Los resultados obtenidos para la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que se distribuye dentro de la superficie para CUSTF se pueden interpretar como sigue:

→ En términos de riqueza, esta asociación presenta una riqueza total de 9 especies en el estrato arbóreo; mientras que el estrato arbustivo, es el que presenta el mayor número de especies con 12.

→ Respecto a especies en NOM, de las especies registradas, se obtuvo que, solo una de ellas se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010, la cual corresponde a *Bravaisia integerrima,* en la categoría de Amenazada (A).

→ De acuerdo con los resultados de la aplicación de los índices de diversidad, el estrato arbustivo es el que presenta un mayor valor de diversidad (H' = 2.05), seguido por el estrato arbóreo que obtuvo un H´ de 1.93. De acuerdo con Magurran (1988), cuando los valores de este índice son inferiores a 1.5, el área evaluada se considera de diversidad baja, en tanto que los valores entre 1.51 y 3.0 se consideran como diversidad media, y los valores iguales o superiores a 3.1 se consideran como diversidad alta. Tomando en cuenta lo anterior podemos decir que, para los estratos arbustivo y arbóreo, la diversidad se puede considerar como media.

→ Referente al índice de Equitatividad de Pielou (J'), tenemos que, para el estrato arbóreo el valor de J' es de 0.88, mientras que para el estrato arbustivo el valor de J' es de 083. De esta manera se entiende que la Equitatividad en los estratos de la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia va de 0.83 a 0.88, indicando que las especies se distribuyen de manera uniforme.

Agricultura de temporal permanente

Dentro de la clasificación de los usos de suelo y/o vegetación definidos por INEGI (2021), se incluye el grupo o tipo de agroecosistemas, estos son los diferentes tipos de agricultura y actividades acuícolas que conforman la información agrícola, pecuaria y forestal, siendo para este caso de Agricultura de temporal permanente.

En este uso de suelo y/o vegetación dentro del SAR se relaciona a superficies donde se presentan tierras de agricultura donde su temporalidad puede ser como marca INEGI (2021), desde temporal a permanente, donde la ocupación del terreno para cultivo es mayor de cinco años.

Al interior del AP este uso de suelo y/o vegetación se desarrolla a través de una superficie de 12.493 ha, que corresponde al 48.87% de la superficie total.

Sin vegetación aparente

Este uso de suelo corresponde a superficies desprovistas de vegetación, se trata principalmente de algunas fracciones de cauces de arroyos, escurrimientos, caminos, etc., que en conjunto ocupan una superficie de 7.922 ha, que representa el 30.99% de la superficie total del proyecto.

Asentamientos humanos

Clasificado por el INEGI (2021) como Asentamientos humanos, este no es un tipo de comunidad vegetal en sí, sin embargo, esta superficie corresponde a la extensión de la ciudad de Acapulco, sus colonias, manzanas y calles, donde se habita, trabaja y desarrollan actividades económicas.

Al interior del AP este uso de suelo y/o vegetación se desarrolla a través de una superficie de 2.754 ha, que corresponde al 10.77% de la superficie total.

IV.3.2.2.2 Fauna

En este apartado se presentan los resultados de los levantamientos de información en campo relativos a la fauna que habita en el SAR y en el Área del Proyecto.

IV.3.2.2.2.1 Antecedentes faunísticos

México posee una gran importancia biológica a nivel de fauna, puesto que su compleja historia geológica y su posición geográfica han dado origen a un intercambio faunístico que no tiene comparación con alguna otra región del planeta, y que le confieren un carácter único (Maldonado-González, 2008). Ocupa el segundo lugar en diversidad de reptiles con 864 especies (Flores-Villela y García-Vázquez, 2014), el tercer lugar en mamíferos silvestres con 525 especies (Ceballos y Oliva, 2005), y el quinto lugar en la diversidad de anfibios con 376 especies (Parra-Olea *et al*., 2014).

Con respecto al grupo de las aves, existen distintos datos en cuanto al número de especies: 1,123-1,150 (Navarro-Sigüenza *et al.*, 2014), 1,150 (Gill y Donsker, 2013), 1,124 (CONABIO, 2024) y 1,147 (Avibase, 2025). Esto equivale a aproximadamente el 11% a nivel mundial, lo que coloca a México en el decimoprimer lugar en diversidad de aves (Navarro-Sigüenza, *et al*. 2014). Adicionalmente, México es muy importante como corredor migratorio y como sitio de invernación para más del 50% de especies de aves que se reproducen en E.U. y Canadá, y que durante el invierno migran hacia latitudes menores (Ramamoorthy *et al.*1998; Challenger, 1998).

A continuación, se describen los antecedentes faunísticos referentes a los vertebrados terrestres del estado de Guerrero, el cual alberga más de 930 especies de vertebrados en su territorio (Botello *et al.*, 2015).

A) Herpetofauna

Recientemente se ha establecido que el estado de Guerrero ocupa el cuarto lugar a nivel nacional en cuanto al número de especies de anfibios, al registrarse en él 67 especies (Parra-Olea *et al.,* 2014). También ocupa el cuarto lugar en cuanto al número de especies de reptiles con 164 (Flores-Villela y García-Vázquez, 2014).

En cuanto a listados herpetofaunísticos, Smith y Taylor (1966) realizaron listados de anfibios y reptiles por estado para todo México, reportando 71 especies de serpientes, 42 especies de anfibios, y 55 especies de lagartos y tortugas para el estado de Guerrero.

Existen algunos trabajos sobre inventarios herpetofaunísticos en zonas muy específicas del estado, como el elaborado por Hall (1951), el cual expone información de una pequeña colección herpetológica de zonas cercanas a Chilpancingo, reportando para esta zona 14 especies de serpientes y una de lagartija. Para la región de Chilpancingo también existen los trabajos elaborados por Davis y Dixon (1959, 1961 y 1965), en los cuales enlistan 34 especies de anfibios, 44 especies de lacertilios, una de tortuga y 42 especies de serpientes.

Otro trabajo herpetofaunístico fue el realizado por Sánchez y Lopéz-Forment (1987) para el municipio de Acapulco, quienes realizaron una comparación entre una zona conservada y otra perturbada, registrando un total de 61 especies y subespecies, 11 anfibios y 50 reptiles.

Flores-Villela y Hernández-García (2006), elaboraron un estudio herpetofaunístico en la Sierra de Taxco y registraron la riqueza por tipos de vegetación; reportaron 43 especies y subespecies, 15 de anfibios y 28 reptiles, además de establecer para la zona un bajo número de endemismos; también obtuvieron que los tipos de vegetación más diversos en especies y más similares entre sí son el bosque de *Juniperus flacida*, el bosque mesófilo de montaña y el bosque de pino.

Pérez-Ramos y Saldaña de la Riva (1987), utilizando al clima como factor determinante en la distribución de los herpetozoos, registraron para todo el estado

de Guerrero 206 especies y subespecies, de los que 55 pertenecen anfibios y 151 a reptiles.

Pérez-Ramos *et al.* (2000) enlistaron para el estado 231 especies de las que el 21% son endémicas y establecieron que en ese tiempo el total de las especies registradas representaban el 20% del total de la herpetofauna mexicana.

A pesar de que actualmente el estado de Guerrero es considerado uno de los estados con mayor riqueza herpetofaunística a nivel nacional, aún faltan muchas especies por describirse. Como evidencia de esta aseveración, en las últimas dos décadas, se han descrito nuevas especies que hasta el momento sólo se distribuyen en la entidad Guerrerense: Wilson and y Campbell (2000) describieron a *Tantilla sertula*; Flores-Villela y Sánchez-H (2003) describieron a *Abronia martindelcampoi*; Pérez-Ramos y Saldaña-de la Riva (2003) describieron una nueva salamandra, *Pseudoeuricea amuzga*; Campbell y Flores-Villela (2008) describieron una especie nueva de serpiente de cascabel, *Crotalus ericsmithi*; Pérez-Ramos y Saldaña-de la Riva (2008) describieron la lagartija *Sceloporus duckercolini*; Campbell *et al.* (2009) describieron una nueva rana arborícola *Charadrahyla tecuani;* Murphy *et al.* (2009) describieron a *Phyllodactylus papenfussi;* Feria-Ortiz y García-Vázquez (2012) describieron para la Sierra Madre del Sur al scincido, *Plestiodon Nietoi*; Campbell *et al.* (2013) describieron una nueva salamandra, *Pseudoeurycea kuautli,* Campbell *et al.* (2014) describieron a la salamandra *Thorius hankeni;* y, por último, Nieto-Montes de Oca *et al.* (2014) describieron una nueva especie de lagarto cornudo, *Phrynosoma sherbrookei.*

Con base en lo anterior, se puede concluir que la Provincia de la Sierra Madre del Sur, en comparación con las otras provincias que se localizan en la entidad Guerrerense, ha sido la más estudiada en cuanto a anfibios y reptiles se refiere.

B) Mastofauna

Al realizar un inventario faunístico de determinada área o región, es fundamental conocer si se han realizado estudios previos en esta zona o en zonas adyacentes, los cuales nos ayudarían a conocer las especies que probablemente podamos registrar en nuestro estudio. Al llevar a cabo la búsqueda de antecedentes mastofaunísticos para el estado de Guerrero, se pudo visualizar que dicha entidad no es de los estados con mayor riqueza mastofaunística dentro de la República Mexicana.

Ceballos y Oliva (2005) establecen que la riqueza mastofaunística del estado de Guerrero está conformada por un total de 115 especies. Con base en esta cifra, los autores mencionan, de manera indirecta, que dicha entidad ocupa en México el lugar décimo tercero en cuanto a riqueza mastofaunística. Los autores no especifican qué fuente utilizaron para establecer esta información.

Por su parte, Ávila (2006) indica que se ha registrado un total de 146 especies para el estado de Guerrero distribuidas en nueve órdenes, 22 familias y 87 géneros. El estudio llevado a cabo la autora fue realizado con base en la revisión de colecciones mastozoológicas nacionales y del extranjero, además de una búsqueda exhaustiva de literatura. En él, están recopiladas la mayoría de las fuentes bibliográficas que existían para el estado de Guerrero hasta esa fecha; de esta manera, desde el 2006 hasta el 2015, se puede establecer que han sido pocos los artículos científicos que se han publicado sobre los mamíferos presentes en el estado de Guerrero.

Entre éstos, destaca el de Almazán-Catalán, *et al.* (2009), quienes registran segundos, terceros y cuartos registros de determinadas especies de murciélagos al interior del estado de Guerrero. Posteriormente, Almazán-Catalán *et al.* (2013) dieron a conocer registros adicionales de *Lynx rufus*, *Puma concolor*, *Puma yagouaroundi*, *Leopardus pardalis*, *Leopardus wiedii* y *Panthera onca* al interior del estado de Guerrero.

C) Avifauna

La ornitofauna del estado de Guerrero comenzó a ser explorada desde hace muchos años, y los primeros registros de aves conocidos con certeza corresponden a los de la expedición de Malaspina en el siglo XVIII. Posteriormente, a partir del siglo XIX, las localidades mejor exploradas y con más colectas de aves fueron Chilpancingo, Omiltemi, Acapulco, Iguala, Taxco y Acahuizotla, fruto de diversas expediciones de dependencias extranjeras al estado de Guerrero (Navarro, 1998).Ya en el siglo XX, la fauna de Guerrero comenzó a ser ampliamente estudiada y se han publicado obras al respecto, de las cuales algunas versan sobre la avifauna en general y, otras, sobre la avifauna de localidades específicas (p. e. Leopold y Hernández, 1944; Martín del Campo, 1948; Luna y Llorente (comps.; 1993), sin embargo, el interés sobre las aves del estado se ha enfocado en las provincias bióticas de la Cuenca del Balsas y de la Sierra Madre del Sur.

Algunos de los estudios avifaunísticos al interior de la Provincia de la Cuenca del Balsas o en sus sub-cuencas, son los elaborados por Guichard (1986), el cual trabajó con la comunidad de aves asociada a los sistemas agropecuarios del Municipio de Apaxtla de Castrejón. Por su parte, Almazán-Núñez y Navarro (2006) estudiaron la riqueza avifaunística en los distintos tipos de vegetación de la subcuenca del río San Juan. La localidad de Campo Morado fue estudiada Rojas-Soto *et al.* (2009), encontrando que la diversidad de aves fue considerablemente menor que en la región de la subcuenca del río San Juan. En Tuxpan, Nova-Muñoz *et al.* (2011) analizó la riqueza de aves en cuatro diferentes hábitats y sus hábitos alimenticios. Por último, el Cañón del Zopilote fue estudiado por Almazán (2012).

En lo que respecta a los estudios avifaunísticos que se han realizado en la provincia de la Sierra Madre del Sur, encontramos que Navarro (1992) explora la Sierra de Atoyac para conocer la distribución altitudinal de las aves; además Navarro *et al.* (1992b) publicaron tres extensiones de rango (*Rynchocyclus brevirostris, Sittasomus griseicapillus* y *Basileuterus culicivorus*) y un nuevo registro para

Guerrero (*Heliomaster longirostris*). Un estudio detallado sobre la avifauna de la Sierra Madre del Sur fue presentado por Blancas (2006), donde los resultados arrojan que la riqueza de especies se incrementa desde el noroeste hacia el sureste de la provincia. Almazán-Núñez *et al.* (2007) estudió la localidad de Petatlán, en el municipio de Atlixtac. Adicionalmente, Almazán-Núñez *et al.* (2009) evaluaron la composición de especies de aves en bosques de pino-encino con diferentes condiciones de desarrollo en tres sitios ubicados en la Sierra Madre de Sur. Por último, Castro-Torreblanca y Blancas (2014) estudiaron la avifauna de la Ciudad Universitaria en Chilpancingo.

La Sierra Norte de Guerrero ha recibido también atención por parte de ornitólogos. Hernández (1990) estudió la avifauna y sus hábitos alimenticios en Ixcateopan; por su parte, Morales y Navarro (1991) analizaron la distribución de las aves en dicha región montañosa, y Almazán-Núñez (2009) muestreó la porción que se encuentra entre la Sierra de Taxco y la Sierra de Huautla.

En contraste, la costa del Pacífico ha sido pobremente estudiada. Yokoyama (1981) presentó su tesis sobre la problemática que genera el uso de los recursos naturales sobre las poblaciones de aves acuáticas residentes de la Laguna de Tres Palos, mientras que Hernández (2009) investigó una pequeña porción de la cuenca del Río Papagayo.

Ya que la familia Tyrannidae presenta la cualidad de ser un grupo indicador de la calidad del hábitat, Cruz-Palacios *et al.* (2011) analizaron la distribución de dicha familia en el estado de Guerrero por provincias bióticas y tipos de vegetación. En el área de la parasitología Violante-González *et al.* (2011) estudiaron la estructura de las comunidades de parásitos en el cormorán oliváceo, *Phalacrocorax brasilianus*, y Violante-González *et al.* (2012) evaluaron la comunidad de helmintos en dos especies de garzas, *Ardea alba* y *Nyctanassa violacea*.

Guerrero ha sido localidad tipo para la descripción de nuevos taxones. Banks (1990) elevó al rango de especie a *Lophornis brachylopha*. Navarro *et al.* (1992a)

describieron una nueva especie de vencejo (*Cypseloides storeri*) con localidad tipo en la Sierra de Atoyac. Además, muchas más especies tienen su localidad tipo en Guerrero, por ejemplo, *Caprimulgus ridgwayi*, *Amazilia rutila*, *Cyanolica mirabilis*, *Turdus rufopalliatus* (Navarro, 1998).

Hasta ahora el estudio más completo sobre la avifauna del estado de Guerrero es el de Navarro (1998). En el realizó una recopilación de la información hasta ese momento conocida y produjo una lista actualizada y completa sobre las aves de Guerrero y su distribución geográfica y ecológica. Sin embargo, han surgido nuevos registros de especies para el estado en años posteriores al estudio de Navarro (1998). Navarro y Peterson (1999) reportaron nuevos registros, 44 especies de lagunas costeras, 19 de bosque tropical subcaducifolio, 15 de bosque mesófilo y 47 de bosque de pino-encino. Almazán-Núñez y Nova-Muñoz (2006) reportaron, luego de 20 años de no ser registrada, una población de guacamaya verde (*Ara militaris*) en algunas localidades de la Sierra Madre del Sur y Jiménez-Arcos *et al.* (2012) y Villaseñor y Botello (2012) registraron una colonia reproductiva, ampliando su distribución a la Cuenca del Balsas. Se registró por primera vez al trepatroncos gigante (*Xiphocolaptes promeropirhynchus*) en una localidad ubicada en el extremo sureste de la Sierra Madre del Sur (Argote, 2009). En el este de la Sierra Madre del Sur Blancas-Calva *et al.* (2012) registraron por primera vez poblaciones reproductoras del mielero pata roja (*Cyanerpes cyaneus*). Gil *et al.* (2012) reportaron al rascón cuello gris (*Aramides cajaneus*) en la Laguna de Tres Palos. En lo que respecta a especies exóticas, Blancas-Calva *et al.* (2014) y Almazán-Núñez (2014) registraron la paloma turca (*Streptopelia decaocto*) tanto en la costa como en la Sierra Madre del Sur y Almazán-Núñez *et al.* (2015) observaron por primera ocasión a la cotorra argentina (*Myiopsitta monachus*) en la ciudad de Chilpancingo.

Existen reportadas 539 especies de aves para Guerrero, lo que lo coloca en el noveno lugar en riqueza de avifauna en el contexto nacional. Es superado por los Estados de Oaxaca, Veracruz, Chiapas, Puebla, Jalisco, Tamaulipas, Sonora y

Nayarit (Berlanga *et al*., 2008; Navarro *et al*., 2014). Del total de especies de aves registradas para Guerrero, 64 especies (12%) tienen alguna categoría de endemismo y 81 especies (15%) se encuentran bajo alguna categoría de protección por la NOM-059-SEMARNAT (González-García y Gómez de Silva, 2002; SEMARNAT, 2010).

IV.3.2.2.2.2 Trabajo de campo

El trabajo de campo se llevó a cabo en el Sistema Ambiental Regional (SAR) y en el área del proyecto denominado "*Carretera Acapulco-Zihuatanejo, Tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta, del Cadenamiento 9+200 al 20+700"*. El esfuerzo de muestreo fue de diez días efectivos, del 9 al 18 de marzo de 2026, y el criterio principal para la selección y ubicación de los sitios de muestreo se fundamentó en el conocimiento práctico de los expertos en diferentes grupos taxonómicos, bajo la primicia de asegurar la completa representatividad de los tipos de vegetación presentes y de tener una duración estandarizada de los esfuerzos de muestreo en cada una de ellas.

Para la determinación de los vertebrados terrestres se realizaron transectos en franja, con el apoyo de binoculares, lámparas y guías de campo especializadas sobre los distintos grupos de vertebrados. También se realizaron recorridos diurnos y nocturnos a pie, para la obtención de registros directos (visuales y capturas) e indirectos (cantos, rastros de huellas, excretas, huesos, madrigueras, entre otros) de las especies de fauna silvestre presentes. De manera simultánea se preparó un catálogo fotográfico para la posterior verificación, o en su caso, identificación de los registros visuales obtenidos en el campo. Por otra parte, mediante el uso de GPS Etrex Garmin, se georreferenció (en UTM) la ubicación de las especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Transecto en franja

El método de transecto de franja es una unidad de muestreo rectangular muy larga y estrecha que debe recorrerse a través de la línea central, tratando de registrar a todos los individuos dentro de la franja muestral de anchura 2W que representa el ancho efectivo en ambos lados de la línea del transecto. De acuerdo con Mandujano-Rodríguez (2011), la visibilidad es el principal factor que determina este ancho y, a su vez, la visibilidad es afectada por la cobertura vegetal, el relieve local, la hora (día, noche) y la técnica de muestreo empleada (a pie, caballo, vehículo terrestre o aéreo).

En la siguiente figura se ejemplifica un transecto en franja de 1 km de largo y 20 m de ancho (L=1000 m; 2w= 20m). En el esquema, los círculos negros representan los animales que no deben ser contabilizados y los asteriscos representan los animales que se deben contar.

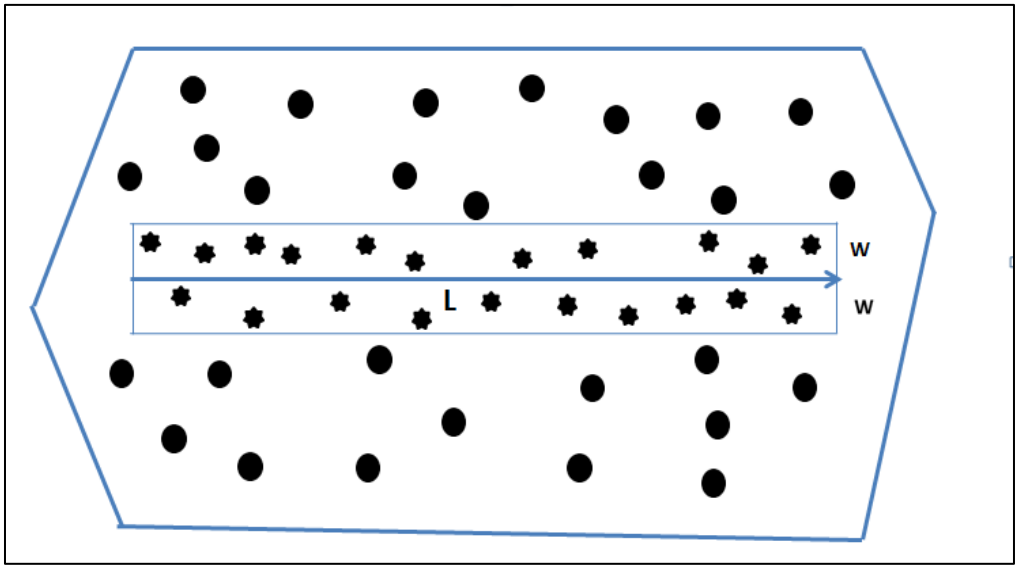


Figura IV-63. Esquema donde se ejemplifica un transecto en franja.

Las consideraciones usadas para este tipo de muestreo son las siguientes:

- Todos los individuos contenidos en el área muestreada tienen la misma probabilidad de ser detectados (p = 1.0).
- Cualquiera de los individuos está aleatoriamente distribuido sobre el área muestreada, o el transecto fue ubicado de manera aleatoria en el área.
- Todos los individuos (ambos sexos y todas las edades) son igualmente probables de ser ahuyentados. El avistamiento de un organismo no influye en el avistamiento de otros organismos.
- Ningún animal es contado más de una vez.

Este procedimiento de muestreo puede ser aplicado a animales de todos tamaños, en una gran variedad de hábitats, incluso a animales que ordinariamente están ocultos pueden ser contados si son ahuyentados por el observador. Este método aporta información confiable y puede ser utilizado para estimar índices de densidad poblacional.

No obstante, los principales factores que pueden afectar la aplicación de esta metodología son los siguientes:

- Qué tan conspicuos o visibles son los individuos.
- Condiciones meteorológicas.
- Actividad de la especie en relación con la hora del día o estación del año.
- Conteos duplicados de individuos que se desplazan hacia adelante durante el recorrido del transecto después de ser ahuyentados.
- Variación en el efecto de la cobertura del hábitat para la detección de los individuos.

A continuación, se describen los métodos de campo empleados para el registro de los distintos grupos de vertebrados considerados en este estudio.

A) Herpetofauna

La búsqueda de anfibios y reptiles en el AP y en el SAR se realizó empleando un método de muestreo consistente en transectos en franja a pie, utilizando las técnicas convencionales de recolecta descritas por Casas-Andreu *et al.* (1991). Dichas técnicas consisten en realizar una búsqueda en todos los microhábitats en los que se pueden encontrar estos organismos: debajo de rocas, troncos secos, dentro de agujeros en la tierra, sobre el suelo, arbustos y árboles. Dado que a medio día las condiciones de temperatura en la zona provocan una disminución de la actividad de estas especies, los recorridos de búsqueda se realizaron en dos horarios, de 7:00 a 11:00 horas y de 16:00 a 20:00 horas.

Para llevar a cabo una adecuada determinación taxonómica de las especies, así como para obtener fotografías de los individuos observados, fue necesaria la captura de algunos organismos. El método de captura dependió esencialmente del organismo a recolectar, pudiéndose tomar directamente con la mano o con ayuda de materiales como ganchos herpetológicos, ligas de plástico, pinzas de disección de 30 cm, sacos de manta y bolsas de plástico. Para cada uno de los ejemplares observados se tomaron los siguientes datos: nombre de la especie, fecha, coordenadas geográficas y tipo de vegetación en la que se encontró; además se fotografiaron algunas de las especies observadas en la zona de estudio.

La determinación taxonómica de todas las especies observadas en el sitio de muestreo se realizó con la ayuda de literatura especializada y utilizando las claves taxonómicas de Flores-Villela *et al*. (1995).

B) Mastofauna

El muestreo de mamíferos se realizó mediante transectos en franja, en los cuales se obtuvieron registros directos de algunas especies, así como huellas y rastros que posteriormente fueron identificados con ayuda de literatura especializada (Aranda, 2000, Ceballos y Oliva, 2005).

Se utilizaron trampas tipo Sherman para la captura de roedores siguiendo los métodos convencionales de colecta científica descritos por Romero-Almaraz *et al.* (2007), y para mamíferos medianos se ocuparon trampas Tomahawk. Las trampas Sherman fueron cebadas con avena y vainilla, en tanto que las Tomahawk fueron cebadas con pan, crema de cacahuate y vainilla. A los individuos capturados se les toman medidas morfométricas convencionales, tales como: Largo total (LT), Largo de cola (LC), Largo de oreja (LO), Largo de pata (LP) y Peso (P), y fueron identificados con ayuda de claves especializadas (Hall, 1981; Ceballos y Oliva, 2005) para posteriormente ser liberados en el mismo lugar de su captura.

Para el registro de mamíferos medianos y grandes, se utilizaron los mismos transectos en franja dentro del SAR, con el fin de colectar e identificar rastros (huellas, excretas, pelo y cráneos), además de observaciones directas.

El arreglo taxonómico de los ejemplares registrados se realizó con base en la propuesta de Ramírez-Pulido *et al.* (2005), mientras que los nombres comunes de los mamíferos se tomaron del libro de Ceballos y Oliva (2005). Para los roedores, se utilizaron los trabajos de Hall (1981) y Ceballos y Oliva (2005), en tanto que, para la identificación de los rastros de mamíferos medianos y grandes, se empleó la guía de Aranda (2000).

C) Avifauna

El muestreo de la avifauna se llevó a cabo mediante registros visuales y auditivos; además, se obtuvieron registros fotográficos (Nikon D3000 con telefoto Sigma 150-500 mm) que permitieron confirmar la identificación de algunas especies. Para la obtención de los datos de diversidad, se emplearon puntos de conteo intensivos (Ralph *et al.* 1995), mismos que se llevaron a cabo a lo largo de caminos. Las observaciones se realizaron con ayuda de binoculares (10 x 42 Bushnell).

Para la identificación de las aves, así como para determinar su estatus de residencia, se utilizaron las guías de campo de Howell y Webb (1995), Sibley (2000) y la National Geographic Society (2008). Por su parte, los registros auditivos para identificar algunas especies de aves fueron cotejados en la base de datos de Xenocanto (http://www.xeno-canto.org/).

El endemismo se determinó con base en el trabajo de González-García y Gómez de Silva (2003), y las especies registradas fueron catalogadas de acuerdo con la última actualización de la American Ornithologist Union (2024).

A continuación, se muestran algunas fotografías de los métodos de campo descritos en páginas previas, a través de los cuales se obtuvo el inventario de fauna silvestre.



Avistamiento de aves mediante binoculares.



Personal de SEGA durante la búsqueda de fauna silvestre.



Trampas Sherman y cebo utilizado para pequeños mamíferos.



Personal de SEGA instalando trampa Tomahawk.



Colocación y georreferenciación de trampas Sherman.



Manipulación de lagartija para su identificación.



Registro de mamífero mediante huella.



Revisión de trampa Sherman.



Registro de mamífero a través de la excreta.



Manipulación de serpiente para su identificación.

Figura IV-64. Métodos y técnicas utilizadas en el monitoreo de fauna.

Tamaño de muestra para el área del proyecto.

El muestreo de fauna silvestre se realizó mediante la implementación de 10 transectos en el SAR y 10 en el Área del Proyecto, cada uno de ellos con longitud de 250 metros (L) tal y como se observa en las siguientes tablas y figuras.

Tabla IV-55. Ubicación de los transectos implementados en el Sistema Ambiental Regional para el muestreo de fauna silvestre.

Transectos SAR (Coordenadas UTM, WGS84, Zona 14)				
Número	Inicio		Fin	
	X	Y	X	Y
1	393,469.76	1,876,702.05	393,578.84	1,876,900.22
2	394,810.51	1,876,442.67	394,641.63	1,876,513.90
3	393,480.88	1,875,543.98	393,247.15	1,875,612.40
4	395,367.24	1,875,119.12	395,287.64	1,874,889.55
5	394,816.37	1,873,652.03	394,810.78	1,873,850.20
6	395,878.91	1,874,016.54	395,721.31	1,873,838.37
7	397,085.09	1,873,225.08	397,206.71	1,873,436.40
8	395,633.74	1,872,743.94	395,534.69	1,872,948.07
9	398,849.73	1,871,781.56	398,792.94	1,872,017.99
10	397,270.26	1,877,152.07	397,402.19	1,876,995.77

Tabla IV-56. Ubicación de los transectos implementados en el Área del Proyecto para el muestreo de fauna silvestre.

Transectos AP (coordenadas UTM, WGS84, Zona 14)				
Número	Inicio		Fin	
	X	Y	X	Y
1	393,132.53	1,876,213.65	393,356.68	1,876,196.46
2	394,215.85	1,876,370.04	394,422.43	1,876,275.89
3	394,553.68	1,876,210.25	394,714.37	1,876,089.29
4	395,389.03	1,875,141.05	395,231.29	1,875,325.34
5	395,463.52	1,875,011.86	395,540.17	1,874,815.71
6	395,852.04	1,874,204.72	395,907.48	1,873,998.90
7	397,464.59	1,872,904.02	397,273.19	1,873,039.46
8	397,617.44	1,872,095.74	397,575.94	1,871,875.00
9	397,487.88	1,869,094.34	397,474.78	1,868,911.89
10	397,715.40	1,868,306.34	397,873.06	1,868,178.39

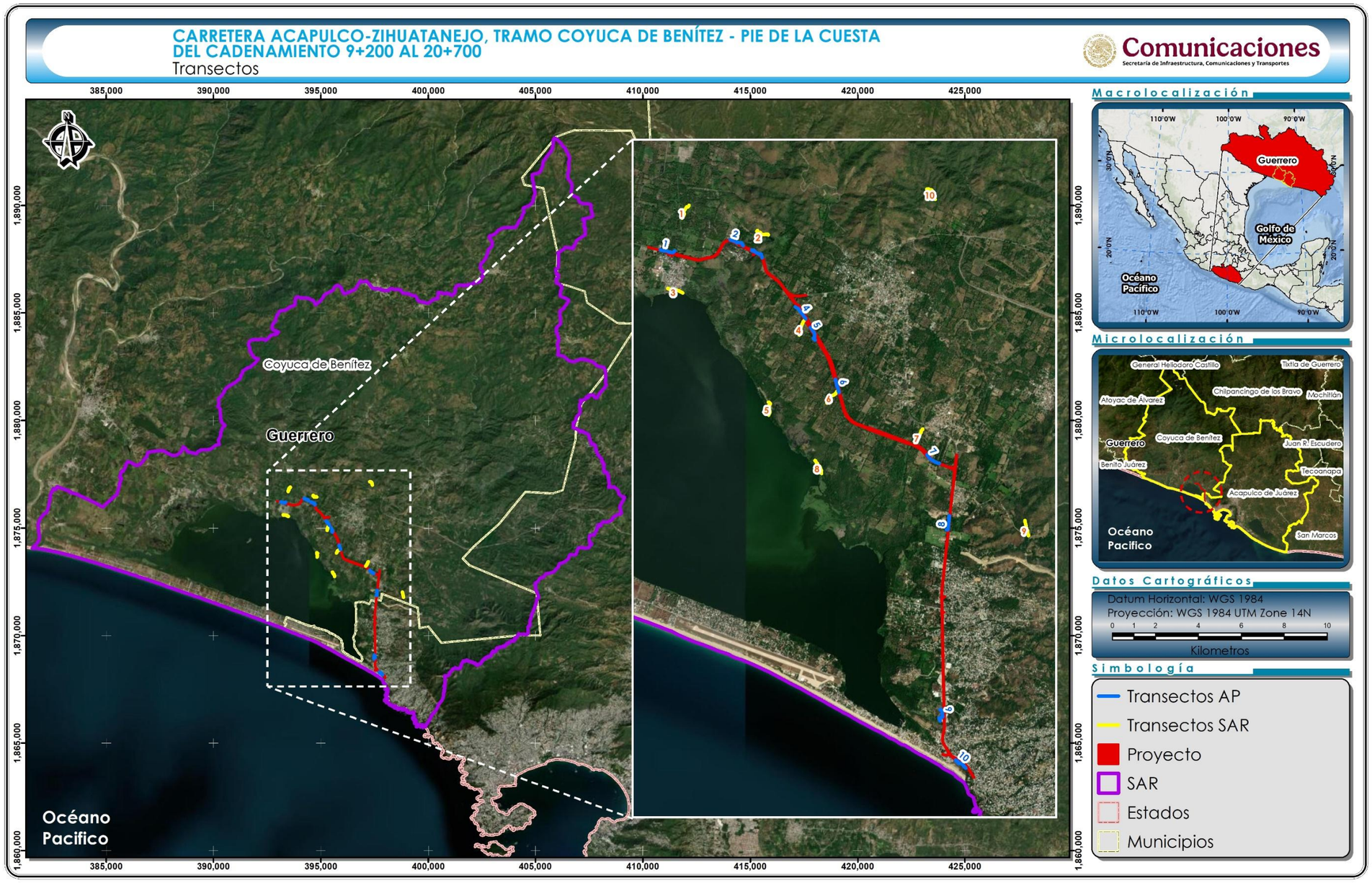


Figura IV-65. Ubicación de los transectos utilizados durante los muestreos de fauna, en el Sistema Ambiental Regional y Área del proyecto.

IV.3.2.2.2.3 Trabajo de gabinete

La información obtenida en campo se sistematizó en hojas de cálculo, siguiendo un orden sistemático y diferenciando entre las especies e individuos observados en cada día de trabajo.

Posteriormente, para determinar la riqueza de especies esperadas en el SAR y en el AP, se emplearon estimadores de riqueza que permiten cuantificar el número aproximado de especies que existe en un área determinada basándose en el número de especies detectadas en unidades de esfuerzo estandarizadas (transectos). También se realizaron curvas de acumulación para determinar qué tanto se aproximaba el número de especies registradas al número de especies esperadas según la cantidad de esfuerzo dentro de la unidad espacial de análisis delimitada. Los análisis se ejecutaron por medio del programa *Estimate S vers. 9.1.0* (Colwell, R. K. 2013) a partir de los datos obtenidos por cada transecto de trabajo de campo.

Para determinar la abundancia de las especies, se cuantificó el número de registros independientes de cada especie observada en los distintos días del trabajo de campo, y se implementó un índice de frecuencia relativa, que consiste en determinar el número promedio de individuos de cada especie observados en un día de trabajo de campo y que se representa de manera porcentual con respecto al total de individuos de las diferentes especies observado durante el total invertido en el trabajo de campo (10 días).

Para establecer cuáles de las especies de fauna silvestre registradas durante los muestreos de campo corresponden con especies protegidas por la legislación nacional, se contrastó el listado sistemático elaborado, con la lista de especies en riesgo que se presenta en el Anexo normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su actualización de 2019. Dado que las autoridades taxonómicas (a nivel mundial) realizan actualizaciones periódicas en sus sistemas de clasificación y nomenclatura,

mismas que no pueden ser actualizadas con la misma agilidad en la citada Norma, fue necesario rastrear los cambios taxonómicos recientes de un elevado número de especies para poder determinar si éstas poseían de algún estatus de protección oficial.

Adicionalmente, se determinó si las especies de vertebrados registradas durante los muestreos de campo eran endémicas o no. Es importante recordar que las especies endémicas son aquéllas cuya distribución se encuentra restringida a una región geográfica determinada —y no se encuentra en ningún otro lugar—, que, en el caso del presente estudio, se refiere a los límites geopolíticos de la República Mexicana. La importancia del reconocimiento de las especies endémicas se debe a que su sobrevivencia en estado silvestre dependerá de las estrategias de conservación que se implementen específicamente en la región geográfica a la que están restringidas.

Finalmente, se determinó la estacionalidad de las especies, indicando si eran residentes, migratorias de invierno o migratorias de verano.

IV.3.2.2.2.4 Resultados del muestreo en el Sistema Ambiental Regional (SAR)

Riqueza

Durante el trabajo de campo registró un total de 138 especies, 65 familias y 29 órdenes de vertebrados terrestres en el SAR. Estos registros representan alrededor del 14.84% de la riqueza específica total de vertebrados que alberga el estado de Guerrero (Botello *et al.*, 2015).

De los 22 registros de especies de herpetofauna, cinco correspondieron a anfibios y 17 a reptiles, distribuidos en 14 familias y cuatro órdenes. En el caso de mamíferos, se registraron 12 especies, comprendidas en ocho familias y cinco órdenes. Las aves fueron el grupo que tuvo una mayor riqueza con 104 especies, 43 familias y 20 órdenes (ver tabla siguiente).

Tabla IV-57. Número de especies, familias y órdenes de los diferentes grupos de vertebrados registrados en el SAR

Nivel taxonómico	Anfibios	Reptiles	Mamíferos	Aves	Total
Especies	5	17	12	104	138
Familias	4	10	8	43	65
Órdenes	1	3	5	20	29

De las 138 especies registradas durante los trabajos de campo, se estimó la proporción para cada clase de vertebrados, encontrando que la mejor representada son las aves con el 75.36% de las especies registradas, seguido de los reptiles con el 12.32%, los mamíferos con 8.70% y, por último, los anfibios con 3.62%, como se observa en la siguiente figura:

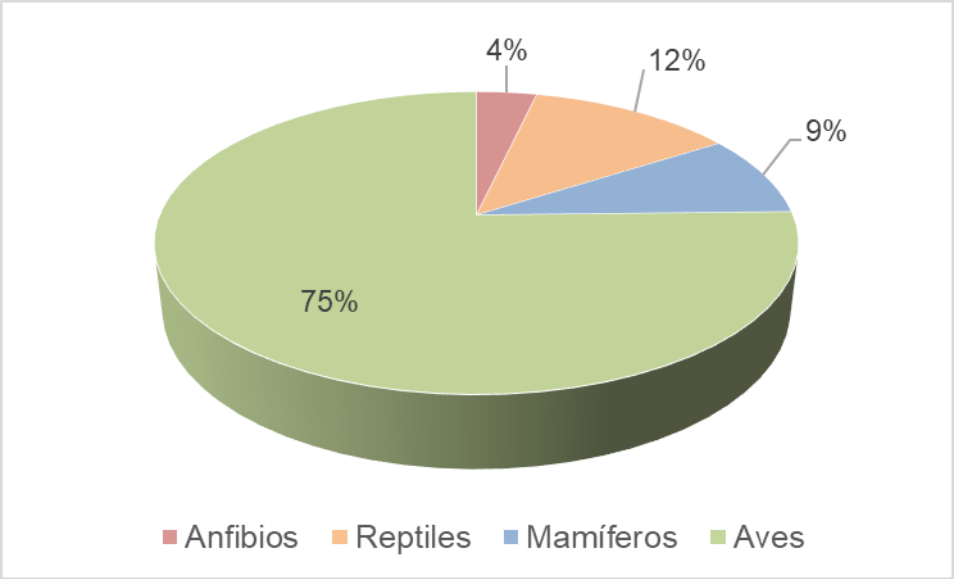


Figura IV-66. Proporción de especies registradas en el SAR por cada Clase de vertebrados

Es importante mencionar que cuando se trabaja con comunidades faunísticas, existen limitaciones de espacio, tiempo, esfuerzo y recursos, que en todos los casos impiden conocer a la totalidad de las especies que integran a una comunidad, o que

se distribuyen en un área determinada. Partiendo de lo anterior, y considerando además que las comunidades de fauna silvestre no se comportan como sistemas aislados, y por el contrario, son dinámicas espacial y temporalmente —por estar sujetas a procesos naturales de emigración, inmigración, extinciones locales o nuevas colonizaciones—, es posible establecer que no existen inventarios biológicos completos, y los existentes representan únicamente una fracción de la riqueza que se distribuyen en una región específica y en un tiempo determinado.

Por ello, los especialistas de distintas disciplinas relacionadas con el conocimiento de la biodiversidad han recurrido al empleo de métodos de muestreo probabilísticos, tal como los estimadores de riqueza (Colwell y Coddington, 1994). A través del empleo de este tipo de estimadores, las curvas de acumulación nos permiten calcular el número (teórico esperado) de especies que existe en un área determinada, considerando la riqueza observada mediante los censos de campo y la tasa de encuentro de las mismas, bajo una medida de esfuerzo estandarizada (Díaz-Francés y Soberón, 2005).

Por ello, se empleó el programa *Species Accumulation vers. β* (Díaz-Francés y Soberón, 2005) para analizar la riqueza teórica-esperada de vertebrados para el Sistema Ambiental Regional del proyecto, encontrando que, con un esfuerzo adicional de 10 días de muestreo, se esperaría contar con un inventario total de 141 a 174 especies, dependiendo de los tres estimadores empleados (Exponencial, Clench y Logarítmico). Ello implica que el muestreo de campo realizado durante este estudio detectó entre el 96 y el 99% de la totalidad de las especies que se distribuyen en el SAR, por lo que se concluye que los 10 días de muestreo efectuados permitieron tener una muy buena representación de la riqueza potencial para los vertebrados terrestres en el SAR.

En la siguiente figura se puede observar que los puntos rojos representan el número de especies registradas por cada día de muestreo, y las líneas en color muestran

las especies que se esperaría registrar con los diferentes estimadores en 10 días adicionales de muestreo.

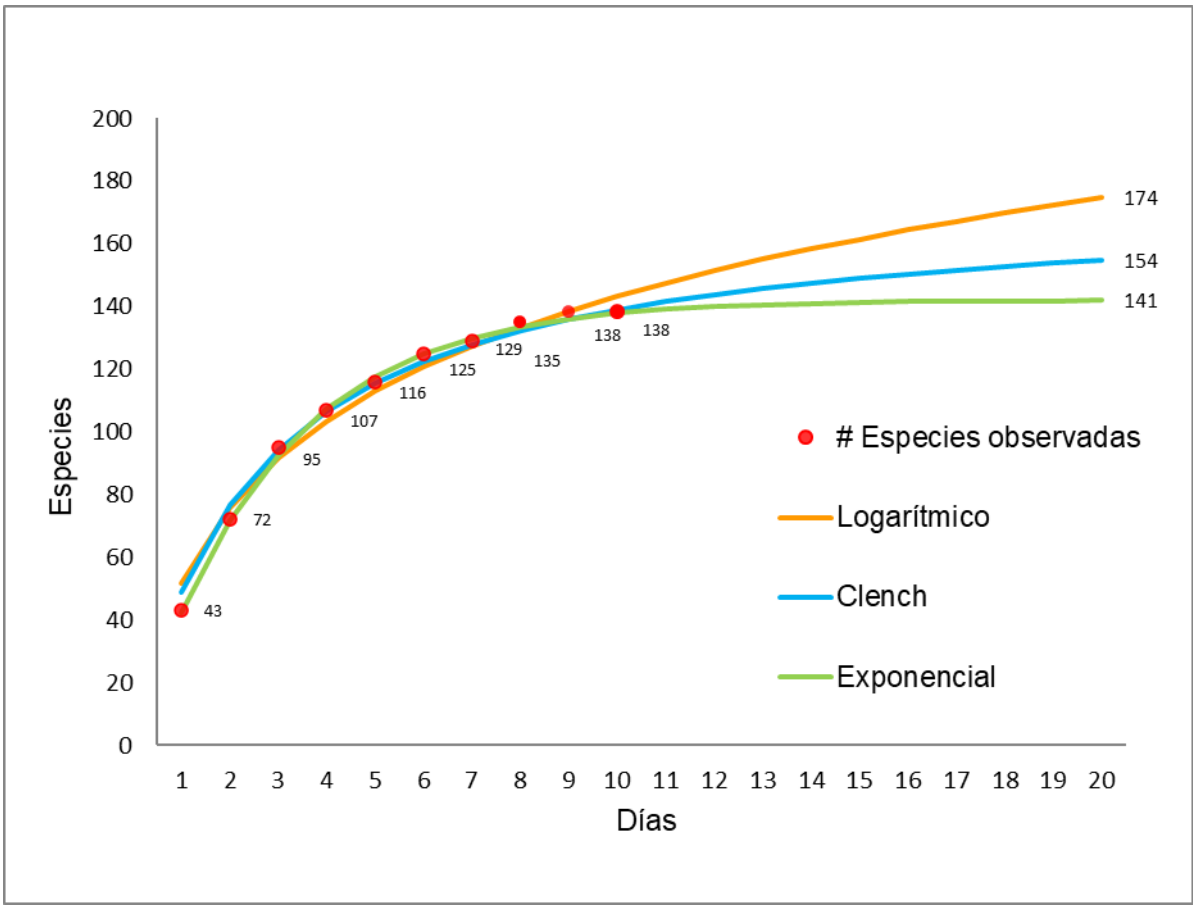


Figura IV-67. Curva de acumulación de especies para los cuatro grupos de vertebrados registrados en el SAR.

A continuación, se muestra el listado general de las especies de fauna registradas en el SAR separadas por grupo faunístico. Las bases de datos con la información faunística recabada en campo se incluyen dentro del Anexo Digital H de esta MIA Modalidad Regional. Adicionalmente, como parte de los anexos impresos, se adjunta el Anexo Fotográfico de Fauna Silvestre donde se muestra el catálogo de las especies faunísticas registradas durante el trabajo de campo.

Tabla IV-58. Listado general de especies de vertebrados terrestres registradas durante los trabajos de campo en el SAR

Taxón	Nombre común	Abundancia	Frecuencia relativa
CLASE AMPHIBIA			
Eleutherodactylus pipilans	Pipilo	7	0.632339657
Tlalocohyla smithii	Ranita enana mexicana	3	0.271002710
Leptodactylus fragilis	Ranita de hojarasca	2	0.180668473
Leptodactylus melanonotus	Rana del sabinal	6	0.542005420
Lithobates forreri	Rana leopardo de Forrer	1	0.090334237
CLASE REPTILIA			
Basiliscus vittatus	Pasarríos	3	0.271002710
Anolis subocularis	Abaniquillo del Pacífico	20	1.806684734
Ctenosaura pectinata	Garrobo de roca	4	0.361336947
Iguana iguana	Iguana de ribera	3	0.271002710
Hemidactylus frenatus	Besucona	3	0.271002710
Sceloporus horridus	Chintete gris	7	0.632339657
Sceloporus siniferus	Espinosa de cola larga	39	3.523035230
Urosaurus bicarinatus	Roñito arborícola	21	1.897018970
Phyllodactylus tuberculosus	Geco panza amarilla	1	0.090334237
Marisora brachypoda	Escinco	2	0.180668473
Aspidoscelis deppei	Cuiji panza negra	34	3.071364047
Aspidoscelis guttata	Ticuiliche mexicano	39	3.523035230
Holcosus undulatus	Lagartija metalica	12	1.084010840
Drymarchon melanurus	Palancacóatl	1	0.090334237
Drymobius margaritiferus	Petatillo	1	0.090334237
Oxybelis aeneus	Bejuquilla parda	2	0.180668473
Rhinoclemmys pulcherrima	Casco rojo	1	0.090334237
CLASE MAMMALIA			
Didelphis virginiana	Tlacuache	4	0.361336947
Dasypus novemcinctus	Armadillo	1	0.090334237
Urocyon cinereoargenteus	Zorra gris	3	0.271002710
Bassariscus sumichrasti	Cacomixtle	2	0.180668473
Nasua narica	Tejón, Coatí	5	0.451671183

Taxón	Nombre común	Abundancia	Frecuencia relativa
Procyon lotor	Mapache	4	0.361336947
Heteromys pictus	Ratón espinoso	4	0.361336947
Baiomys musculus	Ratón pigmeo	2	0.180668473
Oryzomys couesi	Rata arrocera	5	0.451671183
Sigmodon hispidus	Rata algodonera	1	0.090334237
Sciurus aureogaster	Ardilla gris	5	0.451671183
Sylvilagus cunicularius	Conejo	8	0.722673893
CLASE AVES			
Dendrocygna autumnalis	Pijije ala blanca	10	0.903342367
Spatula discors	Cerceta Ala Azul	9	0.813008130
Oxyura jamaicensis	Pato Tepalcate	2	0.180668473
Ortalis poliocephala	Chachalaca pálida	11	0.993676603
Tachybaptus dominicus	Zambullidor menor	9	0.813008130
Mycteria americana	Cigüeña americana	17	1.535682023
Fregata magnificens	Fragata magnífica	8	0.722673893
Anhinga anhinga	Anhinga americana	3	0.271002710
Nannopterum brasilianum	Cormorán oliváceo	32	2.890695574
Pelecanus occidentalis	Pelícano pardo	12	1.084010840
Tigrisoma mexicanum	Garza tigre mexicana	1	0.090334237
Ardea herodias	Garza morena	8	0.722673893
Ardea alba	Garza blanca	15	1.355013550
Egretta thula	Garceta pie dorado	37	3.342366757
Egretta caerulea	Garceta azul	4	0.361336947
Bubulcus ibis	Garza ganadera	14	1.264679313
Butorides virescens	Garceta verde	6	0.542005420
Nycticorax nycticorax	Pedrete corona negra	7	0.632339657
Eudocimus albus	Ibis blanco	13	1.174345077
Platalea ajaja	Espatula rosada	1	0.090334237
Coragyps atratus	Zopilote común	34	3.071364047
Cathartes aura	Zopilote aura	20	1.806684734
Rupornis magnirostris	Aguililla caminera	2	0.180668473

Taxón	Nombre común	Abundancia	Frecuencia relativa
Buteo nitidus	Aguililla gris	3	0.271002710
Buteo brachyurus	Aguililla cola corta	1	0.090334237
Fulica americana	Gallareta americana	8	0.722673893
Himantopus mexicanus	Candelero Americano	22	1.987353207
Charadrius vociferus	Chorlo tildío	3	0.271002710
Jacana spinosa	Jacana centroamericana	5	0.451671183
Tringa flavipes	Patamarilla Menor	2	0.180668473
Limnodromus scolopaceus	Costurero Pico Largo	3	0.271002710
Thalasseus elegans	Charrán elegante	10	0.903342367
Columba livia	Paloma doméstica	17	1.535682023
Patagioenas flavirostris	Paloma morada	6	0.542005420
Columbina inca	Tórtola cola larga	9	0.813008130
Columbina passerina	Tórtola coquita	10	0.903342367
Columbina talpacoti	Tórtola rojiza	8	0.722673893
Streptopelia decaocto	Paloma turca	9	0.813008130
Leptotila verreauxi	Paloma arroyera	8	0.722673893
Zenaida asiatica	Paloma ala blanca	27	2.439024390
Zenaida macroura	Paloma huilota	7	0.632339657
Piaya cayana	Cuclillo canela	1	0.090334237
Morococcyx erythropygus	Cuclillo terrestre	4	0.361336947
Crotophaga sulcirostris	Garrapatero pijuy	18	1.626016260
Glaucidium brasilianum	Tecolote bajeño	4	0.361336947
Chordeiles acutipennis	Chotacabras menor	2	0.180668473
Chaetura vauxi	Vencejo de Vaux	21	1.897018970
Cynanthus latirostris	Colibrí pico ancho	3	0.271002710
Amazilia rutila	Colibrí canela	2	0.180668473
Trogon citreolus	Trogón citrino	3	0.271002710
Momotus mexicanus	Momoto corona café	4	0.361336947
Chloroceryle americana	Martín pescador verde	1	0.090334237
Melanerpes chrysogenys	Carpintero enmascarado	15	1.355013550
Falco sparverius	Cernícalo americano	1	0.090334237

Taxón	Nombre común	Abundancia	Frecuencia relativa
Eupsittula canicularis	Perico frente naranja	30	2.710027100
Camptostoma imberbe	Mosquero lampiño	7	0.632339657
Empidonax minimus	Mosquero mínimo	2	0.180668473
Empidonax oberholseri	Mosquero oscuro	2	0.180668473
Empidonax difficilis	Mosquero californiano	3	0.271002710
Pyrocephalus rubinus	Mosquero cardenal	1	0.090334237
Myiarchus nuttingi	Papamoscas de Nutting	5	0.451671183
Myiarchus tyrannulus	Papamoscas tirano	4	0.361336947
Pitangus sulphuratus	Luis bien te veo	20	1.806684734
Myiozetetes similis	Luis gregario	6	0.542005420
Myiodynastes luteiventris	Papamoscas atigrado	2	0.180668473
Tyrannus melancholicus	Tirano tropical	15	1.355013550
Tyrannus vociferans	Tirano gritón	4	0.361336947
Vireo bellii	Vireo de Bell	1	0.090334237
Vireo gilvus	Vireo gorjeador	2	0.180668473
Progne chalybea	Golondrina acerada	18	1.626016260
Petrochelidon pyrrhonota	Golondrina risquera	24	2.168021680
Hirundo rustica	Golondrina tijereta	8	0.722673893
Campylorhynchus rufinucha	Matraca nuca rufa	4	0.361336947
Thryophilus pleurostictus	Chivirín barrado	4	0.361336947
Polioptila caerulea	Perlita azul gris	7	0.632339657
Turdus rufopalliatus	Mirlo dorso rufo	4	0.361336947
Mimus polyglottos	Centzontle norteño	1	0.090334237
Mniotilta varia	Chipe trepador	1	0.090334237
Oreothlypis ruficapilla	Chipe de coronilla	10	0.903342367
Geothlypis tolmiei	Chipe de Tolmie	3	0.271002710
Geothlypis trichas	Mascarita común	2	0.180668473
Setophaga coronata	Chipe coronado	4	0.361336947
Cardellina pusilla	Chipe corona negra	6	0.542005420
Volatinia jacarina	Semillero brincador	5	0.451671183
Sporophila torqueola	Semillero de collar	2	0.180668473

Taxón	Nombre común	Abundancia	Frecuencia relativa
Peucaea ruficauda	Zacatonero corona rayada	12	1.084010840
Peucaea humeralis	Zacatonero pecho negro	3	0.271002710
Chondestes grammacus	Gorrión arlequín	3	0.271002710
Melospiza lincolnii	Gorrión de Lincoln	3	0.271002710
Piranga rubra	Tángara roja	1	0.090334237
Cardinalis cardinalis	Cardenal rojo	4	0.361336947
Passerina caerulea	Picogordo azul	1	0.090334237
Passerina ciris	Colorín sietecolores	3	0.271002710
Agelaius phoeniceus	Tordo sargento	7	0.632339657
Quiscalus mexicanus	Zanate mexicano	33	2.981029810
Molothrus aeneus	Tordo ojo rojo	7	0.632339657
Icterus spurius	Bolsero castaño	2	0.180668473
Icterus cucullatus	Bolsero encapuchado	4	0.361336947
Icterus pustulatus	Bolsero dorso rayado	4	0.361336947
Icterus gularis	Bolsero de Altamira	5	0.451671183
Cacicus melanicterus	Cacique mexicano	9	0.813008130
Euphonia affinis	Eufonia garganta negra	5	0.451671183
Spinus psaltria	Jilguero dominico	9	0.813008130
Passer domesticus	Gorrión casero	17	1.535682023
Total		**1107**	**100**

Abundancia

Se registró un total de 1,107 individuos de vertebrados terrestres dentro del SAR, de los cuales 19 fueron anfibios, 193 fueron reptiles, 44 fueron mamíferos y 851 fueron aves, grupo que mostró la mayor abundancia.

Las especies más abundantes por grupo fueron, en el caso de las aves, la garceta pie dorado (*Egretta thula*) con 37 individuos, el zopilote común (*Coragyps atratus*) con 34 individuos, y el zanate mexicano (*Quiscalus mexicanus*) con 33 individuos. Con relación a los mamíferos, los más abundantes fueron el conejo (*Sylvilagus*

cunicularius) con 8 individuos, y el coatí (*Nasua narica*), la rata arrocera (*Oryzomys couesi*), y la ardilla gris (*Sciurus aureogaster)* con 5 individuos cada uno. En el caso de los reptiles, las especies con mayor abundancia fueron la espinosa de cola larga (*Sceloporus siniferus*) y el ticuiliche mexicano (*Aspidoscelis guttata*) con 39 ejemplares cada uno, la cuiji panza negra (*Aspidoscelis deppei*) con 34 ejemplares, y el abaniquillo del Pacífico (*Anolis subocularis*) con 20 ejemplares. Finalmente, en cuanto a los anfibios, las especies más abundantes fueron el pipilo (*Eleutherodactylus pipilans*) con 7 individuos, la rana del sabinal (*Leptodactylus melanonotus*) con 6 individuos, y la ranita enana mexicana (*Tlalocohyla smithii*) con 3 individuos. La siguiente figura muestra las abundancias totales para cada una de las clases de vertebrados registradas en el SAR del proyecto:

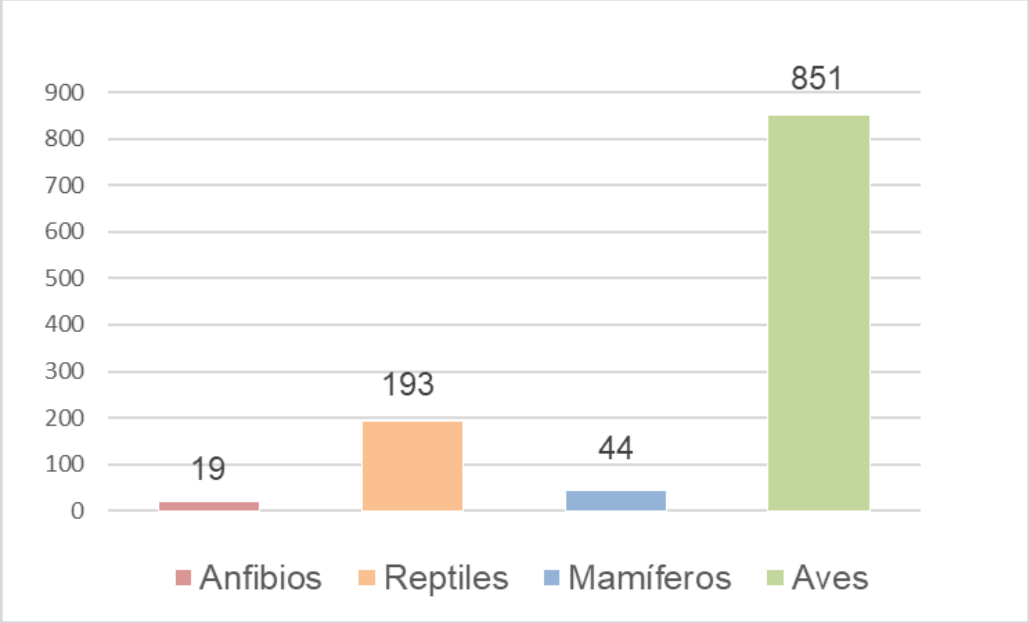


Figura IV-68. Abundancia de vertebrados registrados en el SAR por Clase.

Índice de diversidad de Shannon (H')

El índice de Shannon (H') expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de

incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Baev y Penev, 1995; Magurran, 1988; Peet, 1974). Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988).

$$H' = -\sum pi/\log(pi)$$, donde p es la proporción relativa de las i especies.

De acuerdo con Magurran (1988), cuando los valores de este índice son inferiores a 1.5, el área evaluada es considerada de diversidad baja, en tanto que los valores mayores a 1.5 y hasta 3.0 se consideran como diversidad media, y los valores mayores a 3.0 se consideran como diversidad alta.

Los valores del índice de Shannon a nivel del SAR para cada grupo de vertebrados se presentan a continuación.

Tabla IV-59. Valores de los índices de Shannon para los anfibios en el SAR

No	Nombre científico	Nombre común	Valores absolutos	Abundancia Relativa (pi)	Ln (pi)	(pi) x Ln (pi)
1	*Eleutherodactylus pipilans*	Pipilo	7	0.368421053	-0.99852883	-0.367879
2	*Tlalocohyla smithii*	Ranita enana mexicana	3	0.157894737	-1.84582669	-0.2914463
3	*Leptodactylus fragilis*	Ranita de hojarasca	2	0.105263158	-2.251291799	-0.2369781
4	*Leptodactylus melanonotus*	Rana del sabinal	6	0.315789474	-1.15267951	-0.3640041
5	*Lithobates forreri*	Rana leopardo de Forrer	1	0.052631579	-2.944438979	-0.1549705
Riqueza S= 5			**19**	1		**1.415278**
						Índice de Shannon
H max = Ln S				1.609437912		
Equitatividad (J)			**J= H/Hmax =**		**-0.879361648**	
Indice de diversidad de Shannon:H =					**H =-S(pi) x Ln (pi)**	

Tabla IV-60. Valores de los índices de Shannon (H') para los reptiles en el SAR

No	Nombre científico	Nombre común	Valores absolutos	Abundancia Relativa (pi)	Ln (pi)	(pi) x Ln (pi)
1	*Basiliscus vittatus*	Pasarríos	3	0.015544041	-4.1640779	-0.0647266
2	*Anolis subocularis*	Abaniquillo del Pacífico	20	0.103626943	-2.266957915	-0.2349179
3	*Ctenosaura pectinata*	Garrobo de roca	4	0.020725389	-3.876395828	-0.0803398
4	*Iguana iguana*	Iguana de ribera	3	0.015544041	-4.1640779	-0.0647266
5	*Hemidactylus frenatus*	Besucona	3	0.015544041	-4.1640779	-0.0647266
6	*Sceloporus horridus*	Chintete gris	7	0.03626943	-3.31678004	-0.1202977
7	*Sceloporus siniferus*	Espinosa de cola larga	39	0.202072539	-1.599128543	-0.32314
8	*Urosaurus bicarinatus*	Roñito arborícola	21	0.10880829	-2.218167751	-0.241355
9	*Phyllodactylus tuberculosus*	Geco panza amarilla	1	0.005181347	-5.262690189	-0.0272678
10	*Marisora brachypoda*	Escinco	2	0.010362694	-4.569543008	-0.0473528
11	*Aspidoscelis deppei*	Cuiji panza negra	34	0.176165803	-1.736329664	-0.3058819
12	*Aspidoscelis guttata*	Ticuiliche mexicano	39	0.202072539	-1.599128543	-0.32314
13	*Holcosus undulatus*	Lagartija metalica	12	0.062176166	-2.777783539	-0.1727119
14	*Drymarchon melanurus*	Palancacóatl	1	0.005181347	-5.262690189	-0.0272678
15	*Drymobius margaritiferus*	Petatillo	1	0.005181347	-5.262690189	-0.0272678
16	*Oxybelis aeneus*	Bejuquilla parda	2	0.010362694	-4.569543008	-0.0473528
17	*Rhinoclemmys pulcherrima*	Casco rojo	1	0.005181347	-5.262690189	-0.0272678
Riqueza S= 17			**193**	1		**2.1997409**
						Índice de Shannon

H max = Ln S			2.833213344	
Equitatividad (J)			**J= H/Hmax =**	**-0.776412026**
Índice de diversidad de Shannon:H =				**H =-S(pi) x Ln (pi)**

Tabla IV-61. Valores de los índices de Shannon (H') para los mamíferos en el SAR

No	Nombre científico	Nombre común	Valores absolutos	Abundancia Relativa (pi)	Ln (pi)	(pi) x Ln (pi)
1	*Didelphis virginiana*	Tlacuache	4	0.090909091	-2.397895273	-0.2179905
2	*Dasypus novemcinctus*	Armadillo	1	0.022727273	-3.784189634	-0.0860043
3	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorra gris	3	0.068181818	-2.685577345	-0.1831075
4	*Bassariscus sumichrasti*	Cacomixtle	2	0.045454545	-3.091042453	-0.1405019
5	*Nasua narica*	Tejón, Coatí	5	0.113636364	-2.174751721	-0.2471309
6	*Procyon lotor*	Mapache	4	0.090909091	-2.397895273	-0.2179905
7	*Heteromys pictus*	Ratón espinoso	4	0.090909091	-2.397895273	-0.2179905
8	*Baiomys musculus*	Ratón pigmeo	2	0.045454545	-3.091042453	-0.1405019
9	*Oryzomys couesi*	Rata arrocera	5	0.113636364	-2.174751721	-0.2471309
10	*Sigmodon hispidus*	Rata algodonera	1	0.022727273	-3.784189634	-0.0860043
11	*Sciurus aureogaster*	Ardilla gris	5	0.113636364	-2.174751721	-0.2471309
12	*Sylvilagus cunicularius*	Conejo	8	0.181818182	-1.704748092	-0.3099542
Riqueza S= 12			**44**	1		**2.3414383**
						Índice de Shannon

H max = Ln S			2.48490665	
Equitatividad (J)			**J= H/Hmax =**	**-0.942264086**
Índice de diversidad de Shannon:H =				**H =-S(pi) x Ln (pi)**

Tabla IV-62. Valores de los índices de Shannon (H') para las aves en el SAR

No	Nombre científico	Nombre común	Valores absolutos	Abundancia Relativa (pi)	Ln (pi)	(pi) x Ln (pi)
1	*Dendrocygna autumnalis*	Pijije ala blanca	10	0.011750881	-4.443827036	-0.0522189
2	*Spatula discors*	Cerceta Ala Azul	9	0.010575793	-4.549187551	-0.0481113
3	*Oxyura jamaicensis*	Pato Tepalcate	2	0.002350176	-6.053264948	-0.0142262
4	*Ortalis poliocephala*	Chachalaca pálida	11	0.012925969	-4.348516856	-0.0562088
5	*Tachybaptus dominicus*	Zambullidor menor	9	0.010575793	-4.549187551	-0.0481113
6	*Mycteria americana*	Cigüeña americana	17	0.019976498	-3.913198785	-0.078172
7	*Fregata magnificens*	Fragata magnífica	8	0.009400705	-4.666970587	-0.0438728
8	*Anhinga anhinga*	Anhinga americana	3	0.003525264	-5.64779984	-0.01991
9	*Nannopterum brasilianum*	Cormorán oliváceo	32	0.03760282	-3.280676226	-0.1233627
10	*Pelecanus occidentalis*	Pelícano pardo	12	0.014101058	-4.261505479	-0.0600917
11	*Tigrisoma mexicanum*	Garza tigre mexicana	1	0.001175088	-6.746412129	-0.0079276
12	*Ardea herodias*	Garza morena	8	0.009400705	-4.666970587	-0.0438728
13	*Ardea alba*	Garza blanca	15	0.017626322	-4.038361927	-0.0711815
14	*Egretta thula*	Garceta pie dorado	37	0.043478261	-3.135494216	-0.1363258
15	*Egretta caerulea*	Garceta azul	4	0.004700353	-5.360117767	-0.0251944
16	*Bubulcus ibis*	Garza ganadera	14	0.016451234	-4.107354799	-0.0675711
17	*Butorides virescens*	Garceta verde	6	0.007050529	-4.954652659	-0.0349329
18	*Nycticorax nycticorax*	Pedrete corona negra	7	0.008225617	-4.80050198	-0.0394871

No	Nombre científico	Nombre común	Valores absolutos	Abundancia Relativa (pi)	Ln (pi)	(pi) x Ln (pi)
19	*Eudocimus albus*	Ibis blanco	13	0.015276146	-4.181462771	-0.0638766
20	*Platalea ajaja*	Espatula rosada	1	0.001175088	-6.746412129	-0.0079276
21	*Coragyps atratus*	Zopilote común	34	0.039952996	-3.220051604	-0.1286507
22	*Cathartes aura*	Zopilote aura	20	0.023501763	-3.750679855	-0.0881476
23	*Rupornis magnirostris*	Aguililla caminera	2	0.002350176	-6.053264948	-0.0142262
24	*Buteo nitidus*	Aguililla gris	3	0.003525264	-5.64779984	-0.01991
25	*Buteo brachyurus*	Aguililla cola corta	1	0.001175088	-6.746412129	-0.0079276
26	*Fulica americana*	Gallareta americana	8	0.009400705	-4.666970587	-0.0438728
27	*Himantopus mexicanus*	Candelero Americano	22	0.025851939	-3.655369675	-0.0944984
28	*Charadrius vociferus*	Chorlo tildío	3	0.003525264	-5.64779984	-0.01991
29	*Jacana spinosa*	Jacana centroamericana	5	0.005875441	-5.136974216	-0.030182
30	*Tringa flavipes*	Patamarilla Menor	2	0.002350176	-6.053264948	-0.0142262
31	*Limnodromus scolopaceus*	Costurero Pico Largo	3	0.003525264	-5.64779984	-0.01991
32	*Thalasseus elegans*	Charrán elegante	10	0.011750881	-4.443827036	-0.0522189
33	*Columba livia*	Paloma doméstica	17	0.019976498	-3.913198785	-0.078172
34	*Patagioenas flavirostris*	Paloma morada	6	0.007050529	-4.954652659	-0.0349329
35	*Columbina inca*	Tórtola cola larga	9	0.010575793	-4.549187551	-0.0481113
36	*Columbina passerina*	Tórtola coquita	10	0.011750881	-4.443827036	-0.0522189

No	Nombre científico	Nombre común	Valores absolutos	Abundancia Relativa (pi)	Ln (pi)	(pi) x Ln (pi)
37	*Columbina talpacoti*	Tórtola rojiza	8	0.009400705	-4.666970587	-0.0438728
38	*Streptopelia decaocto*	Paloma turca	9	0.010575793	-4.549187551	-0.0481113
39	*Leptotila verreauxi*	Paloma arroyera	8	0.009400705	-4.666970587	-0.0438728
40	*Zenaida asiatica*	Paloma ala blanca	27	0.03172738	-3.450575263	-0.1094777
41	*Zenaida macroura*	Paloma huilota	7	0.008225617	-4.80050198	-0.0394871
42	*Piaya cayana*	Cuclillo canela	1	0.001175088	-6.746412129	-0.0079276
43	*Morococcyx erythropygus*	Cuclillo terrestre	4	0.004700353	-5.360117767	-0.0251944
44	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero pijuy	18	0.021151586	-3.856040371	-0.0815614
45	*Glaucidium brasilianum*	Tecolote bajeño	4	0.004700353	-5.360117767	-0.0251944
46	*Chordeiles acutipennis*	Chotacabras menor	2	0.002350176	-6.053264948	-0.0142262
47	*Chaetura vauxi*	Vencejo de Vaux	21	0.024676851	-3.701889691	-0.091351
48	*Cynanthus latirostris*	Colibrí pico ancho	3	0.003525264	-5.64779984	-0.01991
49	*Amazilia rutila*	Colibrí canela	2	0.002350176	-6.053264948	-0.0142262
50	*Trogon citreolus*	Trogón citrino	3	0.003525264	-5.64779984	-0.01991
51	*Momotus mexicanus*	Momoto corona café	4	0.004700353	-5.360117767	-0.0251944
52	*Chloroceryle americana*	Martín pescador verde	1	0.001175088	-6.746412129	-0.0079276
53	*Melanerpes chrysogenys*	Carpintero enmascarado	15	0.017626322	-4.038361927	-0.0711815
54	*Falco sparverius*	Cernícalo americano	1	0.001175088	-6.746412129	-0.0079276
55	*Eupsittula canicularis*	Perico frente naranja	30	0.035252644	-3.345214747	-0.1179277
56	*Camptostoma imberbe*	Mosquero lampiño	7	0.008225617	-4.80050198	-0.0394871

No	Nombre científico	Nombre común	Valores absolutos	Abundancia Relativa (pi)	Ln (pi)	(pi) x Ln (pi)
57	*Empidonax minimus*	Mosquero mínimo	2	0.002350176	-6.053264948	-0.0142262
58	*Empidonax oberholseri*	Mosquero oscuro	2	0.002350176	-6.053264948	-0.0142262
59	*Empidonax difficilis*	Mosquero californiano	3	0.003525264	-5.64779984	-0.01991
60	*Pyrocephalus rubinus*	Mosquero cardenal	1	0.001175088	-6.746412129	-0.0079276
61	*Myiarchus nuttingi*	Papamoscas de Nutting	5	0.005875441	-5.136974216	-0.030182
62	*Myiarchus tyrannulus*	Papamoscas tirano	4	0.004700353	-5.360117767	-0.0251944
63	*Pitangus sulphuratus*	Luis bien te veo	20	0.023501763	-3.750679855	-0.0881476
64	*Myiozetetes similis*	Luis gregario	6	0.007050529	-4.954652659	-0.0349329
65	*Myiodynastes luteiventris*	Papamoscas atigrado	2	0.002350176	-6.053264948	-0.0142262
66	*Tyrannus melancholicus*	Tirano tropical	15	0.017626322	-4.038361927	-0.0711815
67	*Tyrannus vociferans*	Tirano gritón	4	0.004700353	-5.360117767	-0.0251944
68	*Vireo bellii*	Vireo de Bell	1	0.001175088	-6.746412129	-0.0079276
69	*Vireo gilvus*	Vireo gorjeador	2	0.002350176	-6.053264948	-0.0142262
70	*Progne chalybea*	Golondrina acerada	18	0.021151586	-3.856040371	-0.0815614
71	*Petrochelidon pyrrhonota*	Golondrina risquera	24	0.028202115	-3.568358298	-0.1006353
72	*Hirundo rustica*	Golondrina tijereta	8	0.009400705	-4.666970587	-0.0438728
73	*Campylorhynchus rufinucha*	Matraca nuca rufa	4	0.004700353	-5.360117767	-0.0251944
74	*Thryophilus pleurostictus*	Chivirín barrado	4	0.004700353	-5.360117767	-0.0251944
75	*Polioptila caerulea*	Perlita azul gris	7	0.008225617	-4.80050198	-0.0394871

No	Nombre científico	Nombre común	Valores absolutos	Abundancia Relativa (pi)	Ln (pi)	(pi) x Ln (pi)
76	*Turdus rufopalliatus*	Mirlo dorso rufo	4	0.004700353	-5.360117767	-0.0251944
77	*Mimus polyglottos*	Centzontle norteño	1	0.001175088	-6.746412129	-0.0079276
78	*Mniotilta varia*	Chipe trepador	1	0.001175088	-6.746412129	-0.0079276
79	*Oreothlypis ruficapilla*	Chipe de coronilla	10	0.011750881	-4.443827036	-0.0522189
80	*Geothlypis tolmiei*	Chipe de Tolmie	3	0.003525264	-5.64779984	-0.01991
81	*Geothlypis trichas*	Mascarita común	2	0.002350176	-6.053264948	-0.0142262
82	*Setophaga coronata*	Chipe coronado	4	0.004700353	-5.360117767	-0.0251944
83	*Cardellina pusilla*	Chipe corona negra	6	0.007050529	-4.954652659	-0.0349329
84	*Volatinia jacarina*	Semillero brincador	5	0.005875441	-5.136974216	-0.030182
85	*Sporophila torqueola*	Semillero de collar	2	0.002350176	-6.053264948	-0.0142262
86	*Peucaea ruficauda*	Zacatonero corona rayada	12	0.014101058	-4.261505479	-0.0600917
87	*Peucaea humeralis*	Zacatonero pecho negro	3	0.003525264	-5.64779984	-0.01991
88	*Chondestes grammacus*	Gorrión arlequín	3	0.003525264	-5.64779984	-0.01991
89	*Melospiza lincolnii*	Gorrión de Lincoln	3	0.003525264	-5.64779984	-0.01991
90	*Piranga rubra*	Tángara roja	1	0.001175088	-6.746412129	-0.0079276
91	*Cardinalis cardinalis*	Cardenal rojo	4	0.004700353	-5.360117767	-0.0251944
92	*Passerina caerulea*	Picogordo azul	1	0.001175088	-6.746412129	-0.0079276
93	*Passerina ciris*	Colorín sietecolores	3	0.003525264	-5.64779984	-0.01991
94	*Agelaius phoeniceus*	Tordo sargento	7	0.008225617	-4.80050198	-0.0394871
95	*Quiscalus mexicanus*	Zanate mexicano	33	0.038777908	-3.249904567	-0.1260245
96	*Molothrus aeneus*	Tordo ojo rojo	7	0.008225617	-4.80050198	-0.0394871

No	Nombre científico	Nombre común	Valores absolutos	Abundancia Relativa (pi)	Ln (pi)	(pi) x Ln (pi)
97	*Icterus spurius*	Bolsero castaño	2	0.002350176	-6.053264948	-0.0142262
98	*Icterus cucullatus*	Bolsero encapuchado	4	0.004700353	-5.360117767	-0.0251944
99	*Icterus pustulatus*	Bolsero dorso rayado	4	0.004700353	-5.360117767	-0.0251944
100	*Icterus gularis*	Bolsero de Altamira	5	0.005875441	-5.136974216	-0.030182
101	*Cacicus melanicterus*	Cacique mexicano	9	0.010575793	-4.549187551	-0.0481113
102	*Euphonia affinis*	Eufonia garganta negra	5	0.005875441	-5.136974216	-0.030182
103	*Spinus psaltria*	Jilguero dominico	9	0.010575793	-4.549187551	-0.0481113
104	*Passer domesticus*	Gorrión casero	17	0.019976498	-3.913198785	-0.078172
Riqueza S= 104			**851**	1		**4.2442102**
						Índice de Shannon

H max = Ln S			4.644390899	
Equitatividad (J)			**J= H/Hmax =**	**-0.913835707**
Índice de diversidad de Shannon:H =				**H =-S(pi) x Ln (pi)**

Con base en la información presentada en las tablas anteriores, se puede concluir que, a nivel del SAR, la diversidad de los anfibios se considera baja, en tanto que la de los reptiles y mamíferos se considera media y la de las aves alta. Por consiguiente, para reducir el impacto del proyecto sobre la diversidad de los vertebrados en el SAR, se implementarán las medidas descritas en el Capítulo VI de la MIA, así como en el Programa de rescate y reubicación de flora silvestre.

Especies enlistadas en alguna categoría de protección

De las 138 especies registradas en el inventario realizado en el SAR del proyecto, 12 se encuentran enlistadas en alguna categoría de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, encontrándose agrupadas de la siguiente manera: 10 especies en la categoría de Protección Especial (Pr) y dos Amenazadas (A); las restantes 126 especies registradas no se encuentran enlistadas en esta Norma. En la siguiente tabla, se presentan las especies presentes en el SAR que se encuentran enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Posteriormente, se representa el porcentaje de las especies incluidas en cada categoría de protección, con respecto al total de especies caracterizadas en el SAR.

Tabla IV-63. Especies registradas en el SAR del proyecto que se encuentran en alguna categoría de protección, de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Taxón	Nombre común	Estatus de riesgo (NOM-059-SEMARANT-2010)
ANFIBIOS		
Lithobates forreri	Rana leopardo de Forrer	Pr
REPTILES		
Anolis subocularis	Abaniquillo del Pacífico	Pr
Ctenosaura pectinata	Garrobo de roca	A
Iguana iguana	Iguana de ribera	Pr
Rhinoclemmys pulcherrima	Casco rojo	A
MAMÍFEROS		
Bassariscus sumichrasti	Cacomixtle	Pr
AVES		
Tachybaptus dominicus	Zambullidor menor	Pr
Mycteria americana	Cigüeña americana	Pr
Tigrisoma mexicanum	Garza tigre mexicana	Pr
Thalasseus elegans	Charrán elegante	Pr
Eupsittula canicularis	Perico frente naranja	Pr
Passerina ciris	Colorín sietecolores	Pr

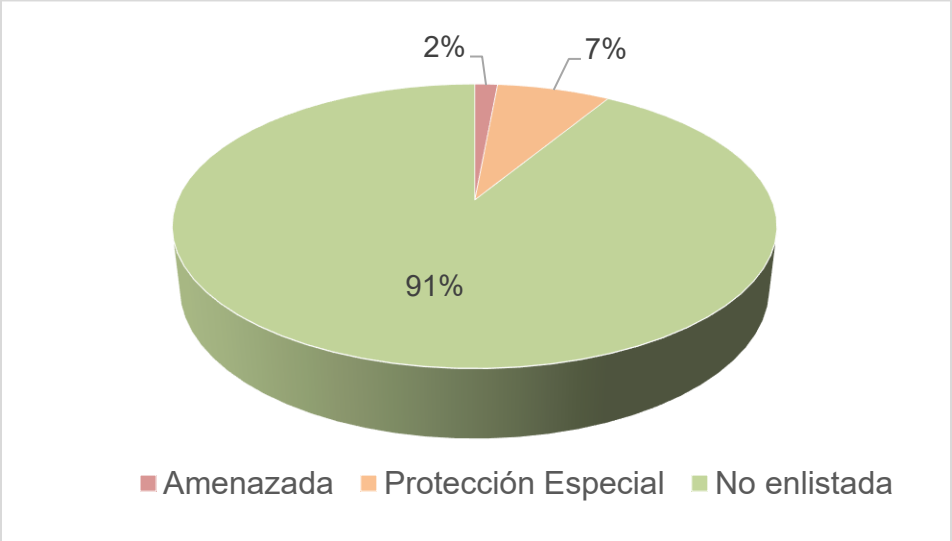


Figura IV-69. Porcentaje de especies en el SAR por categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (última actualización de 2019)

Endemismos

Como se observa en la siguiente tabla y figura, a nivel del SAR, los reptiles son el grupo que contribuye con un mayor número de especies incluidas en alguna de las categorías de endemismo analizadas (N=5), mientras que las aves presentan cuatro endemismos, los mamíferos dos y los anfibios no presentan ninguno. Esto da un total de once endemismos o especies cuya distribución que se restringe espacial y temporalmente al territorio nacional, lo cual representa el 7.97% del total de especies reportadas.

Tabla IV-64. Listado de las especies registradas en el monitoreo del SAR que se consideran endémicas a México

Taxón	Nombre común	Endemismo
REPTILES		
Anolis subocularis	Abaniquillo del Pacífico	Endémica
Ctenosaura pectinata	Garrobo de roca	Endémica
Sceloporus horridus	Chintete gris	Endémica
Urosaurus bicarinatus	Roñito arborícola	Endémica

Taxón	Nombre común	Endemismo
Aspidoscelis guttata	Ticuiliche mexicano	Endémica
MAMÍFEROS		
Oryzomys couesi	Rata arrocera	Endémica
Sylvilagus cunicularius	Conejo	Endémica
AVES		
Ortalis poliocephala	Chachalaca pálida	Endémica
Trogon citreolus	Trogón citrino	Endémica
Melanerpes chrysogenys	Carpintero enmascarado	Endémica
Peucaea humeralis	Zacatonero pecho negro	Endémica

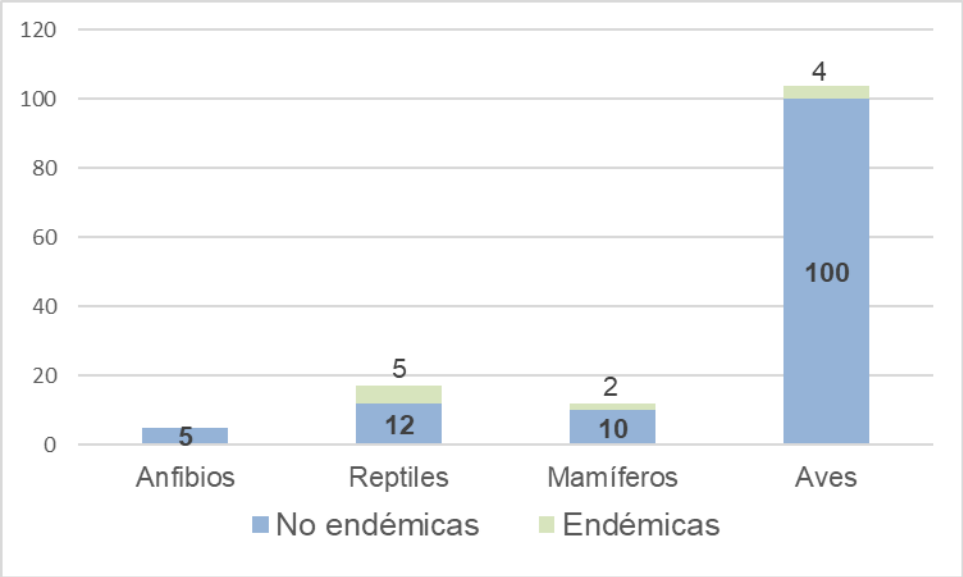


Figura IV-70. Proporción de especies endémicas para cada Clase de vertebrados, con respecto del total de especies caracterizadas para el SAR

Estacionalidad

Con relación al estatus de residencia de la riqueza total registrada para el SAR, 106 especies fueron residentes permanentes y, las restantes 32, residentes temporales. Se consideró como residentes permanentes a las especies que mantienen poblaciones durante todo el año en el área de estudio, completando así su ciclo

biológico en la localidad. Por otra parte, se contó como residentes temporales a todas aquellas especies cuyas poblaciones completan sólo parte de su ciclo anual en el SAR del proyecto; entre estas especies, se encuentran las aves migratorias de invierno y las aves migratorias de verano.

Como se puede observar en la siguiente figura, el número de especies residentes permanentes fue superior al de las residentes temporales. Para las residentes temporales, se registraron 30 especies de aves migratorias de invierno y dos especies de aves migratorias de verano.

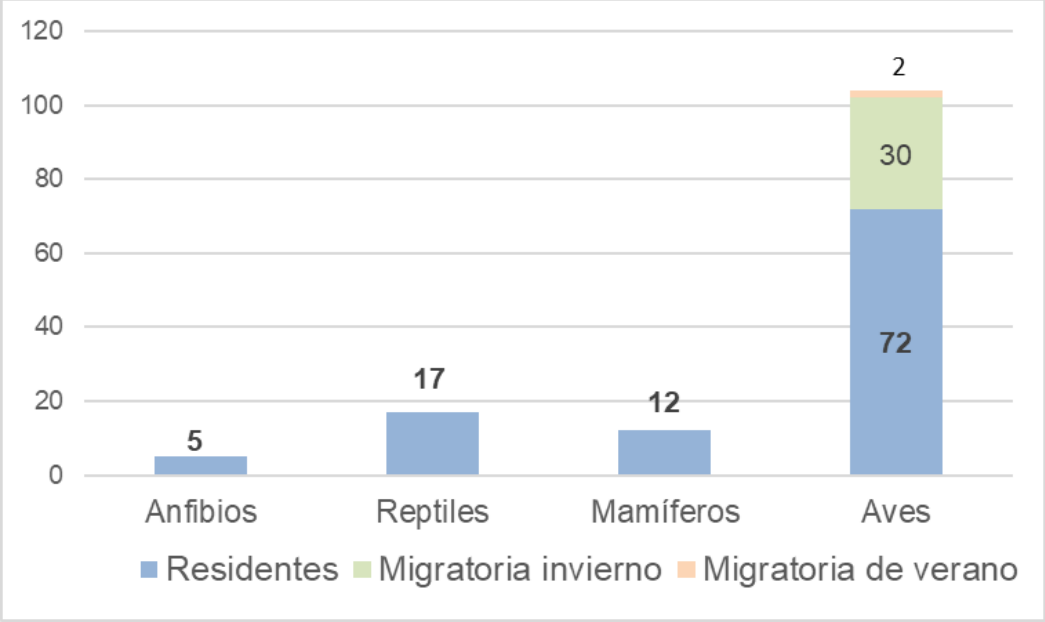


Figura IV-71. Número de especies por estatus de residencia en el SAR para cada clase de vertebrados

IV.3.2.2.2.5 Resultados del muestreo en el Área del Proyecto (AP)

Riqueza

Durante el trabajo de campo registró un total de 74 especies, 36 familias y 14 órdenes de vertebrados terrestres en el AP. Estos registros representan alrededor

del 7.96% de la riqueza específica total de vertebrados que alberga el estado de Guerrero (Botello *et al.*, 2015).

De los 17 registros de especies de herpetofauna, cinco correspondieron a anfibios y 12 a reptiles, distribuidos en 11 familias y dos órdenes. En el caso de mamíferos, se registraron 6 especies, comprendidas en cinco familias y tres órdenes. Las aves fueron el grupo que tuvo una mayor riqueza con 51 especies, 20 familias y 9 órdenes (ver tabla siguiente).

Tabla IV-65. Número de especies, familias y órdenes de los diferentes grupos de vertebrados registrados en el AP

Nivel taxonómico	Anfibios	Reptiles	Mamíferos	Aves	Total
Especies	5	12	6	51	74
Familias	4	7	5	20	36
Órdenes	1	1	3	9	14

De las 74 especies registradas durante los trabajos de campo, se estimó la proporción para cada clase de vertebrados, encontrando que la mejor representada son las aves con el 68.92% de las especies registradas, seguido de los reptiles con el 16.22%, los mamíferos con 8.11% y, por último, los anfibios con 6.76%, como se observa en la siguiente figura:

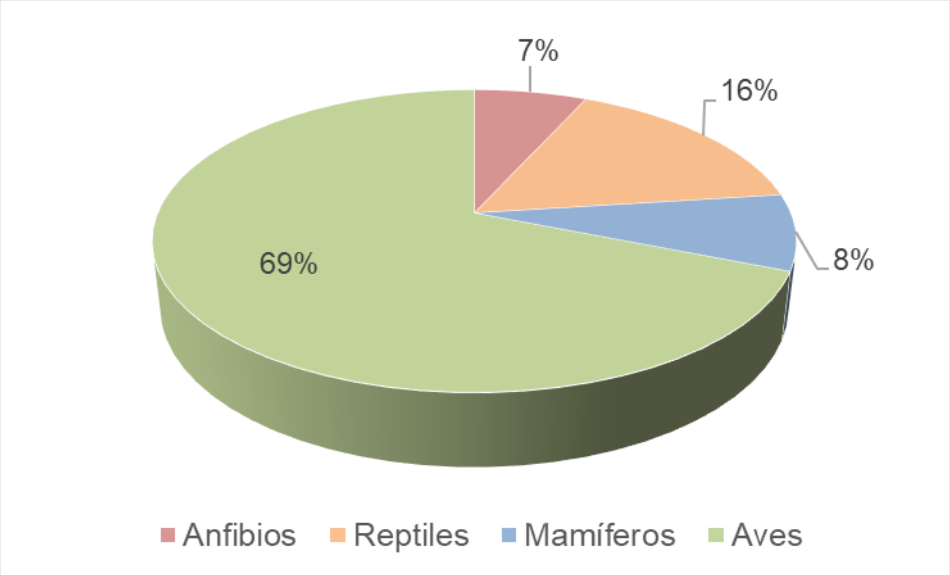


Figura IV-72. Proporción de especies registradas en el AP por cada Clase de vertebrados

Al igual que para el análisis de la información recabada en los muestreos faunísticos a nivel del SAR, se empleó el programa *Species Accumulation vers. β* (Díaz-Francés y Soberón, 2005) para analizar la riqueza teórica-esperada de vertebrados para el Área del Proyecto, encontrando que, con un esfuerzo adicional de 10 días de muestreo, se esperaría contar con un inventario total de 75 a 88 especies, dependiendo de los tres estimadores empleados (Exponencial, Clench y Logarítmico). Ello implica que el muestreo de campo realizado durante este estudio detectó entre el 95 y el 97% de la totalidad de las especies que se distribuyen en el AP, por lo que se concluye que los 10 días de muestreo efectuados permitieron tener una muy buena representación de la riqueza potencial para los vertebrados terrestres en el AP.

En la siguiente figura se puede observar que los puntos rojos representan el número de especies registradas por cada día de muestreo, y las líneas en color muestran las especies que se esperaría registrar con los diferentes estimadores en 10 días adicionales de muestreo.

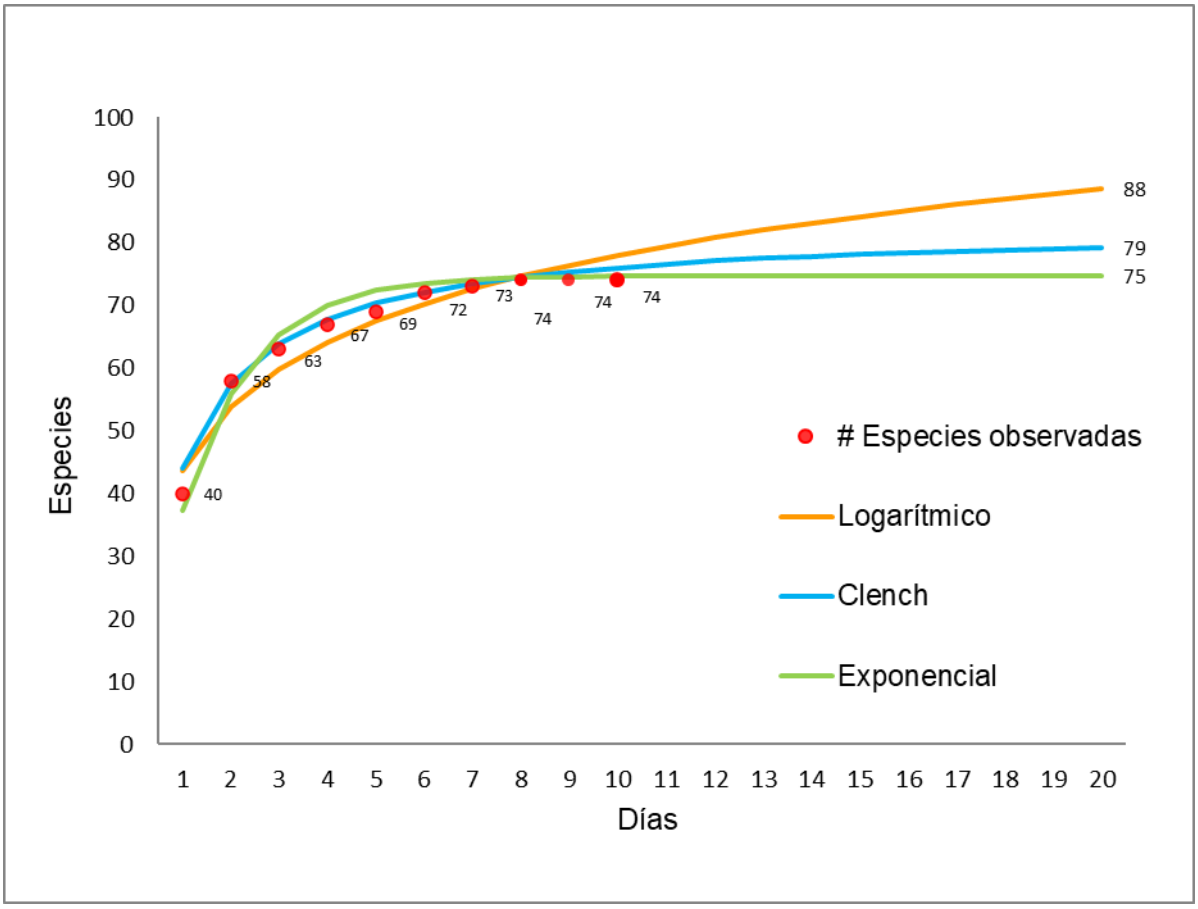


Figura IV-73. Curva de acumulación de especies para los cuatro grupos de vertebrados registrados en el AP.

A continuación, se muestra el listado general de las especies de fauna registradas en el AP separadas por grupo faunístico. Las bases de datos con la información faunística recabada en campo se incluyen dentro del Anexo Digital H de esta MIA Modalidad Regional. Adicionalmente, como parte de los anexos impresos, se adjunta el Anexo Fotográfico de Fauna Silvestre donde se muestra el catálogo de las especies faunísticas registradas durante el trabajo de campo.

Tabla IV-66. Listado general de especies de vertebrados terrestres registradas durante los trabajos de campo en el AP

Taxón	Nombre común	Abundancia	Frecuencia relativa
CLASE AMPHIBIA			
Rhinella marina	Sapo gigante	1	0.166389351
Eleutherodactylus pipilans	Pipilo	3	0.499168053
Leptodactylus fragilis	Ranita de hojarasca	3	0.499168053
Leptodactylus melanonotus	Rana del sabinal	12	1.996672213
Lithobates forreri	Rana leopardo de Forrer	1	0.166389351
CLASE REPTILIA			
Anolis subocularis	Abaniquillo del Pacífico	10	1.663893511
Ctenosaura pectinata	Garrobo de roca	5	0.831946755
Iguana iguana	Iguana de ribera	2	0.332778702
Hemidactylus frenatus	Besucona	3	0.499168053
Sceloporus horridus	Chintete gris	8	1.331114809
Sceloporus siniferus	Espinosa de cola larga	23	3.826955075
Urosaurus bicarinatus	Roñito arborícola	9	1.497504160
Phyllodactylus tuberculosus	Geco panza amarilla	3	0.499168053
Marisora brachypoda	Escinco	3	0.499168053
Aspidoscelis deppei	Cuiji panza negra	20	3.327787022
Aspidoscelis guttata	Ticuiliche mexicano	21	3.494176373
Holcosus undulatus	Lagartija metalica	2	0.332778702
CLASE MAMMALIA			
Didelphis virginiana	Tlacuache	4	0.665557404
Heteromys pictus	Ratón espinoso	13	2.163061564
Baiomys musculus	Ratón pigmeo	3	0.499168053
Oryzomys couesi	Rata arrocera	7	1.164725458
Sciurus aureogaster	Ardilla gris	2	0.332778702
Sylvilagus cunicularius	Conejo	5	0.831946755
CLASE AVES			
Ardea alba	Garza blanca	1	0.166389351
Egretta thula	Garceta pie dorado	4	0.665557404
Bubulcus ibis	Garza ganadera	13	2.163061564
Coragyps atratus	Zopilote común	13	2.163061564
Cathartes aura	Zopilote aura	17	2.828618968
Rupornis magnirostris	Aguililla caminera	2	0.332778702
Columba livia	Paloma doméstica	17	2.828618968

Taxón	Nombre común	Abundancia	Frecuencia relativa
Columbina inca	Tórtola cola larga	24	3.993344426
Columbina passerina	Tórtola coquita	4	0.665557404
Streptopelia decaocto	Paloma turca	11	1.830282862
Leptotila verreauxi	Paloma arroyera	3	0.499168053
Zenaida asiatica	Paloma ala blanca	11	1.830282862
Zenaida macroura	Paloma huilota	3	0.499168053
Morococcyx erythropygus	Cuclillo terrestre	1	0.166389351
Crotophaga sulcirostris	Garrapatero pijuy	18	2.995008319
Glaucidium brasilianum	Tecolote bajeño	3	0.499168053
Cynanthus latirostris	Colibrí pico ancho	2	0.332778702
Amazilia rutila	Colibrí canela	2	0.332778702
Melanerpes chrysogenys	Carpintero enmascarado	13	2.163061564
Eupsittula canicularis	Perico frente naranja	11	1.830282862
Camptostoma imberbe	Mosquero lampiño	6	0.998336106
Pyrocephalus rubinus	Mosquero cardenal	4	0.665557404
Myiarchus tyrannulus	Papamoscas tirano	2	0.332778702
Pitangus sulphuratus	Luis bien te veo	9	1.497504160
Myiozetetes similis	Luis gregario	14	2.329450915
Tyrannus melancholicus	Tirano tropical	13	2.163061564
Tyrannus vociferans	Tirano gritón	5	0.831946755
Vireo bellii	Vireo de Bell	2	0.332778702
Progne chalybea	Golondrina acerada	5	0.831946755
Petrochelidon pyrrhonota	Golondrina risquera	64	10.648918469
Hirundo rustica	Golondrina tijereta	3	0.499168053
Campylorhynchus rufinucha	Matraca nuca rufa	7	1.164725458
Polioptila caerulea	Perlita azul gris	4	0.665557404
Turdus rufopalliatus	Mirlo dorso rufo	3	0.499168053
Mniotilta varia	Chipe trepador	2	0.332778702
Oreothlypis ruficapilla	Chipe de coronilla	6	0.998336106
Geothlypis tolmiei	Chipe de Tolmie	3	0.499168053
Setophaga coronata	Chipe coronado	1	0.166389351
Cardellina pusilla	Chipe corona negra	7	1.164725458
Volatinia jacarina	Semillero brincador	3	0.499168053
Sporophila torqueola	Semillero de collar	5	0.831946755
Peucaea ruficauda	Zacatonero corona rayada	9	1.497504160
Melospiza lincolnii	Gorrión de Lincoln	1	0.166389351

Taxón	Nombre común	Abundancia	Frecuencia relativa
Quiscalus mexicanus	Zanate mexicano	31	5.158069884
Molothrus aeneus	Tordo ojo rojo	19	3.161397671
Icterus spurius	Bolsero castaño	2	0.332778702
Icterus pustulatus	Bolsero dorso rayado	4	0.665557404
Icterus gularis	Bolsero de Altamira	6	0.998336106
Cacicus melanicterus	Cacique mexicano	5	0.831946755
Spinus psaltria	Jilguero dominico	3	0.499168053
Passer domesticus	Gorrión casero	17	2.828618968
Abundancia		601	100

Abundancia

Se registró un total de 601 individuos de vertebrados terrestres dentro del AP, de los cuales 20 fueron anfibios, 109 fueron reptiles, 34 fueron mamíferos y 438 fueron aves, grupo que mostró la mayor abundancia.

Las especies más abundantes por grupo fueron, en el caso de las aves, la golondrina risquera (*Petrochelidon pyrrhonota*) con 64 individuos, el zanate mexicano (*Quiscalus mexicanus*) con 31 individuos y la tórtola cola larga (*Columbina inca*) con 24 individuos. Con relación a los mamíferos, los más abundantes fueron el ratón espinoso (*Heteromys pictus*) con 13 individuos, la rata arrocera con siete individuos (*Oryzomys couesi*) y el conejo (*Sylvilagus cunicularius*) con cinco individuos. En el caso de los reptiles, las especies con mayor abundancia fueron la espinosa de cola larga (*Sceloporus siniferus*) con 23 ejemplares, el ticuiliche mexicano (*Aspidoscelis guttata*) con 21 ejemplares, y la cuiji panza negra (*Aspidoscelis deppei*) con 20 ejemplares. Finalmente, en cuanto a los anfibios, las especies más abundantes fueron la rana del sabinal (*Leptodactylus melanonotus*) con 12 individuos, y el pipilo (*Eleutherodactylus pipilans*) y la ranita de hojarasca (*Leptodactylus fragilis*) con 3 individuos cada una.

La siguiente figura muestra las abundancias totales para cada una de las clases de vertebrados registradas en el AP del proyecto:

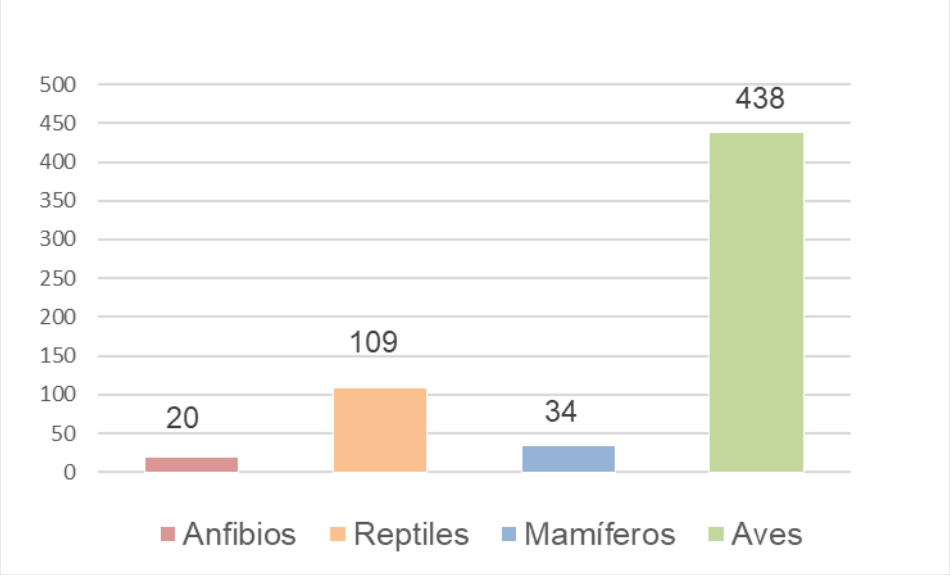


Figura IV-74. Abundancia de vertebrados registrados en el AP por Clase.

Índice de diversidad de Shannon (H')

Como se mencionó anteriormente, el índice de Shannon (H') mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Baev y Penev, 1995; Magurran, 1988; Peet, 1974). Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988).

$$H' = -\sum pi/\log(pi)$$, donde p es la proporción relativa de las i especies.

De acuerdo con Magurran (1988), cuando los valores de este índice son inferiores a 1.5, el área evaluada es considerada de diversidad baja, en tanto que los valores mayores a 1.5 y hasta 3.0 se consideran como diversidad media, y los valores

mayores a 3.0 se consideran como diversidad alta. Los valores del índice de Shannon a nivel del AP para cada grupo de vertebrados se presentan a continuación.

Tabla IV-67. Valores de los índices de Shannon para los anfibios en el AP

No	Nombre científico	Nombre común	Valores absolutos	Abundancia Relativa (pi)	Ln (pi)	(pi) x Ln (pi)
1	*Rhinella marina*	Sapo gigante	1	0.05	-2.995732274	-0.1497866
2	*Eleutherodactylus pipilans*	Pipilo	3	0.15	-1.897119985	-0.284568
3	*Leptodactylus fragilis*	Ranita de hojarasca	3	0.15	-1.897119985	-0.284568
4	*Leptodactylus melanonotus*	Rana del sabinal	12	0.6	-0.510825624	-0.3064954
5	*Lithobates forreri*	Rana leopardo de Forrer	1	0.05	-2.995732274	-0.1497866
Riqueza S= 5			**20**	1		**1.1752046**
						Índice de Shannon

H max = Ln S			1.609437912	
Equitatividad (J)			**J= H/Hmax =**	**-0.730195671**
Índice de diversidad de Shannon:H =				**H =-S(pi) x Ln (pi)**

Tabla IV-68. Valores de los índices de Shannon para los reptiles en el AP

No	Nombre científico	Nombre común	Valores absolutos	Abundancia Relativa (pi)	Ln (pi)	(pi) x Ln (pi)
1	*Anolis subocularis*	Abaniquillo del Pacífico	10	0.091743119	-2.388762789	-0.219152549
2	*Ctenosaura pectinata*	Garrobo de roca	5	0.04587156	-3.08190997	-0.141372017
3	*Iguana iguana*	Iguana de ribera	2	0.018348624	-3.998200702	-0.073361481
4	*Hemidactylus frenatus*	Besucona	3	0.027522936	-3.592735594	-0.098882631
5	*Sceloporus horridus*	Chintete gris	8	0.073394495	-2.611906341	-0.191699548
6	*Sceloporus siniferus*	Espinosa de cola larga	23	0.211009174	-1.555853666	-0.328299397
7	*Urosaurus bicarinatus*	Roñito arborícola	9	0.082568807	-2.494123305	-0.205936787
8	*Phyllodactylus tuberculosus*	Geco panza amarilla	3	0.027522936	-3.592735594	-0.098882631
9	*Marisora brachypoda*	Escinco	3	0.027522936	-3.592735594	-0.098882631
10	*Aspidoscelis deppei*	Cuiji panza negra	20	0.183486239	-1.695615609	-0.31112213
11	*Aspidoscelis guttata*	Ticuiliche mexicano	21	0.19266055	-1.646825445	-0.317278297
12	*Holcosus undulatus*	Lagartija metalica	2	0.018348624	-3.998200702	-0.073361481
Riqueza S= 12			**109**	1		**2.15823158**
						Índice de Shannon

H max = Ln S			2.48490665	
Equitatividad (J)			**J= H/Hmax =**	**-0.868536281**
Índice de diversidad de Shannon:H =				**H =-S(pi) x Ln (pi)**

Tabla IV-69. Valores de los índices de Shannon para los mamíferos en el AP

No	Nombre científico	Nombre común	Valores absolutos	Abundancia Relativa (pi)	Ln (pi)	(pi) x Ln (pi)
1	*Didelphis virginiana*	Tlacuache	4	0.117647059	-2.140066163	-0.25177249
2	*Heteromys pictus*	Ratón espinoso	13	0.382352941	-0.961411167	-0.367598387
3	*Baiomys musculus*	Ratón pigmeo	3	0.088235294	-2.427748236	-0.21421308
4	*Oryzomys couesi*	Rata arrocera	7	0.205882353	-1.580450376	-0.325386842
5	*Sciurus aureogaster*	Ardilla gris	2	0.058823529	-2.833213344	-0.166659608
6	*Sylvilagus cunicularius*	Conejo	5	0.147058824	-1.916922612	-0.281900384
Riqueza S= 6			**34**	1		**1.607530792**
						Índice de Shannon

H max = Ln S			1.791759469	
Equitatividad (J)			**J= H/Hmax =**	**-0.897180017**
Índice de diversidad de Shannon:H =				**H =-S(pi) x Ln (pi)**

Tabla IV-70. Valores de los índices de Shannon para las aves en el AP

No	Nombre científico	Nombre común	Valores absolutos	Abundancia Relativa (pi)	Ln (pi)	(pi) x Ln (pi)
1	*Ardea alba*	Garza blanca	1	0.002283105	-6.08221891	-0.013886345
2	*Egretta thula*	Garceta pie dorado	4	0.00913242	-4.695924549	-0.042885156
3	*Bubulcus ibis*	Garza ganadera	13	0.029680365	-3.517269553	-0.104393845
4	*Coragyps atratus*	Zopilote común	13	0.029680365	-3.517269553	-0.104393845
5	*Cathartes aura*	Zopilote aura	17	0.038812785	-3.249005566	-0.126102956
6	*Rupornis magnirostris*	Aguililla caminera	2	0.00456621	-5.38907173	-0.024607633
7	*Columba livia*	Paloma doméstica	17	0.038812785	-3.249005566	-0.126102956
8	*Columbina inca*	Tórtola cola larga	24	0.054794521	-2.90416508	-0.159132333
9	*Columbina passerina*	Tórtola coquita	4	0.00913242	-4.695924549	-0.042885156
10	*Streptopelia decaocto*	Paloma turca	11	0.025114155	-3.684323638	-0.092528676
11	*Leptotila verreauxi*	Paloma arroyera	3	0.006849315	-4.983606622	-0.034134292
12	*Zenaida asiatica*	Paloma ala blanca	11	0.025114155	-3.684323638	-0.092528676
13	*Zenaida macroura*	Paloma huilota	3	0.006849315	-4.983606622	-0.034134292
14	*Morococcyx erythropygus*	Cuclillo terrestre	1	0.002283105	-6.08221891	-0.013886345
15	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero pijuy	18	0.04109589	-3.191847152	-0.131171801
16	*Glaucidium brasilianum*	Tecolote bajeño	3	0.006849315	-4.983606622	-0.034134292
17	*Cynanthus latirostris*	Colibrí pico ancho	2	0.00456621	-5.38907173	-0.024607633
18	*Amazilia rutila*	Colibrí canela	2	0.00456621	-5.38907173	-0.024607633
19	*Melanerpes chrysogenys*	Carpintero enmascarado	13	0.029680365	-3.517269553	-0.104393845

No	Nombre científico	Nombre común	Valores absolutos	Abundancia Relativa (pi)	Ln (pi)	(pi) x Ln (pi)
20	*Eupsittula canicularis*	Perico frente naranja	11	0.025114155	-3.684323638	-0.092528676
21	*Camptostoma imberbe*	Mosquero lampiño	6	0.01369863	-4.290459441	-0.058773417
22	*Pyrocephalus rubinus*	Mosquero cardenal	4	0.00913242	-4.695924549	-0.042885156
23	*Myiarchus tyrannulus*	Papamoscas tirano	2	0.00456621	-5.38907173	-0.024607633
24	*Pitangus sulphuratus*	Luis bien te veo	9	0.020547945	-3.884994333	-0.079828651
25	*Myiozetetes similis*	Luis gregario	14	0.03196347	-3.443161581	-0.110055393
26	*Tyrannus melancholicus*	Tirano tropical	13	0.029680365	-3.517269553	-0.104393845
27	*Tyrannus vociferans*	Tirano gritón	5	0.011415525	-4.472780998	-0.051059144
28	*Vireo bellii*	Vireo de Bell	2	0.00456621	-5.38907173	-0.024607633
29	*Progne chalybea*	Golondrina acerada	5	0.011415525	-4.472780998	-0.051059144
30	*Petrochelidon pyrrhonota*	Golondrina risquera	64	0.146118721	-1.923335827	-0.281035372
31	*Hirundo rustica*	Golondrina tijereta	3	0.006849315	-4.983606622	-0.034134292
32	*Campylorhynchus rufinucha*	Matraca nuca rufa	7	0.015981735	-4.136308761	-0.066105391
33	*Polioptila caerulea*	Perlita azul gris	4	0.00913242	-4.695924549	-0.042885156
34	*Turdus rufopalliatus*	Mirlo dorso rufo	3	0.006849315	-4.983606622	-0.034134292
35	*Mniotilta varia*	Chipe trepador	2	0.00456621	-5.38907173	-0.024607633
36	*Oreothlypis ruficapilla*	Chipe de coronilla	6	0.01369863	-4.290459441	-0.058773417
37	*Geothlypis tolmiei*	Chipe de Tolmie	3	0.006849315	-4.983606622	-0.034134292
38	*Setophaga coronata*	Chipe coronado	1	0.002283105	-6.08221891	-0.013886345

No	Nombre científico	Nombre común	Valores absolutos	Abundancia Relativa (pi)	Ln (pi)	(pi) x Ln (pi)
39	*Cardellina pusilla*	Chipe corona negra	7	0.015981735	-4.136308761	-0.066105391
40	*Volatinia jacarina*	Semillero brincador	3	0.006849315	-4.983606622	-0.034134292
41	*Sporophila torqueola*	Semillero de collar	5	0.011415525	-4.472780998	-0.051059144
42	*Peucaea ruficauda*	Zacatonero corona rayada	9	0.020547945	-3.884994333	-0.079828651
43	*Melospiza lincolnii*	Gorrión de Lincoln	1	0.002283105	-6.08221891	-0.013886345
44	*Quiscalus mexicanus*	Zanate mexicano	31	0.070776256	-2.648231706	-0.187431924
45	*Molothrus aeneus*	Tordo ojo rojo	19	0.043378995	-3.137779931	-0.136113741
46	*Icterus spurius*	Bolsero castaño	2	0.00456621	-5.38907173	-0.024607633
47	*Icterus pustulatus*	Bolsero dorso rayado	4	0.00913242	-4.695924549	-0.042885156
48	*Icterus gularis*	Bolsero de Altamira	6	0.01369863	-4.290459441	-0.058773417
49	*Cacicus melanicterus*	Cacique mexicano	5	0.011415525	-4.472780998	-0.051059144
50	*Spinus psaltria*	Jilguero dominico	3	0.006849315	-4.983606622	-0.034134292
51	*Passer domesticus*	Gorrión casero	17	0.038812785	-3.249005566	-0.126102956
Riqueza S= 51			**438**	1		**-3.466134676**
						Índice de Shannon

H max = Ln S			3.931825633	
Equitatividad (J)			**J= H/Hmax =**	**-0.881558594**
Índice de diversidad de Shannon:H =				**H =-S(pi) x Ln (pi)**

Con base en la información presentada en las tablas anteriores, se puede concluir que, a nivel del AP, la diversidad de los anfibios se considera baja, en tanto que la de los reptiles y mamíferos se considera media y la de las aves alta. Por consiguiente, para reducir el impacto del proyecto sobre la diversidad de los vertebrados en el AP, se implementarán las medidas descritas en el Capítulo VI de la MIA, así como en el Programa de rescate y reubicación de flora silvestre.

Especies enlistadas en alguna categoría de protección

De las 74 especies registradas en el inventario realizado en el AP del proyecto, cinco se encuentran enlistadas en alguna categoría de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, encontrándose agrupadas de la siguiente manera: cuatro especies en la categoría de Protección Especial (Pr) y una Amenazada (A); las restantes 69 especies registradas no se encuentran enlistadas en esta Norma. En la siguiente tabla, se presentan las especies presentes en el AP que se encuentran enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Posteriormente, se representa el porcentaje de las especies incluidas en cada categoría de protección, con respecto al total de especies caracterizadas en el AP.

Tabla IV-71. Especies registradas en el AP del proyecto que se encuentran en alguna categoría de protección, de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Taxón	Nombre común	Estatus de riesgo (NOM-059-SEMARANT-2010)
ANFIBIOS		
Lithobates forreri	Rana leopardo de Forrer	Pr
REPTILES		
Anolis subocularis	Abaniquillo del Pacífico	Pr
Ctenosaura pectinata	Garrobo de roca	A
Iguana iguana	Iguana de ribera	Pr
MAMÍFEROS		
Bassariscus sumichrasti	Cacomixtle	Pr
AVES		
Eupsittula canicularis	Perico frente naranja	Pr

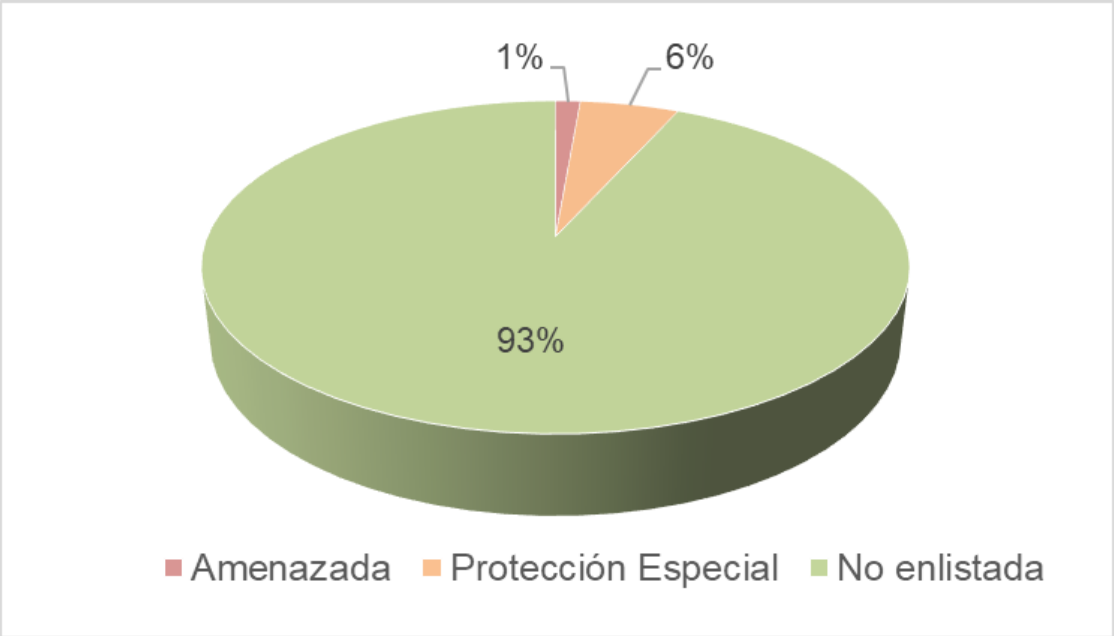


Figura IV-75. Porcentaje de especies en el AP por categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (última actualización de 2019)

Endemismos

Como se observa en la siguiente tabla y figura, a nivel del AP, los reptiles son el grupo que contribuye con un mayor número de especies incluidas en alguna de las categorías de endemismo analizadas (N=5), mientras que los mamíferos presentan dos endemismos, las aves uno y los anfibios no presentan ninguno. Esto da un total de ocho endemismos o especies cuya distribución que se restringe espacial y temporalmente al territorio nacional, lo cual representa el 10.81% del total de especies reportadas para el AP.

Tabla IV-72. Listado de las especies registradas en el monitoreo del AP que se consideran endémicas a México

Taxón	Nombre común	Endemismo
REPTILES		
Anolis subocularis	Abaniquillo del Pacífico	Endémica
Ctenosaura pectinata	Garrobo de roca	Endémica
Sceloporus horridus	Chintete gris	Endémica
Urosaurus bicarinatus	Roñito arborícola	Endémica
Aspidoscelis guttata	Ticuiliche mexicano	Endémica
MAMÍFEROS		
Oryzomys couesi	Rata arrocera	Endémica
Sylvilagus cunicularius	Conejo	Endémica
AVES		
Melanerpes chrysogenys	Carpintero enmascarado	Endémica

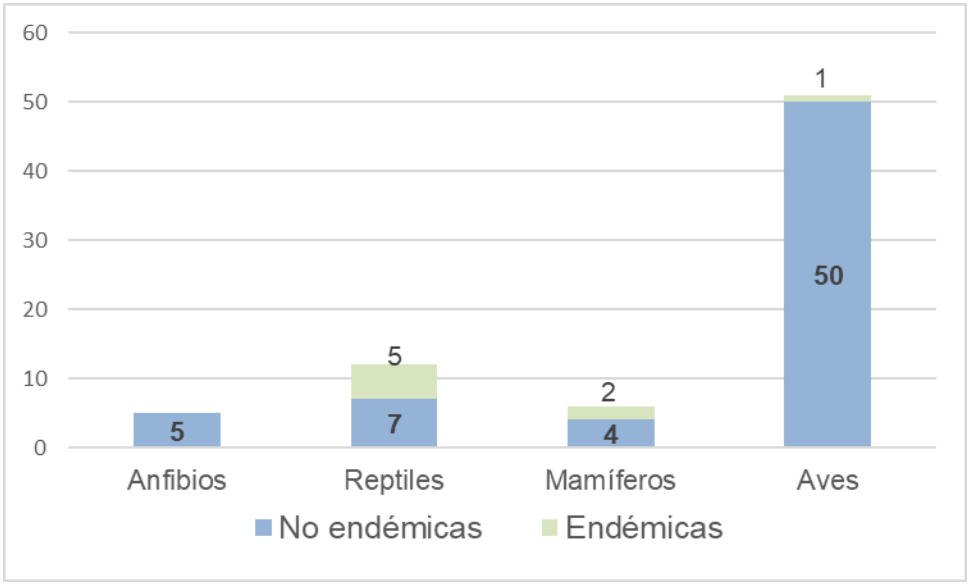


Figura IV-76. Proporción de especies endémicas para cada Clase de vertebrados, con respecto del total de especies caracterizadas para el AP

Estacionalidad

Con relación al estatus de residencia de la riqueza total registrada para el AP, 62 especies fueron residentes permanentes y, las restantes 12, residentes temporales, específicamente, migratorias de invierno. Como se puede observar en la siguiente figura, el número de especies residentes permanentes fue superior al de las residentes temporales.

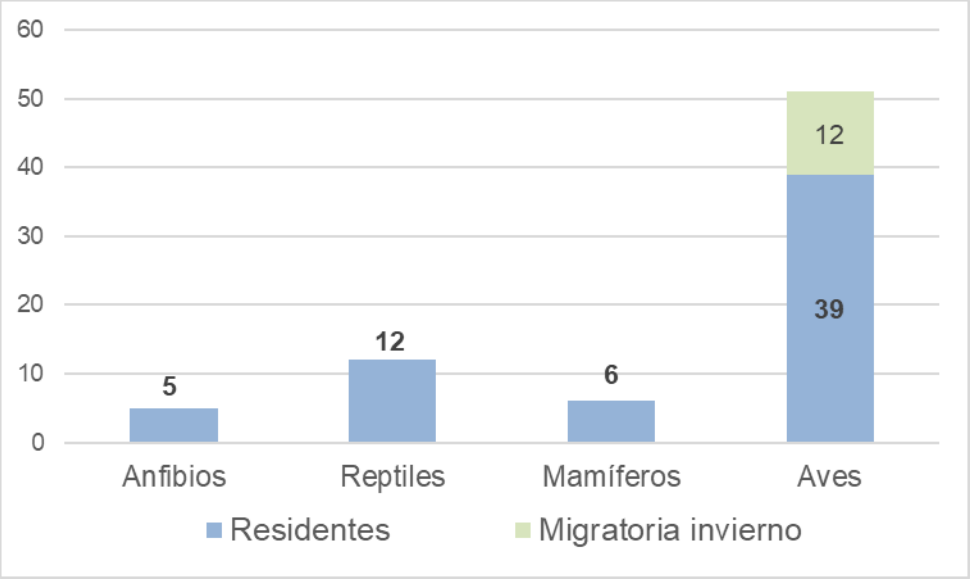


Figura IV-77. Número de especies por estatus de residencia en el AP para cada clase de vertebrados

IV.3.2.2.2.6 Conclusiones de la fauna silvestre registrada en el SAR y en el AP

A continuación, se presenta una tabla resumen comparativa de los resultados de los muestreos de fauna realizados a nivel del SAR y del AP:

Tabla IV-73. Tabla comparativa de los resultados de los muestreos de fauna del SAR y del AP

Parámetros	SAR	AP
RIQUEZA ESPECÍFICA		
Anfibios	5	4
Reptiles	17	12
Mamíferos	12	6
Aves	104	51
Total	138	74
ABUNDANCIA		
Anfibios	19	20
Reptiles	193	109
Mamíferos	44	34
Aves	851	438
Total	1107	601
ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON		
Anfibios	1.415	1.175
Reptiles	2.200	2.158
Mamíferos	2.341	1.608
Aves	4.244	3.466
ESPECIES EN LA NOM NOM-059-SEMARNAT-2010		
Anfibios	1	1
Reptiles	4	3
Mamíferos	1	1
Aves	6	1
Total	12	6
ENDEMISMOS		
Anfibios	0	0
Reptiles	5	5
Mamíferos	2	2
Aves	4	1
Total	11	8
ESPECIES RESIDENTES TEMPORALES		
Anfibios	0	0
Reptiles	0	0
Mamíferos	0	0
Aves	32	12
Total	32	12

Como se observa en la tabla anterior, la riqueza específica y la abundancia de los ejemplares fue superior a nivel del SAR que del AP. Asimismo, a excepción del sapo gigante (*Rhinella marina*), todas las especies encontradas en el muestreo del AP se hallaron durante el muestreo a nivel de SAR. Esto, sumado a que las curvas de acumulación realizadas demostraron que se hallaron entre el 96-99% y el 95-97% de las especies a nivel del SAR y del AP, respectivamente, implica que el esfuerzo de muestreo permitió tener una muy buena representación de la riqueza potencial para los vertebrados terrestres a ambos niveles de análisis.

Con respecto a la diversidad, tanto a nivel del SAR como del AP, la diversidad de los anfibios se considera baja, en tanto que la de los reptiles y mamíferos se considera media y la de las aves alta.

A nivel del SAR, se detectaron 12 especies enlistadas en alguna categoría de protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010, en tanto que en el AP se encontraron 6 especies enlistadas en dicha Norma. Cabe mencionar que ninguna de estas especies se encuentra en la categoría de "En Peligro de Extinción".

En términos de los endemismos, el 7.97% del total de especies reportadas para el SAR (N=11) se consideran endémicas, en tanto que este porcentaje es de 10.81% (N=8) para el AP. En ambos niveles de análisis, los reptiles fueron el grupo con más endemismos, en tanto que no se encontraron anfibios endémicos.

Al respecto de la estacionalidad, la mayoría de las especies encontradas a nivel tanto del SAR como del AP son especies residentes temporales. De las especies residentes temporales, la mayoría fueron aves migratorias de invierno, y únicamente se encontraron 2 especies migratorias de verano a nivel del SAR; la totalidad de las especies residentes temporales a nivel del AP fueron aves migratorias de invierno.

Finalmente, cabe reiterar que, para reducir el impacto del proyecto sobre la diversidad de los vertebrados en el AP, el proyecto prevé la implementación de las

medidas descritas en el Capítulo VI de la MIA, así como en el Programa de rescate y reubicación de flora silvestre.

IV.3.3 Medio socioeconómico

Para evaluar los efectos sociales y económicos que el proyecto tendrá sobre la población, es necesario describir cada uno de sus procesos actuales. El SAR delimitado para el presente proyecto se encuentra comprendida dentro de los municipios de Acapulco de Juárez y Coyuca de Benítez, por lo que, en este apartado, se describirán los datos específicos de estos municipios y se incluirán datos generales del estado de Guerrero cuando se considere pertinente. Para ello, se utilizará principalmente la información contenida en la base de datos "Data México", del Gobierno de México.

IV.3.3.1 Contexto regional

El estado de Guerrero se localiza entre los paralelos 18° 53' 16" y 16° 18' 57" de latitud norte, y los meridianos 98° 00' 26" y 102° 11' 04" de longitud oeste. Colinda al norte con Michoacán de Ocampo, México, Morelos y Puebla; al este con Puebla y Oaxaca; al sur con Oaxaca y el Océano Pacífico; y al oeste con el Océano Pacífico y Michoacán de Ocampo. Ocupa el 3.2 % de la superficie del país y su capital es Chilpancingo de los Bravo (INEGI, 2021).

De acuerdo con la Regionalización Socioeconómica propuesta por el INEGI en el marco del XII Censo General de Población y Vivienda 2010 y basada en indicadores del bienestar como la educación, ocupación, salud, vivienda, y empleo, Guerrero se encuentra en el nivel 1 en la escala de ventaja relativa, siendo el nivel 1 el estrato de menor ventaja relativa y el 7, el de mayor ventaja relativa. Por lo tanto, se puede afirmar que Guerrero presenta un régimen socio-económico muy bajo, tal y como se puede observar en la siguiente figura:

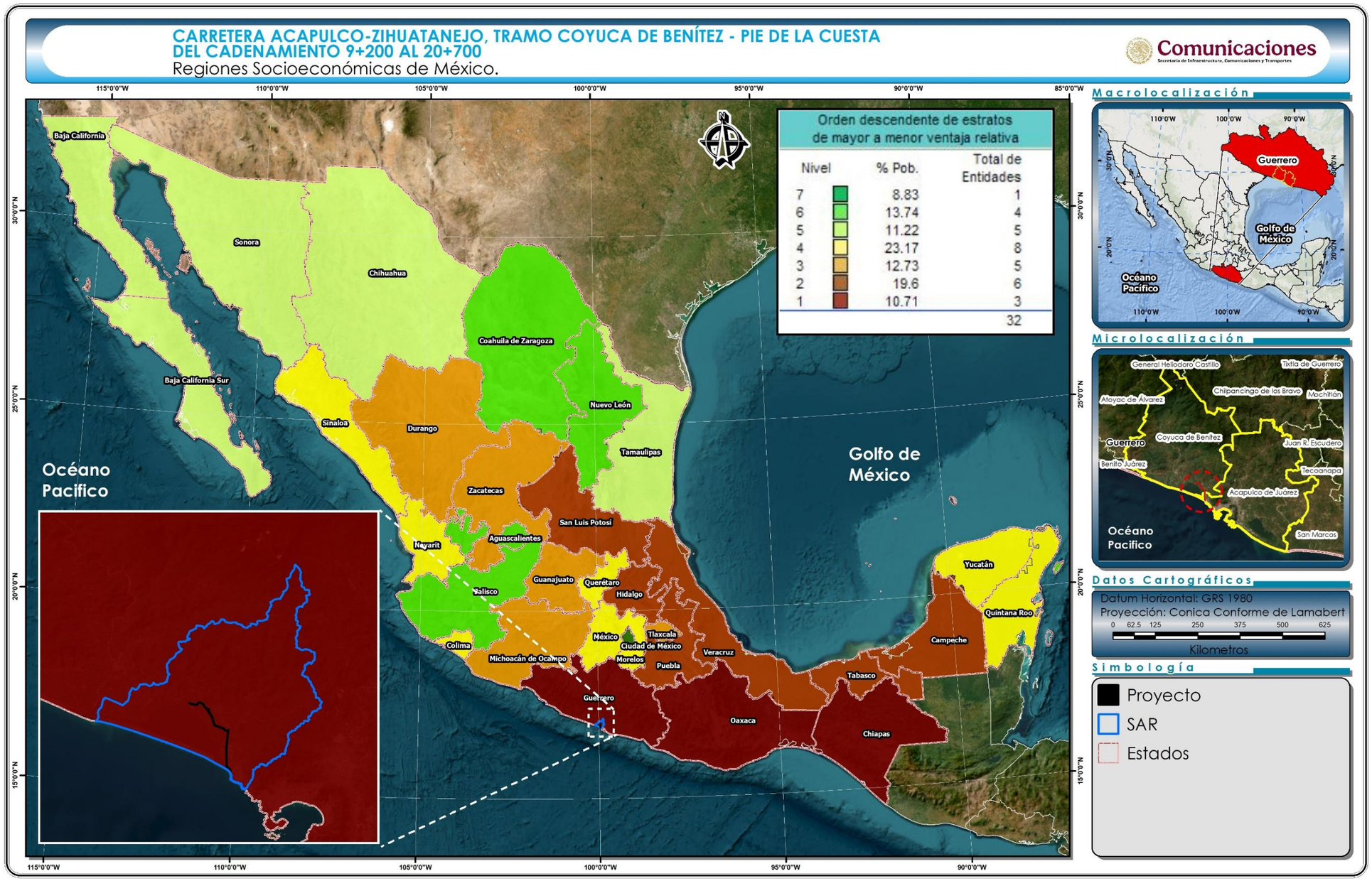


Figura IV-78. Región socioeconómica en la que está comprendido el SAR delimitado para el proyecto.

Con respecto a su división política, Guerrero está integrado por 85 municipios, pero, como se mencionó con anterioridad, el SAR sólo se ubica dentro de los municipios de Acapulco de Juárez y Coyuca de Benítez.

El municipio de Acapulco de Juárez se localiza al sur de Chilpancingo, entre los paralelos 16° 41' 05'' y 17° 11' 37'' de latitud norte y los meridianos 99° 30' 00'' y 99° 59' 49'' de longitud oeste. Su extensión territorial es de 1882.6 km^2, lo que representa el 2.95% de la superficie estatal. Limita al norte con los municipios de Chilpancingo y Juan R. Escudero, al sur con el océano Pacífico, al este con el municipio de San Marcos y al oeste con el municipio de Coyuca de Benítez. La cabecera municipal es la ciudad y puerto de Acapulco de Juárez, ubicada a 105 km de la capital del estado y con una altitud de 20 msnm (Gobierno de Acapulco de Juárez, s.f.).

Por su parte, el municipio de Coyuca de Benítez se localiza en la región de la Costa Grande de Guerrero, entre los paralelos 16° 54' 01.80" y 17° 27' 29.16" de latitud norte y los meridianos 100° 18' 43.20" y 99° 48' 20.88" de longitud oeste. Respecto a su extensión, cuenta con una superficie total de 1,810.8 km^2, que representa 2.8% de la superficie estatal. Limita al norte con los municipios de Chilpancingo de los Bravo y General Heliodoro Castillo, al sur con el Océano Pacífico, al oeste con Atoyac de Álvarez y Benito Juárez, y al este con Acapulco de Juárez (Ayuntamiento de Coyuca de Benítez, 2023; INEGI, 2026).

IV.3.3.2 Población y vivienda

Población actual

En 2020, la población en Acapulco de Juárez fue de 779,566 habitantes (47.7% hombres y 52.3% mujeres). Esto representó un decrecimiento de -1.32% con respecto al año 2010.

Los rangos de edad que concentraron mayor población fueron 10 a 14 años (66,005 habitantes), 15 a 19 años (65,931 habitantes) y 5 a 9 años (63,408 habitantes). Entre ellos concentraron el 25.1% de la población total.

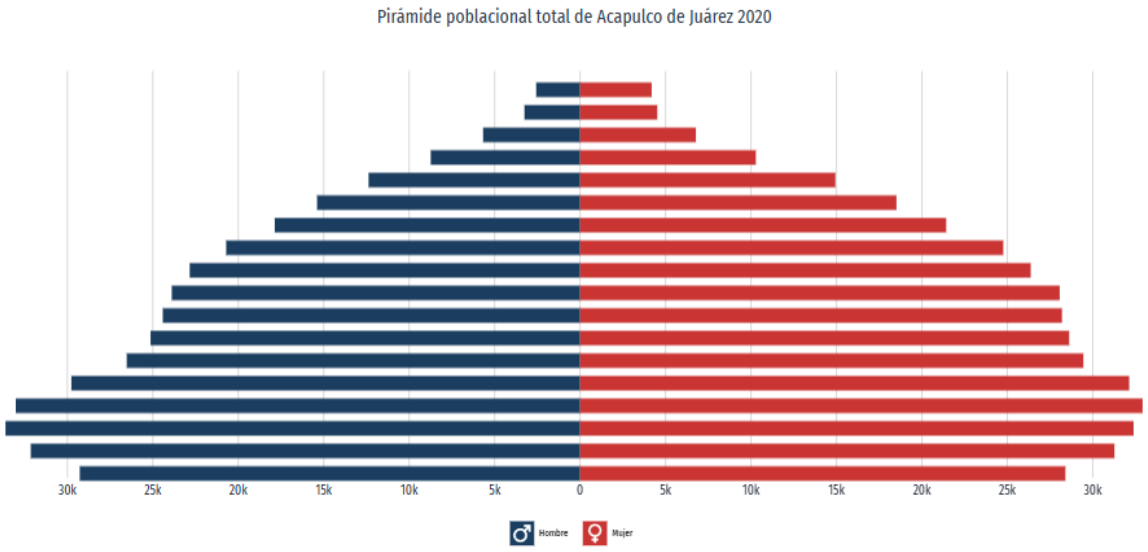


Figura IV-79. Pirámide poblacional por edad y sexo de Acapulco de Juárez, 2020. Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda 2020

Por su parte, la población de Coyuca de Benítez para el año 2020 fue de 73,056 habitantes (48.6% hombres y 51.4% mujeres). En comparación a 2010, la población en Coyuca de Benítez decreció un -0.55%.

Los rangos de edad que concentraron mayor población fueron 10 a 14 años (7,077 habitantes), 5 a 9 años (6,981 habitantes) y 15 a 19 años (6,852 habitantes). Entre ellos concentraron el 28.6% de la población total.

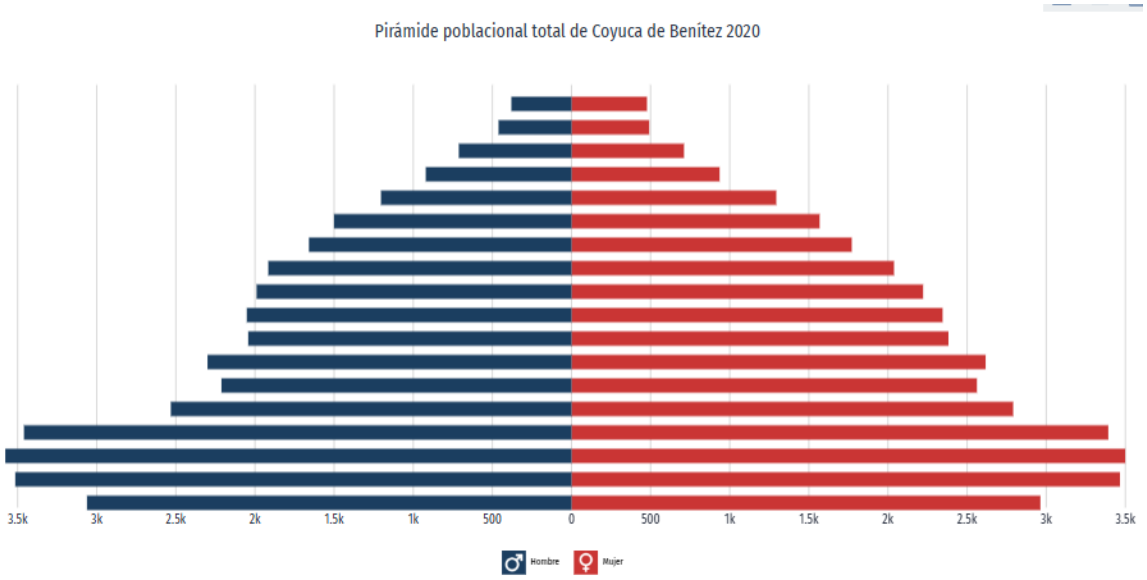


Figura IV-80. Pirámide poblacional por edad y sexo de Coyuca de Benítez, 2020. Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda 2020

Lengua indígena

En Acapulco de Juárez, la población de 3 años y más que habla al menos una lengua indígena fue 13.1k personas, lo que corresponde a 1.68% del total de la población del municipio.

Las lenguas indígenas más habladas fueron Náhuatl (4,955 habitantes), Mixteco (2,921 habitantes) y Tlapaneco (2,827 habitantes).

En la siguiente gráfica, se muestran las 10 principales lenguas indígenas habladas por la población de Acapulco de Juárez.

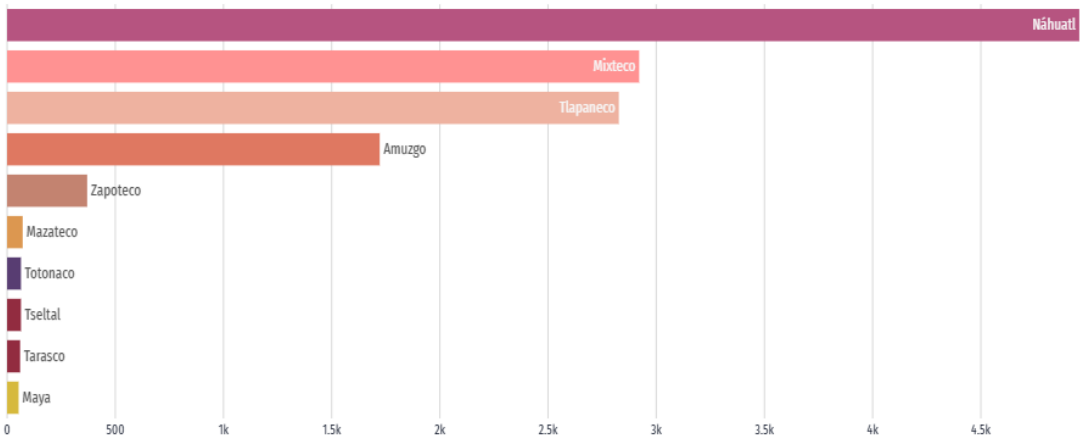


Figura IV-81. Principales lenguas indígenas habladas en la población de 3 años y más en Acapulco de Juárez. Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda 2020.

Con respecto a Coyuca de Benítez, la población de 3 años y más que habla al menos una lengua indígena fue 315 personas, lo que corresponde a 0.43% del total de la población del municipio.

Las lenguas indígenas más habladas fueron Mixteco (134 habitantes), Tlapaneco (134 habitantes) y Amuzgo (24 habitantes). En la siguiente gráfica se muestran las principales lenguas indígenas habladas por la población de Coyuca de Benítez.

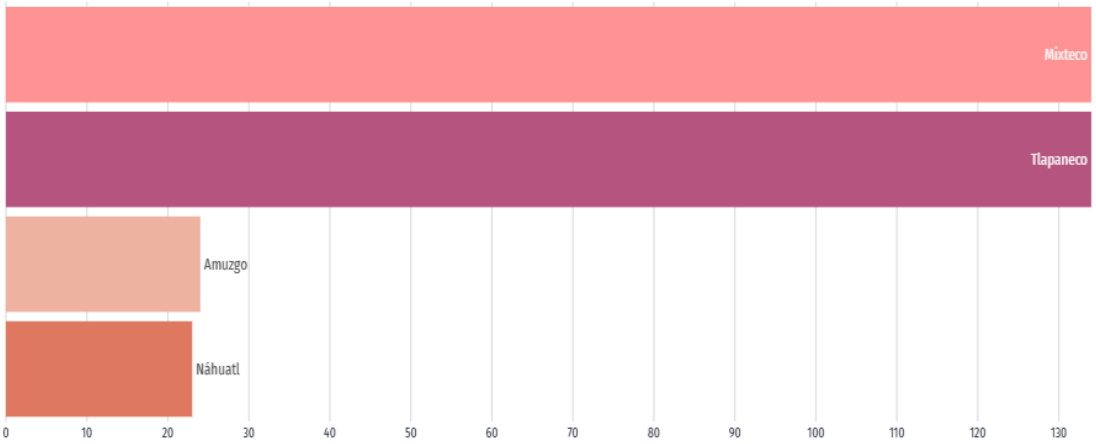


Figura IV-82. Principales lenguas indígenas habladas en la población de 3 años y más en Coyuca de Benítez. Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda 2020.

Servicios y conectividad en la vivienda

A continuación, se presenta el porcentaje de hogares que contaban con determinados elementos de conectividad y/o servicios en Acapulco de Juárez y Coyuca de Benítez en 2020 (INEGI, 2020).

Tabla IV-74. Servicios y conectividad en la vivienda.

Servicios y conectividad en la vivienda	Acapulco de Juárez	Coyuca de Benítez
Acceso a internet	47.70%	26.10%
Computadora	29.20%	11.60%
Celular	87.30%	80.30%
Televisión pagada	33.90%	41.6%
Servicio de películas	11.00%	3.37%
Consola de videojuegos	5.07%	1.46%
Horno	26.20%	14.9%
Lavadora	58.40%	43.8%
Refrigerador	89.70%	81.6%
Automóvil	27.6%	18.7%
Motocicleta	5.74%	8.72%
Bicicleta	6.74%	20.7%
Paneles solares	0.68%	0.39%
Calentador solar de agua	0.65%	0.34%
Aire acondicionado	16.2%	6.62%

Tiempo de traslado

A continuación, se presenta de manera gráfica la distribución de la población de Acapulco de Juárez y de Coyuca de Benítez según los tiempos de traslado hasta su trabajo en 2020, comparado con los tiempos de traslado a nivel nacional.

En Acapulco de Juárez, el tiempo promedio de traslado del hogar al trabajo fue 32.7 minutos; 81.8% de la población tarda menos de una hora en el traslado, mientras que 7.31% tarda más de 1 hora en llegar a su trabajo.

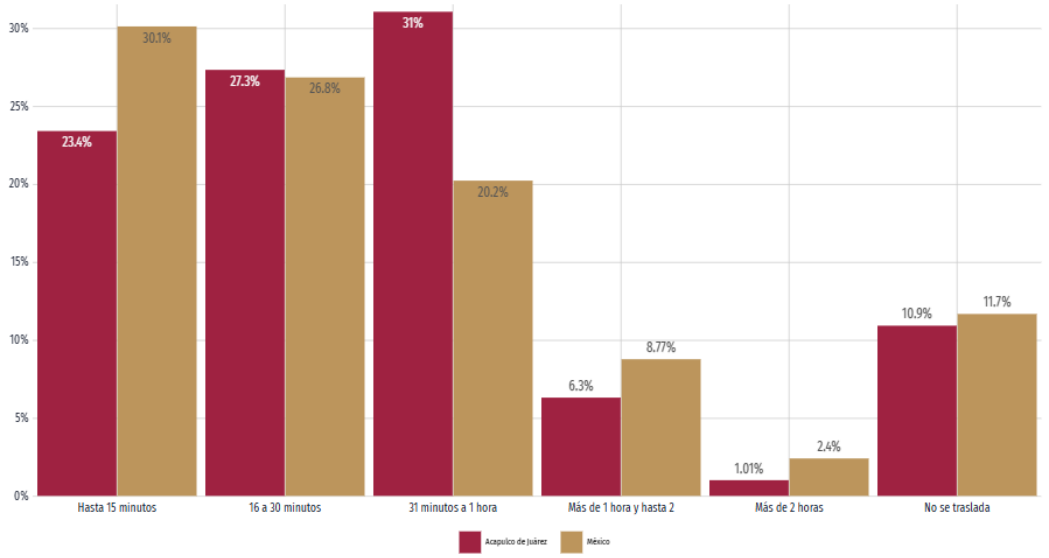


Figura IV-83. Distribución de la población según tiempo de traslado al trabajo en Acapulco de Juárez. Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda 2020.

Por otro lado, el tiempo promedio de traslado del hogar al lugar de estudios fue 19 minutos; 97.1% de la población tarda menos de una hora en el traslado, mientras que 1.93% tarda más de 1 hora.

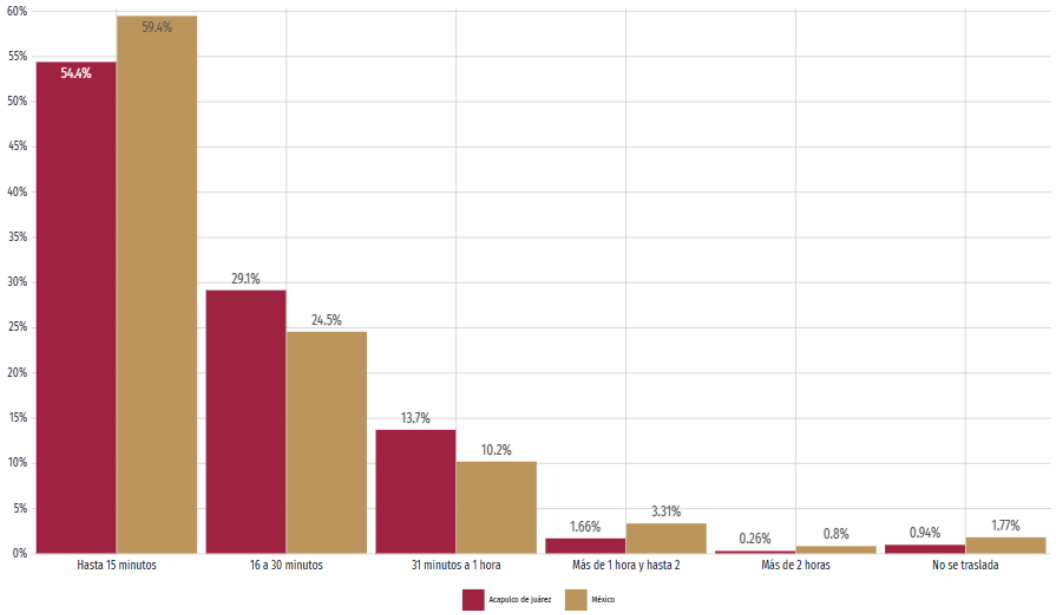


Figura IV-84. Distribución de la población según tiempo de traslado al colegio en Acapulco de Juárez. Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda 2020.

En Coyuca de Benítez, el tiempo promedio de traslado del hogar al trabajo fue 24.8 minutos; 81.8% de la población tarda menos de una hora en el traslado, mientras que 7.64% tarda más de 1 hora en llegar a su trabajo.

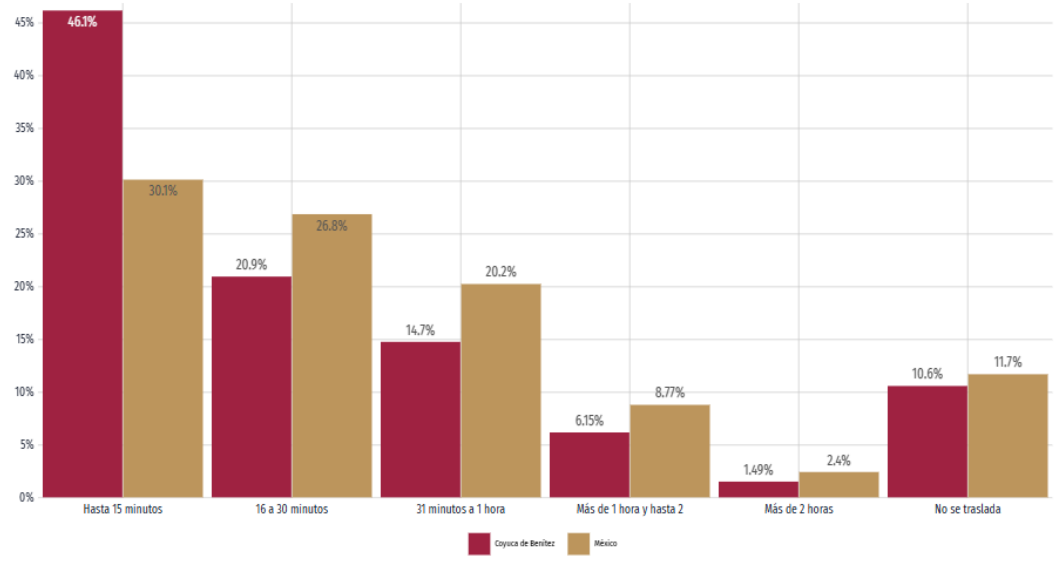


Figura IV-85. Distribución de la población según tiempo de traslado al trabajo en Coyuca de Benítez. Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda 2020.

Por otro lado, el tiempo promedio de traslado del hogar al lugar de estudios fue 15 minutos; 91.5% de la población tarda menos de una hora en el traslado, mientras que 4.81% tarda más de 1 hora.

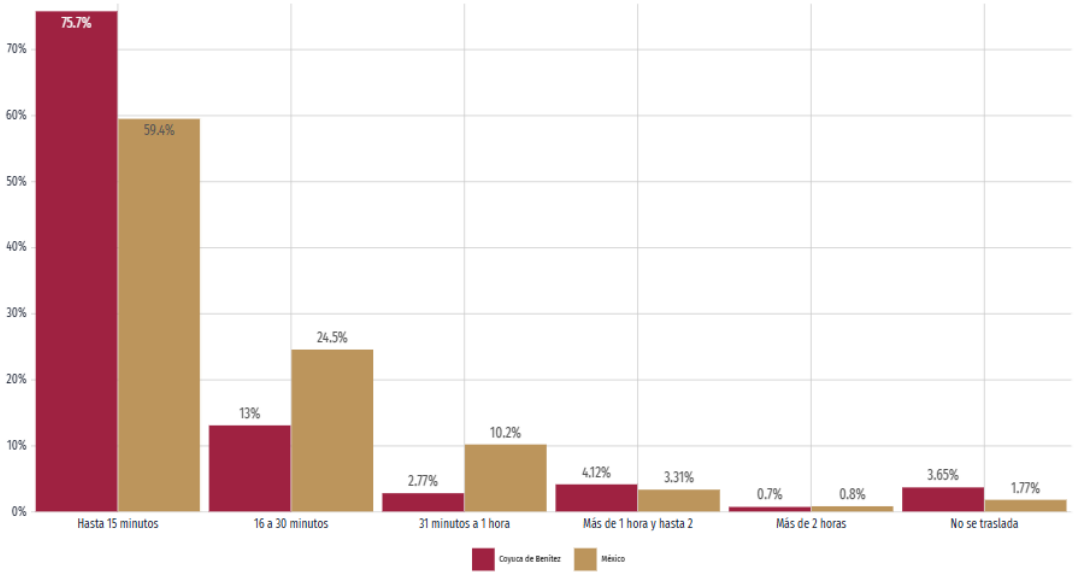


Figura IV-86. Distribución de la población según tiempo de traslado al trabajo en Coyuca de Benítez. Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda 2020.

IV.3.3.3 Empleo

Población Económicamente Activa (PEA)

En el primer trimestre de 2025, la tasa de participación laboral en **Guerrero** fue 58.4%, lo que implicó una disminución de 1.92 puntos porcentuales respecto al trimestre anterior (60.3%).

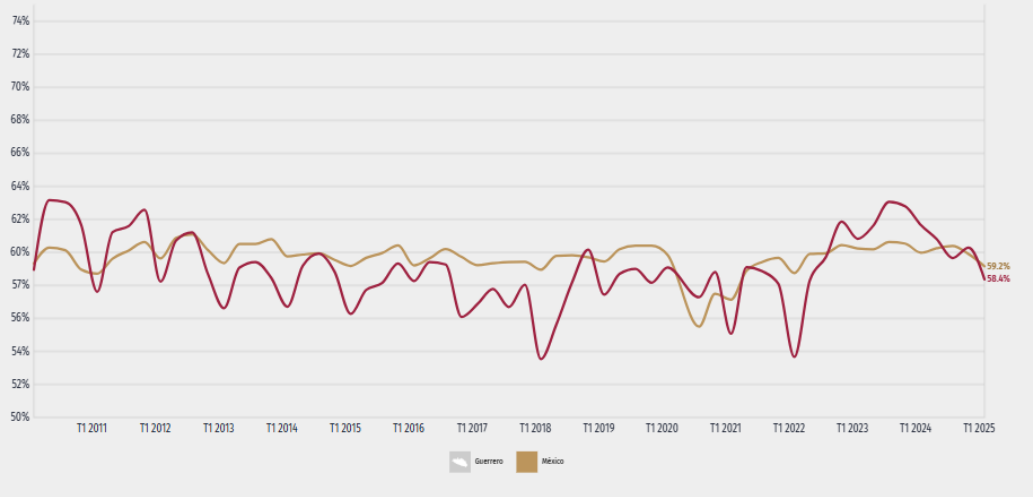


Figura IV-87. Evolución de la población económicamente activa en Guerrero. Fuente: Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo 2025.

La tasa de desocupación fue de 0.88% (13.5k personas), lo que implicó una disminución de 0.41 puntos porcentuales respecto al trimestre anterior (1.29%).

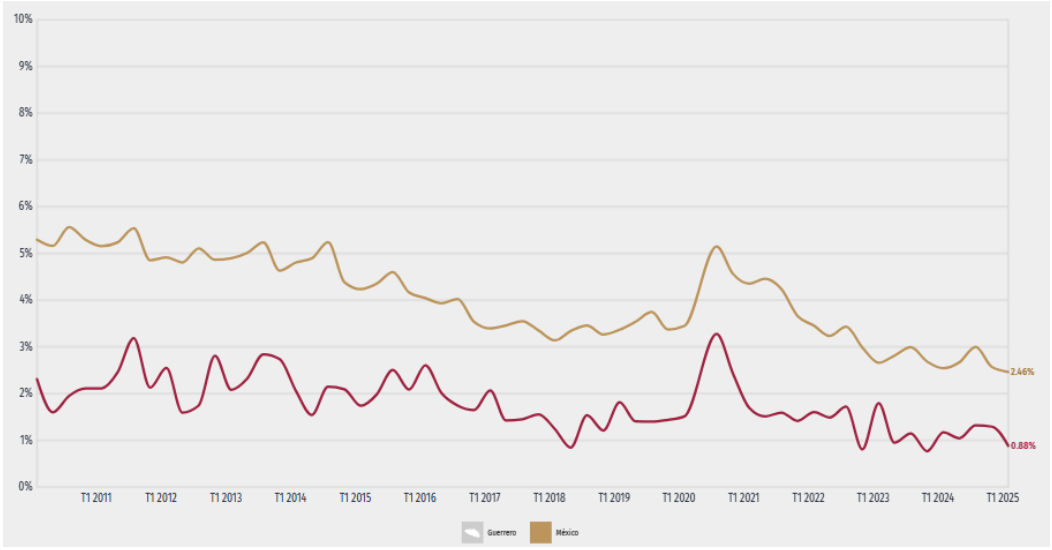


Figura IV-88. Evolución de la tasa de desempleo en Guerrero. Fuente: Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo 2025.

Salarios y población ocupada

La población ocupada en **Guerrero** en el primer trimestre de 2025 fue 1.52M personas, siendo inferior en 2.86% al trimestre anterior (1.57M ocupados).

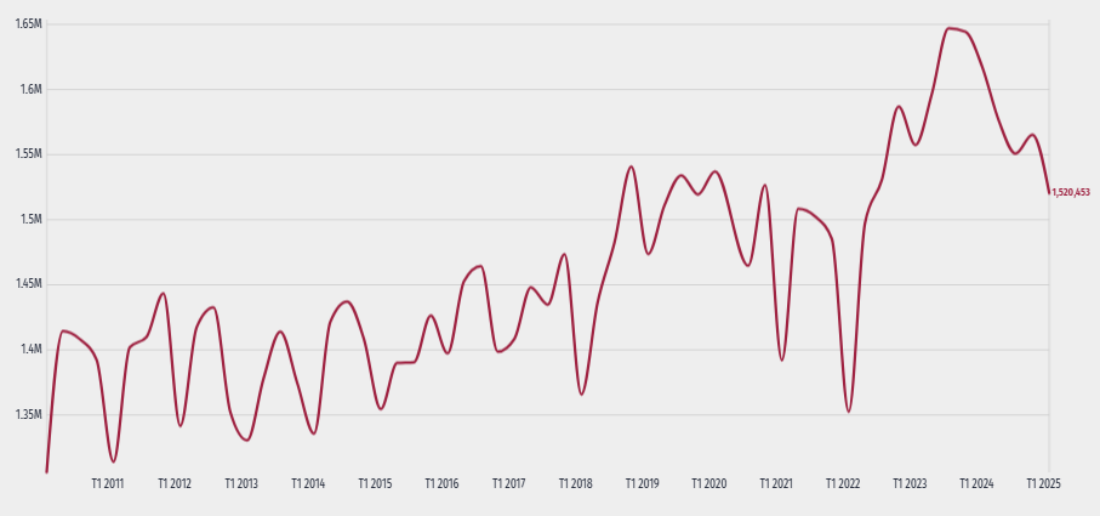


Figura IV-89. Evolución de la población ocupada en Guerrero. Fuente: Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo 2025.

El salario promedio mensual en el primer trimestre de 2025 fue de $5.46k MX siendo superior en $865 MX respecto al trimestre anterior ($4.59k MX).

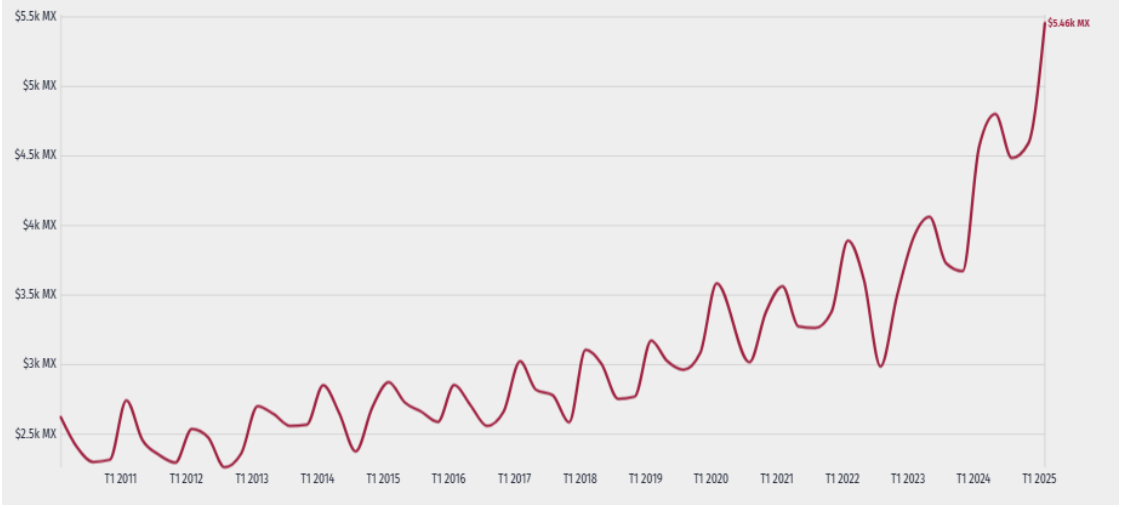


Figura IV-90. Evolución del salario promedio mensual en Guerrero. Fuente: Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo 2025.

Población ocupada y salarios según ocupación

En primer trimestre de 2025, Guerrero tuvo 1,520,453 ocupados, de los cuales 41.8%. fueron mujeres y 58.2% fueron hombres.

Las ocupaciones con más trabajadores durante el primer trimestre de 2025 fueron Trabajadores en el Cultivo de Maíz Y/O Frijol (179k), Empleados de Ventas, Despachadores y Dependientes en Comercios (87.7k) y Comerciantes en Establecimientos (86.7k).

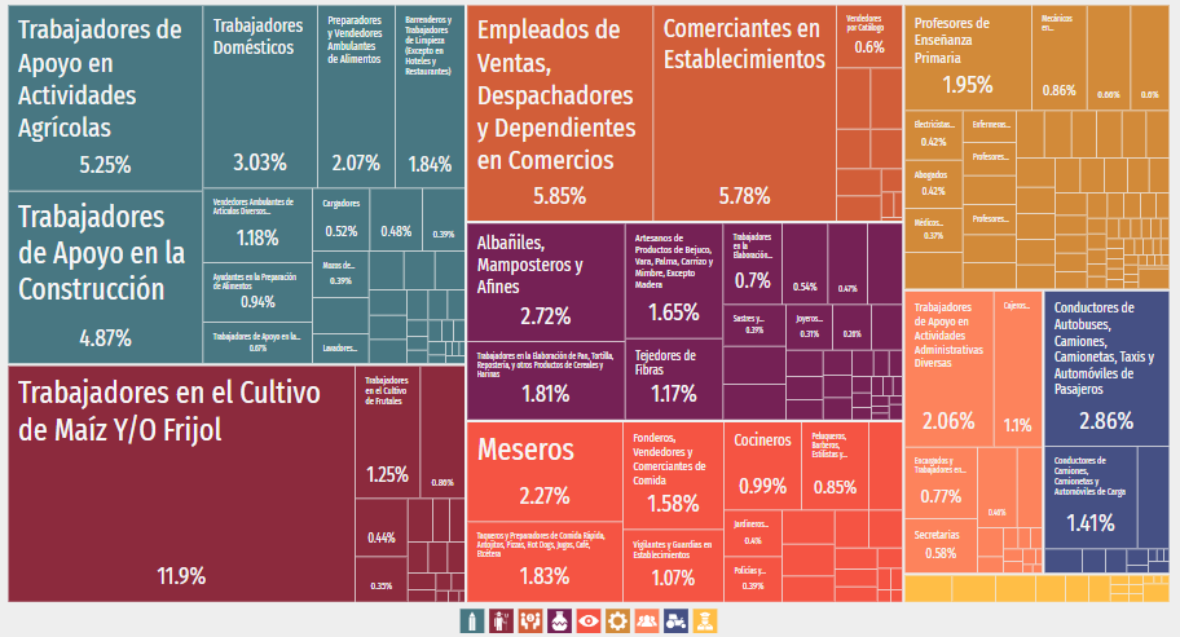


Figura IV-91. Distribución de fuerza laboral total por ocupaciones en Guerrero. Fuente: Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo 2025.

IV.3.3.4 Educación

Escolaridad y analfabetismo

Con respecto a los niveles de escolaridad dentro del municipio de Acapulco de Juárez, se tiene que, en 2020, los principales grados académicos de la población de 15 años y más fueron Preparatoria o Bachillerato General (150k personas o

27.7% del total), Secundaria (142k personas o 26.2% del total) y Primaria (116k personas o 21.4% del total).

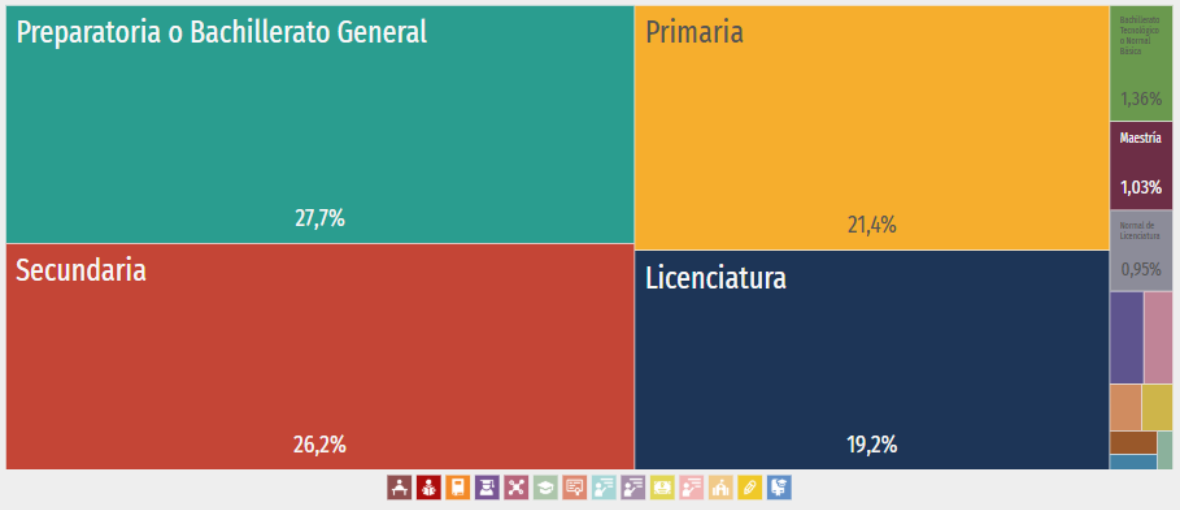


Figura IV-92. Niveles de escolaridad de la población de 15 años y más en Acapulco de Juárez. Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda 2020.

La tasa de analfabetismo del municipio en 2020 fue 5.75% y, del total de población analfabeta, 36% correspondió a hombres y 64% a mujeres.

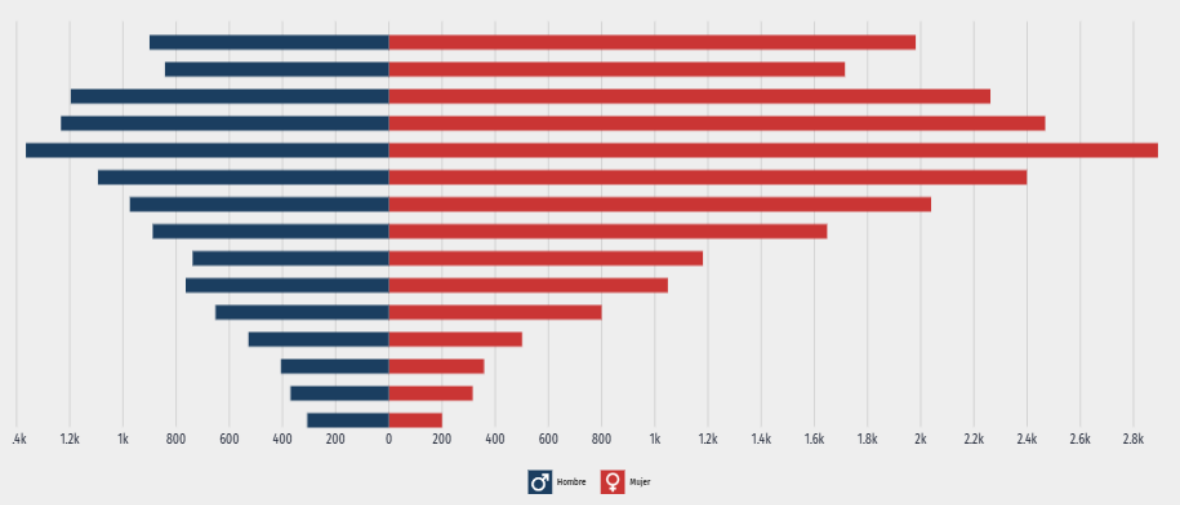


Figura IV-93. Distribución de la población analfabeta de Acapulco de Juárez, 2020. Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda 2020.

Por su parte, en Coyuca de Benítez, los principales grados académicos de la población en 2020 fueron Secundaria (14.2k personas o 30.6% del total), Primaria (12.9k personas o 27.8% del total) y Preparatoria o Bachillerato General (12k personas o 25.8% del total).

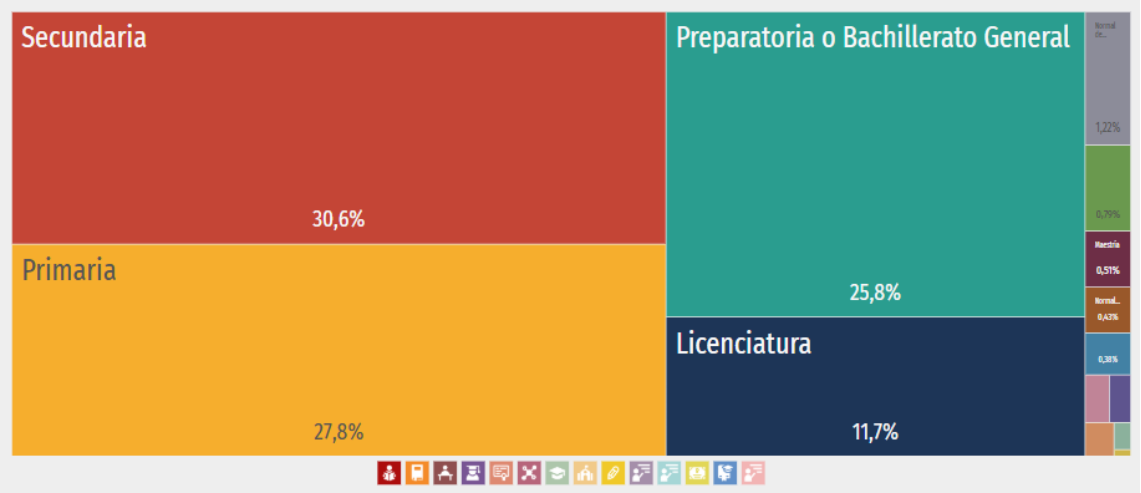


Figura IV-94. Niveles de escolaridad de la población de 15 años y más en Coyuca de Benítez. Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda 2020.

Ese mismo año, la tasa de analfabetismo en el municipio fue de 12.2%. Del total de población analfabeta, 43% correspondió a hombres y 57% a mujeres.

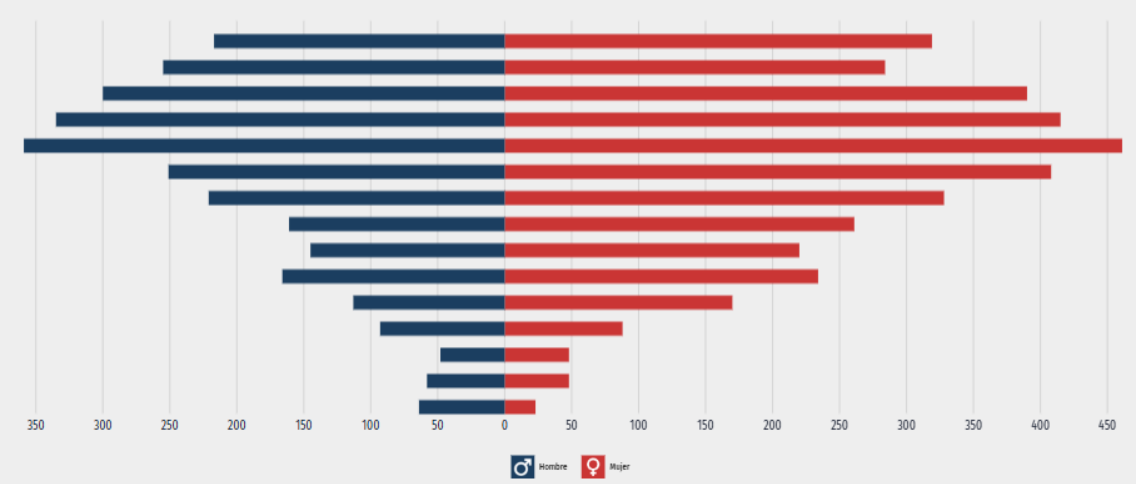


Figura IV-95. Distribución de la población analfabeta de Coyuca de Benítez, 2020. Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda 2020.

IV.3.3.5 Salud

Establecimientos de salud por institución

En Acapulco de Juárez, hasta enero de 2023, de los 262 establecimientos de salud registrados, 59.9% se encontraban en entornos urbanos y 40.1% en entornos rurales. Se registraron 237 unidades de salud de consulta externa (90.5%), 13 de hospitalización (4.96%), 10 de apoyo (3.82%) y 2 de asistencia social (0.76%).

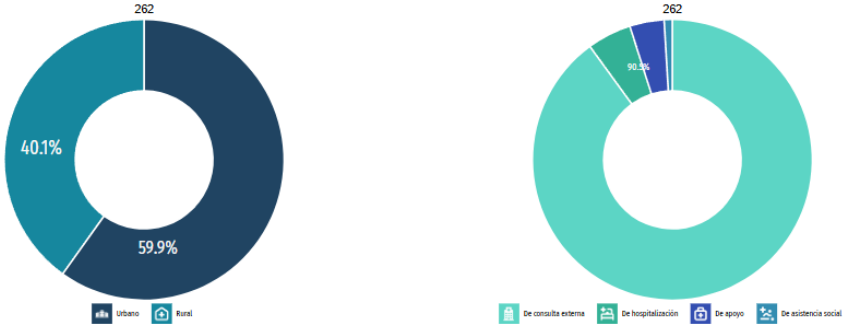


Figura IV-96. Distribución de establecimientos de salud en Acapulco de Juárez por estrato urbano-rural, y por tipo de institución. Fuente: Secretaría de Salud 2023.

Por su parte, en Coyuca de Benítez, se registraron 32 unidades de salud hasta enero de 2023, de las cuales el 70.6% se encontraban en entornos rurales y 29.4% en estratos urbanos. De éstas, 32 instituciones son de consulta externa (94.1%), una es de hospitalización (2.94%) y una es de asistencia social (2.94%).



Figura IV-97. Distribución de establecimientos de salud en Coyuca de Benítez por estrato urbano-rural, y por tipo de institución. Fuente: Secretaría de Salud 2023.

Opciones y coberturas de salud

En Acapulco de Juárez, las opciones de atención de salud más utilizadas en 2020 fueron el IMSS (Seguro social) (275k), los Centros de Salud u Hospitales de la SSA (Seguro Popular) (226k) y otros(108k).

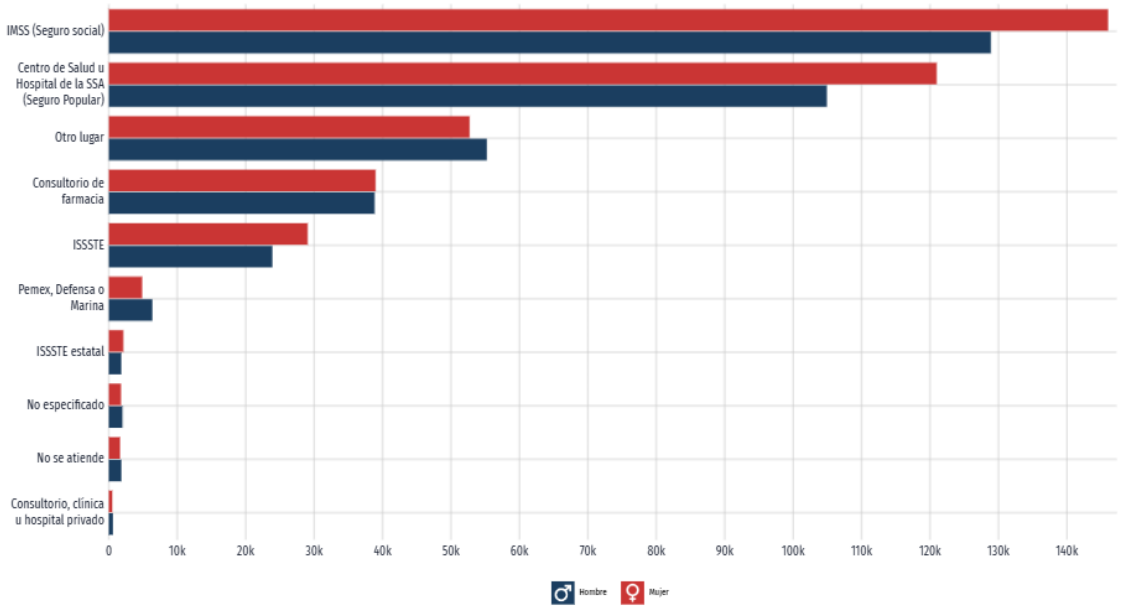


Figura IV-98. Distribución de personas afiliadas a servicios de salud por sexo en Acapulco de Juárez. Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda 2020.

Por su parte, en Coyuca de Benítez, las opciones de atención de salud más utilizadas en 2020 fueron los Centros de Salud u Hospitales de la SSA (Seguro Popular) (44.6k), los Consultorios de farmacia (7.86k) y el IMSS (Seguro social) (6.19k).

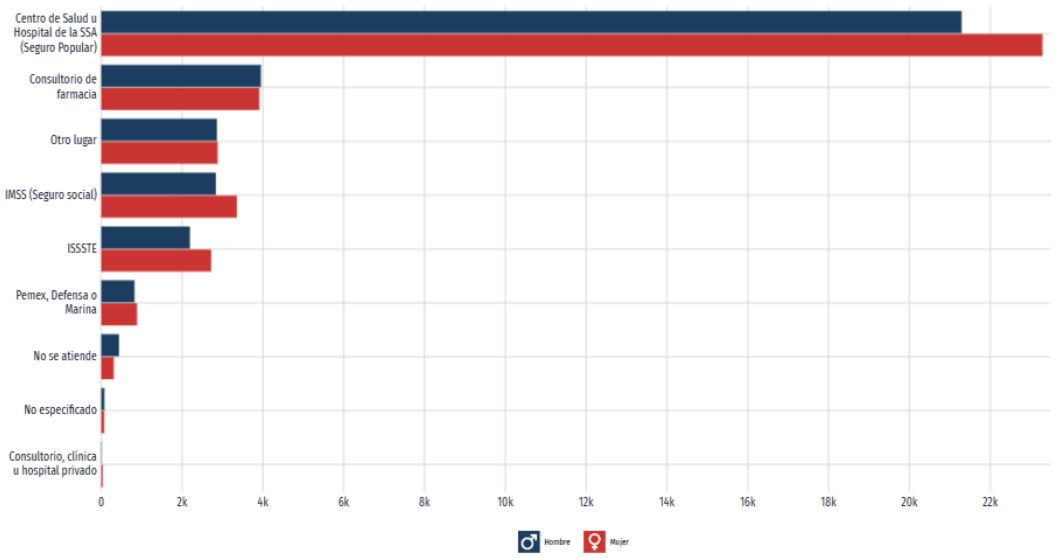


Figura IV-99. Distribución de personas afiliadas a servicios de salud por sexo en Coyuca de Benítez. Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda 2020.

Discapacidad

En 2020, las principales discapacidades presentes en la población de Acapulco de Juárez fueron discapacidad física (26.5k personas), discapacidad visual (21.3k personas) y discapacidad auditiva (9.33k personas).

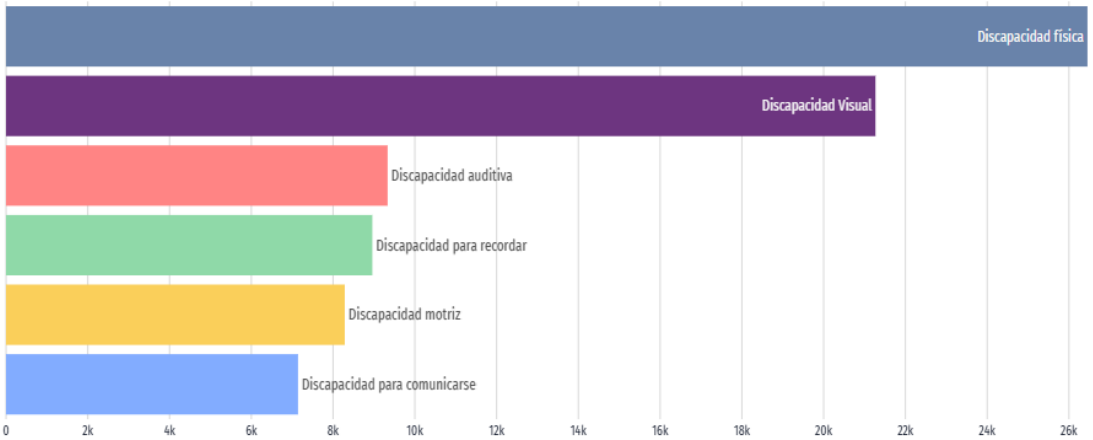


Figura IV-100. Discapacidades por tipo de actividad cotidiana en la población de Acapulco de Juárez. Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda 2020.

En ese mismo año, en el municipio de Coyuca de Benítez, las principales discapacidades presentes en la población fueron discapacidad física (2.15k personas), discapacidad visual (1.78k personas) y discapacidad auditiva (930 personas).

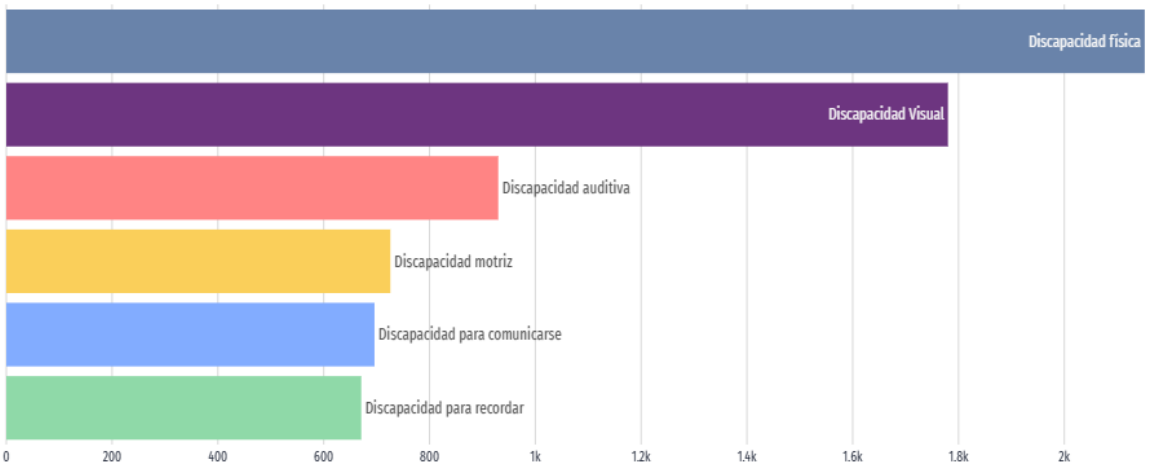


Figura IV-101. Discapacidades por tipo de actividad cotidiana en la población de Coyuca de Benítez. Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda 2020.

IV.3.3.6 Equidad

Desigualdad en la distribución del ingreso

En la siguiente gráfica se presenta el ingreso corriente total promedio trimestral por hogar en deciles en el estado de Guerrero comparando los años 2016, 2018, 2020 y 2022. El 10% de los hogares de menores ingresos (primer decil) tuvieron un ingreso promedio trimestral de $8.03k MX en 2022, mientras que el 10% de los hogares de mayores ingresos (décimo decil) tuvieron un ingreso promedio trimestral de $114k MX en el mismo periodo, por lo que hubo una diferencia aproximada de $105k MX entre estos deciles. El ingreso corriente promedio trimestral en Guerrero en 2022 fue de $36.6k MX.

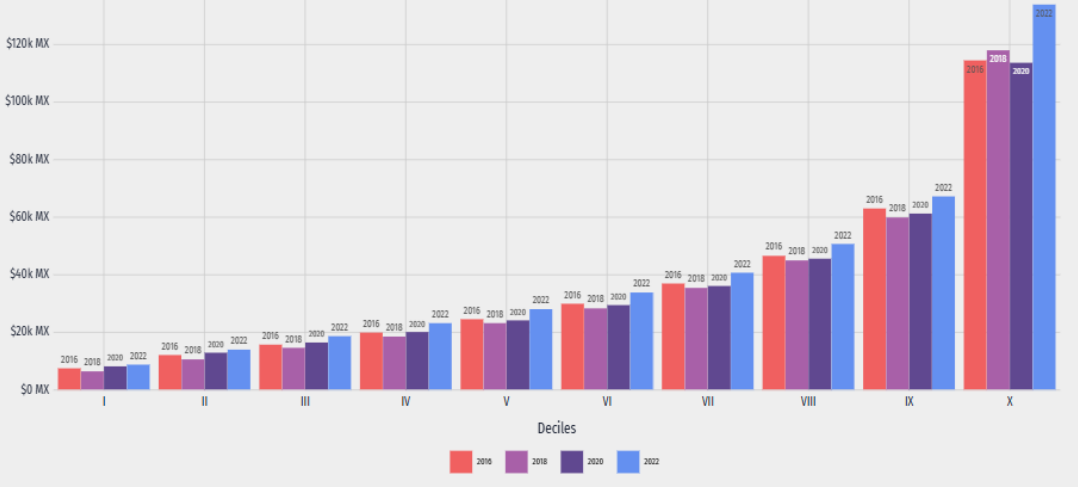


Figura IV-102. Desigualdad en la distribución del ingreso en el estado de Guerrero. Fuente: INEGI, Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) 2022.

Diversidad de la persona de referencia o jefe(a) de la vivienda

Según los datos del Censo Poblacional 2020, se registraron 224k viviendas en el municipio de Acapulco de Juárez. De éstas, 39.4% son viviendas donde la persona de referencia es mujer y 60.6% corresponde a viviendas donde la persona de referencia es hombre. Respecto a los rangos de edad de las personas de referencia, 11% de las viviendas concentró a jefes de hogar entre 45 a 49 años.

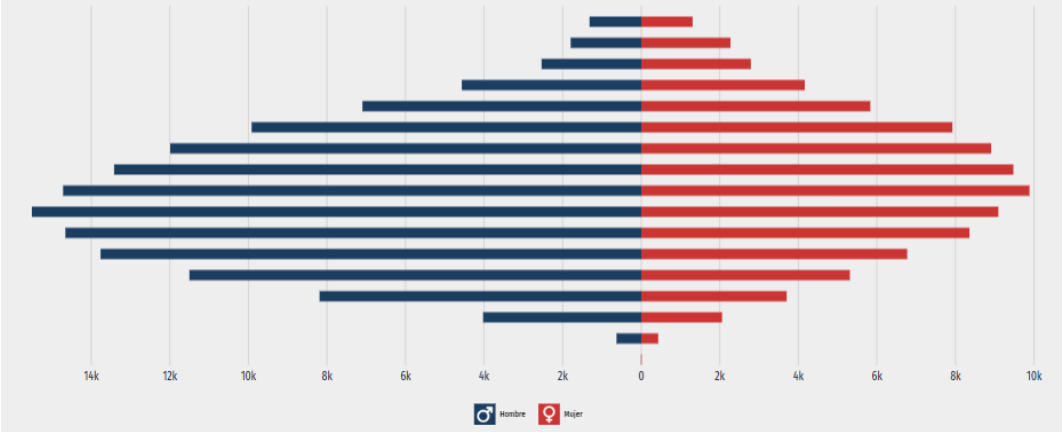


Figura IV-103. Distribución de viviendas por sexo y persona de referencia en Acapulco de Juárez. Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda 2020.

En Coyuca de Benítez, se registraron 21.4k viviendas. De éstas, 35.2% son viviendas donde la persona de referencia es mujer y 64.8% corresponde a viviendas donde la persona de referencia es hombre. Respecto a los rangos de edad de las personas de referencia, 10.2% de las viviendas concentró a jefes de hogar entre 50 a 54 años.

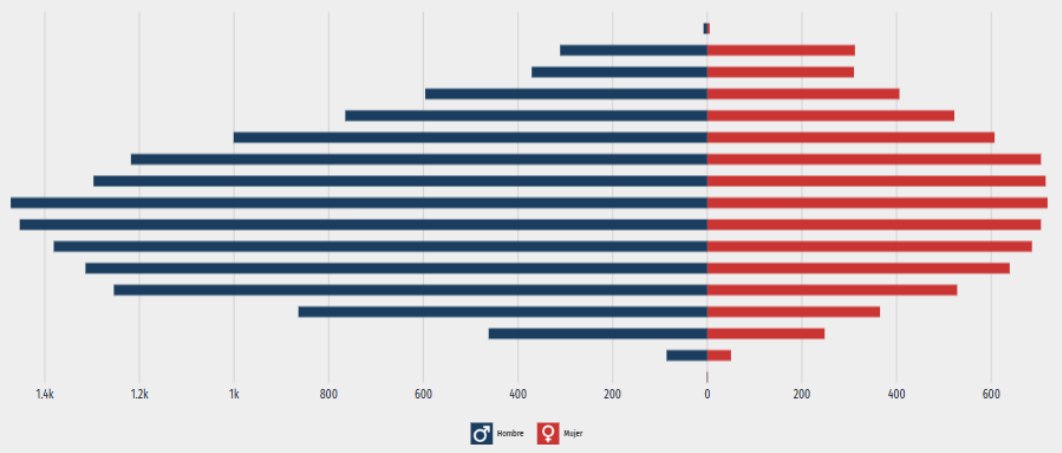


Figura IV-104. Distribución de viviendas por sexo y persona de referencia en Coyuca de Benítez. Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda 2020.

Desigualdad

El coeficiente o índice de Gini, es una medida estadística diseñada para representar la distribución de los ingresos de los habitantes, en concreto, la inequidad entre estos. Índices más cercanos a 0, representan más equidad entre sus habitantes, mientras que valores cercanos a 1, expresan máxima inequidad entre su población.

En el caso del municipio de Acapulco de Juárez, en 2020, se registró un valor de 0.38 para el índice GINI, en tanto que en Coyuca de Benítez fue de 0.39 (CONEVAL, 2020; INEGI, 2020). Ambos valores indican que existe una desigualdad social intermedia entre los habitantes de ambos municipios.

Indicadores de pobreza y carencias sociales

En Acapulco de Juárez, en 2020, 35.4% de la población se encontraba en situación de pobreza moderada y 16.7% en situación de pobreza extrema. La población vulnerable por carencias sociales alcanzó un 24.9%, mientras que la población vulnerable por ingresos fue de 8.74%.

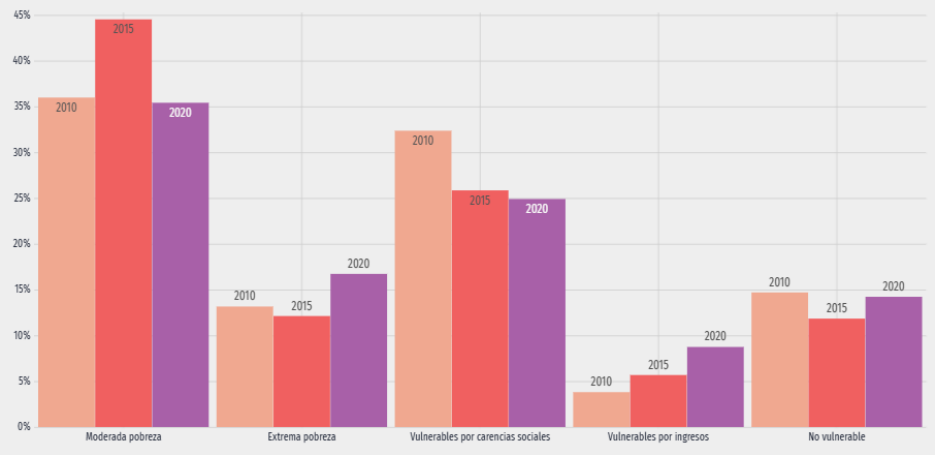


Figura IV-105. Distribución de personas según su condición de pobreza en Acapulco de Juárez. Fuente: CONEVAL, 2020.

Las principales carencias sociales de este municipio en ese mismo año fueron carencia por acceso a la seguridad social, carencia por acceso a los servicios de salud y carencia por acceso a la alimentación.

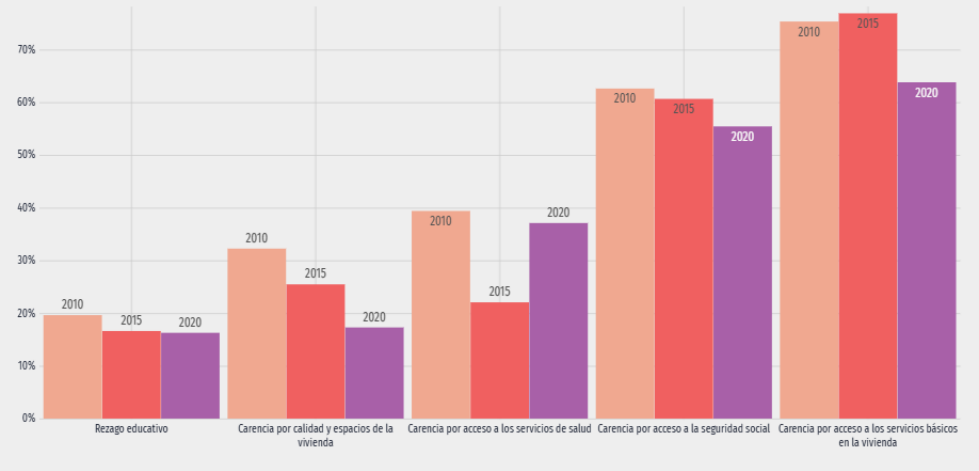


Figura IV-106. Distribución de personas según sus carencias sociales en Acapulco de Juárez. Fuente: CONEVAL, 2020.

Por su parte, en Coyuca de Benítez, 38.3% de la población se encontraba en situación de pobreza moderada y 27.3% en situación de pobreza extrema en el año 2020. La población vulnerable por carencias sociales alcanzó un 25%, mientras que la población vulnerable por ingresos fue de 2.36%.

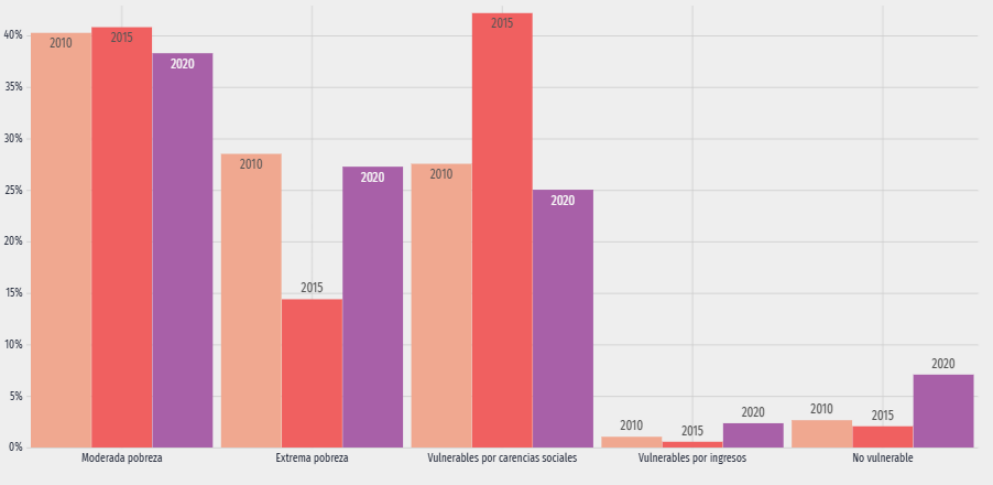


Figura IV-107. Distribución de personas según su condición de pobreza en Coyuca de Benítez. Fuente: CONEVAL, 2020.

Las principales carencias sociales de la población de este municipio en 2020 fueron carencia por acceso a la seguridad social, carencia por acceso a los servicios básicos en la vivienda y carencia por acceso a los servicios de salud.

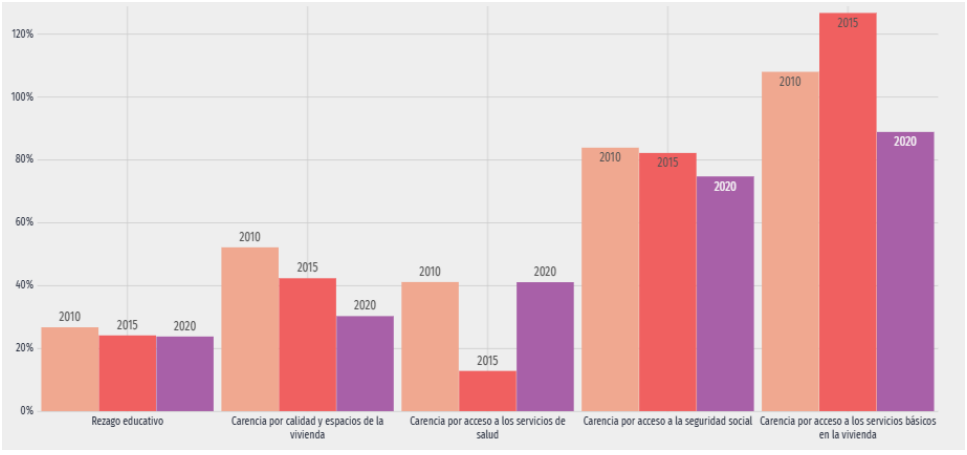


Figura IV-108. Distribución de personas según sus carencias sociales en Coyuca de Benítez. Fuente: CONEVAL, 2020.

IV.3.3.7 Economía

Comercio internacional neto

Con respecto al comercio internacional neto, en Acapulco de Juárez, en el año 2024, el volumen de importaciones sumó US$998k anuales, en tanto que las exportaciones sumaron US$91.7K. Como se puede observar en la siguiente gráfica, las importaciones se han reducido sustancialmente en los últimos 20 años, en tanto que las exportaciones se han mantenido relativamente constantes en comparación.

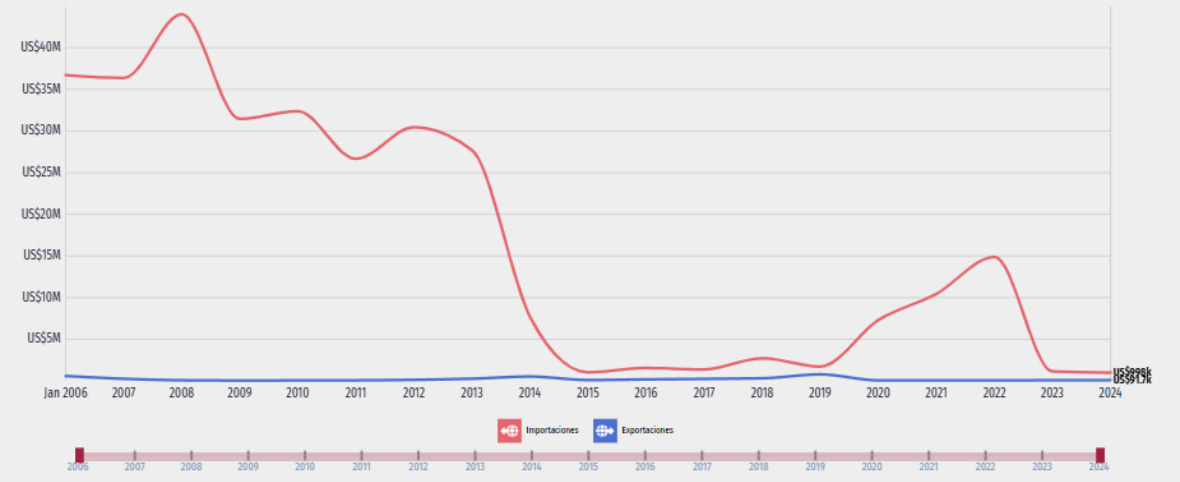


Figura IV-109. Comercio internacional neto de Acapulco de Juárez. Fuente: Secretaría de Economía, s.f.

No se encontraron datos referentes al comercio internacional del municipio de Coyuca de Benítez.

Exportaciones

En 2015, en Acapulco de Juárez, los principales productos de exportación consistieron en higos, piñas, aguacates, guayabas y mangos frescos o secos, generando ingresos de US$101K. Los principales destinos comerciales de estas

exportaciones fueron Canadá (45.6%), Países Bajos (29.6%) y Bélgica (24.7%) (Secretaría de Economía, s.f.).

Se carece de datos de exportaciones para el municipio de Coyuca de Benítez.

Importaciones

Las principales importaciones de Acapulco de Juárez en 2024 fueron Instrumentos y Aparatos de Regulación o Control (US$71.5k), Otros Muebles y Piezas (US$45.3k) y Asientos Convertibles o no en Camas y Partes (US$41.3k). Los principales países de origen de las importaciones en 2024 fueron Estados Unidos (US$75.6k), Colombia (US$39k) y China (US$22k) (Secretaría de Economía, s.f.).

Se carece de datos de importaciones para el municipio de Coyuca de Benítez.

Remesas

En el tercer trimestre de 2025, Acapulco de Juárez registró un monto de remesas de US$69.2M, en tanto que Coyuca de Benítez registró un monto de remesas de US$6.69M (Banco de México, 2025).

IV.3.4 Paisaje

El paisaje puede identificarse como el conjunto de interrelaciones derivadas de la interacción entre geomorfología, clima, vegetación, fauna, agua y modificaciones antrópicas (Dunn, 1974). De acuerdo con diversos autores, el medio se hace paisaje cuando alguien lo percibe, es decir, conceptualmente existe un paisaje sólo si existen observadores.

El paisaje, como una manifestación externa y conspicua del medio, es un indicador del estado de los ecosistemas, de la salud de la vegetación, de las comunidades animales, del uso y aprovechamiento del suelo y, por tanto, del estilo de desarrollo de la sociedad en una región.

En este sentido, se utilizaron Sistemas de Información Geográfica (SIG), los datos de la Serie VII del INEGI del Estado de Guerrero (2018) y se realizaron recorridos al interior del SAR para determinar la calidad ambiental del paisaje al interior del SAR definido para el proyecto. Como resultado de este ejercicio, al interior del SAR se obtuvieron dos tipos de calidad ambiental cuya superficie se presenta en la siguiente tabla.

Tabla IV-75. Superficie de ocupación por tipo de calidad ambiental que se presenta al interior del SAR definido para el proyecto.

Calidad Ambiental	CLAVE	Usos de Suelo	Superficie (m^2)	Superficie (Ha)
Terrenos antropizados	AH	Asentamientos humanos	23,351,660.22	2,335.17
	DV	Sin Vegetación aparente	4,377,805.75	437.78
	PC	Pastizal cultivado	69,417,670.07	6,941.77
	TAP	Agricultura de temporal anual y permanente	5,476,554.72	547.66
	TP	Agricultura de temporal permanente	36,038,147.67	3,603.81
	SUBTOTAL		**138,661,838.42**	**13,866.18**
Ecosistemas en buen estado de conservación	BQ	Bosque de encino	2,164,599.63	216.46
	H2O	Cuerpos de agua	31,717,214.12	3,171.72
	SBC	Selva baja caducifolia	9,580,696.96	958.07
	SMQ	Selva mediana subperennifolia	9,837,856.65	983.79
	SMS	Selva mediana subcaducifolia	1,309,289.77	130.93
	VM	Manglar	12,243,936.96	1,224.39
	VSA/BP	Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino	2,514,843.11	251.48
	VSa/BQ	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	2,000,154.08	200.02
	VSA/BQ	Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino	1,031,301.86	103.13
	VSa/SBC	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	101,030,811.13	10,103.08
	VSa/SMQ	Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia	1,605,810.55	160.58
	VSa/SMS	Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subcaducifolia	6,955,751.31	695.58
	VSA/SMS	Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subcaducifolia	6,415,007.63	641.50
	VT	Tular	1,751,075.07	175.11
	VU	Vegetación de dunas costeras	31,665.86	3.17
	SUBTOTAL		**190,190,014.70**	**19,019.00**
TOTAL			**328,851,853.12**	**32,885.19**

Terrenos antropizados. Se clasificó así, a la superficie no forestal y que corresponde a Asentamientos humanos, Áreas sin vegetación aparente, Pastizal cultivado, Agricultura de temporal anual y permanente, y Agricultura de temporal permanente, que en su conjunto ocupan una superficie de13,866.18 ha que representa el 42.17% de la superficie total del SAR.

Ecosistema en buen estado de conservación. Se consideró así a la superficie que aún cuenta con vegetación forestal correspondiente a Bosque de Encino, Selva baja caducifolia, Selva mediana subperennifolia, Selva mediana subcaducifolia, Manglar, Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino, Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino, Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino, Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia, Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subcaducifolia, Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subcaducifolia, Tular y Vegetación de dunas costeras, así como la superficie ocupada por los cuerpos de agua. Este tipo de calidad ambiental se distribuye en una superficie de 19,019.00 ha que representa el 57.83% de la superficie total del SAR.

Con la clasificación de la calidad del paisaje realizada al interior del SAR, podemos decir que dicha calidad se puede considerar como intermedia ya que aproximadamente el 60% de su superficie se encuentra en buen estado de conservación. Cabe destacar que, como se observa en la siguiente figura, la ubicación propuesta para el proyecto coincide principalmente con terrenos antropizados, por lo que no se afectará de manera significativa la calidad del paisaje con la ejecución del proyecto.

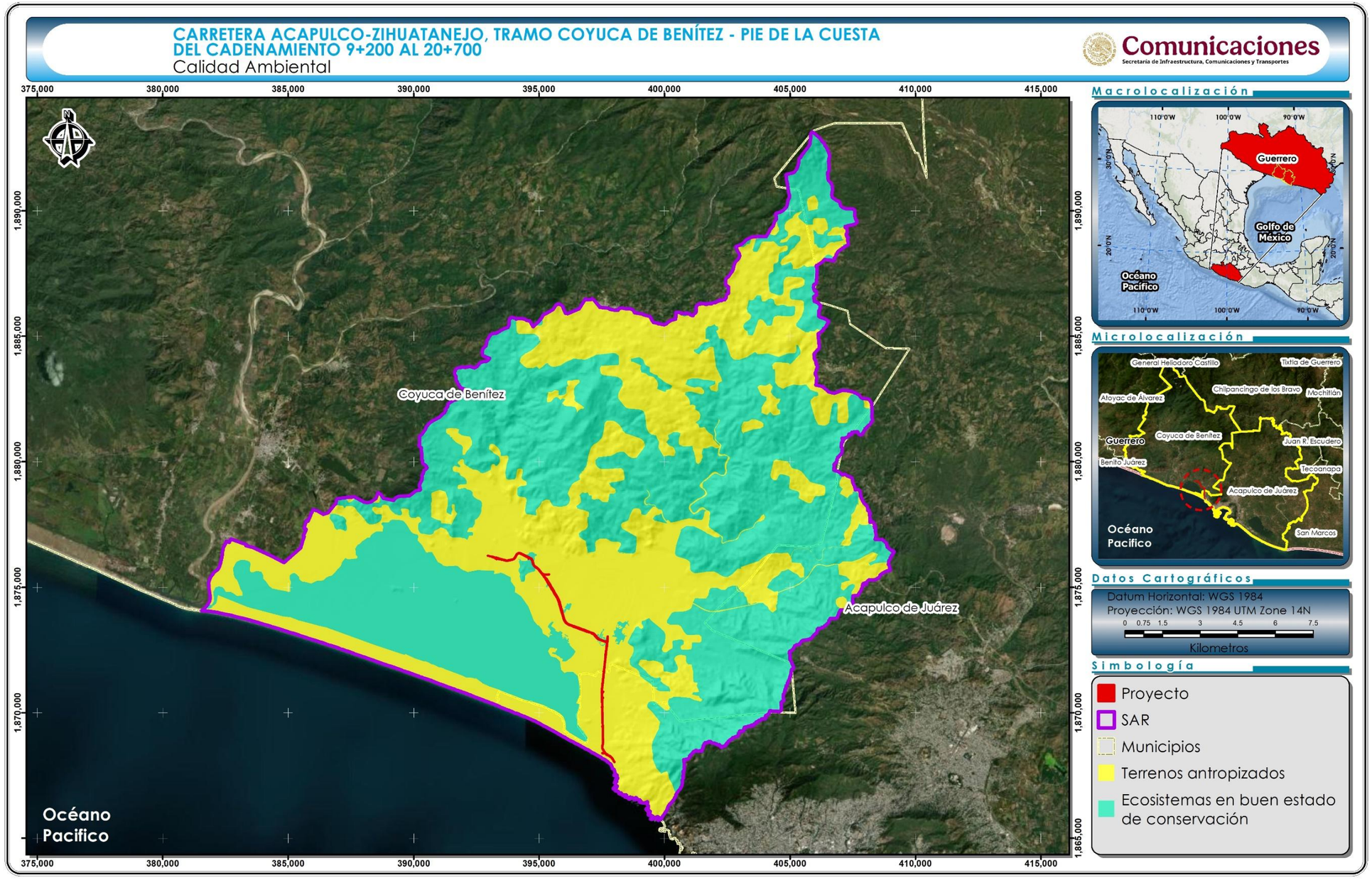


Figura IV-110. Calidad ambiental que se registra al interior del SAR definido para el proyecto.

IV.4 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

A continuación, se muestra un cuadro resumen de los atributos relevantes de cada factor ambiental identificado en el Sistema Ambiental Regional donde sucederán las obras del proyecto *"Carretera Acapulco-Zihuatanejo, Tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta, del Cadenamiento 9+200 Al 20+700"*.

Factor ambiental	Descripción
Fisiografía	
Provincias y subprovincias fisiográficas	**El SAR se dentro de la provincia fisiográfica Sierra Madre del Sur subprovincia Costas del Sur.** **La provincia Sierra Madre del Sur** se caracteriza por su fuerte sismicidad, siendo la trinchera de Acapulco una de las zonas más activas. Litológicamente, también es una región de gran complejidad en la que las rocas intrusivas (granitos) y metamórficas cobran una importancia mucho mayor que en la mayoría de las provincias del norte del país. **La Subprovincia Costas del Sur** se caracteriza por tener superficies con altitudes no mayores a los 200 metros sobre el nivel del mar, compuestas por depósitos aluviales, rocas ígneas y metamórficas.
Topoformas	Dentro del AP y del SAR se encuentran tres topoformas distintas: la llanura costera con lagunas costeras, la sierra baja compleja y la llanura costera salina. La topoforma predominante en el trazo carretero o Área del Proyecto es la llanura costera con lagunas costeras, en tanto que en el SAR predomina la topoforma de sierra baja compleja.
Geología y edafología	
Litología	Dentro del SAR, el sustrato geológico está dominado por rocas metamórficas de tipo Gneis que datan del periodo Jurásico J(Gn), rocas sedimentarias del Cuaternario Q(s), y rocas ígneas intrusivas ácidas del Jurásico J(Igia) y del Terciario T(Igia)
Fallas y fracturas	Dentro del SAR delimitado para el proyecto, en su extremo noreste, se presentan dos fracturas, evidencia de la alta sismicidad de la zona. Sin embargo, ninguna de ellas intersecta con el trazo carretero.
Sismicidad	El SAR delimitado para el Proyecto y el trazo carretero se ubican en su totalidad dentro de la Zona Sísmica D (severo), por lo que el promovente deberá tomar las previsiones necesarias para que la ingeniería de las obras propuestas considere la ocurrencia de sismos.
Edafología	El SAR delimitado para el proyecto cuenta con 13 tipos de suelo, además de cuerpos de agua y zona urbana. El tipo de suelo predominante a nivel del SAR es el RGeuar+RGskpar+RGeulep/1r, el cual hace referencia a sitios dominados por suelos poco desarrollados (Regosoles), con perfiles someros, textura gruesa y muchas piedras o gravas — característica típica de áreas montañosas, rocosas o con sustratos duros. En contraste, a nivel del Área del Proyecto, domina el tipo de suelo PHha+RGeu/2, que se usa para describir sitios dominados por suelos generalmente fértiles y de textura media, principalmente Phaeozem háplico acompañados de Regosol eútrico, lo que indica buen potencial agrícola, pero con cierta variabilidad en el desarrollo y profundidad del suelo.
Clima	
Clima	El clima que domina en el Área del Proyecto es el $Aw_1(w)$, mientras que el SAR también abarca el clima $Aw_2(w)$. **Aw1(w)**: Cálido subhúmedo con lluvias en verano y sequía en invierno, con un porcentaje de lluvias invernal menor de 5% respecto al total anual. Intermedio en cuanto a grado de humedad, con un cociente P/T entre 43.2 y 55.3. **Aw2(w)**: Cálido subhúmedo con lluvias en verano y sequía en invierno, con un porcentaje de lluvias invernal menor de 5% respecto al total anual. De los más húmedos de los subhúmedos con un cociente P/T (precipitación total anual en mm, sobre temperatura media anual °C) mayor de 55.3.

Factor ambiental	Descripción
Temperatura	De acuerdo con las Cartas Climatológicas del INEGI, la temperatura media anual en el SAR va de 24-26 °C, que corresponde a un clima cálido.
Precipitación	De acuerdo con las Cartas Climatológicas del INEGI , la precipitación media anual en la mayoría del SAR es de 1200 a 1500 mm, aunque una pequeña porción en la punta norte del SAR presenta una precipitación media anual de 1500 a 2000 mm.
Viento	De acuerdo con Weather Spark (2026), la parte más ventosa del año en Coyuca de Benítez dura del 1 de febrero al 10 de julio, con velocidades promedio del viento de más de 9.4 kilómetros por hora. El mes más ventoso del año es mayo, con vientos a una velocidad promedio de 10.5 kilómetros por hora. En contraste, el tiempo más calmado del año dura 6.7 meses, del 10 de julio al 1 de febrero, y el mes más calmado del año es noviembre, con vientos a una velocidad promedio de 8.3 kilómetros por hora. En Acapulco de Juárez, la parte más ventosa del año va del 8 de agosto al 11 de octubre, con velocidades promedio del viento de más de 9.9 kilómetros por hora. El mes más ventoso del año es septiembre, con vientos a una velocidad promedio de 10.9 kilómetros por hora. El tiempo más calmado del año dura 9.9 meses, del 11 de octubre al 8 de agosto. El mes más calmado es diciembre, con vientos a una velocidad promedio de 8.8 kilómetros por hora.
Radiación solar	De acuerdo con los datos de Coyuca de Benítez registrados por Weather Spark (2026), el período más resplandeciente del año va del 3 de marzo al 10 de mayo, con una energía de onda corta incidente diaria promedio por metro cuadrado superior a 6.5 kWh. El mes más resplandeciente del año es abril, con un promedio de 7.0 kWh. En contraste, el periodo más obscuro del año dura 6.6 meses, del 19 de junio al 7 de enero, con una energía de onda corta incidente diaria promedio por metro cuadrado de menos de 4.9 kWh. El mes más oscuro del año es septiembre, con un promedio de 4.4 kWh. En Acapulco de Juárez, el período más resplandeciente del año va del 3 de marzo al 10 de mayo, con una energía de onda corta incidente diaria promedio por metro cuadrado superior a 6.5 kWh. El mes más resplandeciente del año es abril, con un promedio de 7.0 kWh. Por el contrario, el periodo más obscuro del año dura 6.6 meses, del 19 de junio al 6 de enero, con una energía de onda corta incidente diaria promedio por metro cuadrado de menos de 4.9 kWh. El mes más oscuro del año es septiembre, con un promedio de 4.4 kWh.
Huracanes	El estado de Guerrero, por su localización, es uno de los estados más vulnerables ante la presencia de huracanes. Hay tres huracanes que han incidido dentro del Sistema Ambiental Regional delimitado para el proyecto en las últimas siete décadas: S_N (1951), Pauline (1997) y Otis (2023). De acuerdo con los datos de la CENAPRED del periodo de 1949 a 2020, el grado de peligro por presencia de ciclones tropicales en el municipio de Coyuca de Benítez es bajo, en tanto que en el municipio de Acapulco de Juárez es medio.
Hidrología	
Hidrología superficial	Dentro del SAR delimitado para el proyecto existen tres ríos perennes con nombre: El Conchero, Aguacostla y Yetla. Adicionalmente, se identificaron ocho arroyos perennes con nombre y 31 arroyos intermitentes con nombre dentro de esta superficie. Con respecto al AP, el trazo carretero es atravesado por los ríos Yetla y El Conchero, y por el arroyo intermitente El Mango. Para garantizar la continuidad del flujo superficial hídrico y vial, se construirán cinco puentes como obras de drenaje mayor cuyo diseño está sustentado por estudios hidrológicos e hidráulicos y los informes topohidráulicos correspondientes.

<table>
<tr><th>Factor ambiental</th><th>Descripción</th></tr>
<tr><td>Hidrología subterránea</td><td>El SAR delimitado para el proyecto se ubica sobre cuatro acuíferos distintos: Conchero, Coyuca, Bahía de Acapulco y La Sabana. La mayor parte del SAR (32,426.67 ha) y la totalidad del trazo carretero se ubican sobre el acuífero Conchero (1225). La disponibilidad media anual (DMA) de estos acuíferos se presenta en la tabla siguiente:
<table>
<tr><th>Acuífero</th><th>R (hm³/año)</th><th>DNC (hm³/año)</th><th>VEAS (m³/año)</th><th>DMA (m³/año)</th></tr>
<tr><td>Conchero</td><td>27.9</td><td>18.8</td><td>3.730783</td><td>5,369,217</td></tr>
<tr><td>Coyuca</td><td>23.0</td><td>9.9</td><td>8.287285</td><td>4,812,715</td></tr>
<tr><td>Bahía de Acapulco</td><td>3.3</td><td>2.3</td><td>3.575047</td><td>-2.575047</td></tr>
<tr><td>La Sabana</td><td>92.0</td><td>21.2</td><td>35.579939</td><td>35.220061</td></tr>
</table>
No obstante, el agua requerida para el proyecto se obtendrá de potabilizadoras cercanas, garrafones y pipas. Por ningún motivo se extraerá o aprovechará agua de los mantos freáticos o de cuerpos de agua superficiales.</td></tr>
<tr><th colspan="2">Aire</th></tr>
<tr><td>Calidad del aire</td><td>Si bien Acapulco de Juárez cuenta con una estación de monitoreo fija incorporada al SINAICA, ésta se encuentra fuera de operación, por lo que no se cuenta con información actualizada para realizar un diagnóstico preciso de la calidad del aire del municipio. No obstante, se puede inferir que calidad del aire en el SAR, en general, es buena, pues se trata de una zona predominantemente rural con baja densidad de población a pesar de que se encuentra cerca de una zona urbana con gran actividad turística.</td></tr>
<tr><th colspan="2">Erosión</th></tr>
<tr><td>Erosión hídrica</td><td>La erosión hídrica en la mayor parte del SAR, incluyendo el Área del Proyecto, presenta una erosión hídrica muy baja, con una pérdida de suelo menor a 10 toneladas por hectárea al año.</td></tr>
<tr><th colspan="2">Medio Biótico (Flora)</th></tr>
<tr><td>Usos de suelo y vegetación (USV)</td><td>Al interior del SAR se desarrollan 20 usos de suelo y/o vegetación: Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia (VSa/SBC), Pastizal cultivado (PC), Agricultura de temporal permanente (TP), Cuerpos de agua (H2O), Asentamientos humanos (AH), Manglar (VM), Selva mediana subperennifolia (SMQ), Selva baja caducifolia (SBC), Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subcaducifolia (VSA/SMS), Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subcaducifolia (VSa/SMS), Agricultura de temporal anual y permanente (TAP), Sin vegetación aparente (DV), Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino (VSA/BP), Bosque de encino (BQ), Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino (VSa/BQ), Tular (VT), Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia (VSa/SMQ), Selva mediana subcaducifolia (SMS), Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino (VSA/BQ) y Vegetación de dunas costeras (VU).</td></tr>
<tr><td>Usos de suelo predominantes</td><td>El uso de suelo predominante en el SAR definido para el Proyecto es la "Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia" ocupando alrededor del 30.72%, seguido por el "Pastizal cultivado" con poco más del 21.11% del total. En tercer lugar, se encuentra la "Agricultura temporal permanente" con 10.96% de la superficie del SAR; cada uno de los USV restantes ocupa menos del 10% de la superficie total del SAR.</td></tr>
</table>

Factor ambiental	Descripción
Especies NOM-059-SEMARNAT-2010	En el SAR se registró sólo una especie dentro de la NOM-059-SEMARNAT- 2010, el Palo blanco (*Bravaisia integerrima*), la se cual se encuentra dentro de la categoría de Amenazada. Cabe mencionar que esta especie también se encuentra dentro del AP, por lo que se requerirá un programa de rescate y reubicación de flora silvestre.
Medio Biótico (Fauna)	
Especies registradas	Durante el trabajo de campo registró un total de 138 especies, 65 familias y 29 órdenes de vertebrados terrestres en el SAR. Estos registros representan alrededor del 14.84% de la riqueza específica total de vertebrados que alberga el estado de Guerrero (Botello *et al.*, 2015). De los 22 registros de especies de herpetofauna, cinco correspondieron a anfibios y 17 a reptiles, distribuidos en 14 familias y cuatro órdenes. En el caso de mamíferos, se registraron 12 especies, comprendidas en ocho familias y cinco órdenes. Las aves fueron el grupo que tuvo una mayor riqueza con 104 especies, 43 familias y 20 órdenes.
NOM-059-SEMARNAT-2010	De las 138 especies registradas en el inventario realizado en el SAR del proyecto, 12 se encuentran enlistadas en alguna categoría de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, encontrándose agrupadas de la siguiente manera: 10 especies en la categoría de Protección Especial (Pr) y dos Amenazadas (A); las restantes 126 especies registradas no se encuentran enlistadas en esta Norma.
Medio socioeconómico	
Contexto regional	El SAR delimitado para el presente proyecto se encuentra comprendida dentro de los municipios de Acapulco de Juárez y Coyuca de Benítez, en el estado de Guerrero. De acuerdo con la Regionalización Socioeconómica propuesta por el INEGI en el marco del XII Censo General de Población y Vivienda 2010 y basada en indicadores del bienestar como la educación, ocupación, salud, vivienda, y empleo, Guerrero se encuentra en el nivel 1 en la escala de ventaja relativa, siendo el nivel 1 el estrato de menor ventaja relativa y el 7, el de mayor ventaja relativa. Por lo tanto, se puede afirmar que Guerrero presenta un régimen socio-económico muy bajo y se vería beneficiado por el desarrollo del proyecto carretero.
Paisaje	
Paisaje	La calidad ambiental del paisaje al interior del SAR se puede considerar como intermedia ya que el 57.83% de su superficie se encuentra en buen estado de conservación, en tanto que el 42.17% corresponde a terrenos antropizados. Cabe destacar que la ubicación propuesta para el proyecto coincide principalmente con terrenos antropizados, por lo que no se afectará de manera significativa la calidad del paisaje con la ejecución del proyecto.

Comunicaciones
Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes

PROYECTO: "CARRETERA ACAPULCO-ZIHUATANEJO, TRAMO COYUCA DE BENÍTEZ - PIE DE LA CUESTA, DEL CADENAMIENTO 9+200 AL 20+700"



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

Capítulo V:
Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales, del Sistema Ambiental Regional

ÍNDICE

V. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES, DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL 7

V.1 IDENTIFICACION DE IMPACTOS 8

V.1.1 Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales 8

V.1.2 Proceso para la identificación y evaluación de impactos ambientales 9

V.1.3 Lista indicativa de indicadores de impacto 10

V.2 METODOLOGÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS 21

V.2.1 Procedimiento seguido para la identificación de impactos 21

V.2.2 Valoración de impactos ambientales 44

V.3 DESCRIPCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS IMPACTOS. 51

V.3.1 Fichas descriptivas de impactos ambientales para la etapa de preparación del sitio 54

V.3.2 Fichas descriptivas de impactos ambientales para la etapa de construcción 92

V.3.3 Fichas descriptivas de impactos ambientales para la etapa de operación y mantenimiento 127

V.3.4 Análisis de los resultados de la valoración de impactos 145

V.4 IMPACTOS AMBIENTALES RESIDUALES 155

V.5 IMPACTOS AMBIENTALES ACUMULATIVOS 159

V.6 IMPACTOS AMBIENTALES A NIVEL DEL SAR 164

V.7 CONCLUSIONES 183

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA V-1. ETAPAS DEL PROCESO Y MÉTODOS EMPLEADOS PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES POTENCIALES A GENERARSE POR EL DESARROLLO DEL PROYECTO. 10

TABLA V-2. ACTIVIDADES Y ELEMENTOS DEL PROYECTO POTENCIALMENTE GENERADORES DE IMPACTOS AMBIENTALES, POR ETAPA DE DESARROLLO. 23

TABLA V-3. FACTORES Y SUBFACTORES AMBIENTALES, SUSCEPTIBLES DE MODIFICACIÓN POR EL DESARROLLO DEL PROYECTO. 24

TABLA V-4. DESCRIPCIÓN DE LAS AFECTACIÓN POTENCIALES A LOS SUBFACTORES AMBIENTALES POR LLEVAR A CABO LAS OBRAS Y ACTIVIDADES DEL PROYECTO. 25

TABLA V-5. MATRIZ DE INTERACCIONES ENTRE ACTIVIDADES DEL PROYECTO Y LOS SUBFACTORES AMBIENTALES POTENCIALMENTE SUSCEPTIBLES DE MODIFICACIÓN, POR TIPO DE IMPACTO (A, ADVERSO Y, B, BENÉFICO). 42

TABLA V-6. INTERACCIONES IDENTIFICADAS, ADVERSAS Y BENÉFICAS, POR FACTOR AMBIENTAL Y SOCIOECONÓMICO, Y LAS ETAPAS DE DESARROLLO DEL PROYECTO. 44

TABLA V-7. ESCALAS DE EVALUACIÓN DE LOS CRITERIOS A CONSIDERAR EN EL PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES EN EL MÉTODO RIAM MODIFICADO. INTERACCIONES. 48

TABLA V-8. ESCALAS RANGO DE AGRUPACIÓN DE LA ESCALA PARA EL RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE ACUERDO CON LA ESCALA DEL RIAM MODIFICADO. 50

TABLA V-9. POTENCIALES IMPACTOS AMBIENTALES POR ETAPA DE DESARROLLO DEL PROYECTO. 52

TABLA V-10. CONCENTRADO DE LA VALORACIÓN DE LOS POTENCIALES IMPACTOS AMBIENTALES A GENERARSE POR ETAPA DE DESARROLLO DEL PROYECTO. 150

TABLA V-11. IMPACTOS AMBIENTALES RESIDUALES IDENTIFICADOS Y LA ETAPA DEL PROYECTO EN LOS QUE SE GENERAN. 159

TABLA V-12. LISTADO DE IMPACTOS AMBIENTALES ACUMULATIVOS POTENCIALES A PRESENTARSE POR EL DESARROLLO DEL PROYECTO EN EL POLÍGONO DEL SAR. 161

TABLA V-12. IDENTIFICACIÓN DE OBRAS Y ACTIVIDADES GENERADORAS DE IMPACTOS AMBIENTALES ACUMULATIVOS Y RESIDUALES EN EL CONTEXTO DEL SAR DEFINIDO PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO. 167

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA V-1. VALORACIÓN DE LOS POTENCIALES IMPACTOS AMBIENTALES A GENERARSE EN LA ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO DEL PROYECTO. 145

FIGURA V–2. VALORACIÓN DE LOS POTENCIALES IMPACTOS AMBIENTALES A GENERARSE EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO. 146

FIGURA V–3. VALORACIÓN DE LOS POTENCIALES IMPACTOS AMBIENTALES A GENERARSE EN LA ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL PROYECTO. 147

FIGURA V–5. VALORACIÓN DE LOS POTENCIALES IMPACTOS AMBIENTALES A GENERARSE DURANTE EL DESARROLLO TOTAL DEL PROYECTO. 148

FIGURA V–6. CLASIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS A GENERARSE POR LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO POR COMPONENTE DE EVALUACIÓN Y ETAPA DE EJECUCIÓN. 155

FUNDAMENTO JURÍDICO

El principal objetivo de este capítulo es la identificación, evaluación, valoración y descripción de los potenciales impactos ambientales a generarse por el desarrollo del proyecto bajo análisis, tomando como base la relación de las obras y actividades que se llevarían a cabo y la línea base ambiental de los ecosistemas sobre los que se incidiría, en un momento dado, en cada una de las etapas en que se divide la ejecución del proyecto.

La integración de este capítulo tiene como objetivo el dar cumplimiento a lo dispuesto en el artículo 13, fracción V, del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA), el cual establece que las manifestaciones de impacto ambiental, en su modalidad regional, deberán contener la "*Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional*". A efecto de cumplir con dicho precepto jurídico, en este capítulo se presenta la identificación, caracterización y evaluación de los impactos ambientales potenciales que el proyecto ocasionaría por su ejecución, utilizando como base los lineamientos establecidos en la "Guía para la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental Regional" (ver liga: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/698811/Guia_MIA-Regional-enero-2022.pdf).

El mismo REIA, en su artículo 3º, fracciones VII y X, define de la siguiente manera, a los impactos ambientales acumulativos y residuales:

VII. *Impacto ambiental acumulativo: El efecto en el ambiente que resulta del incremento de los impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente;*

X. *Impacto ambiental residual: El impacto que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación;*

En cumplimiento de lo anteriormente establecido, presentamos la identificación, evaluación, valoración y descripción de los potenciales impactos ambientales, incluyendo los acumulativos y residuales, que el proyecto ocasionaría en el contexto del sistema ambiental regional que quedó ampliamente definido y descrito en el capítulo anterior de este documento. Lo anterior, a efecto de cumplir con lo dispuesto por el artículo 13, fracción V, del REIA, proporcionando los elementos de juicio a la Secretaría para que puedan atender lo dispuesto en el artículo 44, fracción I, de dicho instrumento normativo, el cual dispone que, al evaluar las manifestaciones de impacto ambiental, la Secretaría deberá considerar:

*"**I.** Los posibles efectos de las obras o actividades a desarrollarse en el o los ecosistemas de que se trate, tomando en cuenta el conjunto de elementos que los conforman, y no únicamente los recursos que fuesen objeto de aprovechamiento o afectación;"*

Es decir, se considerará la identificación, evaluación, valoración y descripción de los impactos ambientales acumulativos y residuales, dado que ello se requiere, por la modalidad de la manifestación de impacto ambiental que se presenta. La valoración estará referida de manera espacial y temporal al contexto del ecosistema o el conjunto de ecosistemas, que en este caso dicha determinación espacial estará referida al Sistema Ambiental Regional.

V. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES, DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

El presente capítulo se desarrolla para dar cumplimiento al objetivo primordial de la evaluación del impacto ambiental, entendiéndose ésta como "la modificación del ambiente ocasionado por la acción del hombre o de la naturaleza", de acuerdo con lo definido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Dicho objetivo es llevar a cabo una identificación y valoración, lo más objetiva e imparcial posible, de los potenciales impactos ambientales a generarse por las obras y/o actividades que conforma el proyecto bajo análisis. Los resultados obtenidos de este ejercicio, posteriormente, servirán para establecer las medidas pertinentes de prevención, mitigación, y/o compensación, de tal forma que éstos se reduzcan a niveles tolerables en los ecosistemas en los cuales se inserta.

El principal objetivo del análisis que se realiza en este capítulo es el identificar y valorar los impactos ambientales potenciales que se generarán por la ejecución del proyecto que se propone a través del presente estudio, tomando como referencia la naturaleza del proyecto descrita en el Capítulo II, actuando en el Sistema Ambiental Regional del proyecto, mismo que ha sido delimitado y descrito en el Capítulo IV. Todo lo anterior, respetando los criterios y especificaciones ecológicas establecidas en el marco jurídico ambiental vigente y aplicable al sitio del proyecto y a su naturaleza de acuerdo con la vinculación realizada en el Capítulo III.

V.1 IDENTIFICACION DE IMPACTOS

V.1.1 Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales

Los impactos ambientales que se pueden presentar durante el desarrollo de un proyecto están en función del grado de conservación del ecosistema en general, el cual es una suma (ponderada) del grado de conservación de cada uno de los factores ambientales que lo conforman, entre ellos la vegetación, fauna, suelo, aire, agua, paisaje, así como de la naturaleza del proyecto y las características propias de sus obras, actividades y de su ubicación. Es importante considerar que toda obra de infraestructura presupone impactos sobre el ambiente y sus componentes en diferente nivel, los cuales podrán ser de carácter positivo o benéfico, entiéndase como obras o actividades que favorecerán la estabilidad del medio, o de carácter negativo o adverso, que representarán afectaciones a alguno componentes o procesos ambientales. La identificación y valoración, tanto cualitativa como cuantitativa de los mismos, así como las medidas ambientales propuestas para mitigarlos, prevenirlos y compensarlos, dará a la autoridad competente las herramientas para determinar la factibilidad del desarrollo del proyecto y, por consiguiente, de su aprobación o rechazo.

Para estar en la posibilidad de identificar los impactos ambientales potenciales a generarse por el desarrollo de las obras y actividades que conforman un proyecto, se han creado numerosas técnicas de evaluación de impactos ambientales. Estas técnicas, además de servir para identificar los impactos ambientales potenciales, también determinan los factores ambientales que deben incluirse en una descripción del medio afectado, para proporcionar información de la predicción y evaluación de los impactos específicos, así como para permitir una evaluación sistemática de las alternativas posibles y una selección de las medidas ambientales a implementar.

Considerando que el medio físico, biológico, económico y social, en el sitio en el que se pretende realizar el proyecto presenta características propias, se

ocasionarán impactos particulares de acuerdo con el entorno que los rodea. El objetivo del ejercicio realizado en este capítulo es, precisamente, identificar esos posibles impactos ambientales particulares, por lo que, a continuación, se describe la metodología empleada y los resultados obtenidos.

V.1.2 Proceso para la identificación y evaluación de impactos ambientales

De acuerdo con Gómez - Orea (1999), la identificación de las acciones del proyecto susceptibles de producir impactos y de los factores del ambiente susceptibles de recibirlos, se facilita haciendo uso de instrumentos existentes, tales como:

- Cuestionarios generales o específicos para diversos tipos de proyectos. Estos cuestionarios suelen utilizarse, además, para la emisión rápida de juicios sobre los proyectos a los que se aplican; y, también ayudan a la reflexión y a la detección de los principales conflictos.
- Consulta a paneles de expertos.
- Entrevistas con personas y agentes de distintos intereses y sensibilidades ante el proyecto.
- Escenarios comparados. Es decir, análisis empírico de situaciones donde el proyecto a evaluar ha sido realizado.
- Matrices genéricas preexistentes de relación causa - efecto, como la conocida tipo Leopold, cuyas entradas por columnas tipifican un amplio conjunto de acciones susceptibles de producir impactos, la elaborada por la Comisión Internacional de Grandes Presas, etc.

Para la identificación de los impactos ambientales que ocasionará el desarrollo del proyecto se utilizó una combinación de métodos, en consideración de lo antes referido, cuya secuencia de aplicación se presenta en la Tabla V-1.

Tabla V-1. Etapas del proceso y métodos empleados para la identificación y evaluación de los impactos ambientales potenciales a generarse por el desarrollo del proyecto.

Etapa del proceso de identificación y evaluación	Técnica empleada
Identificación de las acciones del proyecto y factores ambientales.	• Lista de verificación. • Escenarios comparados. • Revisión de matrices genéricas preexistentes de relación causa – efecto.
Identificación de interacciones entre acciones del proyecto y elementos ambientales.	• Matriz de relación causa – efecto (Tipo Leopold). • Sobreposición de mapas.
Jerarquización de impactos ambientales significativos.	• Valorización y cribado y descripción de los impactos.

V.1.3 Lista indicativa de indicadores de impacto

De acuerdo con lo definido por Von Schiller *et al*. (2003), los indicadores de impacto ambiental son una herramienta imprescindible para la política y gestión medioambiental, de los que la sociedad exige una respuesta eficaz frente a la degradación creciente del ambiente. Desde este punto de vista, los indicadores ambientales surgen con el fin de incorporar los criterios ambientales en la toma de decisiones, intentando dotarles de la misma categoría y valor que otros criterios, hasta ahora utilizados.

Los autores antes referidos definen como indicador ambiental a "*la variable o suma de variables que proporcionan una información sintética sobre un fenómeno ambiental complejo, y permite conocer y evaluar el estado y la variación de la calidad ambiental*", el cual debe cumplir los criterios de: validez científica, disponibilidad y fiabilidad de datos, representatividad, sensibilidad a cambios, sencillez, relevancia y utilidad, comparabilidad y una razonable relación costo / beneficio.

Los indicadores ambientales tienen como principal característica que representan intentos para reducir la complejidad, evitar mediciones demasiado complicadas y seleccionar métodos simples, que, sin embargo, puedan conducir a una

representación satisfactoria de una relación complicada de evaluar (Müller y Lenz, 2006). Desde el punto de vista de la evaluación, estos sirven para determinar la situación y presiones a las que está sometido el ambiente, permiten el desarrollo de medidas y prioridades, y la identificación de alternativas y aspectos críticos. Asimismo, sirven para evaluar los efectos que las actividades implementadas por las actividades antrópicas tienen sobre el medio ambiente y, al mismo tiempo, el impacto que tienen las medidas ambientales aplicadas con el fin de prevenir, mitigar y/o compensar los impactos ambientales generados por la ejecución de una obra y/o actividad (Ramos et al., 2004).

Los indicadores ambientales, como valores de referencia que indican el estado del momento del análisis y, al mismo tiempo, pueden ser un indicador del nivel de afectación ocasionado al medio ambiente por la realización de actividades antrópicas o eventos naturales, pueden ser valores que se toman como referencia del marco jurídico ambiental específico, como leyes, reglamentos o normas oficiales, de la literatura o pueden ser definidos para el caso particular de cada proyecto en función de las características de su entorno. Al ser usado como valores de referencia, la metodología para llegar a la obtención de los valores de las variables ambientales que describen el estado actual pueden ser ajustadas a las condiciones particulares del proyecto. En este caso, lo importante es que la metodología empleada para llegar a dicho resultado pueda ser replicable a través del tiempo y espacio.

Con base en lo antes referido, para el desarrollo del presente proyecto se tomaron como referencia para los indicadores ambientales, lo establecido en la siguiente normatividad, literatura y criterios de decisión particulares definidos para el proyecto:

a) Cambio de la geomorfología: La ejecución del proyecto implica el cambio del relieve en el área del proyecto, de forma específica en las áreas de desplante de infraestructura. En este caso específico, debido a las actividades requeridas para la modernización de un tramo carretero existente y la construcción de un

nuevo cuerpo (libramiento), se requerirán cortes, excavaciones y nivelaciones del terreno.

Los indicadores por evaluar son:

- Superficie afectada: La superficie que sufre un cambio en su conformación geomorfológica, ya sea por cortes y procesos de excavación, que implica la formación de obras de cimentación y de drenaje, así como por la nivelación para la conformación de los terraplenes que conformarán la carpeta de rodamiento.
- Cambio del relieve: El cambio del relieve se puede determinar por el cambio en la pendiente, la cual se puede expresar en grados o porcentaje.

b) Suelo: El suelo sería uno de los componentes ambientales que potencialmente sufriría impactos directos por el desarrollo del proyecto. Estos irán desde la alteración de su perfil de desarrollo para el desplante de obras, principalmente en la línea de ceros, hasta su degradación por potencial contaminación asociada a la dispersión de residuos sólidos urbanos, y por el riesgo de derrames y fugas hidrocarburos; ambas afectaciones en caso de ocurrir, quedarían alojadas dentro del derecho de vía del proyecto, en áreas puntuales y claramente determinadas.

Perevochtchikova (2013), refiere que el indicador ambiental para la evaluación del impacto de los residuos, tanto de los que denomina como industriales como de los orgánicos, es su volumen de producción (m^3), así como su potencial de reciclamiento (proporción del volumen generado que será reciclado). En este caso, el volumen de residuos de las tres categorías se considera que será el indicador principal, sin embargo, no se puede usar el reciclaje como un indicador a evaluar, ya que en el área del proyecto solo se realizará la separación primaria, siendo en el siguiente paso, fuera del área del proyecto y por empresas específicas, donde se realizará la separación final de los residuos susceptibles de reciclaje.

La determinación del nivel de afectación y recuperación del componente ambiental en cuestión estará determinada por los siguientes indicadores ambientales:

Los indicadores para evaluar esta variable son:

- Producción: volumen (m^3) o cantidad (kg) de residuos sólidos urbanos generados y dispuestos por tipo, con respecto al volumen o cantidad total.
- Producción: volumen (m^3) o cantidad (kg) de residuos de manejo especial generados y dispuestos por tipo, con respecto al volumen o cantidad total.
- Producción: volumen (m^3) o cantidad (kg) de residuos peligrosos generados y dispuestos por tipo, con respecto al volumen o cantidad total.
- Instalación de kit de contenedores: relación de frentes de trabajo operando y frentes de trabajo que cuentan con contenedores para la disposición de residuos, incluyendo para los residuos sólidos urbanos y peligrosos.
- Habilitación de áreas para la disposición de residuos de manejo especial: relación de frentes de trabajo operando y que generen residuos de manejo especial, con respecto a frentes de trabajo que cuentan con áreas habilitadas para la disposición de este tipo de residuos.
- Superficie contaminada por dispersión, derrames o fugas de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos.
- Tiempo utilizado para dar respuesta a incidentes ambientales relacionados con la contaminación del suelo por residuos.
- Superficie de suelo afectada por el desplante de las obras.

Es decir, el indicador numérico y procedimiento a seguir estará determinado por las unidades de superficie afectadas y la producción indicada.

c) Calidad del aire por la emisión de gases y partículas sólidas: Este subfactor ambiental se verá afectado tanto por la emisión de gases de combustión, proveniente de la maquinaria pesada, camiones, vehículos, y equipos

automotores empleados en las diferentes etapas de desarrollo del proyecto, como por la generación de polvos fugitivos debido a los movimientos de tierras para la conformación del cuerpo de la carretera. Las fuentes emisoras y el grado de afectación estará en función de:

- Distancia de acarreo y transporte de materiales, material residual de cortes e insumos para la realización del proyecto.
- Tiempo de operación y número de fuentes emisoras en operación.

El indicador numérico y, en su caso, el procedimiento por seguir está determinado por las normas oficiales mexicanas:

- NORMA Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2015, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-045-SEMARNAT-2017. Protección ambiental.- Vehículos en circulación que usan diésel como combustible. - Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas PM_{10} y $PM_{2.5}$. Valores normados para la concentración de partículas suspendidas PM_{10} y $PM_{2.5}$ en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.

d) Confort sonoro (generación de ruido): La operación de maquinaría, vehículos y equipo para la preparación de sitios, instalación de los equipos, actividades de excavación, construcción de obras y de operación de la vía de comunicación serán los principales agentes que ocasionarán la afectación a este subfactor ambiental. Durante la preparación del sitio y construcción del proyecto, el cambio en el nivel sonoro dependerá de la frecuencia e intensidad de las ondas

sonoras, así como el patrón de tiempo y el timbre de sonido que se emita, lo cual estará en función de:

- Número, tiempo de operación, ubicación e intensidad de las emisiones de las ondas sonoras de los agentes generadores de ruido operando.

El indicador numérico y, en su caso, el procedimiento a seguir está determinado por las normas oficiales mexicanas:

- NORMA Oficial Mexicana NOM-080-SEMARNAT-1994. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación, y su método de medición.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.
- ACUERDO por el que se modifica el numeral 5.4 de la NORMA Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.

Benítez et al. (2021c), en su artículo "Contaminación por ruido de fuentes fijas y móviles en el área de protección de flora y fauna Laguna de Términos" presentan los resultados de mediciones semicontinuas de ruido de fondo y de ruido provenientes de fuentes fijas, semiestacionarias y móviles, cuyo resultados sirven de referencia para entender el nivel, grado y amplitud de afectación según las fuentes emisoras y su grado de afectación ambiental.

Durante la etapa de operación, las emisiones sonoras dependerán de la intensidad del flujo vehicular, mismo que estará presente las 24 horas del día.

e) Cantidad de agua subterránea: La cantidad de agua del acuífero se podría ver afectada por el aprovechamiento requerido para cubrir la demanda del recurso

para las actividades de preparación del sitio y construcción del proyecto, así como por la demanda del recurso por el personal. El principal indicador para evaluar el impacto ambiental en este componente ambiental será:

- Volumen de agua aprovechada.

El indicador numérico y, en su caso, el procedimiento por seguir está determinado por las normas oficiales mexicanas que a continuación se indican:

- Consumo de agua total registrado por el desarrollo del proyecto contra la disponibilidad de agua del acuífero, según lo indicado en los acuerdos por los que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos del país en el Diario Oficial de la Federación. El actual fue publicado el 09 de noviembre de 2023.

f) Cambio del flujo hidrológico y calidad de agua superficial: Las áreas de desplante de la vía de comunicación y sus obras complementarias interrumpirían flujos superficiales, temporales y permanentes, y durante su construcción generaría la presencia de material suelto sin cobertura, siendo áreas potenciales generadoras de escorrentías con arrastre de sedimentos durante la época de lluvias. Por naturaleza, la escorrentía que se genera en las partes altas pasa a formar parte de cuerpos de agua de mayor volumen, llegando a generar problemas de contaminación por los sedimentos, y sus componentes, que son arrastrados. El grado de afectación está determinado por el número de cuerpos de agua superficiales o escurrimientos de agua alterados y la concentración de la superficie que se encuentre sin cobertura vegetal y cuente con material suelto o sin cohesión.

   El indicador numérico y, en su caso, el procedimiento por seguir estará determinado por la norma oficial mexicana y ley federal, según aplique:

- NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021: Establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación.
- Número de cuerpos de agua o escurrimientos superficiales afectados por el desarrollo del proyecto.

g) Abundancia de especies de flora silvestre, especies en categoría de riesgo y cobertura vegetal: Estos subfactores ambientales sufrirían mayor impacto ambiental durante la etapa de preparación del sitio, ocasionado por el deshierbe y desmonte de las áreas destinadas para el emplazamiento de la infraestructura carretera proyectada.

Con la remoción parcial de la vegetación en el área del proyecto, se podrían afectar los subfactores ambientales de abundancia dentro de especies, ejemplares de especies en alguna categoría de riesgo y la superficie de cobertura vegetal. Los principales indicadores para evaluar el impacto ambiental en este subfactor serán:

- Tipos y proporción de asociaciones vegetales por afectar.
- Superficie por afectar por tipo de asociación vegetal presente en el área del proyecto.
- Especies e individuos por afectar en categoría de riesgo.
- Densidad (individuos ha^{-1}) y diversidad (número de especies), por asociación vegetal a afectar por el desarrollo del proyecto.

El indicador numérico y procedimiento por seguir está determinado por la norma oficial mexicana:

- NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental -Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010

y la MODIFICACIÓN del Anexo Normativo III, publicada en el DOF el 14 de noviembre de 2019, correspondiente a la Lista de especies en riesgo. Las especies en riesgo y su abundancia se determinan con base en los resultados de los muestreos realizados para la caracterización del componente en cuestión, incluido en el Capítulo IV de la presente manifestación de impacto ambiental.

- La proporción de asociaciones vegetales a afectar, así como la diversidad y abundancia se determinan a partir de los muestreos realizados para caracterizar el componente ambiental en cuestión.

h) Abundancia, diversidad, especies en categoría de riesgo y movilidad de especies de fauna silvestre: El movimiento de trabajadores, vehículos y maquinaria en el área del proyecto puede ocasionar que la fauna silvestre sea desplazada hacia sitios con menor alteración, más seguros y con mejores condiciones de hábitat, incluso llegando a ocasionar la pérdida de ejemplares accidentalmente por atropellamiento. Los indicadores potenciales para evaluar el impacto ambiental en este componente ambiental serán:

- Número de especies e individuos a rescatar y reubicar, totales y en categoría de riesgo.
- Número de especies e individuos atropellados en los frentes de trabajo y vía de comunicación.
- Superficie reforestada para que funcione como sitio de alimentación, reproducción, y refugio de fauna silvestre.

El indicador numérico y, en su caso, el procedimiento por seguir está determinado por la norma oficial mexicana:

- El procedimiento de monitoreo análisis de resultados y formatos de campo están descritos en FMCN et al. (2018), así como de protocolos generales (Botello et al., 2022a, b).

- NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010: Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio -Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010 y la MODIFICACIÓN del Anexo Normativo III, (DOF 14 noviembre 2019) Lista de especies en riesgo. Las especies en riesgo y su abundancia se determinan con base a los resultados de los muestreos realizados para la caracterización del componente en cuestión, incluido en el capítulo IV de la presente manifestación de impacto ambiental.

i) Calidad estética del paisaje e impacto visual: Estos subfactores ambientales se verán afectados por la instalación de la infraestructura en el área del proyecto y los cambios de paisaje ocasionados por la conformación de los terraplenes para la carpeta de rodamiento, obras asociadas y señalizaciones. Los indicadores de evaluación del impacto a considerar son:

- Número, dimensiones, características constructivas y ubicaciones de las obras asociadas y la carpeta de rodamiento misma del proyecto.

El indicador numérico y procedimiento por seguir está determinado por:

- Superficie total por afectar, en proporción a la superficie total del área que conforma el derecho de vía.

j) Calidad de vida: La generación de empleos y la derrama económica que la ejecución del proyecto implicaría, son dos de los subfactores sociales que se verían beneficiados. No obstante, la magnitud se tiene que evaluar tomando en cuenta lo que implicaría su construcción y operación. Los indicadores de impacto a considerar son:

- Empleos directos e indirectos estimados a generar por el desarrollo del proyecto.
- Derrama económica por la realización del proyecto.

El indicador numérico y procedimiento por seguir está determinado por:

- Número de empleos directos, temporales y permanentes, a generar.
- Número de empleos indirectos demandados.
- Relación de empleados locales con respecto al total de empleos generados.
- Relación de empleos ocupados por personal femenino con respecto al total de empleos generados.
- Monto económico demandado para la ejecución del proyecto.

Los indicadores ambientales para cada uno de los componentes ambientales referidos son contemplados en dos apartados de la presente MIA-R. Primero, se consideraron en este capítulo para asignar el valor de cada criterio que se incluye en la fórmula para calcular el valor del impacto, como se describe posteriormente; para ello, se tomó en cuenta la caracterización de los componentes ambientales a afectar y el tipo de obras y actividades a realizarse, las que en conjunto determinan el grado de afectación. Y, en segundo lugar, después se retoman en el Capítulo VI para el planteamiento de las medidas ambientales de prevención y mitigación, y los Programas ambientales específicos que serán implementados.

Es a través de los indicadores establecidos y el monitoreo del comportamiento ambiental como se podrá definir si los resultados obtenidos de la aplicación de las medidas ambientales se mantiene dentro de los umbrales del marco jurídico establecido y dentro de los límites fijados, o bien, si se requiere la implementación de medidas ambientales adicionales.

V.2 METODOLOGÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS

V.2.1 Procedimiento seguido para la identificación de impactos

Como parte del proceso de identificación de los impactos ambientales a generarse por la ejecución del proyecto, primero se empleó la técnica de identificación de impactos ambientales denominada lista de verificación simple, la cual se considera básicamente una técnica cualitativa de identificación de impactos ambientales. Esta consta de actividades que pueden generar impactos asociados a factores o subfactores ambientales susceptibles de ser alterados y se obtiene mediante la conformación de una matriz de interacciones entre las obras y actividades, y los factores y subfactores involucrados. Esta matriz se convierte, desde un principio, en la base de la identificación de impactos y en la toma de decisiones durante todo el proceso de evaluación (Coria, 2008).

Al mismo tiempo, se utilizó la técnica de "Escenarios comparados", la cual es factible utilizar considerando que el estado de Guerrero cuenta con una amplia red de carreteras. Además del catálogo de conceptos del proyecto, se realizó la revisión de otros estudios ambientales asociados a vías generales de comunicación, lo cual permitió la conformación de las listas de actividades que pueden generar impactos ambientales y los subfactores potenciales sobres los cuales se incidiría, directa o indirectamente.

La lista de verificación se caracteriza por ser una técnica altamente flexible, pudiendo reducirse o ampliarse en función de las necesidades que sean requeridas. Se utiliza para planificar un estudio de impacto ambiental, sin llegar a entrar en términos de valoración cuantitativa, razón por la cual, en el presente estudio se emplea únicamente en la primera fase del proceso de identificación de los impactos ambientales. Tomando en cuenta su carácter flexible, para el presente caso se utilizó para identificar los medios, factores y subfactores ambientales

potencialmente susceptibles de afectación, los cuales fueron identificados durante el proceso de comparación de escenarios.

En este apartado se identifican las relaciones causa-efecto entre las acciones derivadas del proyecto que pueden causar impactos y de los atributos ambientales potencialmente receptores.

Cada relación causa-efecto identifica un impacto potencial cuya significancia habrá que evaluar después. Para Coria (2008), se trata de relaciones que no son simples, sino que frecuentemente hay una cadena de efectos primarios, secundarios, inducidos, etc., que arrancan en la acción y terminan en los seres vivos, en los bienes materiales y, en suma, pueden llegar a impactar directa e indirectamente en el hombre. Sin embargo, su desarrollo es simple desde el punto de vista que inicialmente se puede identificar el impacto con un valor binario (existe o no interacción), para después realizar la evaluación cualitativa de cada una de las interacciones identificadas.

Como se mencionó anteriormente, la matriz se desarrolla con el objetivo de establecer relaciones causa-efecto de acuerdo con las características particulares de cada proyecto y medio ambiente. Para lograr establecer dichas relaciones, la matriz contiene en sus columnas las etapas de las obras a construir y las actividades a realizar que forman parte integral del proyecto, mismas que se identifican a través del uso de árboles o columnas de actividades por etapas de desarrollo del proyecto. Y, por otro lado, en sus filas se incluyen los principales factores y subfactores ambientales sobre los que podrían incidir, mismos que se identifican a través de un árbol de factores, por subsistema y medio ambiente. Como resultado final, del cruce realizado entre obras y actividades con subfactores se tiene la relación de la causa y el efecto.

Las etapas del proyecto y las obras y actividades que implican su desarrollo constituyen los "Elementos y Actividades" del proyecto en la matriz de identificación; mientras que los componentes del medio susceptibles de recibir impactos están

diferenciados por "Factores y subfactores ambientales". En las Tablas V-2 y V-3 se presentan, primero, los elementos y actividades, por etapa de desarrollo, que serían potenciales generadores de impactos ambientales; y, en la segunda, los factores y subfactores, por subsistema y medio ambiente, susceptibles de verse impactados.

La diferenciación entre etapas de desarrollo del proyecto en la identificación de los potenciales impactos ambientales está relacionada con la temporalidad del proyecto en que éstos pueden ocurrir.

Las especificaciones del proyecto, considerando las obras y actividades por ejecutarse, están ampliamente descritas y referidas en el Capítulo II de esta MIA-R.

Tabla V-2. Actividades y elementos del proyecto potencialmente generadores de impactos ambientales, por etapa de desarrollo.

Etapa	Elemento	Actividad
Preparación del sitio	Adecuación de áreas (Incluye: Derecho de vía, corona y obras provisionales)	• Delimitación del derecho de vía y trazado de la corona y sus componentes • Deshierbe y desmonte • Levantamiento carpeta asfáltica en área de modernización • Demolición de obras por modernizar • Despalme, nivelación y compactación de áreas
	Operación y mantenimiento de maquinaria y vehículos	• Operación de maquinaria y vehículos • Mantenimiento de maquinaria y equipos • Manejo de hidrocarburos
Construcción	Obras provisionales	• Excavaciones / cimentaciones • Habilitación del área de desplante • Construcción / instalación de infraestructura
	Eje de rodamiento y entronques	• Corte y perfilado de terreno • Conformación de terraplenes y compactación para subrasante • Colocación de base hidráulica

Etapa	Elemento	Actividad
		• Riego de liga e impregnación y colocación de carpeta asfáltica • Instalación de señalizaciones (vertical y horizontal)
	Obras de drenaje, puentes y complementarias (cunetas, bordillos y lavaderos)	• Excavaciones / cimentaciones • Habilitación del área de desplante • Construcción / instalación de infraestructura
	Operación y mantenimiento de maquinaria y vehículos	• Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores • Mantenimiento de maquinaria y equipos • Manejo de hidrocarburos
Operación y mantenimiento	Uso de la vía de comunicación	• Flujo vehicular • Mantenimiento de carpeta asfáltica y señalización • Mantenimiento de obras de drenaje

Tabla V-3. Factores y subfactores ambientales, susceptibles de modificación por el desarrollo del proyecto.

Medio	Factor	Subfactor
Abiótico	Fisiografía	• Relieve • Estabilidad geomorfológica
	Suelo	• Pérdida de la capa superficial del suelo • Alteración de las propiedades físicas • Degradación química y biológica • (por contaminación debido a acumulación de residuos, derrames de hidrocarburos y sustancias químicas)
	Aire	• Calidad • Confort sonoro • Microclima
	Agua	• Disponibilidad • Calidad de agua superficial • Modificación de flujos hídricos superficiales • Recarga del manto freático

Medio	Factor	Subfactor
Biótico	Flora	• Abundancia • Cobertura • Ejemplares en categoría de riesgo y relevancia ambiental
	Fauna	• Abundancia • Movilidad • Disponibilidad de hábitat • Ejemplares en categoría de riesgo • Riesgo de atropellamiento
Medio perceptual	Base paisajística	• Calidad estético - paisajística • Impacto visual (campos visuales)
Uso de suelo	Comunicación	• Vía de comunicación terrestre
Socioeconómico	Calidad de vida	• Generación de empleos • Derrama económica local y regional • Desarrollo regional • Seguridad vial

En la Tabla V-4 se hace una descripción de la afectación que tendría cada uno de los subfactores ambientales sobre los que se incidiría, relacionándolos de manera general a las obras y actividades a ejecutarse como parte del desarrollo del proyecto.

Tabla V-4. Descripción de las afectación potenciales a los subfactores ambientales por llevar a cabo las obras y actividades del proyecto.

Medio	Factor	Subfactor	Descripción
Abiótico	Fisiografía	Relieve	Alteración de la pendiente prevaleciente en la superficie específica de las áreas en las que se desplantarán las obras contempladas para cada uno de los componentes del proyecto. Por un lado, el SAR definido presenta variación altitudinal, la cual va del nivel mar, en el sur y suroeste del SAR, correspondiente a la Barra y alrededores de la Laguna de Coyuca, a los 1,180 msnm, al norte del SAR, en el área cercana a la

Medio	Factor	Subfactor	Descripción
			localidad de Platanillo, del municipio de Coyuca de Benítez. El trazo del proyecto se desplanta en áreas que se ubican aproximadamente entre los 10 msnm, como el área que va desde el entronque Pie de la Cuesta, el libramiento y hasta el entronque La Esmeralda, y los 30 msnm, en el área cercana al inicio del trazo, y los 20 msnm a la altura de la localidad Brasilia, cadenamiento 18+900. Como parte del desarrollo del proyecto se realizarían actividades que alterarían el relieve característico por donde pasa el trazo del proyecto para mantener la pendiente gobernadora establecida para garantizar la operatividad de la vía. Considerando las topoformas, en el SAR se distinguen cuatro topoformas, predominando la "Sierra baja compleja", ubicada en el centro y centro-norte del polígono. A esta le siguen las topoformas "Llanura costera con lagunas costeras" y "Llanura costera salina", en el sur suroeste del SAR. Y, al norte existe una pequeña área perteneciente a la unidad "Sierra alta compleja". El trazo del proyecto se desplanta mayormente sobre la unidad "Llanura costera con lagunas costeras", con intersecciones con las unidades "Llanura costera salina", en Pie de la Cuesta", y "Sierra baja compleja". La topoforma "Llanura costera con lagunas costeras" se caracteriza por tener altitudes bajas, desde nivel del mar hasta los 50 msnm. La "Llanura costera salina" se presenta en zonas con relieves bajos próximos al litoral. Y, la "Sierra baja costera" se identifica por tener elevaciones montañosas de baja altitud, menores a 1,000 msnm, relieve accidentado con cerros, lomeríos y pendientes variables.
		Estabilidad geomorfológica	La realización de cortes y formación de terraplenes para conformar el cuerpo de la vía implica cortes y rellenos que pueden generar su estabilidad, ante un potencial debilitamiento por los efectos naturales, como fenómenos hidrometeorológicos y sismos, y

Medio	Factor	Subfactor	Descripción
			actividades antrópicas en las áreas aledañas a la vía, como cambios de uso de suelo y detonaciones.
	Suelo	Pérdida de la capa superficial del suelo	Remoción de los horizontes orgánico y eluvial del suelo en las áreas de desplante de los componentes del proyecto, para la realización de las excavaciones para cimentaciones, nivelaciones de superficies o conformación de plataformas de obras directamente. A nivel del SAR, los suelos Regosoles, Phaeozems y Leptosoles cubren el 81.73 % del polígono. No obstante, en el área del trazo del proyecto, donde se tendría la afectación por su desarrollo, predominan los suelos Phaeozems háplico y Regosol éutrico, abarcando entre estos dos tipos de suelo el 92.51 % del área del proyecto. El restante 7.49 % lo ocupan, la zona urbana con el 4.63 %, el Arenosol éutrico en el 2.78 % y con apenas el 0.08% el Leptosol éutrio. Los Phaeozems son suelos que se originan de diversos materiales no consolidados y un perfil que puede alcanzar los 100 cm de profundidad. Se caracteriza por tener un horizonte superficial rico en materia orgánica, lo que ayuda a la cohesión de las partículas del suelo, mitigando la pérdida de suelo por efectos naturales. Son suelos porosos, fértiles, por lo que se consideran excelentes tierras agrícolas. En el área de trazo se tiene el Phaeozem háplico con un perfil de suelo de 120 cm de profundidad; los primeros 10 cm corresponde al horizonte orgánico, seguido del horizonte superficial (A) de entre 40 y 50 cm de espesor, y, un horizonte de eluviación (B) de entre 50 y 60 cm. Su textura resultó ser limo arcillosa, con presencia de pequeñas piedras, baja permeabilidad, poca presencia de raíces y se encuentra en áreas con pendientes menores a 1.0 %. Los Regosoles son suelos someros, pedregosos, de color claro, muy similar al color de la roca madre que les dio origen. Se consideran suelos jóvenes y poco evolucionados con baja diferenciación de horizontes. Se caracterizan por su inestabilidad estructural y limitada capacidad de

Medio	Factor	Subfactor	Descripción
			almacenamiento de agua, lo que los hace vulnerables a procesos de erosión superficial. El trazo del proyecto se ubica parcialmente sobre un Regosol éutrico de textura media, lo que significa que se trata de un suelo saturado con calcio, magnesio, sodio y potasio, con buena fertilidad y contiene un equilibrado contenido de arena, limo y arcilla.
		Alteración de las propiedades físicas	Degradación del suelo derivado de la compresión mecánica de las partículas y agregados del suelo, en este caso específico por el constante paso y maniobras operativas de vehículos y maquinaria pesada en aquellas superficies donde no se requiera de la remoción del suelo.
		Degradación química y biológica	Cambios de las propiedades químicas y biológicas del suelo y contaminación debido potenciales fugas y derrames de hidrocarburos, sustancias químicas, lixiviados de compuestos de proceso y residuos peligrosos, así como por la dispersión de residuos de manejo especial y sólidos urbanos.
	Aire	Calidad	Incremento de la concentración de partículas sólidas y contaminantes criterio en la atmósfera derivado del paso y emisiones de los vehículos, maquinaria y equipos automotores con motores de combustión interna en condiciones no óptimas, y movimientos de tierra seca suelta por el paso de automotores en caminos de terracería. La región definida como SAR no tiene una actividad industrial relevante que se pueda considerar como una importante fuente emisora de partículas contaminantes al medio ambiente. Las actividades agropecuarias y turísticas son las principales actividades económicas en la región, las cuales no se consideran grandes fuentes emisoras de contaminantes al medio ambiente. Las actividades agropecuarias no se caracterizan por ser intensivas, siendo la producción de mango y limón las que resaltan más por su uso intensivo de pesticidas, mientras que la producción de cultivos anuales es de temporal y poco intensivos. Por otro lado, la producción pecuaria está dominada por la producción extensiva de ganado bovino de doble

Medio	Factor	Subfactor	Descripción
			propósito y de becerro para engorda en baja escala. Dentro del SAR la actividad turística es más relevante en el área de la barra de la Laguna de Coyuca, así como en algunas áreas alrededor de esta, sin embargo, se trata de desarrollos turísticos de menor magnitud e impacto a los existentes en la zona turística del Puerto de Acapulco. El polígono de SAR presenta importantes vías de comunicación, unas que comunican Acapulco con Ixtapa Zihuatanejo, atravesando toda la Costa Grande, entre ellas la carretera federal 200, en tu tramo Acapulco – Coyuca de Benítez, la carretera 200D Poniente de Acapulco, que va de la plaza de cobro No. 223 La Venta Bis a Bajos del Ejido, la carreta libre 95, en su tramo Paso de Texca a Bajos del Ejido. Además de estas vías principales, existen caminos secundarios, algunos de terracería, que conectan localidades con las carreteras federales. Considerando lo antes mencionado, los equipos automotores empleados en la operación para el desarrollo de las actividades agropecuarias y el flujo vehicular que se generar en las actividades turísticas y de movilidad en la región, son las principales fuentes emisoras de contaminantes al medio ambiente.
		Confort sonoro	Incremento de las ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables, provenientes de la operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores en todas las etapas de desarrollo del proyecto, entre otras actividades menos significativas, puntuales e intermitentes. La operación y flujo vehicular en la región, tal como quedó descrito en el subfactor ambiental anterior, se considera que es la principal fuente emisora de ruido en el polígono del SAR y áreas aledañas al trazo del proyecto.
		Microclima	La remoción de la vegetación para la construcción de la vía implicará que se pierda la capa forestal protectora contra la incidencia de los rayos solares, impacto de los vientos y conservación de la

Medio	Factor	Subfactor	Descripción
			humedad, lo que incide en un cambio local de factores climáticos.
	Agua	Disponibilidad	La demanda de agua se puede dividir en tres requerimientos: a) La demandada para la compactación de las bases hidráulicas; b) el consumo de agua de los trabajadores, y, c) el consumo de agua para mitigar la suspensión de polvos en las terracerías y frentes de trabajos activos con suelo seco y desnudo. La compactación requerida de las subbases granulares se alcanza cuando se tiene la humedad óptima para darle a la terracería las propiedades adecuadas de ingeniería como resistencia al corte, compresibilidad y permeabilidad, determinada por la prueba Proctor en laboratorio. La humedad óptima para la compactación depende de las características físicas del material granular y de su estado de humedad al momento de su tendido, usualmente se sitúa entre un 4 % y 8 % en peso seco, dependiendo del material. El agua requerida debe estar libre de materia orgánica, contaminantes peligrosos residuales. Para el caso del proyecto se obtendrá de pozos autorizados para su aprovechamiento en la región. El de agua potable para consumo de los bajadores se adquirirá en distribuidoras de agua potable de la región. Bajo las condiciones de trabajo, se estima un consumo individual de agua de 2.0 L por jornada laboral.
		Calidad de agua de superficial	Cambio en la concentración de compuestos orgánicos e inorgánicos en cuerpos de agua por el arrastre en la escorrentía de compuestos, sedimentos y residuos dispersos, incluyendo los sedimentos generados en la conformación de la terracería y la instalación de las obras de drenaje y puentes. Los arroyos El Salto, Infiernillo, Yetla y Arroyo del Mango son los cuerpos de agua más relevantes, no obstante, de los cuatro el arroyo del Infiernillo es el que mantiene su cauce con mayor flujo en la época de sequía, mientras que los otros tres lo disminuyen

Medio	Factor	Subfactor	Descripción
			significativamente, llegando a secarse en años de sequía prolongada. La Laguna de Coyuca es el cuerpo de agua superficial más relevante dentro del SAR. Se trata de un cuerpo de agua dulce con presencia de mangle al oeste y suroeste de la laguna, en el área aledaña a la barra, al lado opuesto del trazo de la carretera.
		Modificación del flujo superficial	Cambio en el flujo de la escorrentía existente durante la época de lluvias por la modificación del relieve para el desplante de obras, principalmente la construcción del eje. Los cauces superficiales existentes en el contexto del SAR y en el área del proyecto, se caracterizan por ser cuerpos de agua superficiales, principalmente temporales o con variación drástica en el flujo hídrico entre la época de lluvias y la época seca. La precipitación en la región es superior a los 1,100 mm anuales, concentrada entre los meses de mayo a noviembre, siendo agosto y septiembre los meses con mayor precipitación promedio acumulada, estando entre 250 y 270 mm respectivamente. Es común la presencia de tormentas tropicales, las cuales llegan a ocasionar afectaciones a la población, a la infraestructura urbana y a las vías de comunicación, llegándose a reportar precipitaciones de hasta 207 y 283 mm en un día. Estos volúmenes de precipitación pluvial ocasionan grandes volúmenes de escorrentía que se encauzan en los cuerpos de agua superficiales teniendo a la Laguna de Coyuca como sitio de confluencia.
		Recarga del manto freático	El proceso de infiltración de agua hacia el manto freático se verá afectado por la pérdida puntual de vegetación y la remoción del horizonte del suelo por la conformación de la vía de comunicación. Para garantizar la seguridad y operatividad de la carretera las subbases de la terracería son compactadas, lo que disminuye la capacidad de infiltración de agua a todo lo largo del eje. Sin embargo, esta precipitación pluvial que no es capaz

Medio	Factor	Subfactor	Descripción
			de infiltrarse por la presencia de la infraestructura carretera, es conducida hacia los escurrimientos naturales y a su vez, hacia otras superficies permeables en donde si es factible su infiltración.
Biótico	Flora	Abundancia	Se refiere al número de individuos totales y por especies por unidad de área, lo que hace referencia a la densidad. En las 32,885.19 ha del SAR, se diferenciaron siete tipos de vegetación primaria y siete tipos de vegetación secundaria, tres arbóreos y cuatro arbustivos. Las 2.398 ha del proyecto que requieren autorización para someterse a cambio de uso del suelo se ubican sobre áreas con vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia. La caracterización de este tipo de vegetación en el SAR arrojo una composición florística de 22 especies, sumando las especies identificadas en los estratos arbóreo y arbustivo. El estrato arbóreo se compone de 15 especies, con una densidad de 553 individuos por hectárea, siendo las especies timuche (*Pithecellobium lanceolatum*), cornezuelo (*Vachellia hindsii*) y palma de coco (*Cocos nucifera*), las especies con mayor abundancia con 167, 107 y 67 ind ha^{-1}, respectivamente. El estrato arbustivo se conformó por 16 especies y una densidad de 6,360 ind ha^{-1}, siendo las especies dormilona (*Mimosa quadrivalvis*), frijolillo (*Senna occidentalis*) y palma de coco (*C. nucifera*), las de mayor abundancia con 980, 680 y 540 ind ha^{-1}, en el orden antes citado. A nivel del área del proyecto, en este mismo tipo de vegetación se encontró una diversidad de 14 especies entre los estratos arbóreo y arbustivo, todas reportadas a nivel del SAR. En el estrato arbóreo se encontraron nueve especies con una densidad de 253 ind ha^{-1}, siendo las especies cornezuelo (*V. hindsii*), y sasanil (*Cordina dentata*) las de mayor abundancia con 67 y 53 ind ha^{-1}, respectivamente. Por otro lado, el estrato arbustivo se conformó por 12 especies y una densidad de 3,140 ind ha^{-1}; siendo las especies más abundante el cornezuelo (*V. hindsii*), y el timuche (*P. lanceolatum*), con 960 y 760 ind ha^{-1}.

Medio	Factor	Subfactor	Descripción
			Respecto de las especies registradas en el área del proyecto, de las 14 especies solamente el palo blanco (*B. integerrima*) se encuentra listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 como una especie Amenazada (A), por lo que previo a las actividades de desmonte, se deberá verificar la presencia de ésta, y de ser el caso, realizar el rescate de individuos jóvenes para su reubicación, y de material vegetal para su propagación en vivero y posterior uso en las actividades de reforestación. De la lista roja de especies de la UICN, 11 de las 14 especies se encuentran clasificadas como de preocupación menor, es decir, que se trata de especies que no cumplen con ningún criterio que defina las categorías de En Peligro Crítico, En Peligro, Vulnerable o Casi Amenazada, mientras que el resto de las especies no cuentan con clasificación.
		Cobertura	Disminución de la cobertura de vegetación natural que cubre parcialmente la superficie del área prevista para la instalación de infraestructura y del derecho de vía. El desarrollo del proyecto implica la remoción de vegetación forestal presente en algunos tramos de modernización de la carretera y en la zona del libramiento. El área solicitada para efectuar el cambio de uso de suelo implicará la remoción de la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia en 23,976.07 m^2 (2.398 ha).
		Ejemplares en categoría de riesgo y relevancia ambiental	Respecto de las especies registradas en el área del proyecto, de las 14 especies solamente el palo blanco (*B. integerrima*) se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 como una especie Amenazada (A). De la lista roja de especies de la UICN, 11 de las 14 especies se encuentran clasificadas como de Preocupación Menor (LC), es decir, que se trata de especies que no cumplen con ningún criterio que defina las categorías de En Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerable (VU) o Casi Amenazada (NT), mientras que el resto de las especies no cuentan con clasificación.

Medio	Factor	Subfactor	Descripción
	Fauna	Abundancia	Disminución del número de individuos que se desplazan en los sitios aledaños a las áreas de obras y actividades. A partir del muestreo realizado en campo, en el SAR se registró una riqueza específica (S) de 138 especies de fauna: cinco especies de anfibios, 17 especies de reptiles, 104 especies de aves y 12 de mamíferos. Si bien, los anfibios representaron ser el 3.62 % de la riqueza, su abundancia solo fue el 1.72 %, considerando que su abundancia fue de 19 individuos de los 1,107 totales. Los mamíferos tuvieron un comportamiento similar, ya que riqueza fue del 8.70 %, pero su abundancia solo implicó el 3.97 %. Los reptiles tuvieron un comportamiento inverso, ya que su riqueza implicó el 12.32 % de las 138 especies identificadas, pero su abundancia fue del 17.43 %. Por último, las aves resultaron el grupo con una mayor riqueza, del 75.36 %, y una abundancia del 76.87 %. En el área del proyecto se registraron 74 especies: cinco especies de anfibios, lo que implica una riqueza del 6.76 %; 12 especies de reptiles, siendo el 16.22 % de riqueza; 51 especies de aves y el 68.92 % de riqueza y, los mamíferos estuvieron representados por seis especies, lo que da una riqueza del 8.11 %. Considerando una abundancia total de 601 individuos, la abundancia de los anfibios fue solo del 3.33 %, la de los reptiles del 18.14 %, los mamíferos del 5.66 % y, finalmente, las aves tuvieron una abundancia del 72.88 %. Estos resultados nos llevan a concluir que la presencia de anfibios es muy baja, al igual que la de los mamíferos, siendo mucha más alta la de las aves. A pesar de lo antes mencionado, los resultados obtenidos reflejan la heterogeneidad y diversidad del área, así como la capacidad de distintos hábitats para sustentar una variedad significativa de comunidades faunísticas. Siendo de destacar el resultado obtenido a nivel del área del proyecto, ya que predominan las áreas que ya fueron sometidas al cambio de uso de suelo sobre las que se encuentran con cobertura vegetal forestal y, aun

Medio	Factor	Subfactor	Descripción
			así, existe diversidad de especies de fauna silvestre.
		Movilidad	Interrupción de áreas de desplazamiento, principalmente de mamíferos pequeños, reptiles y anfibios debido a la fragmentación del ecosistema ocasionado por la remoción de la vegetación y el desarrollo de las obras y actividades del proyecto.
		Disponibilidad de hábitat	Disminución de áreas potenciales de ser usadas como refugio, alimentación, anidación y desplazamiento para fauna silvestre como parte de la pérdida de cobertura vegetal y afectación de áreas por el desarrollo de las obras y el tráfico vehicular.
		Ejemplares en categoría de riesgo	De las 138 especies de fauna identificadas en el SAR, solo 12 se encuentran enlistadas en alguna categoría de riesgo de la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. De estas 12 especies, 10 se clasifican como especies sujetas a Protección Especial (Pr) y dos como especie Amenazada (A). En el área del proyecto se identificaron cinco especies en categoría de riesgo. De estas cinco especies, solo el garrobo de roca (*Ctenosaura pectinata*) se clasifica como especie Amenazada, y cuatro se clasifican como especies sujetas a Protección Especial (Pr): un anfibio (*Lithobates forreri*), dos reptiles (*Anolis subocularis e Iguana iguana*) y un ave (*Eupsittula canicularis*). Además, de las 74 especies totales identificadas en esta área, 70 se clasificaron como especies de preocupación menor (LC), según la lista roja de la UICN, una como especies casi amenazadas (NT), una más con datos insuficientes (DD) y dos son especies no evaluadas (NE). La afectación a estas especies estaría dada por el ahuyentamiento o desplazamiento que ocasionaría el flujo vehicular y la presencia de personas por las rutas de desplazamiento y actividades del personal, sin implicar destrucción de su hábitat ni muerte o aprovechamiento de ejemplares de estas u otras especies.

Medio	Factor	Subfactor	Descripción
		Riesgo de atropellamiento	Con la construcción y operación de vías de comunicación terrestres, existen diversos factores que incrementan el riesgo de que ejemplares de fauna silvestre mueran por atropellamiento. Los factores involucrados se pueden dividir en tres grupos, los asociados con la fauna silvestre, los del tráfico y los ambientales (Benítez et al., 2021a). Algunos factores solo modifican el comportamiento o características de las especies, pero otros incrementan el riesgo de ser atropellados. Entre estos últimos tenemos cambios en el comportamiento animal, como el sentirse atraídos por las carreteras, y factores asociados directamente a la vía de comunicación, como la velocidad de circulación, intensidad del tráfico, obras de apoyo de la vía para el cruce de los animales, señalizaciones, tipo de la vía, ancho del eje, entre otros.
Medio perceptual	Base paisajística	Calidad estético - paisajística	Rompimiento de la armonía estructural de los componentes del medio ambiente originales por efecto de la construcción de las obras que componen el planteamiento del proyecto. El paisaje predominante está conformado por una variante conformada por una variedad de formas, colores, líneas y texturas de sus componentes, donde resalta la presencia de cobertura vegetal que varía a través del año determinada por la longitud de las épocas de lluvias y secas en la región, que se intercala con praderas pecuarias y superficies agrícolas, principalmente destinadas a la producción de palmas de coco, mango, cítricos. Además, cobra relevancia la unidad paisajística que forma el cuerpo de agua superficial de la Laguna de Coyuca, que destaca por su uniformidad y color distintivo que contrasta con los otros paisajes presentes en el SAR. El SAR muestra una sensibilidad del paisaje media, donde se presenta una situación de estabilidad favorable, aunque puede ser frágil debido a acciones antrópicas que han afectado directa y notablemente los componentes bióticos.

Medio	Factor	Subfactor	Descripción
		Impacto visual y auditivo	Contraste que representa la construcción de las obras, el cuerpo de la carretera y la afectación a los componentes ambientales que modifican la percepción visual y auditiva del paisaje en la región. Dentro del SAR no existe infraestructura que represente un obstáculo para la percepción del paisaje, natural o alterado por las actividades antrópicas. La percepción auditiva, como elemento del paisaje para disfrute de los pobladores y de la fauna silvestre, es de los atributos mayormente afectados en el SAR, principalmente por el flujo vehicular que circula en las diferentes vías de comunicación presentes, a las cuales se suma la modernización de este tramo carretero.
Uso de suelo	Comunicación	Vía de comunicación terrestre	La construcción del proyecto, que implica la modificación parcial de la carretera federal 200, en su tramo Pie de la Cuesta, en el municipio de Acapulco, a El Embarcadero, en el municipio de Coyuca de Benítez, y la construcción de un cuerpo nuevo que alojará al libramiento, implicarán la remoción de la cobertura vegetal forestal en 2.398 ha, de las 25.566 ha totales. La pérdida de la cobertura, si bien representa un impacto adverso al medio ambiente, en este caso se justifica considerando que es para la modernización de una vía de comunicación terrestre que favorecerá el movimiento de la población, local y foránea, el intercambio comercial y dará seguridad en la operatividad y traslado de los usuarios.
Socioeconómico	Calidad de vida	Generación de empleos	Demanda de mano de obra calificada y no calificada, directa e indirecta, para la construcción y realización de las obras y actividades derivadas por la ejecución del proyecto, así como para la operación de éste. Las actividades de preparación del sitio demandan menos mano de obra que las actividades de construcción. En la etapa de preparación de sitio destaca la mano de obra requerida para la delimitación de las áreas del trazo y derecho de vía, la requerida para el desmonte y el despalme y

Medio	Factor	Subfactor	Descripción
			nivelación del terreno. En la etapa de construcción es cuando se demanda mayor cantidad de mano de obra, calificada y no calificada, directa e indirecta, para la modernización de la carretera actual y de sus obras, como los entronques, obras de drenaje menore, puentes, paraderos y cercado del derecho de vía, así como por la construcción del cuerpo nuevo proyectado como un libramiento. El desarrollo del proyecto prioriza la contratación de mano de obra local, sin excluir y tratando por igual la mano de obra femenina.
		Derrama económica local y regional	Incremento del intercambio comercial a nivel local y regional, pago de bienes y servicios demandados por personal de obra y las empresas contratistas, así como el pago de salarios al personal contratado, local y foráneo.

Con el fin de complementar la identificación de los componentes y factores ambientales que serían potencialmente afectados por el proyecto, de manera auxiliar se empleó la metodología de sobreposición de mapas, la cual es clasificada como un método gráfico. Como parte de este análisis, se sobrepuso el trazo de la vía de comunicación y sus obras involucradas sobre la carta de uso del suelo y vegetación, con la finalidad de poder determinar la condición o factor ambiental por afectar, por las obras del proyecto.

Una vez detectados los medios, factores y subfactores ambientales potenciales de verse afectados por la ejecución de las obras y actividades del proyecto, tratando de subsanar las deficiencias de las técnicas empleadas, ya en la fase de identificación de los impactos ambientales, dentro del proceso de evaluación, se empleó un método matricial causa - efecto. Los métodos matriciales normalmente empleados para la identificación de impactos ambientales son, el denominado "Matriz de interacciones tipo Leopold" (Leopold et al., 1971), y el de Battelle –

Columbus (Dee et al., 1973). En este caso, se decidió utilizar, en una primera fase, la matriz tipo Leopold.

La matriz de interacciones (causa – efecto) tipo Leopold es una metodología que puede extenderse o contraerse dependiendo del número de actividades que comprende el proyecto y del número de factores y subfactores ambientales que se verán involucrados, lo que la hace una metodología flexible y práctica (Canter, 1998; Forcada, 2000; Coria, 2008). Estas características fueron las que se tomaron en cuenta para utilizarla en el proceso que nos ocupa, considerando la diversidad de obras y actividades involucradas y de los diversos factores y subfactores ambientales a considerarse en la evaluación.

Para su aplicación, después de haber determinado los factores - subfactores ambientales susceptibles de afectación mediante la lista de verificación y de haber identificado las obras y actividades potencialmente generadoras de impactos ambientales, se procedió a elaborar la matriz (tabla de doble entrada) correspondiente. Como parte de este ejercicio, se identificaron las interacciones existentes entre los atributos (subfactores) ambientales (filas de la matriz) y las obras y/o actividades del proyecto (columnas de la matriz), con las letras A y B, las cuales hacen referencia al carácter del impacto ambiental potencial, empleando la letra "A" para identificar el impacto negativo o adverso al ambiente, y la "B", cuando el impacto se considera positivo, por representar un beneficio.

Es importante mencionar que, en la matriz se incluyen todos los casos en los que puede haber una relación entre actividad del proyecto – subfactor ambiental, sin discriminar aquellos en que la interrelación no causa una modificación. De tal manera que, esta matriz ofrece un panorama general de las interacciones, ya sean adversas o benéficas, que cada obra o actividad del proyecto producirá sobre cada uno de los factores ambientales; sin considerar, aún, la valoración del impacto ambiental potencial identificado.

En este caso específico, los criterios que se aplicaron para la definición de los factores y subfactores ambientales que se verían afectados por la modificación son los siguientes:

- Ser representativos del entorno afectado y, consecuentemente, del impacto total producido por la ejecución del proyecto sobre el medio ambiente.
- Ser relevantes, es decir, portadores de información significativa sobre la magnitud e importancia del impacto.
- Ser excluyentes, esto es, que no existan solapamientos ni redundancias.
- Ser de fácil identificación, tanto en su concepto como en su apreciación estadística.

Se identificaron 223 relaciones de actividades del proyecto – subfactores ambientales que son susceptibles de recibir un cambio. Del total de interacciones potenciales identificadas, 84 se consideran benéficas y 139 adversas. En la etapa de preparación del sitio se identificaron 61 interacciones, predominando las adversas con 44 y las restantes 17 benéficas. La etapa de construcción es donde se identifica una mayor relación causa – efecto con 143 interacciones, de las cuales 87 son adversas y 56 benéficas. Mientras que, en la etapa de operación y mantenimiento del proyecto se identificaron solo 19 interacciones, ocho adversas y 11 benéficas. La matriz causa – efecto completa se presenta en la Tabla V.5.

Las vías de comunicación son proyectos que, con el mantenimiento adecuado y demostrando su utilidad a la sociedad, pueden durar muchos años en operación. Ejemplo de ello tenemos la carretera México – Puebla, operativa desde 1926, y la autopista de cuota México – Cuernavaca, inaugurada en 1952. Para el presente proyecto, se solicita una vigencia total de 70 años, los cinco primeros para la preparación del sitio y construcción del proyecto y, los restantes 65 años para la operación y mantenimiento del proyecto.

Considerando la vigencia total del proyecto, no se presenta un análisis para la etapa de abandono del sitio. Sin embargo, en caso de que se llevara a cabo esa etapa del

proyecto, de manera previa se presentaría un análisis ambiental de las condiciones del derecho de vía, junto con el establecimiento de las medidas ambientales propuesta para mitigar y/o compensar los impactos ambientales generados como parte del programa de restauración ambiental.

Tabla V-5. Matriz de interacciones entre actividades del proyecto y los subfactores ambientales potencialmente susceptibles de modificación, por tipo de impacto (A, adverso y, B, benéfico).

			Preparación del sitio								Construcción													Operación y mantenimiento				
			Adecuación de áreas					Uso de automotor			Obras provicionales			Eje de rodamiento y entronques					Obras drenaje, puentes y complementarias			Uso de automotores			Uso de la vía				
Componente	Factor	Subfactor	Delimitación del DDV y trazado de la corona	Deshierbe y desmonte	Levantamiento carpeta asfáltica en área de modernización	Demolición de obras por modernizar	Despalme, nivelación y compactación	Operación de maquinaria, vehículos y equipos	Mantenimiento de maquinaria, vehículos y equipos	Manejo de hidrocarburos	Excavaciones / cimentaciones	Habilitación del área de desplante	Construcción / instalación de infraestructura	Corte y perfilado de terreno	Conformación de terraplenes y compactación para subrasante	Colocación de base hidráulica	Riego de liga e impregnación y colocación de carpeta asfáltica	Instalación de señalizaciones	Excavaciones / cimentaciones	Habilitación del área de desplante	Construcción / instalación de infraestructura	Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores	Mantenimiento de maquinaria y equipos	Manejo y uso de hidrocarburos	Flujo vehicular	Mantenimiento de carpeta asfáltica y señalización	Mantenimiento de obras de drenaje	Adversos (139)	Benéficos (84)
Abiótico	Fisiografía	Relieve					A				A			A	A	A			A									6	
		Estabilidad geomorfológica												A	B	B	B		A		B							2	4
	Suelo	Pérdida de suelo	A	A			A																					3	
		Alteración propiedades físicas					A	A						A	A	A												5	
		Degradación química y biológica			A	A		A	A	A	A		A				A	A	A	A	A	A	A	A				15	
	Aire	Calidad					A	A	B		A	B		A	A	A			A	A		A	B		A	A		11	3
		Confort sonoro						A	B				A										A	B		A	A	5	2
		Microclima		A			A										A				A	A	B		A			6	1
	Agua	Disponibilidad													A	A					A							3	
		Calidad superficial			A	A	A							A	A	A	A		A	A	A			A			B	11	1
		Modificación del flujo		A			A							A	A	A				B	B						B	5	3
		Recarga del manto freático		A			A							A	A	A	A											6	

Tabla V-5. Continua...

Aspectos ambientales			Etapas de desarrollo el proyecto																												
			Preparación del sitio								Construcción																Operación y mantenimiento				
			Adecuación de áreas					Uso de			Obras provicionales			Eje de rodamiento y					Obras drenaje, puentes			Uso de			Uso de la vía				
Componente	Factor	Subfactor	Delimitación del DDV y trazado de la corona	Deshierbe y desmonte	Levantamiento carpeta asfáltica en área de modernización	Demolición de obras por modernizar	Despalme, nivelación y compactación	Operación de maquinaria, vehículos y equipos	Mantenimiento de maquinaria, vehículos y equipos	Manejo de hidrocarburos	Excavaciones / cimentaciones	Habilitación del área de desplante	Construcción / instalación de infraestructura	Corte y perfilado de terreno	Conformación de terraplenes y compactación para subrasante	Colocación de base hidráulica	Riego de liga e impregnación y colocación de carpeta asfáltica	Instalación de señalizaciones	Excavaciones / cimentaciones	Habilitación del área de desplante	Construcción / instalación de infraestructura	Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores	Mantenimiento de maquinaria y equipos	Manejo y uso de hidrocarburos	Flujo vehicular	Mantenimiento de carpeta asfáltica y señalización	Mantenimiento de obras de drenaje	Adversos (139)	Benéficos (84)
Biótico	Flora	Abundancia	A	A																									2	
		Cobertura	A	A																									2	
		Especies en riesgo		A																									1	
	Fauna	Abundancia	A	A			A	A			A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A			A			17	
		Movilidad	A	A			A	A			A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A			A			17	
		Disponibilidad de hábitat		A			A																					2	
		Especies en riesgo		A			A				A											A						4	
		Riesgo de atropellamiento						A														A			A			3	
Medio perceptual	Base paisajística	Calidad estético - paisajística	A	A			A						A	A			A			A	A							8	
		Impacto visual										A	A	A						A	A							5	
Usos de suelo	Comunicación	Vía de comunicación terrestre	B	B	B	B	B	B						B	B	B	B		B	B	B	B				B	B		16
Socio-económico	Calidad de vida	Generación de empleos	B	B	B	B	B	B			B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B		B	B		22
		Derrama económica local y regional	B					B	B		B	B	B			B	B	B	B	B	B		B	B					14
		Desarrollo regional												B	B	B	B	B	B	B	B				B	B	B		11
		Seguridad vial															B	B	B	B	B					B	B		7
		Adeversos (139)	6	12	2	2	13	7	1	1	6	3	6	11	9	9	7	3	7	7	8	8	1	2	6	2			
		Benéficos (84)	3	2	2	2	2	3	3		2	3	2	3	4	5	6	4	5	6	7	2	5	2	1	4	6		

Esta matriz ofrece un panorama general de las interacciones, ya sean adversas o benéficas, que cada actividad del proyecto produciría sobre cada uno de los factores ambientales. Para la identificación de los impactos ambientales potenciales relevantes se procede a realizar una descripción de las relaciones encontradas. Para ello, se debe considerar información relacionada con el desarrollo del proyecto y la caracterización del ambiente en el área de desarrollo.

A continuación, se realiza una síntesis de las interacciones identificadas en la Tabla V-5.

Tabla V-6. Interacciones identificadas, adversas y benéficas, por factor ambiental y socioeconómico, y las etapas de desarrollo del proyecto.

Medio	Factor	Preparación del sitio		Construcción		Operación y mantenimiento	
		Adverso	Benéfico	Adverso	Benéfico	Adverso	Benéfico
Abiótico	Fisiografía	1	---	7	4	---	---
	Suelo	10	---	13	---	---	---
	Aire	5	2	12	4	5	---
	Agua	7	---	18	2	---	2
Biótico	Flora	5	---	---	---	---	---
	Fauna	13	---	27	---	3	---
Medio perceptual	Base paisajística	3	---	10	---	---	---
Uso de suelo	Comunicación	---	6	---	8	---	2
Socioeconómico	Calidad de vida	---	9	---	38	---	7
Interacción	**Subtotal**	**44**	**17**	**87**	**56**	**8**	**11**
	Total	**61**		**143**		**19**	

V.2.2 Valoración de impactos ambientales

Una vez detectados los medios, factores y subfactores ambientales potenciales de verse afectados por la ejecución de las obras y actividades del proyecto, se procedió a realizar la evaluación de los impactos ambientales, para lo cual se empleó el

método matricial denominado *Rapid Impact Assessment Matrix* modificado (RIAM-M) (Pastakia, 1998; Ijäs *et al.*, 2010). El método original fue desarrollado por Christopher Pastakia a fines de la década de los 90's (Pastakia, 1998; Pastakia y Jensen, 1998), y desde entonces es comúnmente usado en diversos tipos de evaluaciones de impacto ambiental.

Se trata de una herramienta para organizar, analizar y presentar los resultados de la evaluación de impacto ambiental a través de una matriz estructurada que permite que tanto los juicios subjetivos como los basados en datos cuantitativos se hagan de manera similar, proporcionando un registro transparente de los juicios emitidos. La forma matricial en la cual se encuentra estructurada permite realizar un análisis completo del impacto ambiental, o bien, segregar la evaluación por componente ambiental, brindándole a esta metodología flexibilidad operativa.

El RIAM es un método ampliamente usado como parte del procedimiento de evaluación de impacto ambiental, aunque fue originalmente desarrollado para la evaluación de proyectos de tipo turístico, ha sido usado indistintamente para proyectos de diversa índole, bajo diversas condiciones, escenarios y alternativas de desarrollo (Pastakia y Jensen, 1998; Pastakia y Madsen, 1998; Jensen y Laursen, 1998; Kuitunen et al., 2008; Momeni et al., 2011; Mahiny et al., 2011; Mihaiescu et al., 2015; Fricovsky et al., 2016; Karami et al., 2016; Valizadeh y Hakimian, 2018; Kumar et al., 2019; Zand y Heir, 2022).

Además, comparando metodologías de evaluaciones de impacto ambiental, se ha concluido que el RIAM puede usarse efectivamente para comparar los impactos ambientales y sociales de proyectos aún y cuando los casos evaluados sean diferentes y solo comparten pocas cosas en común (Kuitunen et al., 2008). Incluso, de los métodos semicuantitativos de evaluación de impacto ambiental, entre ellos el de Bojórquez-Tapia et al. (1998), Gómez-Orea (1999), Conesa (2000) y Espinoza (2002), el RIAM es el que se utiliza mayormente en artículos científicos publicados en revistas científicas indexadas que implican la evaluación del impacto ambiental.

Como método semicuantitativo, en el análisis realizado con el RIAM (ahora también RIAM modificado), la valoración de los impactos ambientales se puede traducir a una forma numérica, metodología que puede ser comparada y revisada fácilmente por las partes interesadas que no participan en el proceso de evaluación real. Es decir, se trata de un método que, en la práctica, como parte de los estudios de impacto ambiental, es fácilmente implementado por la parte interesada (el promovente del proyecto), y revisado y validado por la autoridad encargada de la evaluación y dictaminación del proyecto, así como por miembros de la sociedad civil. Dicha practicidad se sustenta en la claridad de la asignación de escalas en los criterios de valorización del impacto.

Criterios para la evaluación de los impactos

En el RIAM, los impactos que ocasionan las actividades de un proyecto son evaluados contra los componentes ambientales, y para cada componente se determina una escala (usando los criterios definidos), la cual provee una medida del impacto esperado para el componente. Los criterios de evaluación importantes se dividen en dos grupos:

(A) Criterios que son importantes para la condición y que pueden cambiar individualmente la puntuación obtenida.

(B) Criterios que son el valor de la situación, pero individualmente no pueden ser capaces de cambiar el valor obtenido.

Originalmente se utilizaban cinco criterios de evaluación: importancia del impacto (A1), magnitud (A2), permanencia (B1), reversibilidad (B2) y acumulabilidad (B3) (Pastakia, 1998). Sin embargo, Ijäs et al. (2010) propusieron incluir la susceptibilidad del ambiente objetivo (B4) como un sexto criterio a considerar en la evaluación de los impactos como parte de esta metodología.

El valor asignado a cada uno de los grupos de criterios se determina mediante el uso de una serie de fórmulas sencillas. El sistema de puntuación requiere una simple multiplicación de las puntuaciones otorgadas a cada uno de los criterios del grupo A.

$$AT = (A1) * (A2)$$

Las puntuaciones para los valores de los criterios del grupo B son aditivos y juntos proveen una suma simple.

Ecuación original (Pastakias, 1998):

$$BT = B1 + B2 + B3$$

Ecuación modificada por Ijäs *et al.* (2010):

$$BT = B1 + B2 + B3 + B4$$

La puntuación de la suma de los criterios del grupo B se multiplica por el resultado de la puntuación del grupo A para obtener el puntaje de evaluación del impacto.

$$ES = AT * BT$$

ES = Es el puntaje o valor de evaluación para la condición.

El cero en los criterios del grupo A significa que no hay cambio o no es importante en el análisis. Este valor se evita en el grupo A, y cuando no hay cambio o no es importante se recomienda representarlo con 1, esto para evitar obtener un valor de cero como resultado final. Las escalas para asignar el valor de cada criterio, tanto para los del grupo A como a los del grupo B, se encuentran en la Tabla V.7.

Tabla V-7. Escalas de evaluación de los criterios a considerar en el procedimiento de evaluación de impactos ambientales en el método RIAM modificado. Interacciones.

Criterio	Escala	Descripción
A1: Importancia de la condición. Es evaluada contra los límites espaciales o interés humano que se vería afectado.	4	Importancia a interés nacional / internacional: El área que cubre puede ser el país definido como un todo o el impacto objetivo tiene significancia a nivel nacional y/o internacional.
	3	Importancia a interés a nivel regional / nacional: El área que cubre puede estar definida por una región singular del país con sus alrededores inmediatos.
	2	Importancia a nivel de áreas alrededor de la condición local: El área de cobertura puede estar definida como una parte de la región, pero, sin embargo, es mayor que un impacto local. Por ejemplo, el municipio como un todo.
	1	Importancia solo en el contexto local: El área de cobertura es pequeña y puede estar definida de forma puntual, por ejemplo, una localidad dentro del municipio.
	0	Sin importancia
A2: Magnitud del cambio/efecto. La magnitud es definida como una medida de valoración del beneficio o no de un impacto o condición.	3	Mayor efecto positivo.
	2	Mejoramiento significativo del estado actual.
	1	Mejoramiento del estado actual.
	0	Sin cambio.
	-1	Cambio negativo del estado actual.
	-2	Cambio negativo significativo.
	-3	Mayor cambio negativo.
B1: Permanencia. Define la temporalidad (o permanencia) del impacto. Debe ser vista como una medida temporal del estado actual de la condición.	1	Sin cambio o no aplica.
	2	Temporal a corto plazo: El impacto durará solo por un periodo corto de tiempo (pocas semanas o meses).
	3	Temporal a medio término: El impacto durará aproximadamente entre 1 y 10 años.
	4	Permanente o largo plazo: El impacto se entiende por ser un impacto permanente o durará por más de 10 – 15 años.
B2. Reversibilidad. Define si la condición puede ser cambiada. Es una medida de control sobre el efecto de la condición.	1	Sin cambio / no aplica.
	2	Reversible: El estado original del ambiente será restaurado rápidamente (en semanas o meses) después de que la actividad haya terminado.
	3	Reversible lentamente: El impacto cambia el ambiente sustancialmente, pero la restauración puede ser observada. Sin embargo, la recuperación total durará muchos años.
	4	Irreversible: El impacto ha cambiado el ambiente permanentemente o la restauración durará al menos entre 10 y 15 años.

Criterio	Escala	Descripción
B3. Efecto acumulativo o sinérgico del impacto. Mide si el efecto tendrá un solo impacto directo o si habrá un efecto acumulativo a través del tiempo.	1	Sin cambio / no aplica.
	2	No acumulativo o simple: El impacto puede estar definido como simple (sin interacción con otros impactos).
	3	Acumulativo o sinérgico: Los impactos acumulativos y/o sinérgicos existen en el ambiente del proyecto, pero las significancias de estas interacciones son inciertas.
	4	El impacto tiene efectos acumulativos o sinérgicos con el de otros proyectos o actividades que ocurren en la misma área.
B4. Evalúa la susceptibilidad del ambiente objetivo al cambio y afectación. Está determinado por la susceptibilidad del ambiente al cambio.	1	Sin cambio o no aplica.
	2	El área es estable para los cambios ambientales causados por el proyecto planificado y no tiene valores ambientales significativos que deban considerarse durante el proceso de evaluación.
	3	El área objetivo es sensible a los cambios ambientales y/o tiene valores intrínsecos localmente significativos (fuera del área objetivo real).
	4	El área objetivo es extremadamente sensible a los cambios ambientales y/o tiene valores intrínsecos con importancia a nivel regional o nacional.

Como parte del procedimiento de evaluación del impacto y valorando los cambios al ambiente con base a los criterios y escala antes mencionada, se obtiene el puntaje o valor de evaluación del impacto (ES), resultado de multiplicar los valores obtenidos en los criterios A y B. Para uniformizar la interpretación del grado del impacto, los valores obtenidos se ubican en la escala ambiental que consta de nueve rangos de valores en la propuesta de modificación del RIAM (Ijäs et al., 2010). El rango de la escala para la evaluación en el RIAM modificado va de -192 a 192, siendo el cero la escala que indica que no hay cambio con respecto al estado actual, cuando el RIAM original tiene un rango que va de -108 a 108, dividido en 11 rangos de valores.

En la Tabla V-8 se muestran los rangos de valores de las escalas para clasificar la evaluación del impacto en la propuesta de modificación del RIAM (Ijäs et al., 2010), la cual es considerada en el análisis de esta propuesta.

Tabla V-8. Escalas Rango de agrupación de la escala para el resultado de la evaluación del impacto ambiental de acuerdo con la escala del RIAM modificado.

Escala del valor de la evaluación (ES)	Valor alfabético del rango	Valor numérico del rango	Descripción de la agrupación del rango
108 a 192	D	+4	Mayor impacto positivo
54 a 107	C	+3	Impacto positivo significativo
31 a 53	B	+2	Impacto positivo moderado
1 a 30	A	+1	Impacto positivo ligero
0	N	0	Sin cambios en el estado actual
-1 a -30	-A	-1	Impacto negativo ligero
-31 a -53	-B	-2	Impacto negativo moderado
-54 a -107	-C	-3	Impacto negativo significativo
-108 a -192	-D	-4	Mayor impacto negativo

Componentes de evaluación

Como parte del procedimiento de evaluación, los impactos ambientales identificados se clasifican en cuatro componentes ambientales de evaluación de acuerdo con el tipo de impacto de que se trate. Estos componentes ambientales caen dentro de cuatro categorías, las cuales están definidas como sigue:

- Físico / químico (FQ): Cubre todos los aspectos físicos y químicos del ambiente, incluyendo recursos naturales finitos (no biológicos) y degradación del ambiente físico por contaminación.
- Biológico / ecológico (BE): Cubre todos los aspectos biológicos del ambiente, incluyendo los recursos naturales renovables, conservación de la biodiversidad, interacción de especies, y contaminación de la biósfera.
- Sociológico / cultural (SC): Cubre los aspectos humanos del medio ambiente, incluyendo temas sociales que afectan a comunidades e individuos; junto con los aspectos culturales, incluyendo conservación de patrimonio y desarrollo humano.

- Económico / operacional (EO): Para identificar cuantitativamente las consecuencias económicas de los cambios ambientales, tanto temporales como permanentes, así como las complejidades del manejo del proyecto dentro del contexto de sus actividades.

V.3 DESCRIPCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS IMPACTOS.

Una vez que se identificaron las interacciones entre las actividades a ejecutar por el desarrollo del proyecto, los subfactores ambientales potencialmente a impactarse y haberse descrito la operatividad de la metodología a emplear en la evaluación del impacto, se describen los impactos ambientales que resultaron en la matriz de interacciones. Además, se hace la correspondiente valoración bajo los criterios del RIAM modificado (Ijäs et al., 2010), considerando la metodología descrita previamente en el apartado anterior.

En total se identificaron **27 impactos ambientales potenciales** como consecuencia del desarrollo del proyecto, entre adversos y benéficos, los cuales se determinan por el número de subfactores de los componentes ambientales (Tabla V-5). Cada uno de ellos tiene la posibilidad de presentarse en al menos una de las tres diferentes etapas en las que se divide el desarrollo del proyecto. El entrecruzamiento de estos 27 impactos ambientales potenciales, con las 25 obras y actividades del proyecto son los que generan las 223 interacciones, adversas y benéficas, identificadas.

De acuerdo con el resultado obtenido en la matriz de identificación de impactos, en la etapa de preparación del sitio se tendrían 22 impactos ambientales potenciales, mismo número en la etapa de construcción, y en la etapa de operación y mantenimiento solo se identificaron 12, lo que da un total de 56 impactos

ambientales potenciales entre las tres etapas en que se dividió el desarrollo del proyecto (Tabla V-9).

Tabla V-9. Potenciales Impactos ambientales por etapa de desarrollo del proyecto.

No	Impacto ambiental	Preparación del sitio	Construcción	Operación y mantenimiento
1	Cambio en la conformación topográfica natural del terreno y de patrones de sedimentación de sustratos.	X	X	---
2	Alteración de la estabilidad geomorfológica del terreno.	---	X	---
3	Pérdida / conformación de horizontes del suelo en áreas del desplante.	X	---	---
4	Afectación de las propiedades físicas del suelo.	X	X	---
5	Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo.	X	X	---
6	Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire.	X	X	X
7	Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido.	X	X	X
8	Cambio en el comportamiento de factores climáticos.	X	X	X
9	Aprovechamiento de agua autorizado para su explotación.	---	X	---
10	Alteración de la composición fisicoquímica y/o bacteriológica en el agua superficial.	X	X	X
11	Cambio en los flujos y movimientos de agua superficiales temporales.	X	X	X
12	Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático.	X	X	---
13	Cambio en la abundancia de individuos de especies de flora silvestre.	X	---	---
14	Modificación de la superficie y distribución de la cobertura y tipo de vegetación.	X	---	---
15	Afectación a ejemplares de flora silvestre de especies en categoría de riesgo.	X	---	---
16	Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre.	X	X	X

No	Impacto ambiental	Preparación del sitio	Construcción	Operación y mantenimiento
17	Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre.	X	X	X
18	Reducción de áreas usadas como refugio, alimentación y reproducción de fauna silvestre.	X	---	---
19	Afectación a ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo y relevancia ambiental.	X	X	---
20	Incremento del riesgo de mortalidad de fauna silvestre por atropellamiento.	X	X	X
21	Modificación de las cualidades estético – paisajísticas.	X	X	---
22	Impacto en la calidad de vida de los vecinos de las obras.	---	X	---
23	Disponibilidad de vías de comunicación terrestres.	X	X	X
24	Generación de ofertas de trabajo directos e indirectos.	X	X	X
25	Impulso a la economía local y regional por la derrama económica.	X	X	---
26	Desarrollo económico y social regional comunitario directo por mejoras de las vías de comunicación.	---	X	X
27	Cambio de la seguridad operativa de los usuarios de la vía de comunicación.	---	X	X
Impactos ambientales por etapa (No.)		**22**	**22**	**12**
Impactos ambientales totales (No.)		**56**		

De este modo, la descripción de los impactos ambientales potenciales identificados se presenta por etapa de desarrollo del proyecto siguiendo el orden de los factores presentados en la matriz de interacciones, de arriba hacia abajo. Cada impacto potencial tiene su propia ficha descriptiva indicando el impacto al que se hace referencia, en la que se indica el factor ambiental impactado, tipo de impacto, las actividades que lo originan, su descripción y el valor de la escala de cada criterio de evaluación.

Para la asignación de los valores incluidos en la valoración del impacto se tomó en consideración la condición de los componentes ambientales abióticos, bióticos y socioeconómicos descritos en el capítulo IV de esta MIA-R. Dichos valores están dados tomando en cuenta la descripción de las escalas de la Tabla V-7, las cuales son claras en definir su asignación; sin embargo, cuando se consideró conveniente se presenta una nota aclaratoria explicando la razón de la asignación del valor de la escala en el apartado de "Comentario" de las fichas técnicas de valoración y descripción de impactos ambientales.

La descripción de los impactos ambientales y de las escalas se enfocó en los tipos de impactos adversos, porque estos son los que representan una afectación potencial a los componentes ambientales y sobre los cuales se deben definir posteriormente las medidas ambientales. En este caso, los impactos ambientales benéficos no requieren de mayor atención, ya que estos no deben ser prevenidos, mitigados ni compensados, sino lo que se busca es potenciar su efecto, pero sin poner en riesgo la viabilidad del proyecto.

V.3.1 Fichas descriptivas de impactos ambientales para la etapa de preparación del sitio

IMPACTO AMBIENTAL 1: Cambio en la conformación topográfica natural del terreno y de patrones de sedimentación de sustratos	
Etapa	Preparación del sitio
Factor ambiental impactado:	Fisiografía / relieve
Tipo de impacto:	Adverso
Actividades causantes:	• Despalme, nivelación y compactación de áreas donde se desplantan obras.
Descripción:	Una vez delimitado el derecho de vía, previo al desplante del proyectos y sus obras, las cuales incluyen: acotamientos, carriles, paraderos, entronques, obras de drenaje y obras complementarias (cunetas, bordillos, lavaderos), se recuperarán los horizontes superficiales del suelo en aquellas áreas en las que este componente ambiental no haya sido afectado. Esto implicaría

<table>
<tr><th colspan="3">IMPACTO AMBIENTAL 1: Cambio en la conformación topográfica natural del terreno y de patrones de sedimentación de sustratos</th></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">modificar la pendiente de la superficie en las áreas de afectación para la construcción e instalación de la infraestructura planeada.
La recuperación de la capa de suelo orgánico solo se realizaría en las áreas que actualmente mantienen vegetación y que serán incorporados como superficies del proyecto.
Considerando que el área del proyecto presenta una morfología que va de áreas planas, suavemente onduladas, muy débilmente diseccionadas, principalmente entre los entronques "Cerro de Oro" y "La Esmeralda", a ligeramente colinoso, moderadamente diseccionado, en los extremos del trazo, siendo estas áreas las que implicarían llevar a cabo un mayor movimiento de suelo y cambio de relieve para el desplante del proyecto. La morfología plana corresponde a las topoformas de "Llanura costeras", presentes en altitudes de nivel de mar hasta los 50 msnm; y, la morfología ligeramente colinoso con la topoforma "Sierra baja compleja", que se caracteriza por elevaciones montañosas menores a los 1,000 msnm.</td></tr>
<tr><th colspan="3">Descripción para evaluación RIAM modificado</th></tr>
<tr><td>Componente de evaluación (código)</td><td colspan="2">FQ-1</td></tr>
<tr><th>Criterio</th><th>Valor</th><th>Comentario</th></tr>
<tr><td>A1: Importancia</td><td>1</td><td>Es un impacto que tiene efecto a nivel local, teniendo impacto directo solo en las áreas de desplante del trazo y sus obras, sin afectar áreas fuera del derecho de vía, así como en áreas dentro de ésta que no estén consideradas para el desarrollo de infraestructura o de actividades relacionadas con el proyecto.</td></tr>
<tr><td>A2: Magnitud</td><td>-2</td><td></td></tr>
<tr><td>B1: Permanencia</td><td>4</td><td>Toda afectación que involucra la remoción del suelo y cambio del relieve implica un periodo largo para tratar de recuperar su funcionalidad ambiental, a esto se le adiciona la superficie que comprende el proyecto y el periodo de su desarrollo hasta la etapa de operación y mantenimiento. Por lo que, todo lo anterior implica que se valorice con la mayor escala.</td></tr>
<tr><td>B2. Reversibilidad</td><td>4</td><td>La asignación del valor se dio considerando el retorno del relieve en las áreas de mayor impacto después de aplicar las medidas ambientales de acuerdo con las obras y actividades que se realizarían. De esta forma, se tomó en cuenta que habrá áreas que difícilmente recuperarán el relieve original después de aplicar medidas ambientales.</td></tr>
<tr><td>B3. Acumulabilidad / sinergia</td><td>4</td><td>Esta alteración de la conformación topográfica se suma a la que ha tenido lugar en el SAR para el desarrollo de otras actividades, como zonas urbanas, bancos de explotación de materiales pétreos y vías de comunicación, principalmente.</td></tr>
</table>

IMPACTO AMBIENTAL 1: Cambio en la conformación topográfica natural del terreno y de patrones de sedimentación de sustratos			
B4. Susceptibilidad	3	Considerando la variante conformación geomorfológica regional y el impacto que tendría el desarrollo del proyecto dentro del trazo, el cual se ubica en una región entre costa y zona montañosa, con presencia de cuerpos de agua superficiales, se considera una región susceptible al cambio.	
Valor de la evaluación (ES)	-30	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 2: Pérdida de horizontes del suelo en áreas del desplante	
Etapa	Preparación del sitio
Factor ambiental impactado:	Suelo / pérdida de suelo
Tipo de impacto:	Adverso
Actividades causantes:	• Delimitación del DDV y trazado de áreas. • Deshierbe y desmonte. • Despalme, nivelación y compactación de áreas donde se desplantan obras.
Descripción:	Una vez delimitadas y desmontadas las superficies del proyecto que mantienen vegetación —y que actualmente no forman parte de la carretera en operación—, se recuperarán los horizontes superficiales del suelo. Las capas de suelos, o espesor del perfil del suelo a recuperar, dependerán de las características físicas y químicas que se observen en el perfil, enfocándose a recolectar el suelo que tenga características propias para ser reutilizado para el arrope de los taludes. En el área del proyecto se tiene el Phaeozem háplico con un perfil de suelo de 120 cm de profundidad; los primeros 10 cm corresponde al horizonte orgánico, seguido del horizonte superficial (A) de entre 40 y 50 cm de espesor, y, un horizonte de eluviación (B) de entre 50 y 60 cm. Su textura resultó ser limo arcillosa, con presencia de pequeñas piedras, baja permeabilidad, poca presencia de raíces y se encuentra en áreas con pendientes menores a 1.0 %. Los Regosoles son suelos someros, pedregosos, de color claro, muy similar al color de la roca madre que les dio origen. Se consideran suelos jóvenes y poco evolucionados con baja diferenciación de horizontes. Se caracterizan por su inestabilidad estructural y limitada capacidad de almacenamiento de agua, lo que los hace vulnerables a procesos de erosión superficial. El trazo del proyecto se ubica parcialmente sobre un Regosol éutrico de textura media, lo que significa que se trata de un suelo saturado con calcio, magnesio, sodio y potasio, con buena fertilidad y contiene un equilibrado contenido de arena, limo y arcilla. La recuperación del suelo para su reutilización es recomendable para evitar su pérdida por fenómenos hidrometeorológicos,

IMPACTO AMBIENTAL 2: Pérdida de horizontes del suelo en áreas del desplante		
	específicamente en las áreas donde se realizaría el desmonte o áreas agrícolas donde aún se preservan sus características físicas y químicas, así como por su contenido de materia orgánica y microbiota específica para continuar con los procesos internos del suelo y porque se considera un importante banco de semillas de especies de flora silvestre nativas de la región.	
Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)	FQ-2	
Criterio	**Valor**	**Comentario**
A1: Importancia	1	Es un impacto que tiene efecto a nivel local, siendo de tipo directo solo en las áreas de desplante de nueva infraestructura, sin que se prevea afectación alguna de superficies fuera del derecho de vía, o incluso dentro del derecho de vía pero en áreas que no estén consideradas para el desarrollo de infraestructura o de actividades relacionadas con el proyecto.
A2: Magnitud	-2	
B1: Permanencia	4	Toda afectación que involucra la remoción del suelo y cambio del relieve implica un periodo largo para tratar de recuperar su funcionalidad ambiental, a esto se le adiciona la superficie que comprende el proyecto y el periodo de su desarrollo hasta la etapa de operación y mantenimiento. Por lo que, todo lo anterior implica que se valorice con la mayor escala.
B2. Reversibilidad	4	La reversibilidad del impacto ambiental en los sitios de afectación implica un periodo de más de 15 años, ya sea de manera natural o por medio de restauración inducida. De manera natural llevaría muchos años recuperar las condiciones actuales del suelo, por lo que, para restablecer su condición se tienen que realizar actividades de restauración una vez que se desocupen las áreas afectadas, lo que implica que el impacto ambiental se tenga por más de 10 años.
B3. Acumulabilidad / sinergia	4	En el SAR se han efectuado obras y actividades que han implicado la pérdida de suelo en áreas bien determinadas. Entre los obras y actividades que han ocasionado una alteración del horizonte del suelo están las usadas para el desarrollo de zonas urbanas, los bancos de explotación de materiales pétreos, la construcción de vías de comunicación y también por las escasas actividades agropecuarias, tanto de riego como de temporal, en este contexto, se suma la pérdida de suelo ocasionada por las obras y actividades del proyecto.
B4. Susceptibilidad	2	

IMPACTO AMBIENTAL 2: Pérdida de horizontes del suelo en áreas del desplante			
Valor de la evaluación (ES)	-28	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 3: Afectación de las propiedades físicas del suelo (Permeabilidad)		
Etapa	Preparación del sitio	
Factor ambiental impactado:	Suelo / Afectación de las propiedades físicas	
Tipo de impacto:	Adverso	
Actividades causantes:	• Despalme, nivelación y compactación de áreas donde se desplantan obras. • Operación de maquinaria y vehículos.	
Descripción:	El movimiento de vehículos y maquinaria para el traslado de personal, actividades de preparación del sitio que requieran el uso de maquinaria, como recuperación y traslado de suelo orgánico, nivelación y retiro de tocones gruesos con raíces profundas, podrían ocasionar alteraciones en la estructura de los horizontes superficiales del suelo, como en su densidad aparente, porosidad y permeabilidad, en las áreas de rodamiento dentro del derecho de vía y frentes de trabajo activos.	
Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)	FQ-3	
Criterio	**Valor**	**Comentario**
A1: Importancia	1	El área de afectación estaría muy limitada solo a las áreas de rodamiento de los vehículos que se utilicen para el movimiento de los residuos y material rescatado y de la maquinaria que se emplee para llevar a cabo las actividades de recopilación y recuperación de residuos y suelo.
A2: Magnitud	-2	
B1: Permanencia	3	Las áreas que pudieran verse afectadas y que no vayan a ser utilizadas en el desplante de infraestructura carretera, podrían recobrar las propiedades físicas alteradas una vez que terminen las actividades que lo ocasionan. La recuperación de las propiedades puede ser de manera natural o mediante la implementación de medidas propias para ello. De manera natural, la recuperación de las propiedades físicas del suelo suele ser un proceso muy lento, pero que se puede dar, siendo más rápido con la implementación de medidas ambientales que implican el uso de maquinaria y equipos como Ripper, arados de cinceles, tendido de suelo de otros sitios, adición de materia orgánica y composta.
B2. Reversibilidad	3	
B3. Acumulabilidad / sinergia	3	Se trata de un impacto acumulativo en el área de incidencia del proyecto dado el historial del desarrollo de

IMPACTO AMBIENTAL 3: Afectación de las propiedades físicas del suelo (Permeabilidad)			
		actividades que han implicado mucha operación de maquinaria pesada, actividades agrícolas con uso de maquinaria, construcción de vías de comunicación y de las zonas urbanas. No obstante, se considera incierto por el nivel de afectación que se pudiera llegar a ocasionar, considerando la superficie e impacto, y el ocasionado por otros proyectos en la región.	
B4. Susceptibilidad	3	El trazo del proyecto incide parcialmente sobre un área que presenta degradación física por compactación en grado ligero, lo que ha sido ocasionado por actividades de sobrepastoreo. Al norte del SAR se tiene un área con degradación por erosión hídrica con pérdida de suelo superficial, en grado ligero, como consecuencia de las actividades de deforestación y remoción de la vegetación; no obstante, el desarrollo del proyecto no incide en esta área del SAR y se descarta que se vaya a incidir o interactuar en estos procesos de degradación del suelo en esta región.	
Valor de la evaluación (ES)	-24	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 4: Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo	
Etapa	Preparación del sitio
Factor ambiental impactado:	Suelo / Contaminación por residuos
Tipo de impacto:	Adverso
Actividades causantes:	• Levantamiento de carpeta asfáltica en área de modernización. • Desmantelamiento de obras de drenaje por modificar. • Operación de maquinaria y vehículos. • Mantenimiento de maquinaria y equipos. • Manejo de hidrocarburos.
Descripción:	La degradación química y biológica del suelo está dada por diversas causas, como la pérdida de nutrientes y materia orgánica, salinización, acidificación y la contaminación. En esta etapa del proyecto, la degradación química y biológica está dada por la dispersión de residuos en las áreas en las que se incide y aledañas a éstas dentro del derecho de vía. El mal manejo en su recolección, almacenaje temporal y transporte podría ocasionar que se dispersen y derramen, convirtiéndose en un problema de contaminación ambiental y, por lo tanto, en alteración de las propiedades químicas del suelo de acuerdo con lo mencionado por Oldeman *et al.* (1991), Sivaramanan (2015) y Dragovic y Vulevic (2020). Como parte de las actividades iniciales a la ejecución del proyecto, se llevaría a cabo una recolección y almacenamiento temporal de los residuos dispersos sobre el derecho de vía,

IMPACTO AMBIENTAL 4: Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo		
	mismos que serían dispuestos en el sitio de disposición determinado y habilitado por la autoridad competente.	
Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)	FQ-4	
Criterio	**Valor**	**Comentario**
A1: Importancia	1	Su baja importancia se debe a que tiene efecto solo a nivel local, a nivel del área o trazo del proyecto, sin salirse de sus límites.
A2: Magnitud	-1	El valor está asignado en relación con el tipo de residuos que se generan en esta etapa, la cantidad y el nivel de impacto que estos generan en el medio ambiente.
B1: Permanencia	3	Dadas las condiciones que generan este impacto, tiene un efecto temporal, no obstante, tomando en cuenta que se llevaría a cabo durante toda la etapa de preparación del sitio, la cual se ejecuta de manera progresiva conforme se vaya avanzando con el desarrollo de obras y frentes de trabajo, se considera que su efecto es temporal a medio término (de 1 a 10 años).
B2. Reversibilidad	2	Es un impacto que es fácilmente reversible, pero que se implementarán medidas para mantener su efecto positivo.
B3. Acumulabilidad / sinergia	3	Ante el escaso desarrollo de la actividad industrial, el poco impacto de la actividad agrícola y pecuaria en este subfactor, las actividades cotidianas de la población serían las principales fuentes generadoras de este impacto potencial. No obstante, es de mencionar que la generación de residuos en esta etapa se considera baja debido al tipo de actividades que se llevarán a cabo y a la cantidad de trabajadores que se demandará para realizarlas, por lo que se considera un impacto de acumulabilidad incierta.
B4. Susceptibilidad	2	Dentro del SAR existen centros de población, además de estar cercano al centro turístico de Acapulco, los cuales se consideran las mayores fuentes generadoras de residuos, principalmente de sólidos urbanos y de manejo especial; sin embargo, al este del SAR se encuentra el principal relleno sanitario de Acapulco, conocido como "Relleno Sanitario Paso Texca", habilitado en 1997 en 104 ha. Si bien, los daños ocasionados por los huracanes Otis y John, en el 2023 y 2024, respectivamente, incrementaron exponencialmente la disposición de residuos en el relleno sanitario, generado problemas de saturación, se resolvió con la habilitación de una nueva celda. Por lo que se considera que el área es estable a este impacto ambiental.

IMPACTO AMBIENTAL 4: Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo			
Valor de la evaluación (ES)	-10	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 5: Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire	
Etapa	Preparación del sitio
Factor ambiental impactado:	Aire / Calidad
Tipo de impacto:	Adverso
Actividades causantes:	• Despalme, nivelación y compactación de áreas donde se desplantan obras. • Operación de vehículos, maquinaria y equipos automotores. • Mantenimiento de maquinaria y equipos (B).
Descripción:	Las fuentes emisoras de contaminantes se clasifican en dos tipos, de acuerdo con su punto de emisión, en fuentes fijas y móviles. Las fuentes de emisiones fijas es toda infraestructura o actividad que se desarrolla en un punto fijo y que emite contaminantes a la atmósfera y, por otro lado, las fuentes móviles son aquellas que emiten contaminantes en su desplazamiento como parte de su operación, es decir, no tienen un punto fijo para la emisión de contaminantes. En esta etapa de desarrollo del proyecto se tienen fuentes móviles en determinados frentes de trabajo, siendo la maquinaria, vehículos y otros equipos automotores que operarían en la preparación de los sitios de desplante de obras y del trazo de la vía. Las partículas contaminantes generadas por ambas fuentes de emisión se dispersan en el medio ambiente de acuerdo con diversos factores, entre los que se involucran factores climáticos, estabilidad atmosférica (gradiente vertical de temperatura de las capas de aire), orográficos, cobertura vegetal, altura de la fuente de emisión, el contaminante criterio y el tiempo en funcionamiento de la fuente emisora (Merchán y Muñoz, 2017; Pereira- Peláez, 2017; Vidal-Daza y Pérez-Vidal, 2017; Ordoñez-Sánchez et al., 2018; Aguilera et al., 2021). Entre los factores climáticos más importantes que determinan la dispersión de contaminantes están la dirección y velocidad del viento, la radiación y humedad ambiental, la precipitación, temperatura y presión ambiental, y su nivel de participación en la dispersión de contaminantes está en función de la ubicación de las fuentes emisoras. La dispersión de las emisiones está influenciada por diversos factores, sin embargo, estás tienen un rango de dispersión que va aproximadamente de los 500 m a los 8.0 km, de acuerdo con los resultados obtenidos en diversos ejercicios de modelación de los autores mencionados en el párrafo anterior. En esta etapa del proyecto, por un lado, tenemos que la operación de equipos automotores en sitios con suelos con baja humedad

<table>
<tr><th colspan="3">IMPACTO AMBIENTAL 5: Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire</th></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">genera suspensión de pequeñas partículas sólidas del suelo, problema que se incrementa cuando existe viento que ayuda a su dispersión hacia áreas aledañas.
Por otro lado, se tiene que los vehículos, maquinaria y equipos automotores con motores de combustión interna producen, la mayoría de ellos, principalmente tres tipos de emisiones de gases contaminantes que van directo a la atmósfera: a) emisiones evaporativas, b) emisiones por tubo de escape y, c) emisiones de partículas por el desgaste de componentes.
Las emisiones evaporativas son principalmente de hidrocarburos y se tienen con los vehículos automotores en reposo con el motor caliente, de combustible en circulación y durante la recarga de combustible. Y, por otro lado, las emisiones del tubo de escape se producen por la quema del combustible, conteniendo los contaminantes: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2), óxidos de nitrógeno (NO_X), hidrocarburos no quemados (HC), partículas sólidas, entre otros de menor concentración. Estas emisiones dependen del tipo de vehículo, su tecnología y su sistema de control de emisiones, donde vehículos y maquinaria pesada de modelos recientes cuentan con tecnología más avanzada para la reducción de emisiones contaminantes. El mantenimiento que se dé a los vehículos automotores y factores operativos, como la velocidad de operación, la frecuencia e intensidad de las aceleraciones y las características de los combustibles determinan la concentración de los contaminantes en las emisiones de los tubos de escape.
La calidad del aire en la zona aledaña al derecho de vía y en el SAR, en general, es buena pues se trata de una zona rural con baja densidad de población, no obstante, se ubica aledaña a la zona conurbada de la ciudad de Acapulco.</td></tr>
<tr><th colspan="3">Descripción para evaluación RIAM modificado</th></tr>
<tr><td>Componente de evaluación (código)</td><td colspan="2">FQ-5</td></tr>
<tr><td>Criterio</td><td>Valor</td><td>Comentario</td></tr>
<tr><td>A1: Importancia</td><td>2</td><td>En esta etapa de desarrollo del proyecto se tiene baja importancia dado que su efecto es mayormente a nivel puntual, en frentes de trabajo activos del proyecto, el movimiento hacia áreas exteriores del proyecto son pocas. Además, de acuerdo con resultados publicados, el rango de dispersión de las emisiones generadas va de los 500 m a los 8.0 km de su punto de generación, lo que no llega a generar unmimpacto a nivel regional.</td></tr>
<tr><td>A2: Magnitud</td><td>-1</td><td>El valor se asignó tomando en cuenta el tipo y cantidad de emisiones al ambiente, entre los cuales no se encuentra ninguno tóxico, con alta residualidad en el ambiente o de gran impacto por su concentración a la salud de los pobladores.</td></tr>
</table>

IMPACTO AMBIENTAL 5: Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire			
B1: Permanencia	3	Este impacto tiene como característica que se genera cuando hay actividades, pero de manera intermitente. La generación del impacto se considera temporal a corto plazo por el periodo de actividad de los vehículos y maquinaria, pero temporal a medio término por las emisiones que se emiten durante las actividades de la etapa, la cual implica entre 1 y 10 años.	
B2. Reversibilidad	2	Es un impacto que es totalmente reversible y con eficientes medidas de mitigación, en caso de que se detecte daños graves al ambiente o a la población.	
B3. Acumulabilidad / sinergia	4	En el sistema ambiental se tiene actividad de vehículos pesados y ligeros que circulan por la carretera federal 95 (libre), en su tramo "Paso Texca – Bajos del Ejido – Coyuca de Benítez", el Libramiento Poniente Acapulco 200D, que va de la altura de la localidad Lomas del Aire a Bajos del Ejido, además de otras vías secundarias que comunican localidades inmersas en el SAR, tanto de terracería como pavimentados, como los caminos "Bajos del Ejido – Tixtlancingo" y "El Bordonal – Yetla"; por lo que, se trata de un impacto ambiental acumulativo.	
B4. Susceptibilidad	2	Se considera que se trata de un ambiente estable porque no se trata de una región que tenga registro de problemas de contaminación de este tipo, no existen grandes fuentes emisoras de contaminantes y no hay ecosistemas que se vean impactados.	
Valor de la evaluación (ES)	-22	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 6: Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido	
Etapa	Preparación del sitio
Factor ambiental impactado:	Aire / Confort sonoro
Tipo de impacto:	Adverso
Actividades causantes:	• Operación de vehículos, maquinaria y equipos para la preparación del sitio y traslado de personal. • Mantenimiento de maquinaria y equipos automotores (B).
Descripción:	La operación de los vehículos automotores y de la maquinaria emitirán una intensidad de ruido que va de los 70 a 90 dB(A) para los vehículos, y de entre 78 y 107 dB(A) para la maquinaria que operaría en las actividades de remoción de vegetación, recuperación de suelo, nivelación, compactación y en el traslado de personal. El ruido generado por los automotores tiene un efecto directo en el comportamiento animal ya que diversas especies de anfibios,

IMPACTO AMBIENTAL 6: Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido	
	reptiles, mamíferos y aves se comunican usando sonidos. Las emisiones de cantos y diferentes sonidos de acuerdo con la especie se usan para atraer pareja, defender territorio de rivales, mantener comunicación entre grupos, pedir comida y comunicar riesgos. El ruido generado por automotores llega a alterar la comunicación entre individuos de una misma especie, lo cual está determinado por el rango espectro de alteración. De acuerdo con Benítez et al. (2021b), algunas especies no logran adaptarse a las nuevas condiciones y se ahuyentan a áreas con menos contaminación auditiva, ya sea de manera temporal o permanentemente; otras logran adaptarse no sin sufrir modificaciones en su comportamiento, como el cantar o llamar más fuerte o hacerlo en momentos del día más tranquilos. Los autores antes mencionados encontraron que diversos autores refieren que algunos anfibios, aves y mamíferos varían la frecuencia, intensidad y estructura de su sonido según las condiciones del medio, lo que implica que en algunas áreas utilizan frecuencias altas y más rápidas, mientras que en otras utilizan frecuencias más bajas y separadas como medio de adaptación. Benítez et al. (2021c), presentan los resultados de mediciones semicontinuas de ruido de fondo y de ruido provenientes de fuentes fijas, semiestacionarias y móviles, resultados que pueden ayudar a entender su intensidad y su efecto en el medio ambiente. Los resultados obtenidos en las mediciones de ruido de fondo oscilaron entre 40 y 42 dB, con un mínimo de 36 dB en la línea de costa, y un valor máximo de 62 dB, en la zona de humedales. Los resultados del monitoreo en una fuente fija (instalaciones del Centro de Proceso y Transporte de Gas de Atasta de PEMEX), oscilaron entre 50 y 90 dB, los cuales se redujeron a <40 dB (ruido de fondo) a una distancia entre 270 – 450 m, lo cual dependió de la velocidad y dirección del viento. Los niveles más altos de ruido (60 – 90 dB) se tuvieron dentro de las instalaciones de la planta. Fuera de las instalaciones, las cuales se encuentran rodeadas por cobertura vegetal, amortiguaron el efecto de ruido a partir de los 200 m de distancia de las instalaciones. En una segunda fuente fija evaluada (patio de maniobras de ICA), se diferenció de las instalaciones de PEMEX porque éste no cuenta con barda perimetral, instalación que funciona con barrera contra las emisiones. Dentro del patio, se obtuvieron valores que van de los 50 a los 90 dB, pero la falta de barda su efecto se redujo hasta después de los 270 – 325 m del patio. En el área con presencia de vegetación fuera del patio fue donde se logró reducir el efecto de las emisiones generadas en el patio de maniobras. En la fuente de emisión semiestacionaria (sitio de construcción de una escollera, lo que se asemejaría a las condiciones del derecho de vía del presente proyecto carretero), la maquinaria tuvo valores máximos de 45 dB y los vehículos de 40 dB, con una inferencia de

IMPACTO AMBIENTAL 6: Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido	
	hasta los 80 m donde el ruido bajaba a niveles de ruido de fondo (36 dB), lo cual fue atribuido a la presencia de cobertura vegetal (mangle). No obstante, atribuyen los bajos niveles de ruido (< 10 dB por arriba del ruido de fondo) a las bajas velocidades de operación, tanto de la maquinaria como de los vehículos. Por último, los camiones que circularon sobre la terracería ocasionaron emisiones entre 73 y 83 dB, con picos de hasta 90 dB. En áreas con cobertura vegetal se alcanzaron niveles de ruido ambiental entre los 200 y 250 m de distancia de la vía de comunicación. En áreas que no contaban con cobertura vegetal el área afectada se extendió hasta casi 1.0 km de distancia. Los picos máximos se tuvieron cuando los camiones circulaban sin carga y a una velocidad mayor de los 40 km h^{-1}. Estudiando el efecto de la contaminación acústica en la fauna silvestre en general (Warren et al., 2006), y en aves, particularmente, Arpacik et al. (2016), mencionaron que ésta impacta negativamente su comportamiento, especialmente en el apareamiento, anidación y alimentación. Francis y Barber (2013) y Peris y Pescador (2004) encontraron que en ciertas especies de aves el ruido que se emite tiene un efecto adverso, pero no en toda la comunidad de aves de una región, lo que llega a reflejarse en una reducción en la diversidad de especies. Esto último también lo reportan Francis et al. (2009) estudiando el efecto que tiene la contaminación acústica en la distribución y anidamiento de aves, encontrando que el ruido redujo la diversidad de especies anidadas, guiando a una diferenciación de comunidades y favoreciendo la reproducción debido a la reducción de algunos depredadores. De acuerdo con Montenegro et al. (2020), el ruido generado por el transporte provoca cambios conductuales en las aves según la intensidad que alcance: cambio en la frecuencia de vocalizaciones al llegar a los 50 dBA, incremento en la amplitud de vocalizaciones a los 57 dBA, preferencia por descansar en áreas más tranquilas a los 47 dBA, efectos en fisiología y desarrollo a los 60 dBA y cambios en abundancia, riqueza, distribución y ocupación menor a los 46 dBA. En el caso de los mamíferos se tendría un menor efecto que en las aves, considerando su cambio conductual, según los criterios potenciales mencionados por los autores antes mencionados, y a mayores niveles de ruido, notándose cambios entre los 52 dBA y los 98 dBA. En este caso, el ruido generado por el transporte incide en la búsqueda de alimento cuando se llega a los 80 dBA de presión sonora, pero a partir de los 52 dBA se esperaría un incremento en el estrés fisiológico cuando se analiza desde el punto de vista del ruido industrial, que es una fuente fija y constante de ruido. Por otro lado, en reptiles el ruido llega a tener menor efecto, ya que son pocas las especies de esta clase que usan sonidos para

IMPACTO AMBIENTAL 6: Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido		
	comunicarse, entre los que se conocen que lo utilizan están los geckos (*Gekko* sp.) y el anolis verde (*Anolis carolinensis*). En el SAR y área del proyecto, se registró la presencia del gecko panza amarilla (*Phyllodactylus tuberculosus*), no obstante, no se encontró información sobre el comportamiento de esta especies al respecto.	
Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)	FQ-6	
Criterio	**Valor**	**Comentario**
A1: Importancia	2	Considerando el tipo de actividades a realizar en esta etapa, la poca maquinaria y vehículos que se requerirían para llevarlas a cabo, el impacto será puntual, intermitente y de corta duración, pudiendo llegar a impactar hasta un kilómetro de distancia del eje, según la cobertura vegetal aledaña al trazo donde se esté actuando específicamente.
A2: Magnitud	-1	Es un impacto negativo por el incremento de las ondas acústicas en la atmósfera, sin llegar a ser significativo porque se espera que la operación de la máquina que se utilizaría para la recuperación de suelo en las áreas de desplante, equipo para el desmonte y deshierbe y de los vehículos que ayuden al transporte de personal tengan las condiciones óptimas.
B1: Permanencia	3	Este impacto tiene como característica que se genera a lo largo del día, cuando hay más actividades, pero de manera intermitente. Su permanencia se considera de largo plazo por la dispersión a través del tiempo de las actividades de preparación del sitio por el desarrollo del proyecto, en la cual se ven implicadas diversas actividades, no por el tiempo que tome revertir el impacto.
B2. Reversibilidad	2	Es un impacto reversible y con eficientes medidas de mitigación, en caso de que se detecte daños graves al ambiente o a la población.
B3. Acumulabilidad / sinergia	4	En el sistema ambiental se tiene actividad de vehículos pesados y ligeros que circulan por la carretera federales 95 (libre), en su tramo "Paso Texca – Bajos del Ejido – Coyuca de Benítez", el Libramiento Poniente Acapulco 200D, que va de la altura de la localidad Lomas del Aire a Bajos del Ejido, además de otras vías secundarias que comunican localidades inmersas en el SAR, tanto de terracería como pavimentados, como los caminos "Bajos del Ejido – Tixtlancingo" y "El Bordonal – Yetla"; por lo que, se trata de un impacto ambiental acumulativo.
B4. Susceptibilidad	2	Dada la ubicación y condiciones actuales del derecho de vía y la distancia a grandes zonas urbanas, no se

IMPACTO AMBIENTAL 6: Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido			
		considera que tenga elementos susceptibles a elevados niveles de ruido, por lo que se considera una región estable a esta alteración.	
Valor de la evaluación (ES)	-22	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 7: Cambio en el comportamiento de factores climáticos		
Etapa	Preparación del sitio	
Factor ambiental impactado:	Aire / Microclima	
Tipo de impacto:	Adverso	
Actividades causantes:	• Deshierbe y desmonte. • Despalme, nivelación y compactación de áreas donde se desplantan obras.	
Descripción:	La cobertura vegetal, ya sea natural o artificial, juega un importante papel en la regulación de factores climáticos a nivel local, entre ellos se pueden mencionar su influencia en la radiación solar que llega a la superficie, en la velocidad y dirección del viento, en la humedad ambiental, regulación de la humedad del suelo y en la humedad del aire. Dependiendo del valor que alcancen estos factores climáticos se determina la sensación del confort ambiental determinado por los factores climáticos. Lugares sin cobertura vegetal tienen una mayor incidencia y reflejo de radiación solar y el viento alcanza mayor velocidad, por la falta de una barrera natural que lo controle, lo que influye en una mayor pérdida de humedad del suelo y el aire, generando una sensación de mayor temperatura ambiental local o puntual.	
Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)	FQ-7	
Criterio	**Valor**	**Comentario**
A1: Importancia	2	Este en un impacto que se manifiesta a nivel local, principalmente en el área donde se lleva a cabo la remoción de la vegetación y se expone el material rocoso, el cual favorece una reducción del albedo, es decir, de la cantidad de radiación solar que se refleja por la superficie. Normalmente, la vegetación minimiza la reflexión de la radiación solar. Un área con vegetación de selva caducifolia tiene un albedo que varía de acuerdo con la época del año, durante el periodo de lluvias llega a ser de 16 %, lo que indica que el dosel tiene alta capacidad de absorber la radiación solar, y durante las secas de 26 %, ya que al no existir cobertura vegetal, el suelo queda descubierto y refleja más fácil la radiación. Por otro lado, un área con suelo desnudo tiene un albedo bajo, el cual

IMPACTO AMBIENTAL 7: Cambio en el comportamiento de factores climáticos			
		depende del color y porcentaje de humedad, lo que indica que absorbe la mayor parte de la radiación solar.	
A2: Magnitud	-1	La magnitud del impacto se considera solo negativo dado el nivel del incremento de la absorción de la radiación que representa el dejar el suelo de las áreas de desplante de obras desnudo con respecto a la absorbancia de terrenos con cobertura vegetal que serán sometidos al cambio de uso de suelo con respecto a la superficie total de la obra. De las 25.566 ha totales del área del proyecto, solo el 9.38 % (2.398 ha) tiene cobertura vegetal forestal, de la cual se solicita autorización para llevar a cabo el cambio de uso del suelo.	
B1: Permanencia	4	Este efecto se inicia con la remoción de la vegetación en las áreas para la construcción de la infraestructura civil para la operatividad del proyecto y dura hasta concluir la vida útil del proyecto, por lo que cae dentro del rango de largo plazo.	
B2. Reversibilidad	4	Recuperar el estado original aplicando medidas ambientales se considera que implicaría más de 10 años, por lo que se clasifica como irreversible.	
B3. Acumulabilidad / sinergia	4	En el SAR existen áreas que han sido sometidas al cambio de uso del suelo para el desarrollo de infraestructura o para la realización de actividades agropecuarias, construcción de asentamientos humanos, vías de comunicación, bancos de explotación de materiales pétreos, entre otros.	
B4. Susceptibilidad	2		
Valor de la evaluación (ES)	-28	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 8: Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua superficial	
Etapa	Preparación del sitio
Etapa	Preparación del sitio
Factor ambiental impactado:	Agua / Calidad del agua superficial
Tipo de impacto:	Adverso
Actividades causantes:	• Levantamiento carpeta asfáltica en área de modernización. • Desmantelamiento de obras de drenaje por modificar. • Despalme, nivelación y compactación de áreas donde se desplantan obras.
Descripción:	Las actividades que implican la pérdida de cobertura vegetal del suelo, natural o inducida, lo exponen a sufrir pérdidas por efectos de la lluvia y del viento al quedar sin su capa protectora de

<table>
<tr><th colspan="3">IMPACTO AMBIENTAL 8: Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua superficial</th></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">impactos externos y que le aporta materia orgánica que favorece la cohesión en sus componentes estructurales.
La manipulación del horizonte del suelo para la conformación de las áreas en las que se instalará la infraestructura del proyecto y se realizarán las actividades constructivas de la vía de comunicación, rompen con la conformación estructural del perfil del suelo y lo expone a la pérdida de sus partículas por efecto de la fuerza del viento y arrastre de las corrientes de agua que se forman durante la época de lluvia, la cual llega a cuerpos de agua superficiales, temporales y permanentes, formando sedimentos a lo largo de los cauces.
La demolición de las obras de drenaje menor y los cuatro puentes que serán modernizados, como parte de las obras y actividades del proyecto, son una fuente de generación de residuos de manejo especial. Al ser componentes cuya función es permitir el libre flujo de agua de los cuerpos de agua superficiales que cruzan la vía de comunicación, esta actividad se realiza sobre el cuerpo de agua. De no tener un adecuado manejo temporal y disposición de los residuos generados en estas actividades, se convertirían en una fuentes potencial de contaminación del cauce. No obstante, el cascajo que se genere no contiene sustancias ni compuestos peligrosos ni de efecto residual en el medio ambiente.
El uso de la maquinaria, vehículos y equipos automotores implica el empleo de hidrocarburos, por lo que, en caso de fugas o derrames durante su operación o en las actividades de mantenimiento, estas sustancias podrían contaminar el suelo y posteriormente, ser arrastrados por la escorrentía hacia cuerpos de agua superficiales si no se implementan las medidas ambientales pertinentes.</td></tr>
<tr><th colspan="3">Descripción para evaluación RIAM modificado</th></tr>
<tr><td>Componente de evaluación (código)</td><td colspan="2">FQ-8</td></tr>
<tr><td>Criterio</td><td>Valor</td><td>Comentario</td></tr>
<tr><td>A1: Importancia</td><td>2</td><td>Considerando la descripción de la escala, se espera que se tenga un impacto medianamente significativo hacia aguas abajo del trazo del proyecto, lo que puede manifestarse un poco más allá del entorno local en el que se desarrollarán las actividades de preparación del sitio, tomando en cuenta el comportamiento de los cuerpos de agua presentes en las áreas del proyecto.</td></tr>
<tr><td>A2: Magnitud</td><td>-1</td><td>Se considera solo como un cambio negativo del estado actual, tomando en cuenta que la alteración estaría ocasionada principalmente por partículas de suelo arrastradas por procesos eólicos e hídricos y residuos dispersos, sin llegar a considerarse una grave contaminación con minerales o sustancias riesgosas.</td></tr>
</table>

IMPACTO AMBIENTAL 8: Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua superficial			
B1: Permanencia	3		
B2. Reversibilidad	2	Se trata de un impacto que se puede revertir con el hecho de que se detenga la acción generadora y se implementen las medidas más apropiadas en tiempo y forma para revertir la afectación.	
B3. Acumulabilidad / sinergia	3	El SAR cuenta con áreas con problemas de degradación por erosión hídrica, con pérdida de suelo superficial y con deformación del terreno; en ambos casos en grado ligero y originada por efectos de la deforestación, las cuales pueden implicar un efecto acumulativo incierto, en caso de que las obras y actividades del proyecto en esta etapa no se desarrollaran de manera paulatina.	
B4. Susceptibilidad	3	Se considera un área sensible a cambios ambientales, por el hecho de presentar áreas con afectaciones que en un momento dado pueden implicar afectaciones a los cuerpos de agua superficiales, temporales o permanentes, existentes en la región.	
Valor de la evaluación (ES)	-22	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 9: Cambio en los flujos y movimientos de agua superficial temporal	
Etapa	Preparación del sitio
Factor ambiental impactado:	Agua / Modificación del flujo
Tipo de impacto:	Adverso
Actividades causantes:	• Deshierbe y desmonte. • Despalme, nivelación y compactación de áreas donde se desplantan obras.
Descripción:	La pérdida de la cobertura es la primera reguladora de la derivación de agua pluvial. Al no existir la cobertura vegetal en las áreas desmontadas se reduce el potencial de infiltración y se incrementa la escorrentía siguiendo los cauces naturales definidos por la orografía y relieve del área afectada. Sin embargo, como parte de la preparación de las áreas para la construcción de obras y desarrollo de actividades, se realizan cambios a la conformación orográfica del terreno, por medio del despalme y la nivelación, alterando aún más la capacidad de retención de agua por parte del suelo y cambiando el flujo natural del agua. Dentro del área del proyecto, cruzan cuerpos de agua superficiales, algunos temporales que se forman durante los eventos hidrometeorológicos que se tienen en la época de lluvias – de mayo a noviembre – y otros permanentes cuyo caudal disminuye considerablemente durante la época de secas. Estas corrientes representan un riesgo potencial, ya que en su cruce con la vía de comunicación podrían afectar la estabilidad de las áreas

IMPACTO AMBIENTAL 9: Cambio en los flujos y movimientos de agua superficial temporal			
	que se encuentran en preparación para la construcción de la vía. Esto evidencia la necesidad y justifica la construcción de obras de drenaje que encaucen y permitan el libre flujo y sentido de las corrientes hacia zonas de escorrentía naturales que no interfieran con las obras del proyecto, las que en mayoría confluyen en la Laguna de Coyuca.		
Descripción para evaluación RIAM modificado			
Componente de evaluación (código)	FQ-9		
Criterio	**Valor**	**Comentario**	
A1: Importancia	1	Es un impacto de tipo puntual, exclusivamente en las áreas de desplante de obras y de ejecución de actividades del proyecto, sin tener repercusión directa más allá de las áreas de intervención del proyecto.	
A2: Magnitud	-2	Se considera un cambio adverso significativo por la condición orográfica en el SAR y trazo del proyecto, además porque a lo largo del trazo se tiene la presencia de cuerpos de agua que pueden verse afectados directamente por el desarrollo del proyecto.	
B1: Permanencia	4		
B2. Reversibilidad	3		
B3. Acumulabilidad / sinergia	4	Los flujos de agua superficiales en el SAR han sido alterados, o se establecieron obras para permitir su funcionamiento, por la construcción de la carretera federales 95 (libre), en su tramo "Paso Texca – Bajos del Ejido – Coyuca de Benítez", el Libramiento Poniente Acapulco 200D, así como de la misma carretera federal 200, en su tramo Acapulco – Coyuca de Benítez, además de las realizadas en los caminos secundarios existentes dentro del SAR.	
B4. Susceptibilidad	3	La condición orográfica, el cambio de las geoformas por la que atraviesa el trazo del proyecto, las cuales se hacen más pronunciadas hacia el centro y norte del SAR, le da un carácter relevante a la cuenca hidrológica y al proceso del flujo y movimiento del agua superficial.	
Valor de la evaluación (ES)	-28	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 10: Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático	
Factor ambiental impactado:	Agua / Recarga del manto freático
Tipo de impacto:	Adverso
Actividades causantes:	• Deshierbe y desmonte. • Despalme, nivelación y compactación de áreas donde se desplantan obras.

IMPACTO AMBIENTAL 10: Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático			
Descripción:	La pérdida de la cobertura es la primera reguladora de la derivación de agua pluvial. Al no existir la cobertura vegetal en las áreas desmontadas se reduce el potencial de infiltración del agua pluvial, y se incrementa la escorrentía siguiendo los cauces naturales definidos por la orografía y relieve del área afectada. Sin embargo, como parte de la preparación de las áreas para la construcción de obras y desarrollo de actividades, se realizan cambios a la conformación orográfica del terreno y se alterará el perfil del suelo, por medio del despalme y la nivelación, alterando aún más la capacidad de retención de agua por parte del suelo y cambiando el flujo natural del agua. Regionalmente, el trazo del proyecto se encuentra en la parte baja del SAR y cuenca hidrológica, cercana al área de costa, donde predomina un relieve relativamente plano con ligeras ondulaciones, con poca cobertura vegetal forestal debido a los cambios de uso de suelo para el desarrollo de actividades agropecuarias, predominantemente. Por lo que, si bien, su ubicación, relieve y tipo de suelo pudiera favorecer los procesos de infiltración de agua, la baja cobertura vegetal limita este proceso.		
Descripción para evaluación RIAM modificado			
Componente de evaluación (código)	FQ-10		
Criterio	**Valor**	**Comentario**	
A1: Importancia	1	Es un impacto que se genera de manera puntual, exclusivamente en las áreas de desplante de obras y de ejecución de actividades del proyecto, sin tener repercusión directa más allá de las áreas de intervención del proyecto.	
A2: Magnitud	-2	Se considera un cambio significativo por la condición orográfica en el SAR definido para el desarrollo del proyecto, ubicándose al norte de éste las pendientes más pronunciadas que favorecen la escorrentía hacia el sur con presencia de pendientes planas y un suelo franco que favorece el proceso de retención e infiltración de agua.	
B1: Permanencia	4		
B2. Reversibilidad	4		
B3. Acumulabilidad / sinergia	4		
B4. Susceptibilidad	2	La condición geológica regional donde se ubica el trazo de la vía y el SAR, puede considerarse de baja permeabilidad, lo que hace que se considere una región estable a los cambios ambientales.	
Valor de la evaluación (ES)	-28	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 11: Cambio de la abundancia de individuos de especies de flora silvestre	
Etapa	Preparación del sitio
Factor ambiental impactado:	Flora silvestre / Abundancia
Tipo de impacto:	Adverso
Actividades causantes:	• Delimitación del DDV y trazado de áreas. • Deshierbe y desmonte de las áreas de obras.
Descripción:	Para poder llevar a cabo la construcción de las obras del proyecto, es necesario realizar el desmonte de aquellas superficies dentro del derecho de vía donde se proyecta su emplazamiento. La remoción de dichos individuos no implica la afectación de la diversidad de flora silvestre, pero sí la abundancia de individuos en el área del proyecto. El trazo del proyecto se desplanta mayoritariamente sobre áreas con usos de suelo de asentamientos humanos y agricultura temporal permanente, principalmente para la producción de palma de coco, mango y limón para comercializar en el estado y a nivel nacional. Además, en esas mismas áreas, es común que se siembre cultivos de ciclo corto para autoconsumo, estando entre estos cultivos el maíz, frijol, calabaza y verduras. No obstante, algunas de las superficies requeridas para la modernización de la carretera y para la construcción del libramiento (cuerpo nuevo) cuentan con vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, la cual es considerada vegetación forestal. Para la construcción y operación segura de la carretera, resulta necesario realizar el cambio de uso de suelo de vegetación forestal en 23,976.07 m^2 (2.398 ha) de este tipo de vegetación. En el SAR se diferenciaron 20 diferentes usos de suelo y vegetación, tomando como base la carta de usos de suelo y vegetación serie VII, escala 1:250,000, del INEGI. De las 32,885.19 ha del SAR, 11.23 % presentan una cobertura vegetal forestal de vegetación primaria, 36.96 % de vegetación secundaria, tanto arbórea como arbustiva. El 42.17 % de la superficie de SAR ya fue sometida a cambio de uso del suelo, de esta superficie el 21.11 % se encuentra cubierta con pastizal cultivado para la producción ganadera, 12.62 % para actividades agrícolas, 7.10 % está destinado a asentamientos humanos y 1.33 % se encuentra sin vegetación aparente. El restante 9.64 % se encuentra cubierto por la Laguna de Coyuca. Con base en el trabajo de campo realizado, en los 255,662.65 m^2 del área del proyecto se identificaron cuatro tipos usos de suelo y vegetación: Agricultura de temporal permanente en el 48.87 %, sin vegetación aparente en el 30.99 %, asentamientos humanos ocupando el 10.77 % y el restante 9.38 % de la superficie se encuentra cubierto por vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia.

<table>
<tr><th colspan="3">IMPACTO AMBIENTAL 11: Cambio de la abundancia de individuos de especies de flora silvestre</th></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">La caracterización de este tipo de vegetación en el SAR arrojó una composición florística de 22 especies, sumando las especies identificadas en los estratos arbóreo y arbustivo. El estrato arbóreo se compone de 15 especies, con una densidad de 553 individuos por hectárea, siendo las especies timuche (Pithecellobium lanceolatum), cornezuelo (Vacehellia hindsii) y palma de coco (Cocos nucifera), las especies con mayor abundancia con 167, 107 y 67 ind ha^{-1}, respectivamente. El estrato arbustivo se conformó por 16 especies y una densidad de 6,360 ind ha^{-1}, siendo las especies dormilona (<i>Mimosa quadrivalvis</i>), frijolillo (<i>Senna occidentalis</i>) y palma de coco (<i>C. nucifera</i>), las de mayor abundancia con 980, 680 y 540 ind ha^{-1}, en el orden antes citado.
A nivel del área del proyecto, en este mismo tipo de vegetación se encontró una diversidad de 14 especies entre los estratos arbóreo y arbustivo, todas reportadas a nivel del SAR. En el estrato arbóreo se encontraron nueve especies con una densidad de 253 ind ha^{-1}, siendo las especies cornezuelo (<i>V. hindsii</i>), y sasanil (<i>Cordina dentata</i>) las de mayor abundancia con 67 y 53 ind ha^{-1}, respectivamente. Por otro lado, el estrato arbustivo se conformó por 12 especies y una densidad de 3,140 ind ha^{-1}; siendo las especies más abundante el cornezuelo (<i>V. hindsii</i>), y el timuche (<i>P. lanceolatum</i>), con 960 y 760 ind ha^{-1}.
Respecto de las especies registradas en el área del proyecto, de las 14 especies solamente el palo blanco (B. integerrima) se encuentra listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 como una especie Amenazada (A), por lo que previo a las actividades de desmonte, se deberá verificar la presencia de esta, y de ser el caso, realizar el rescate de individuos jóvenes para su reubicación, y de material vegetal para su propagación en vivero y posterior uso en las actividades de reforestación.
De la lista roja de especies de la UICN, 11 de las 14 especies se encuentran clasificadas como de preocupación menor, es decir, que se trata de especies que no cumplen con ningún criterio que defina las categorías de En Peligro Crítico, En Peligro, Vulnerable o Casi Amenazada, mientras que el resto de las especies no cuentan con clasificación.</td></tr>
<tr><th colspan="3">Descripción para evaluación RIAM modificado</th></tr>
<tr><td>Componente de evaluación (código)</td><td colspan="2">BE-1</td></tr>
<tr><td>Criterio</td><td>Valor</td><td>Comentario</td></tr>
<tr><td>A1: Importancia</td><td>1</td><td>La vegetación es un componente ambiental que tiene una amplia relevancia en los ecosistemas, y la afectación que reciban las áreas con cobertura vegetal tendrá repercusión directa en otros componentes ambientales. No obstante, esta actividad únicamente tiene lugar dentro del derecho de vía, y en áreas bien definidas que aún cuentan con cobertura vegetal forestal.</td></tr>
</table>

IMPACTO AMBIENTAL 11: Cambio de la abundancia de individuos de especies de flora silvestre			
A2: Magnitud	-2	Considerando la interacción con otros componentes ambientales y el efecto directo de la afectación, se considera como un cambio negativo significativo.	
B1: Permanencia	4	Por seguridad de la usuarios de la vía, el derecho de vía se debe mantener limpio y sin cobertura vegetal para prevenir accidentes por la presencia de individuos arbóreos o arbustivos que puedan caer sobre la vía de comunicación y provocar algún tipo de accidente. Por lo que, se considera un impacto de largo plazo o permanente.	
B2. Reversibilidad	4		
B3. Acumulabilidad / sinergia	4	Este impacto no se considera que tenga sinergia, pero sí acumulación con los cambios que se han dado en el SAR para el desarrollo de centros poblacionales, actividades agropecuaria, apertura de bancos de explotación de materiales pétreos, construcción de vías de comunicación (Libramiento Poniente Acapulco 200D, carrera federal libre 95 tramo Paso Texca – Coyuca de Benítez, carretera federal costera 200, tramo Acapulco – Coyuca de Benítez, y carreteras secundarias Bajos del Ejido – Tixtlancingo y El Bordonal – Yetla, entre otras), y tendido de las líneas de distribución y transmisión de energía eléctrica.	
B4. Susceptibilidad	4	El grado de susceptibilidad ambiental del área está dada por el tipo de vegetación a afectar, su estado de conservación y la importancia de la cobertura de vegetación en el SAR tomando en cuenta los diferentes usos de suelo.	
Valor de la evaluación (ES)	-32	Valor alfabético	-B (Impacto negativo moderado)

IMPACTO AMBIENTAL 12: Modificación de la superficie y distribución de la cobertura y tipo de vegetación	
Etapa	Preparación del sitio
Factor ambiental impactado:	Flora silvestre / cobertura vegetal
Tipo de impacto:	Adverso
Actividades causantes:	• Delimitación del DDV y trazado de áreas. • Deshierbe y desmonte de las áreas de obras.
Descripción:	Para poder llevar a cabo la ampliación de la carretera actual y la construcción del libramiento (cuerpo nuevo), es necesario tanto el desmonte de la vegetación como el retiro de la capa de suelo en las superficies requeridas por el proyecto. El desarrollo de las obras implica una superficie de afectación de 25.566 ha, de las cuales solo 2.398 ha requerirán del cambio de uso de suelo por la remoción de vegetación secundaria arbustiva de selva baja

<table>
<tr><th colspan="3">IMPACTO AMBIENTAL 12: Modificación de la superficie y distribución de la cobertura y tipo de vegetación</th></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">caducifolia, la cual se distribuyen en pequeñas áreas entre los cadenamientos 14+100, a la altura del entronque "El Conchero II", y el entronque 19+200, a la altura de la localidad "Brasilia".
Los resultados de dominancia, a nivel del SAR, arrojaron que en el estrato arbóreo las especies dominantes son: palma de coco (Cocos nucifera) con una altura promedio de 23.08 m y una cobertura de 21.37 m^2, y Mangifera indica con una altura promedio de 20.00 m y una cobertura de 28.27 m^2; ambas especies de interés comercial que se encuentran invadiendo áreas naturales. Mientras que, en el estrato arbustivo, las especies dominantes resultaron ser el guaje (Leucaena leucocephala) con una altura promedio de 3.70 m y una cobertura de 2.43 m^2, y el cornezuelo (Vachellia hindsii) con una altura promedio de 3.51 m y una cobertura de 1.19 m^2, dos leguminosas (Fabaceas) que se consideran oportunistas.
A nivel del área del proyecto, en el estrato arbóreo resultó que las especies dominantes fueron la palma de coco (C. nucifera), con una altura promedio de 22.00 m y una cobertura de 9.62 m^2, el cornezuelo (V. hindsii) con una altura promedio de 6.42 m y una cobertura de 6.39 m^2, y el sasanil (Cordia dentata) con una altura promedio de 6.20 m y una cobertura de 4.74 m^2 . Y, en el estrato arbustivo, se obtuvo que las especies dominantes fueron: guaje (L. leucocephala) con una altura promedio de 3.73. m y una cobertura de 1.66 m^2, cornezuelo (V. hindsii) con una altura promedio de 3.41 m y una cobertura de 1.22 m^2, palo blanco (B. integérrima) con una altura promedio de 3.24 m y una cobertura de 1.47 m^2 y palo colorado (Coulteria platyloba) con una altura promedio de 3.00 m y una cobertura de 2.01 m^2.</td></tr>
<tr><th colspan="3">Descripción para evaluación RIAM modificado</th></tr>
<tr><td>Componente de evaluación (código)</td><td colspan="2">BE-2</td></tr>
<tr><th>Criterio</th><th>Valor</th><th>Comentario</th></tr>
<tr><td>A1: Importancia</td><td>1</td><td>La vegetación es un componente ambiental que tiene una amplia relevancia en los ecosistemas, la afectación que reciban las áreas con cobertura vegetal tendrá repercusión directa en otros componentes ambientales. No obstante, esta actividad únicamente tiene lugar dentro de los 40 m del derecho de vía, en un área bien definida que solo representa el 9.38 % del área del proyecto.</td></tr>
<tr><td>A2: Magnitud</td><td>-2</td><td>Considerando la interacción con otros componentes ambientales y el efecto directo de afectación, se considera como un cambio significativo negativo.</td></tr>
<tr><td>B1: Permanencia</td><td>4</td><td rowspan="2">Por seguridad de la usuarios de la vía, el derecho de vía se debe mantener limpio y sin cobertura vegetal para prevenir accidentes por la presencia de individuos arbóreos o arbustivos que puedan caer sobre la vía de comunicación y provocar algún tipo de accidente. Por lo</td></tr>
<tr><td>B2. Reversibilidad</td><td>4</td></tr>
</table>

IMPACTO AMBIENTAL 12: Modificación de la superficie y distribución de la cobertura y tipo de vegetación			
		que, se considera un impacto de largo plazo o permanente.	
B3. Acumulabilidad / sinergia	4	Este impacto no se considera que tenga sinergia, pero sí acumulación con los cambios que se han dado en el SAR para el desarrollo de centros poblacionales, actividades agropecuaria, apertura de bancos de explotación de materiales pétreos, construcción de vías de comunicación (Libramiento Poniente Acapulco 200D, carrera federal libre 95 tramo Paso Texca – Coyuca de Benítez, carretera federal costera 200, tramo Acapulco – Coyuca de Benítez, y carreteras secundarias Bajos del Ejido – Tixtlancingo y El Bordonal – Yetla, entre otras), y tendido de las líneas de distribución y transmisión de energía eléctrica.	
B4. Susceptibilidad	4	El grado de susceptibilidad ambiental del área está dada por el tipo de vegetación a afectar, su estado de conservación, y la importancia de la cobertura de vegetación en el SAR tomando en cuenta los diferentes usos de suelo.	
Valor de la evaluación (ES)	-32	Valor alfabético	-B (Impacto negativo moderado)

IMPACTO AMBIENTAL 13: Afectación a ejemplares de flora silvestre de especies en categoría de riesgo	
Etapa	Preparación del sitio
Factor ambiental impactado:	Flora silvestre / Especies en riesgo y relevancia ambiental
Tipo de impacto:	Adverso
Actividades causantes:	• Deshierbe y desmonte de las áreas de obras.
Descripción:	Respecto de las 14 especies registradas en el área del proyecto, solamente una, el Palo blanco (*Bravaisia integerrima*) se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 como una especie Amenazada (A), por lo que previo a las actividades de desmonte, se deberá realizar el rescate de individuos jóvenes para su reubicación, y de material vegetal para su propagación en vivero y posterior uso en las actividades de reforestación. De la lista roja de especies de la UICN, 11 de las 14 especies se encuentran clasificadas como de Preocupación Menor (LC), es decir, que se trata de especies que no cumplen con ningún criterio que defina las categorías de En Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerable (VU) o Casi Amenazada (NT), mientras que el resto de las especies no cuentan con clasificación.
Descripción para evaluación RIAM modificado	
Componente de evaluación (código)	BE-3

IMPACTO AMBIENTAL 13: Afectación a ejemplares de flora silvestre de especies en categoría de riesgo			
Criterio	**Valor**	**Comentario**	
A1: Importancia	2	Alcanza este grado de importancia dado que se trata de especies que presentan ciertas condiciones de manejo prioritario debido a su nivel crítico en el ecosistema, el cual tiene impacto a nivel regional.	
A2: Magnitud	-2	Se clasifica como un impacto significativo, y no solo negativo, bajo la consideración de que no se afecta la especie en su totalidad, sino que solo podrían ser afectados algunos ejemplares. Además, también debe tomarse en consideración, el que las especies en alguna categoría de protección no solo se ubican en áreas aledañas o sobre el derecho de vía, sino también dentro del SAR definido para el desarrollo del proyecto.	
B1: Permanencia	4		
B2. Reversibilidad	4		
B3. Acumulabilidad / sinergia	3	Este impacto no se considera que tenga sinergia, pero sí acumulación con los cambios que se han dado en el SAR para el desarrollo de las zonas urbana (poblaciones), áreas agropecuarias y la construcción de las vías de comunicación y tendido de las líneas de distribución y transmisión de energía eléctrica. No obstante, se considera incierto tomando en cuenta la afectación directa que pudiera ocasionar el desarrollo del proyecto a este tipo de especies.	
B4. Susceptibilidad	3	Se considera como sensible al cambio por tratarse de especies de relevancia ambiental por la categoría de riesgo en que se ubican. Sin embargo, no se alcanzan a clasificar como extremadamente sensibles por tratarse de individuos que pertenecen a una especie de amplia distribución que se encuentra bien representada en el SAR del proyecto.	
Valor de la evaluación (ES)	-56	Valor alfabético	-C (Impacto negativo significativo)

IMPACTO AMBIENTAL 14: Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre	
Etapa	Preparación del sitio
Factor ambiental impactado:	Fauna silvestre / Abundancia
Tipo de impacto:	Adverso
Actividades causantes:	• Delimitación del DDV y trazado de áreas. • Deshierbe y desmonte de las áreas de obras. • Despalme, nivelación y compactación de áreas donde se desplantan obras.

<table>
<tr><th colspan="3">IMPACTO AMBIENTAL 14: Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre</th></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">• Operación de maquinaria y vehículos.</td></tr>
<tr><td>Descripción:</td><td colspan="2">Las actividades de delimitación del derecho de vía y de las áreas para el desplante de obras, deshierbe, desmonte y otras actividades que impliquen el movimiento de vehículos, maquinaria y personal, ocasionaría el ahuyentamiento de ejemplares de fauna silvestre. Además, el desmonte en el derecho de vía reducirá la disponibilidad de superficie para refugio, alimentación, reproducción y percheo de fauna silvestre, lo que ocasionaría el desplazamiento de individuos a otros sitios dentro del mismo SAR en búsqueda de áreas con mejores condiciones y disponibilidad de hábitat.
A partir del muestreo realizado en campo, en el SAR se registró una riqueza específica (S) de 138 especies de fauna: cinco especies de anfibios, 17 especies de reptiles, 104 especies de aves y 12 de mamíferos. Si bien, los anfibios representaron ser el 3.62 % de la riqueza, su abundancia solo fue del 1.72 %, considerando que su abundancia fue de 19 individuos de los 1,107 totales. Los mamíferos tuvieron un comportamiento similar, ya que riqueza fue del 8.70 %, pero su abundancia solo implicó el 3.97 %. Los reptiles tuvieron un comportamiento inverso, ya que su riqueza implicó el 12.32 % de las 138 especies identificadas, pero su abundancia fue del 17.43 %. Por último, las aves mostraron una riqueza del 75.36 %, y tuvieron una abundancia del 76.87 %.
En el área del proyecto se registraron 74 especies: cinco especies de anfibios, lo que implica una riqueza del 6.76 %; 12 especies de reptiles, siendo el 16.22 % de riqueza; 51 especies de aves y el 68.92 % de riqueza y, los mamíferos estuvieron representados por seis especies, lo que da una riqueza del 8.11 %. Considerando una abundancia total de 601 individuos, la abundancia de los anfibios fue solo del 3.33 %, la de los reptiles del 18.14 %, los mamíferos del 5.66 % y, finalmente, las aves tuvieron una abundancia del 72.88 %.
Estos resultados nos llevan a concluir que la presencia de anfibios es muy baja, al igual que la de los mamíferos, siendo mucha más alta la de las aves.
Estos resultados reflejan la heterogeneidad y diversidad del área, así como la capacidad de distintos hábitats para sustentar una variedad significativa de comunidades faunísticas.</td></tr>
<tr><th colspan="3">Descripción para evaluación RIAM modificado</th></tr>
<tr><td>Componente de evaluación (código)</td><td colspan="2">BE-4</td></tr>
<tr><th>Criterio</th><th>Valor</th><th>Comentario</th></tr>
<tr><td>A1: Importancia</td><td>1</td><td>Las actividades de construcción pueden ocasionar el desplazamiento de individuos que habitan en las superficies requeridas por el proyecto, no obstante,</td></tr>
</table>

IMPACTO AMBIENTAL 14: Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre			
		dadas las condiciones ambientales del SAR, se considera que no tendría un impacto más allá de lo local.	
A2: Magnitud	-2		
B1: Permanencia	3		
B2. Reversibilidad	3		
B3. Acumulabilidad / sinergia	4		
B4. Susceptibilidad	2	El ambiente es estable a este impacto tomando en consideración que dentro del mismo SAR existen áreas en condiciones similares a la del trazo del proyecto, tanto de hábitat como en abundancia de ejemplares de fauna.	
Valor de la evaluación (ES)	-24	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 15: Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre	
Etapa	Preparación del sitio
Factor ambiental impactado:	Fauna silvestre / Movilidad
Tipo de impacto:	Adverso
Actividades causantes:	• Delimitación del DDV y trazado de áreas. • Deshierbe y desmonte de las áreas de obras. • Despalme, nivelación y compactación de áreas donde se desplantan obras. • Operación de maquinaria y vehículos.
Descripción:	El desmonte, despalme y nivelación, y las actividades en general, reducirían y afectarían el desplazamiento de la fauna silvestre, principalmente de los anfibios, reptiles y mamíferos, debido a la fragmentación del ecosistema que implica el cambio de uso de suelo y el desplante y nivelación del área de desplante de obras, el cual corresponde a un proyecto de tipo lineal. La afectación estaría asociada a la fragmentación acumulada en la región de comunidades y poblaciones, reducción de las áreas con vegetación que funcionan como refugio y alimentación, las emisiones de ondas acústicas fuertes provenientes de los vehículos y maquinaria y el movimiento en general del personal que realizaría las actividades. De acuerdo con lo mencionado por Inostroza et al. (2010) y Rojas et al. (2017), Bennett y Forman identificaron que la fragmentación puede entenderse como el patrón espacial de discontinuidad. La fragmentación de las unidades de paisaje ocasionada por la remoción de la vegetación para actividades antrópicas, como el desarrollo de asentamientos urbanos, la apertura de áreas para actividades agropecuarias, construcción de vías de comunicación, presas, entre otras, tiene tres efectos: 1) la pérdida o disminución

IMPACTO AMBIENTAL 15: Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre	
	de hábitats para especies y/o de ecosistemas valiosos (e.g. naturales o seminaturales); 2) la disminución progresiva del tamaño de los fragmentos de hábitat y/o del paisaje; y, 3) el creciente aislamiento de los fragmentos de los paisajes naturales y seminaturales a expensas de un crecimiento de las unidades de paisajes artificiales formadas por las actividades antrópicas. Existe un límite para mantener la funcionalidad ambiental de ecosistemas fragmentados por el cambio de uso del suelo que, cuando se produce una fragmentación adicional se disminuye el tamaño medio de los parches del hábitat y los aísla. Este aislamiento genera un efecto contrapuesto en el que a medida que avanza el crecimiento de las áreas que son sometidas a cambio de uso de suelo disminuye el tamaño de los fragmentos, incrementa su aislamiento y se hace mayor la pérdida de conectividad entre áreas fragmentadas, formándose lo que Navarro et al (.2015) llaman los "hábitat isla" y Morláns (S/F) los denomina "parches". Este efecto se ha manifestado sobre el trazo, donde los cambios de uso de suelo han ocasionado que la cobertura de vegetación secundaría arbustiva de selva baja caducifolia presente sobre el trazo del proyecto se encuentre aislada, rodeada por áreas destinada a la producción agrícola de temporal permanente. De acuerdo con lo citado por Navarro et al. (2015), la fragmentación es el proceso en que áreas grandes y continuas de hábitat son reducidas y divididas en dos o más fragmentos o parches pequeños y aislados que quedan inmersos en una matriz con condiciones poco aptas para las especies que ahí habitan. Esta fragmentación tiene dos o más áreas de menor tamaño del hábitat original, están aislados por la pérdida de conectividad ecológica entre unidades funcionales del ecosistema, las cuales se pueden entender como unidades de paisaje naturales o seminaturales, impidiendo el desplazamiento de especies de fauna silvestre, principalmente mamíferos, reptiles y anfibios, y tener un efecto de borde (Navarro et al., 2015; Rojas et al., 2017; Morláns, S/F). La fragmentación tiene cuatro consecuencias directas sobre el hábitat que resulta alterado (Harris y Gallager citados por Navarro et al, 2015; Morláns, S/F): • Pérdida de especies que requieren grandes extensiones de terreno para su establecimiento (como en felinos). • Pérdida de especies de gran movilidad (como en las aves llamadas chanchos de monte). • En los fragmentos con intervención humana se propician condiciones artificiales de abrigo y disponibilidad de alimento, lo cual, por lo general, favorece a las especies que se han adaptado al ambiente humano, en detrimento de las silvestres (zanate, tortolita, paloma doméstica, tordos versus pájaro bobo).

<table>
<tr><th colspan="3">IMPACTO AMBIENTAL 15: Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre</th></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">La baja densidad de las poblaciones aisladas lleva al entrecruzamiento entre individuos emparentados y, subsecuentemente, a la extinción, como resultado negativo de la pérdida de diversidad genética (caso de los pumas en Florida).
La fragmentación de los ecosistemas ocasionada por la construcción de áreas urbanas, apertura de nuevas áreas para actividades agropecuarias, construcción de vías de comunicación, proyectos hidroeléctricos, desarrollos turísticos, entre otros, traen afectaciones directas sobre la fauna silvestre ocasionando la pérdida de abundancia de especies (Navarro et al, 2015; Escobar y MacGregor, 2016; Morláns, S/F). De acuerdo con los autores antes citados, el desarrollo de las actividades antrópicas antes mencionadas obliga a los animales a abandonar su hábitat, ocasionando la invasión de otros lugares y forzando la adaptación a nuevas condiciones y sobrepoblación de las áreas invadidas, la cual, en ocasiones, afecta las poblaciones de las especies involucradas, permitiendo el establecimiento de las especies que mejor se adaptan a las nuevas condiciones generadas por el hombre.</td></tr>
<tr><th colspan="3">Descripción para evaluación RIAM modificado</th></tr>
<tr><td>Componente de evaluación (código)</td><td colspan="2">BE-5</td></tr>
<tr><th>Criterio</th><th>Valor</th><th>Comentario</th></tr>
<tr><td>A1: Importancia</td><td>1</td><td>Las afectaciones que se tendrían en el ambiente y que incidirían en el desplazamiento de la fauna silvestre, ocurrirían exclusivamente a lo largo del trazo del proyecto, y de manera particular en el tramo de carretera nuevo correspondiente al libramiento. No se espera que tenga impacto en todo el SAR. De hecho, la región aledaña al trazo de la vía ya se encuentra fragmentada por la construcción y operación de la carretera federal libre 200, tramo Acapulco – Coyuca de Benítez, la fragmentación adicional sería del cadenamiento 14+100, a la altura del entronque "El Conchero II", al 18+100, entronque "La Esmeralda", que atraviesa por áreas agrícolas de temporal permanente.</td></tr>
<tr><td>A2: Magnitud</td><td>-3</td><td>Se considera que se genera un cambio negativo significativo por el conjunto de actividades que ocasionan este impacto ambiental y el impacto adicional acumulativo que se generaría en el área aledaña al trazo.</td></tr>
<tr><td>B1: Permanencia</td><td>4</td><td></td></tr>
<tr><td>B2. Reversibilidad</td><td>4</td><td>La afectación al desplazamiento de la fauna silvestre se da durante toda la etapa de preparación del sitio y esto incluye la realización de todas las actividades, y lo que</td></tr>
</table>

IMPACTO AMBIENTAL 15: Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre			
		ello implica, para la preparación de las áreas de desplante de obras.	
B3. Acumulabilidad / sinergia	4	La alteración de las áreas de desplazamiento por las actividades de preparación para la construcción de la vías son adicionales a las ocasionadas por el cambio de uso de suelo para otras actividades dentro del SAR y en la zona del trazo de la vía de comunicación, entre ellas la carretera federales libre 95, en su tramo "Paso Texca – Bajos del Ejido – Coyuca de Benítez", el Libramiento Poniente Acapulco 200D, que va de la altura de la localidad Lomas del Aire a Bajos del Ejido, la misma carretera federal costera 200, en su tramo Acapulco – Coyuca de Benítez, además de otras vías secundarias que comunican localidades inmersas en el SAR, tanto de terracería como pavimentados, como los caminos "Bajos del Ejido – Tixtlancingo" y "El Bordonal – Yetla". Derivado de lo anterior, se trata de un impacto ambiental acumulativo.	
B4. Susceptibilidad	2		
Valor de la evaluación (ES)	-42	Valor alfabético	-B (Impacto negativo moderado)

IMPACTO AMBIENTAL 16: Reducción de áreas usadas como refugio, alimentación y reproducción de ejemplares de fauna silvestre	
Etapa	Preparación del sitio
Factor ambiental impactado:	Fauna silvestre / Disponibilidad de hábitat
Tipo de impacto:	Adverso
Actividades causantes:	• Deshierbe y desmonte de las áreas de obras. • Despalme, nivelación y compactación de áreas donde se desplantan obras.
Descripción:	La diversidad y abundancia de fauna silvestre terrestre en una región se encuentra fuertemente asociada al grado de conservación y distribución de la flora silvestre y de la diversidad de producción y tipos de cultivos agrícolas, ya que estas funcionan como fuentes de alimentación, refugio, reproducción y percheo para la fauna. La reducción de la cobertura vegetal para la preparación del terreno en las superficies destinadas a la construcción de la infraestructura carretera disminuye las áreas donde la fauna silvestre pudiera obtener los servicios básicos para su desarrollo. La pérdida de esta área con cobertura vegetal se suma a otras áreas que fueron sometidas a cambio de uso de suelo, pasando de forestal a un uso productivo o habitacional. De las 32,885.19 ha del SAR, el 33.73 % ya fue sometida a cambio de uso de suelo para el desarrollo de actividades agropecuarias,

IMPACTO AMBIENTAL 16: Reducción de áreas usadas como refugio, alimentación y reproducción de ejemplares de fauna silvestre		
	el 9.64 % se encuentra cubierta por agua, el 7.10 % para asentamientos humanos, 1.33 % está sin vegetación aparente y el restante 48.19 % cuenta con cobertura de vegetación forestal. La cobertura vegetal forestal de vegetación primaria abarca 3,691.91 ha, es decir, el 11.23 % del SAR, siendo estas: Bosque de encino (0.66 %), mangle (3.72 %), selva baja caducifolia (2.91 %), selva mediana subperennifolia (2.99 %) y tular (0.53 %). La vegetación secundaria cubre el restante 36.96 % del SAR, donde sobresale la cobertura de la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia cubriendo el 30.72 %.	
Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)	BE-6	
Criterio	**Valor**	**Comentario**
A1: Importancia	1	Si bien, las actividades a desarrollarse en el proyecto pueden ocasionar el desplazamiento de individuos que habitan en las zonas aledañas al trazo del proyecto, se considera que el impacto no tendría mayor relevancia más allá de esta área, considerando que se encuentra en una zona que ya se encuentra alterada casi en su totalidad y que el SAR aún cuenta con áreas con condiciones ambientales favorables para la presencia de fauna silvestre.
A2: Magnitud	-2	Se genera un cambio negativo significativo por la afectación parcial a la cobertura vegetal en las superficies requeridas para el desarrollo del proyecto.
B1: Permanencia	4	
B2. Reversibilidad	4	
B3. Acumulabilidad / sinergia	4	La reducción de superficies aptas para la distribución de fauna silvestre como consecuencia del desarrollo de este proyecto de modernización, se suma a la pérdida ocasionada por el cambio de uso de suelo ocasionado por otras actividades dentro del SAR, entre ellas la carretera federales libre 95, en su tramo "Paso Texca – Bajos del Ejido – Coyuca de Benítez", el Libramiento Poniente Acapulco 200D, que va de la altura de la localidad Lomas del Aire a Bajos del Ejido, la misma carretera federal costera 200, en su tramo Acapulco – Coyuca de Benítez, además de otras vías secundarias que comunican localidades inmersas en el SAR, tanto de terracería como pavimentados, como los caminos "Bajos del Ejido – Tixtlancingo" y "El Bordonal – Yetla". Derivado de lo anterior, se trata de un impacto ambiental acumulativo.
B4. Susceptibilidad	2	

IMPACTO AMBIENTAL 16: Reducción de áreas usadas como refugio, alimentación y reproducción de ejemplares de fauna silvestre			
Valor de la evaluación (ES)	-28	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 17: Afectación a ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo y relevancia ambiental		
Etapa	Preparación del sitio	
Factor ambiental impactado:	Fauna silvestre / Especies en categoría de riesgo	
Tipo de impacto:	Adverso	
Actividades causantes:	• Deshierbe y desmonte de las áreas de obras. • Despalme, nivelación y compactación de áreas donde se desplantan obras.	
Descripción:	El movimiento de maquinaria, equipos automotores y del personal, ocasionarían una modificación en el entorno de las áreas de desplazamiento de la fauna silvestre, incluyendo el de especies enlistadas en alguna categoría de riesgo. Vale la pena señalar que, de las 138 especies de fauna identificadas en el SAR, 12 se encuentran incluidas en la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. De ellas, 10 se clasifican como especies sujetas a Protección Especial (Pr) y dos como Amenazadas (A). Con relación al área del proyecto, se identificaron cinco especies enlistadas en alguna categoría de riesgo, de las 74 especies totales registradas. Cuatro de ellas clasificadas como especies sujetas a Protección Especial (Pr): un anfibio (*Lithobates forreri*), dos reptiles (*Anolis subocularis* e *Iguana iguana*) y un ave (*Eupsittula canicularis*), además del garrobo de roca (*Ctenosaura pectinata*) que se clasifica como una especie Amenazada (A). Por otro lado, de las 74 especies totales identificadas en el área del proyecto, 70 se clasificaron como especies de preocupación menor (LC), según la lista roja de la UICN, una como especie casi amenazada (NT), una presenta datos deficientes para su evaluación (DD) y seis no han sido evaluadas (NE). Como ya se mencionó previamente, la afectación a estas especies estaría dada por el ahuyentamiento o desplazamiento que ocasionarían las actividades de preparación del sitio, y no así por la destrucción total de su hábitat, ni muerte o aprovechamiento de ejemplares de estas u otras especies.	
Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)	BE-7	
Criterio	**Valor**	**Comentario**
A1: Importancia	1	Si bien, las actividades a desarrollarse en el proyecto pueden ocasionar el desplazamiento de individuos que habitan dentro del área de actuación para el desarrollo del proyecto, se considera que el impacto no tendría

IMPACTO AMBIENTAL 17: Afectación a ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo y relevancia ambiental			
		mayor relevancia más allá del ambiente local tomando en cuenta las condiciones ambientales favorables que aún privan dentro del SAR.	
A2: Magnitud	-3	Se clasifica como un impacto mayor significativo, y no solo negativo, bajo la consideración de que se afectarían individuos de especies vulnerables y protegidas por la legislación nacional, o bien, de relevancia ambiental por otras clasificaciones a nivel nacional.	
B1: Permanencia	4		
B2. Reversibilidad	3		
B3. Acumulabilidad / sinergia	4		
B4. Susceptibilidad	3	Se considera un impacto sensible debido a la categoría de riesgo de las especies, no obstante, la disponibilidad de hábitat para su desarrollo.	
Valor de la evaluación (ES)	-42	Valor alfabético	-B (Impacto negativo moderado)

IMPACTO AMBIENTAL 18: Incremento del riesgo de mortalidad de fauna silvestre por atropellamiento	
Etapa	Preparación del sitio
Factor ambiental impactado:	Fauna silvestre / Mortalidad
Tipo de impacto:	Adverso
Actividades causantes:	• Operación de maquinaria y vehículos.
Descripción:	Las vías de comunicación terrestres actúan como una barrera física que fragmenta ecosistemas, comunidades o poblaciones, y restringen el libre desplazamiento de individuos de fauna silvestre dentro de su área de influencia. Además, el tráfico vehicular representa un riesgo para ejemplares de fauna silvestre presentes en la región y que buscan desplazarse dentro de su rango en búsqueda de alimento, refugio, condiciones de apareamiento, entre otros. Al no existir condiciones seguras para su libre movimiento, pueden llegar a ser impactos por los vehículos en circulación, y en muchos casos ocasionarles la muerte o dejar con lesiones graves. Arroyave, citado por Pacheco et al. (2021), considera que las carreteras pueden representar una amenaza para la biodiversidad. El incremento de la mortalidad por atropello dependerá, entre otras causas, de la diversidad de especies, su abundancia, la velocidad de operación en la carretera, la intensidad del tráfico, existencia y cantidad de obras reductoras de velocidad en áreas con mayor presencia de fauna, existencia de pasos de fauna en áreas críticas, señalización de advertencia para los conductores, y de la concientización de los usuarios.

<table>
<tr><th colspan="3">IMPACTO AMBIENTAL 18: Incremento del riesgo de mortalidad de fauna silvestre por atropellamiento</th></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">Pacheco et al. (2021), mencionan que es mayor el atropellamiento de mamíferos durante la época de lluvias con respecto al de secas, lo cual puede estar asociado a una mayor abundancia de individuos, debido a una mayor disponibilidad de recursos, siendo las especies más afectadas las de lento desplazamiento. Factores que también influyen en el atropellamiento de anfibios, los cuales, además, se ven más expuestos por ser su época reproductiva, incluso, este grupo llega a no tener ejemplares atropellados en la época de secas (Pozo-Montuy et al, 2021).
Evaluando la incidencia de atropellamientos con respecto a los usos de suelo y vegetación que atraviesa el trazo, Pacheco et al. (2021), reportan que se encontró mayor número de individuos de anfibios, reptiles y mamíferos atropellados en áreas con pastizales cultivados y en áreas agrícolas de temporal. Asumen que en estos usos de suelo las especies de fauna generalistas, que suelen además presentar mayores abundancias, pueden encontrar mayor disponibilidad de alimento.
Dentro de las características de los individuos que los puede exponer a ser atropellados están: a) la agilidad del animal para atravesar la vía; b) sentirse atraídos por la vía; c) repeler o rechazar la superficie de la vía y, d) permanecer indiferente a la perturbación del tráfico (Benítez et al., 2021a). Específicamente, estos autores refieren que hay especies que pueden sentirse atraídas por las vías, ya que en ellas pueden encontrar alimento, sitios de anidación o tomar el sol como mecanismo de termorregulación.
Sánchez-Acuña y Benítez (2021), en su estudio que consistió en evaluar la mortalidad de fauna silvestre atropellada en un tramo de 46 km de la carretera 186, dentro de la reserva de la biósfera de Calakmul, contabilizaron 181 ejemplares atropellados, de los cuales 50.82 % corresponden a mamíferos, 25.96 % a aves, 17.67 % a anfibios y 5.52 % a reptiles. Los mamíferos resultaron con mayor Tasa de Atropellamiento (TA) con 0.021 ind km^{-1} $día^{-1}$, seguidos por las aves con 0.010 ind km^{-1} $día^{-1}$ y con 0.007 ind km^{-1} $día^{-1}$ para la herpetofauna.
Pozo-Montuy et al. (2021), obtuvieron resultados diferentes a los anteriormente presentados. Estos autores dieron seguimiento a la fauna silvestre atropellada durante un año en el subtramo Atasta de la carretera federal 180, dentro del área de protección de flora y fauna Laguna de Términos. De 111 individuos encontrados atropellados, 50.5 % resultaron ser mamíferos, 22.5 % reptiles, 20.7 % anfibios y 6.3 % aves, con una TA general de 9.25 % ind km^{-1}.</td></tr>
<tr><th colspan="3">Descripción para evaluación RIAM modificado</th></tr>
<tr><td>Componente de evaluación (código)</td><td colspan="2">BE-8</td></tr>
<tr><td>Criterio</td><td>Valor</td><td>Comentario</td></tr>
</table>

IMPACTO AMBIENTAL 18: Incremento del riesgo de mortalidad de fauna silvestre por atropellamiento			
A1: Importancia	1	El movimiento de maquinaria pesada, camiones de carga y vehículos empleados para el desmonte, despalme, nivelación y transporte de personal, puede representar un riesgo de atropellamiento para la fauna silvestre, sin embargo, el riesgo se limita a los frentes de trabajo y la áreas operativas del proyecto.	
A2: Magnitud	-2	Se considera que se genera un cambio negativo significativo por el riesgo que representa para los individuos que llegaran a ser afectados, lo cual podría implicar la pérdida de la vida de algunos ejemplares.	
B1: Permanencia	3	Se determina como impacto temporal a medio término, es decir, entre 1 y 10 años, considerando el tiempo de duración de esta etapa de desarrollo del proyecto.	
B2. Reversibilidad	2	El impacto se considera reversible ya que existen medidas eficientes que pueden ser eficientes para reducir al mínimo la afectación a la fauna silvestre.	
B3. Acumulabilidad / sinergia	4	Las vías de comunicación pueden ser consideradas como una amenaza para la fauna silvestre, y teniendo en cuenta que en el SAR existen diversas vías comunicación terrestres, federales y estatales, así como caminos secundarios de terracería, las afectaciones que pudieran generarse por las actividades del proyecto se consideran como acumulativas a las preexistentes.	
B4. Susceptibilidad	3	Se considera un ambiente sensible tomando en cuenta la cantidad de vías de comunicación y localidades en la región, por lo que, el desarrollo del proyecto viene a sumarse como un nuevo agente potencial para la pérdida de individuos.	
Valor de la evaluación (ES)	-24	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 19: Modificación de las cualidades estético - paisajísticas	
Etapa	Preparación del sitio
Factor ambiental impactado:	Paisaje / Calidad estético - paisajística
Tipo de impacto:	Adverso
Actividades causantes:	• Delimitación del DDV y trazado de áreas. • Deshierbe y desmonte de las áreas de obras. • Despalme, nivelación y compactación de áreas donde se desplantan obras (Alteración de la conformación topográfica).
Descripción:	El desmonte que se realizaría en las áreas de desplante de obras y la recuperación de los horizontes superficiales del suelo, ocasionarían un contraste de unidades de paisaje. En áreas donde

IMPACTO AMBIENTAL 19: Modificación de las cualidades estético - paisajísticas			
	actualmente se tiene una cobertura vegetal, a veces interrumpida por áreas agropecuarias o en proceso de recuperación, se verían interrumpidas por áreas sin cobertura vegetal. Además, la recuperación de los horizontes superficiales de suelo podría dejar descubierta la roca madre. En conjunto, se tendría un paisaje en el que las unidades predominantes se verían disminuidas para dar lugar a un incremento de áreas sin cobertura vegetal y con el relieve alterado.		
Descripción para evaluación RIAM modificado			
Componente de evaluación (código)	SC-1		
Criterio	**Valor**	**Comentario**	
A1: Importancia	1	Este impacto se generaría de manera lineal, a lo largo del área del derecho de vía.	
A2: Magnitud	-3	El impacto que ocasionaría el derribo de la vegetación en las áreas de desplante de obras y en las áreas agrícolas, así como la recuperación del suelo de los horizontes superficiales, representaría un cambio notable dentro de la unidad paisajística, acotado especialmente al derecho de vía, y de manera particular al trazo del nuevo cuerpo carretero (libramiento). Es por esta razón que se considera como un impacto mayor negativo.	
B1: Permanencia	4		
B2. Reversibilidad	4		
B3. Acumulabilidad / sinergia	4	A nivel de SAR se considera un impacto acumulativo, sumándose a las modificaciones del paisaje que han traído consigo los cambios de uso de suelo para el desarrollo de asentamientos humanos, las áreas de agricultura de temporal permanente, la apertura de los bancos de explotación de materiales pétreos, la construcción de las vías de comunicación, como la misma carretera federal 200, tramo Acapulco – Coyuca de Benítez", y otros caminos secundario, entre otros.	
B4. Susceptibilidad	3	Se clasifica como un área sensible, tomando en cuenta que se trata de una afectación a una unidad de paisaje que se vería interrumpida, pero sin llegar a ser extremadamente sensible por la presencia de dicha unidad paisajística a pesar del desarrollo del proyecto.	
Valor de la evaluación (ES)	-45	Valor alfabético	-B (Impacto negativo moderado)

IMPACTO AMBIENTAL 20: Disponibilidad de vías de comunicación	
Etapa	Preparación del sitio
Factor ambiental impactado:	Uso de suelo comunicaciones / Camino de acceso

IMPACTO AMBIENTAL 20: Disponibilidad de vías de comunicación		
Tipo de impacto:	Benéfico	
Actividades causantes:	• Delimitación del DDV y trazado de áreas. • Deshierbe y desmonte de las áreas de obras. • Despalme, nivelación y compactación de áreas donde se desplantan obras. • Operación de maquinaria y vehículos.	
Descripción:	La preparación de las áreas para la construcción y modernización de la carretera implicará la afectación de diversos componentes ambientales que inciden en su funcionalidad ambiental. No obstante, la construcción y modernización de la carretera solo implica la remoción de la vegetación en 2.398 ha, lo que representa ser 0.02 % de la cobertura vegetal forestal del SAR, por lo que no representaría una pérdida de la funcionalidad ambiental a escala regional. Por otro lado, el desarrollo del proyecto en los términos manifestados en el Capítulo II de este documento, implicaría mejorar las condiciones operativas de esta importante vía de comunicación que comunica Acapulco con los municipios de la Costa Chica y Costa Grande del estado de Guerrero. En los últimos años, y a lo largo de la historia del estado, los municipios de la costa guerrerense se han visto fuertemente impactos por fenómenos hidrometeorológicos, como el caso del huracán Otis que golpeó en octubre de 2023 y del huracán John en septiembre de 2024. Las vías de comunicación sufrieron severas afectaciones, entre ellas puentes, obras de drenaje, taludes y la carpeta asfáltica, por lo que es importante realizar mejoras para garantizar un tránsito seguro y eficiente para los pobladores de la región y visitantes que buscan disfrutar de las bellezas naturales y la gastronomía que les brinda el estado.	
Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)	SC-2	
Criterio	**Valor**	**Comentario**
A1: Importancia	2	Este impacto tiene implicaciones a nivel regional, ya que beneficiaría a pobladores de diversas localidades que se encuentran conectadas a esta importante vía de comunicación, así como a turistas de la región de la Costa Grande, principalmente.
A2: Magnitud	2	El cambio de uso de suelo que implica el desarrollo del proyecto es un impacto negativo para el medio ambiente, no obstante, éste solo implica un 9.38 % de la superficie total requerida para el desarrollo del proyecto, impacto que ha sido evaluado en el componente biótico. No obstante, el efecto que tendría el proyecto en la sociedad sería más representativo para el desarrollo regional del

IMPACTO AMBIENTAL 20: Disponibilidad de vías de comunicación			
		estado, que es lo que se trata de evaluar en este componente.	
B1: Permanencia	4		
B2. Reversibilidad	4		
B3. Acumulabilidad / sinergia	4	Los servicios que esta importante vía de comunicación proporcionará son sinérgicos con los brindados por otras vías existentes en el SAR que conectan diversos centros de población y ayudan en el desarrollo regional. Sin embargo, esta vía viene a facilitar la conectividad y seguridad del flujo vehicular en la región.	
B4. Susceptibilidad	3		
Valor de la evaluación (ES)	60	Valor alfabético	A (Impacto positivo significativo)

IMPACTO AMBIENTAL 21: Generación de ofertas de trabajo directos e indirectos			
Factor ambiental impactado:	Calidad de vida / Generación de empleos		
Tipo de impacto:	Benéfico		
Actividades causantes:	• Delimitación del DDV y trazado de áreas. • Deshierbe y desmonte. • Despalme, nivelación y compactación de áreas donde se desplantan obras. • Operación de maquinaria y vehículos.		
Descripción:	Para las actividades de preparación del sitio, no se demandará de una gran cantidad de obra. La mayoría de los empleos serán directos, como mano de obra no calificada para realizar la limpieza, desmonte y recuperación del suelo. En cuanto a la mano de obra calificada, se requerirá de operadores de maquinará, topógrafos, arquitectos e ingenieros civiles para la delimitación del trazo y de las superficies de desplante de la infraestructura carretera proyectada.		
Descripción para evaluación RIAM modificado			
Componente de evaluación (código)	EO-1		
Criterio	**Valor**	**Comentario**	
A1: Importancia	1		
A2: Magnitud	1		
B1: Permanencia	3		
B2. Reversibilidad	2		
B3. Acumulabilidad / sinergia	3		
B4. Susceptibilidad	3		
Valor de la evaluación (ES)	11	Valor alfabético	A (Impacto positivo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 22: Impulso a la economía local y regional por la derrama económica			
Etapa	Preparación del sitio		
Factor ambiental impactado:	Calidad de vida / Derrama económica		
Tipo de impacto:	Benéfico		
Actividades causantes:	• Delimitación del DDV y trazado de áreas. • Operación de maquinaria y vehículos. • Mantenimiento de maquinaria y equipos.		
Descripción:	En esta etapa de desarrollo del proyecto, la demanda de mano de obra e insumos será limitada. Básicamente se demandará de maquinaria y combustible para la realización de las actividades de desmonte, recuperación de suelo, despalme y nivelación.		
Descripción para evaluación RIAM modificado			
Componente de evaluación (código)	EO-2		
Criterio	**Valor**	**Comentario**	
A1: Importancia	1		
A2: Magnitud	1		
B1: Permanencia	3		
B2. Reversibilidad	2		
B3. Acumulabilidad / sinergia	3		
B4. Susceptibilidad	3		
Valor de la evaluación (ES)	11	Valor alfabético	A (Impacto positivo ligero)

V.3.2 Fichas descriptivas de impactos ambientales para la etapa de construcción

IMPACTO AMBIENTAL 23: Cambio en la conformación topográfica natural del terreno y de patrones de sedimentación de sustratos	
Etapa	Construcción
Factor ambiental impactado:	Fisiografía / relieve
Tipo de impacto:	Adverso
Actividades causantes:	• Excavaciones y cimentaciones para la construcción de obras. • Corte y perfilado de terreno. • Conformación de terraplenes y compactación para subrasante. • Colocación de base hidráulica.

IMPACTO AMBIENTAL 23: Cambio en la conformación topográfica natural del terreno y de patrones de sedimentación de sustratos			
Descripción:	La conformación del terraplén de la carretera —tanto del cuerpo donde se construirá el libramiento, como del cuerpo actual que será modernizado— implica realizar rellenos para alcanzar el nivel de diseño de la rasante y dar soporte a la carretera. En aquellas áreas donde las condiciones geomorfológicas se encuentran fuertemente diseccionadas, se requerirá también de la realización de cortes y rellenos, mismos que también implicarán una modificación en las condiciones topográficas del terreno a lo largo del trazo del proyecto..		
Descripción para evaluación RIAM modificado			
Componente de evaluación (código)	FQ-11		
Criterio	**Valor**	**Comentario**	
A1: Importancia	1	Es un impacto que espacialmente quedará restringido a la superficie dentro de la línea de ceros del proyecto.	
A2: Magnitud	-2		
B1: Permanencia	4	Este valor del criterio, que el de mayor duración, se establece considerando que el cambio del relieve sobre el eje del proyecto se origina durante la construcción para dar la pendiente gobernadora definida, pero que se mantiene durante toda la etapa de operación y mantenimiento de la carretera.	
B2. Reversibilidad	4		
B3. Acumulabilidad / sinergia	4	Esta alteración de la conformación topográfica debe considerarse como un impacto acumulativo, ya que se suma a la que ha tenido lugar en el SAR para el desarrollo de otras actividades, como los asentamientos humanos, la operación de bancos de explotación de materiales pétreos y la construcción de vías de comunicación, entre ellas la carretera federales libre 95, en su tramo "Paso Texca – Bajos del Ejido – Coyuca de Benítez", el Libramiento Poniente Acapulco 200D, que va de la altura de la localidad Lomas del Aire a Bajos del Ejido, la misma carretera federal costera 200, en su tramo Acapulco – Coyuca de Benítez, los caminos "Bajos del Ejido – Tixtlancingo" y "El Bordonal – Yetla", entre otros.	
B4. Susceptibilidad	3	Se considera que el área es susceptible a este impacto tomando en cuenta la conformación geomorfológica dominante en las áreas donde se realizarían las obras, donde a nivel regional se tiene una diversidad de unidades geomorfológicas que se han visto alteradas.	
Valor de la evaluación (ES)	-30	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 24: Alteración de la estabilidad geomorfológica del terreno		
Etapa	Construcción	
Factor ambiental impactado:	Fisiografía / Estabilidad geomorfológica	
Tipo de impacto:	Adverso	
Actividades causantes:	• Corte y perfilado de terreno. • Conformación de terraplenes y compactación para subrasante (B). • Colocación de base hidráulica (B). • Riego de liga e impregnación y colocación de carpeta asfáltica. • Excavaciones / cimentaciones (Obras de drenaje en general. • Construcción / instalación de infraestructura (Obras de drenaje en general: B).	
Descripción:	La construcción de la vía de comunicación terrestre implica la realización de cortes y rellenos para mantener el nivel de la rasante en función de una pendiente gobernadora definida, siendo, para el caso que nos ocupa de 4 %, para que facilite la operación de la carretera. La realización de cortes podría debilitar la conformación geomorfológica de los taludes, y los terraplenes formados a partir de rellenos podrían no garantizar la estabilidad requerida en caso de construirse sin respetar las especificaciones técnicas de materiales y civiles que garanticen su estabilidad, normalmente establecida para la base hidráulica como el 100 % de su peso volumétrico seco máximo (P.V.S.M), o densidad máxima seca. Además, la estabilidad de taludes formados en los cortes es importante porque el SAR del proyecto se ubica en una región altamente sísmica, en la que han ocurrido sismos de gran magnitud. De acuerdo con el registro de sismos del Servicio Sismológico Nacional, de 630 sismos fuertes reportados a nivel nacional entre 1900 y 2024, 98 de ellos tuvieron su epicentro con referencia al estado de Guerrero, solo por atrás del estado de Oaxaca con 102 y Chiapas con 171. Entre estos tres estados agrupan el 58.9 % del total de sismos fuertes registrados en el país en el periodo antes mencionado, considerando como sismos fuertes aquellos con magnitud ≥ 6.5 entre 1900 y 1973 y ≥ 5.5 a partir del año 1974.	
Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)	FQ-12	
Criterio	**Valor**	**Comentario**
A1: Importancia	1	Es un impacto que tiene efecto a nivel del trazo del proyecto, en las áreas de desplante de obras que requieran cortes y rellenos de magnitud.

IMPACTO AMBIENTAL 24: Alteración de la estabilidad geomorfológica del terreno			
A2: Magnitud	-2	El cambio negativo del estado actual está dado considerando la estabilidad del material geológico de la región y la magnitud del cambio que generaría la inestabilidad por tipo de obra, siendo bajo las condiciones prevalecientes de poca profundidad e impacto.	
B1: Permanencia	4		
B2. Reversibilidad	4		
B3. Acumulabilidad / sinergia	4	La posible alteración de la estabilidad geomorfológica ocasionada por la realización de cortes y rellenos para la conformación del cuerpo de la vía representa un impacto acumulativo, que se suma a la que ha tenido lugar en el SAR para el desarrollo de otras actividades, como la habilitación de asentamientos humanos, la operación de bancos de explotación de materiales pétreos y la construcción de vías de comunicación, entre ellas la carretera federales libre 95, en su tramo "Paso Texca – Bajos del Ejido – Coyuca de Benítez", el Libramiento Poniente Acapulco 200D, que va de la altura de la localidad Lomas del Aire a Bajos del Ejido, la misma carretera federal costera 200, en su tramo Acapulco – Coyuca de Benítez, los caminos "Bajos del Ejido – Tixtlancingo" y "El Bordonal – Yetla", entre otros.	
B4. Susceptibilidad	3		
Valor de la evaluación (ES)	-30	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 25: Afectación de las propiedades físicas del suelo (Permeabilidad)	
Etapa	Construcción
Factor ambiental impactado:	Suelo / Afectación de las propiedades físicas
Tipo de impacto:	Adverso
Actividades causantes:	• Corte y perfilado de terreno. • Conformación de terraplenes y compactación para subrasante. • Colocación de base hidráulica.
Descripción:	El movimiento de vehículos y maquinaria para el traslado de personal, actividades de construcción que requieran el uso de maquinaria, así como acarreo de materiales e insumos de construcción y para la disposición del material de cortes y retiro de residuos, ocasionarían alteraciones tanto en la estructura de los horizontes superficiales del suelo, como en su densidad aparente, porosidad y permeabilidad, específicamente en las áreas de rodamiento, ya sea sobre el eje del proyecto o bien, en áreas dentro del derecho de vía en las que se realicen maniobras.
Descripción para evaluación RIAM modificado	

IMPACTO AMBIENTAL 25: Afectación de las propiedades físicas del suelo (Permeabilidad)			
Componente de evaluación (código)	FQ-13		
Criterio	**Valor**	**Comentario**	
A1: Importancia	1	El área de afectación estará limitada a las áreas de rodamiento de los vehículos que se utilicen para el movimiento de materiales, insumos, residuos y de maquinaria que se emplee para llevar a cabo las actividades de construcción de la vía.	
A2: Magnitud	-2		
B1: Permanencia	3	Las áreas que se verían afectadas y que no vayan a ser usadas en desplante de obras pueden recobrar las propiedades físicas alteradas una vez que las actividades que lo ocasionen paren. La recuperación de las propiedades puede ser de manera natural o mediante la implementación de medidas propias para ello. De manera natural la recuperación de las propiedades físicas del suelo suele ser un proceso lento, pero que se puede favorecer mediante la implementación de medidas ambientales que implican el uso de maquinaria y equipos como Ripper, arados de cinceles, tendido de suelo de otros sitios, adición de materia orgánica y composta.	
B2. Reversibilidad	3		
B3. Acumulabilidad / sinergia	3	Se trata de un impacto acumulativo en el área de incidencia del proyecto dado el historial del desarrollo de actividades que han implicado mucha operación de maquinaria pesada, actividades agrícolas con uso de maquinaria, construcción de vías de comunicación y de los asentamientos humanos. No obstante, se considera incierto por el nivel de afectación que se pudiera llegar a ocasionar, considerando superficie e impacto, y el ocasionado por otros proyectos en la región.	
B4. Susceptibilidad	2	En el trazo del proyecto predomina el suelo Phaeozem háplico de textura franca, el cual se caracteriza por ser un suelo poroso, fértil y con porcentaje equivalente de arena, limo y arcilla, lo que le da la característica de resistencia a la compactación.	
Valor de la evaluación (ES)	-22	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 26: Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo	
Etapa	Construcción
Factor ambiental impactado:	Suelo / Contaminación por residuos
Tipo de impacto:	Adverso
Actividades causantes:	• Excavaciones / cimentaciones. • Construcción / instalación de infraestructura.

<table>
<tr><th colspan="3">IMPACTO AMBIENTAL 26: Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo</th></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">• Riego de liga e impregnación y colocación de carpeta asfáltica.
• Instalación de señalizaciones.
• Habilitación del área de desplante de obras de drenaje.
• Construcción / instalación de infraestructura de obras de drenaje.
• Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores.
• Mantenimiento de maquinaria y equipos.
• Manejo y uso de hidrocarburos.</td></tr>
<tr><td>Descripción:</td><td colspan="2">Los diferentes procesos constructivos generan residuos, siendo los de tipo de manejo especial los de mayor cantidad, producto de la demolición de obras civiles, así como los generados por el cortes de fierro, madera y materiales de construcción (mezcla residual y de pruebas de revenimiento), principalmente.
Resalta la generación de residuos peligrosos, por su efecto en el medio ambiente, salud de los trabajadores y el cuidado de su manejo, tales como suelo, arena y grava contaminada con hidrocarburos u otras sustancias clasificadas como sustancias riesgosas (pintura, desmoldantes, selladores, emulsiones asfálticas), recipientes, empaques y materiales que se hayan usado para el manejo de sustancias peligrosas.
Finalmente, los trabajadores generarían residuos sólidos urbanos por el consumo de alimentos, golosinas y bebidas refrescantes. En este rubro sobresale la gran cantidad de envases de PET y aluminio de las bebidas refrescantes y electrolitos y los envoltorios de golosinas que se consumen en la obra.
En este caso, la degradación química estaría dada por la acumulación y dispersión de residuos y el posible derrame y fugas de hidrocarburos (gasolina, diésel, aceites y grasas), anticongelante, desmoldantes, pinturas, emulsiones asfálticas u otro tipo de sustancias químicas peligrosas que se lleguen a manejar.</td></tr>
<tr><th colspan="3">Descripción para evaluación RIAM modificado</th></tr>
<tr><td>Componente de evaluación (código)</td><td colspan="2">FQ-14</td></tr>
<tr><th>Criterio</th><th>Valor</th><th>Comentario</th></tr>
<tr><td>A1: Importancia</td><td>1</td><td>Espacialmente, este impacto es de ámbito puntual dentro del derecho de vía del proyecto, sin riesgo de dispersión de los residuos fuera de los frentes de trabajo.</td></tr>
<tr><td>A2: Magnitud</td><td>-1</td><td>Es un cambio negativo del estado actual del suelo, pero sin llegar a ser mayor, ya que no llegaría a cambiar las propiedades del suelo, solo en caso de suelo impregnado con residuos peligrosos líquidos, mismos que serían recuperados y dispuestos por un empresa autorizada como lo establece la normatividad vigente.</td></tr>
</table>

IMPACTO AMBIENTAL 26: Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo			
B1: Permanencia	3	El riesgo del impacto sería temporal a medio término, lo que dura el proceso constructivo del proyecto, el cual no será mayor de 5 años de acuerdo con el cronograma de actividades presentado en el Capítulo II de este documento.	
B2. Reversibilidad	2	El estado original del ambiente será restaurado conforme se vayan terminando las actividades constructivas en los frentes de trabajo.	
B3. Acumulabilidad / sinergia	4	Ante el escaso desarrollo de la actividad industrial, el poco impacto de la actividad agrícola y pecuaria en este subfactor, las actividades cotidianas de la población serían las principales fuentes generadoras potenciales de este impacto. Sin embargo, como en esta etapa ya se espera una mayor cantidad de residuos generados por la ejecución del proyecto, donde, además de los residuos de manejo especial y peligrosos, también se tendría una mayor generación de residuos sólidos urbanos por parte de los trabajadores del proyecto, se considera un impacto acumulativo a escala del SAR.	
B4. Susceptibilidad	2	Dentro del SAR existen centros de población, además de estar cercano al centro turístico de Acapulco, los cuales se consideran las mayores fuentes generadoras de residuos, principalmente de sólidos urbanos y de manejo especial; sin embargo, al este del SAR se encuentra el principal relleno sanitario de Acapulco, conocido como "Relleno Sanitario Paso Texca", habilitado en 1997 en 104 ha. Si bien, los daños ocasionados por los huracanes Otis y John, en el 2023 y 2024, respectivamente, incrementaron exponencialmente la disposición de residuos en el relleno sanitario, generado problemas de saturación, se resolvió con la habilitación de una nueva celda. Por lo que se considera que el área es estable a este impacto ambiental.	
Valor de la evaluación (ES)	-11	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 27: Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire	
Etapa	Construcción
Factor ambiental impactado:	Aire / Calidad
Tipo de impacto:	Adverso
Actividades causantes:	• Excavaciones / cimentaciones. • Habilitación del área de desplante (B). • Corte y perfilado de terreno.

IMPACTO AMBIENTAL 27: Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire	
	• Conformación de terraplenes y compactación para subrasante. • Colocación de base hidráulica. • Habilitación del área de desplante de obras de drenaje. • Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores. • Mantenimiento de maquinaria y equipos (B).
Descripción:	Los vehículos, maquinaria y equipos automotores con motores de combustión interna producen, la mayoría de ellos, tres tipos de emisiones de gases contaminantes que van directo a la atmósfera: a) emisiones evaporativas, b) emisiones por tubo de escape y, c) emisiones de partículas por el desgaste de componentes. Las emisiones evaporativas son principalmente de hidrocarburos y se tienen con los vehículos automotores en reposo con el motor caliente, de combustible en circulación y durante la recarga de combustible. Y, por otro lado, las emisiones del tubo de escape se producen por la quema del combustible, conteniendo los contaminantes: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2), óxidos de nitrógeno (NO_X), hidrocarburos no quemados (HC), partículas sólidas, entre otros de menor concentración. Estas emisiones dependen del tipo de vehículo, su tecnología y su sistema de control de emisiones, donde vehículos y maquinaria pesada de modelos recientes cuentan con tecnología más avanzada para la reducción de emisiones contaminantes. Las fuentes emisoras de contaminantes se clasifican en dos tipos, de acuerdo con su punto de emisión, en fuentes fijas y móviles. Las fuentes de emisiones finas es toda infraestructura o actividad que se desarrolla en un punto fijo y que emite contaminantes a la atmósfera y, por otro lado, las fuentes móviles son aquellas que emiten contaminantes en su desplazamiento como parte de su operación, es decir, no tienen un punto fijo para la emisión de contaminantes. Las partículas contaminantes generadas por ambas fuentes de emisión se dispersan en el medio ambiente de acuerdo con diversos factores, entre los que se involucran factores climáticos, estabilidad atmosférica (gradiente vertical de temperatura de las capas de aire), orográficos, cobertura vegetal, altura de la fuente de emisión, el contaminante criterio y el tiempo en funcionamiento de la fuente emisora (Merchán y Muñoz, 2017; Pereira- Peláez, 2017; Vidal-Daza y Pérez-Vidal, 2017; Ordoñez-Sánchez et al., 2018; Aguilera et al., 2021). Entre los factores climáticos más importantes que determinan la dispersión de contaminantes están la dirección y velocidad del viento, la radiación y humedad ambiental, la precipitación, temperatura y presión ambiental, y su nivel de participación en la dispersión de contaminantes está en función de la ubicación de las fuentes emisoras.

<table>
<tr><th colspan="3">IMPACTO AMBIENTAL 27: Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire</th></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">Los resultados obtenidos en el ejercicio realizado por Ordoñez-Sánchez et al. (2018), muestran que, si bien existen diferentes alternativas para evaluar la dispersión de contaminantes, también pueden dar resultados un tanto diferentes, lo cual depende del sistema interno para parametrizar el análisis en los modelos. No obstante, los resultados obtenidos por estos autores ayudan a tener una idea sobre el rango de dispersión de los contaminantes, los cuales van de los 3.0 a los 10.0 km.
El mantenimiento que se dé a los vehículos automotores y factores operativos, como la velocidad de operación, la frecuencia e intensidad de las aceleraciones y las características de los combustibles, determinan la concentración de los contaminantes en las emisiones de los tubos de escape.
Por otro lado, las excavaciones requeridas para la cimentación obras implicará la intervención de superficies con suelo seco, lo que podría generar la suspensión de partículas sólidas en el ambiente.
La calidad del aire en la zona aledaña al derecho de vía y en el SAR, en general, es buena pues se trata de una zona rural con baja densidad de población, no obstante, se ubica aledaña a la zona conurbada de la ciudad de Acapulco.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Descripción para evaluación RIAM modificado</td></tr>
<tr><td>Componente de evaluación (código)</td><td colspan="2">FQ-15</td></tr>
<tr><td>Criterio</td><td>Valor</td><td>Comentario</td></tr>
<tr><td>A1: Importancia</td><td>2</td><td>En esta etapa de desarrollo del proyecto se tiene una mayor actividad de maquinaria y equipos automotores en comparación con la etapa anterior, por lo tanto, se espera una mayor emisión de partículas contaminantes. El impacto hacia áreas fuera del derecho de vía se considera de alcance local, esperándose que el rango de dispersión de las emisiones generadas sería de los 500 m a los 8.0 km de su punto de generación, lo que no llega a ser de trascendencia a nivel regional.</td></tr>
<tr><td>A2: Magnitud</td><td>-1</td><td>El valor se asignó tomando en cuenta el tipo y cantidad de emisiones al ambiente, entre los cuales no se encuentra ninguno tipificado como tóxico, con alta residualidad en el ambiente o de gran impacto por su concentración a la salud de los pobladores.</td></tr>
<tr><td>B1: Permanencia</td><td>3</td><td>Este impacto tiene como característica que se genera cuando hay actividades de obra, pero de manera intermitente. La generación del impacto se considera temporal a corto plazo por el periodo de actividad de los vehículos y maquinaria, pero temporal a medio término por las emisiones que se emiten durante las actividades de la etapa constructiva.</td></tr>
</table>

IMPACTO AMBIENTAL 27: Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire			
B2. Reversibilidad	2	Es un impacto reversible y al cual le aplican medidas de control y prevención.	
B3. Acumulabilidad / sinergia	4	En el SAR se tiene actividad de vehículos pesados y ligeros que circulan por la carretera federales 95 (libre), en su tramo "Paso Texca – Bajos del Ejido – Coyuca de Benítez", el Libramiento Poniente Acapulco 200D, que va de la altura de la localidad Lomas del Aire a Bajos del Ejido, la misma carrera libre costera 200, tramo Acapulco – Coyuca de Benítez; además de otras vías secundarias que comunican localidades inmersas en el SAR, tanto de terracería como pavimentados, como los caminos "Bajos del Ejido – Tixtlancingo" y "El Bordonal – Yetla"; por lo que, se trata de un impacto ambiental acumulativo.	
B4. Susceptibilidad	2	Se considera que se trata de un ambiente estable porque no se trata de una región industrial o que tenga registro de problemas de contaminación de este tipo; no existen grandes fuentes emisoras de contaminantes y no hay ecosistemas que se vean impactados.	
Valor de la evaluación (ES)	-22	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 28: Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido	
Etapa	Construcción
Factor ambiental impactado:	Aire / Confort sonoro
Tipo de impacto:	Adverso
Actividades causantes:	• Construcción / instalación de infraestructura. • Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores. • Mantenimiento de maquinaria y equipos (B).
Descripción:	Durante la construcción, se requiere de un uso intensivo de maquinaria y equipos de construcción operando dentro del área del proyecto, así como del transporte de materiales y estructuras prefabricadas, con la salvedad de que no todos requerirían estar encendidos al mismo tiempo, sino que estos serían por subetapas y frentes activos de trabajo. Todos ellos emiten un nivel de ruido superior a los 68 dB(A), entre las 6:00 y 22:00 horas, y menores a los 65 dB(A), entre las 22:00 y 6:00 horas, considerado como el nivel máximo permitido para evitar alteraciones a la conducta social, de acuerdo con lo establecido en el acuerdo que modifica el numeral 5.4 de la NORMA Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994. Entre estos tenemos: grúa con ruedas de goma 78 – 90 dB(A), tractor de pala mecánica 97 – 107 dB(A), máquina para soldar 85 – 90 dB(A), tracto - camión 79 – 94 dB(A),

IMPACTO AMBIENTAL 28: Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido	
	sierra para cortar 108 dB(A), esmeriladora 86 dB(A), taladro de martillo 114 dB(A). Estas fuentes tienen la característica de que emiten ondas acústicas durante su desplazamiento y son denominadas fuentes móviles. Sus emisiones varían según el tipo de vía por la que circulan y si van con carga o vacíos. De acuerdo con el estudio realizado por Benítez et al. (2021c), los camiones que circularon sobre terracería ocasionaron emisiones entre 73 y 83 dB, con picos de hasta 90 dB. En áreas con cobertura vegetal se alcanzaron niveles de ruido ambiental entre los 200 y 250 m de distancia de la vía de comunicación. En áreas que no contaban con cobertura vegetal (tulares y lagunas), el área afectada se extendió hasta casi 1.0 km de distancia. Los picos máximos se tuvieron cuando los camiones circulaban sin carga y a una velocidad mayor de los 40 km h^{-1}, alcanzando hasta los 90 – 95 dB. Por otro lado, las áreas de desarrollo de obras, las cuales se caracterizan por ser puntuales dentro del derecho de vía del proyecto, se denominan fuentes semiestacionarias, siendo aquellas que, aunque no emiten un ruido constante, tienen una duración y nivel de energía acústica estable por un periodo prolongado. Las emisiones de ruido medidas en la fuente semiestacionaria tuvo valores máximos de 45 dB y los vehículos de 40 dB, con una inferencia de hasta los 80 m donde el ruido bajaba a niveles de ruido de fondo (36 dB), lo cual fue atribuido a la presencia de cobertura vegetal (mangle). No obstante, atribuyen los bajos niveles de ruido (< 10 dB por arriba del ruido de fondo) a las bajas velocidades de operación, tanto de la maquinaria como de los vehículos (Benítez et al., 2021c). Por último, los camiones que circularon sobre la terracería ocasionaron emisiones entre 73 y 83 dB, con picos de hasta 90 dB. En áreas con cobertura vegetal se alcanzaron niveles de ruido ambiental entre los 200 y 250 m de distancia de la vía de comunicación. En áreas que no contaban con cobertura vegetal, el área afectada se extendió hasta casi 1.0 km de distancia. Los picos máximos se tuvieron cuando los camiones circulaban sin carga y a una velocidad mayor de los 40 km h^{-1}. Estudiando el efecto de la contaminación acústica en la fauna silvestre en general (Warren et al., 2006), y en aves, particularmente, Arpacik et al. (2016), mencionaron que ésta impacta negativamente su comportamiento, especialmente en el apareamiento, anidación y alimentación. Francis y Barber (2013) y Peris y Pescador (2004) encontraron que en ciertas especies de aves el ruido que se emite tiene un efecto adverso, pero no en toda la comunidad de aves de una región, lo que llega a reflejarse en una reducción en la diversidad de especies. Esto último también lo reportan Francis et al. (2009) estudiando el efecto que tiene la contaminación acústica en la distribución y anidamiento de aves, encontrando que el ruido redujo la diversidad de especies

<table>
<tr><th colspan="3">IMPACTO AMBIENTAL 28: Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido</th></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">anidadas, guiando a una diferenciación de comunidades y favoreciendo la reproducción debido a la reducción de algunos depredadores.
De acuerdo con Montenegro et al. (2020), el ruido generado por el transporte provoca cambios conductuales en las aves según la intensidad que alcance: cambio en la frecuencia de vocalizaciones al llegar a los 50 dBA, incremento en la amplitud de vocalizaciones a los 57 dBA, preferencia por descansar en áreas más tranquilas a los 47 dBA, efectos en fisiología y desarrollo a los 60 dBA y cambios en abundancia, riqueza, distribución y ocupación menor a los 46 dBA.
En el caso de los mamíferos se tendría un menor efecto que en las aves, considerando su cambio conductual, según los criterios potenciales mencionados por los autores antes mencionados, y a mayores niveles de ruido, notándose cambios entre los 52 dBA y los 98 dBA. En este caso, el ruido generado por el transporte incide en la búsqueda de alimento cuando se llega a los 80 dBA de presión sonora, pero a partir de los 52 dBA se esperaría un incremento en el estrés fisiológico cuando se analiza desde el punto de vista del ruido industrial, que es una fuente fija y constante de ruido.
Por otro lado, en reptiles el ruido llega a tener un menor efecto, ya que son pocas las especies de esta clase que usan sonidos para comunicarse, entre los que se conocen que lo utilizan están los geckos (*Gekko* sp.) y el anolis verde (*Anolis carolinensis*). En el SAR y área del proyecto, se registró la presencia del gecko panza amarilla (*Phyllodactylus tuberculosus*), no obstante, no se encontró información sobre el comportamiento de esta especies al respecto.</td></tr>
<tr><th colspan="3">Descripción para evaluación RIAM modificado</th></tr>
<tr><td>Componente de evaluación (código)</td><td colspan="2">FQ-16</td></tr>
<tr><td>Criterio</td><td>Valor</td><td>Comentario</td></tr>
<tr><td>A1: Importancia</td><td>2</td><td>Considerando el tipo de actividades a realizar en esta etapa, la maquinaria, equipos automotores y vehículos que se requerirían, podrían ocasionar una afectación perceptible hasta a un kilómetro de distancia del eje. Según la cobertura vegetal aledaña al trazo donde se esté actuando, el impacto será puntual, intermitente y de corta duración.</td></tr>
<tr><td>A2: Magnitud</td><td>-1</td><td>Es un impacto negativo por el incremento de las ondas acústicas en la atmósfera, sin llegar a ser significativo, porque se espera que la operación de la máquina y vehículos empleados para el transporte de materiales se encuentre en condiciones óptimas.</td></tr>
</table>

IMPACTO AMBIENTAL 28: Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido			
B1: Permanencia	3	Este impacto tiene como característica que se genera a lo largo del día, cuando hay más actividades de obra, pero de manera intermitente dependiendo de la actividad que se realice en los distintos frentes de trabajo. Su permanencia está directamente relacionada con la etapa constructiva.	
B2. Reversibilidad	2	Es un impacto reversible, al que le aplican medidas de prevención y control.	
B3. Acumulabilidad / sinergia	4	En el SAR se tiene actividad de vehículos pesados y ligeros que circulan por la carretera federales 95 (libre), en su tramo "Paso Texca – Bajos del Ejido – Coyuca de Benítez", el Libramiento Poniente Acapulco 200D, que va de la altura de la localidad Lomas del Aire a Bajos del Ejido, la misma carretera libre costera 200, en su tramo Acapulco – Coyuca de Benítez; además de otras vías secundarias que comunican localidades inmersas en el SAR, tanto de terracería como pavimentados, como los caminos "Bajos del Ejido – Tixtlancingo" y "El Bordonal – Yetla"; por lo que, se trata de un impacto ambiental acumulativo.	
B4. Susceptibilidad	2	Dada la ubicación del trazo carretero, la distancia a grandes zonas urbanas y condiciones del derecho de vía, no se considera que tenga elementos susceptibles a elevados niveles de ruido, por lo que se considera una región estable a esta alteración.	
Valor de la evaluación (ES)	-22	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 29: Cambio en el comportamiento de factores climáticos	
Etapa	Construcción
Factor ambiental impactado:	Aire / Microclima
Tipo de impacto:	Adverso
Actividades causantes:	• Riego de liga e impregnación y colocación de carpeta asfáltica • Conformación de bases de terracería. • Construcción / instalación de infraestructura. • Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores. • Mantenimiento de maquinaria y equipos (B).
Descripción:	La colocación de la carpeta asfáltica, y la construcción de sus obras de drenaje, cunetas y contracunetas, puentes y entronques, tiende a generar mayor radiación y un incremento en la temperatura ambiental a lo largo de la vía, lo que es causada por la pérdida de la cobertura vegetal que funciona como

<table>
<tr><th colspan="3">IMPACTO AMBIENTAL 29: Cambio en el comportamiento de factores climáticos</th></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">amortiguamiento del efecto directo de los rayos solares, con mayor albedo.
La cobertura vegetal minimiza la reflexión de la radiación solar. Un área con vegetación de selva caducifolia tiene un albedo que varía de acuerdo con la época del año, durante el periodo de lluvias llega a ser de 16%, lo que indica que el dosel tiene alta capacidad de absorber la radiación solar, y durante las secas de 26 %, ya que no existir cobertura vegetal y el suelo queda descubierto y refleja más fácil la radiación. Por otro lado, un área con suelo desnudo tiene un albedo bajo, el cual depende del color y porcentaje de humedad, lo que indica que absorbe la mayor parte de la radiación solar.
Una vía de comunicación asfaltada tiene un albedo muy bajo, el cual varía entre 5 y 10 % en vías de comunicación con asfalto nuevo, y entre 10 y 15 % en asfalto envejecido (Enriquez y Candia, 2025). Esto significa que absorben la mayor parte de la radiación solar y refleja muy poca, convirtiéndola en una superficie que retiene mucho calor, mismo que libera lentamente en su entorno conforme cambia la temperatura durante el día, formando lo que se conoce como "islas de calor", siendo más notorio en las zonas urbanas que han sido asfaltadas.</td></tr>
<tr><th colspan="3">Descripción para evaluación RIAM modificado</th></tr>
<tr><td>Componente de evaluación (código)</td><td colspan="2">FQ-17</td></tr>
<tr><td>Criterio</td><td>Valor</td><td>Comentario</td></tr>
<tr><td>A1: Importancia</td><td>2</td><td>Este en un impacto que se manifiesta a nivel local, principalmente en el área donde se lleva a cabo la remoción de la vegetación y se expone el material rocoso y se conformará la capa asfáltica, el cual favorece una reducción del albedo (la cantidad de radiación solar que se refleja por la superficie). Normalmente, las áreas asfaltadas retienen más calor y lo liberan lentamente en su entorno haciendo que la temperatura incremente ligeramente con respecto a áreas que aún cuentan con cobertura vegetal.</td></tr>
<tr><td>A2: Magnitud</td><td>-1</td><td>La magnitud del impacto se considera solo negativo considerando que el cambio solo es a nivel de la superficie de rodamiento de la vía y en áreas que, en su mayoría, ya no cuenta con la cobertura vegetal forestal original por haber sido sometidas al cambio de uso del suelo.</td></tr>
<tr><td>B1: Permanencia</td><td>4</td><td>Este efecto se inicia con la remoción de la vegetación en las áreas requeridas para el desplante de la infraestructura carretera, y continúa con la conformación de las bases y el asfaltado.</td></tr>
</table>

IMPACTO AMBIENTAL 29: Cambio en el comportamiento de factores climáticos			
B2. Reversibilidad	4	Recuperar el estado original aplicando medidas ambientales se considera que implicaría más de 10 años, por lo que se clasifica como irreversible.	
B3. Acumulabilidad / sinergia	4	En el SAR se cuenta con distintas vías de comunicación, tales como la carretera federale 95 (libre), en su tramo "Paso Texca – Bajos del Ejido – Coyuca de Benítez", el Libramiento Poniente Acapulco 200D, que va de la altura de la localidad Lomas del Aire a Bajos del Ejido, la misma carretera libre costera 200, en su tramo Acapulco – Coyuca de Benítez; además de otras vías secundarias que comunican localidades inmersas en el SAR, tanto de terracería como pavimentados, como los caminos "Bajos del Ejido – Tixtlancingo" y "El Bordonal – Yetla"; por lo que, se trata de un impacto ambiental acumulativo.	
B4. Susceptibilidad	2	Este en un impacto que se manifiesta a nivel local, principalmente en el área donde se lleva a cabo la remoción de la vegetación y se expone el material rocoso, el cual favorece el incremento de la radiación solar. Un área con vegetación de selva caducifolia tiene un albedo que varía de acuerdo con la época del año, durante el periodo de lluvias llega a ser de 16 %, lo que indica que el dosel tiene alta capacidad de absorber la radiación solar, y durante las secas de 26 %, ya que no existir cobertura vegetal el suelo queda descubierto y refleja más fácil la radiación. Por otro lado, un área con suelo desnudo tiene un albedo bajo, el cual depende del color y porcentaje de humedad, lo que indica que absorbe la mayor parte de la radiación solar.	
Valor de la evaluación (ES)	-28	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 30: Aprovechamiento de agua autorizado para su explotación.	
Etapa	Construcción
Factor ambiental impactado:	Agua / Disponibilidad de agua del acuífero
Tipo de impacto:	Adverso
Actividades causantes:	• Conformación de terraplenes y compactación para subrasante. • Colocación de base hidráulica. • Construcción / instalación de infraestructura. • Consumo de agua de los trabajadores.
Descripción:	La preparación del concreto para la construcción de cualquier obra civil demanda el uso de agua. En promedio se demandaría 0.700 m^3 de agua por tonelada de cemento. La conformación de las subbases y bases hidráulicas para darle estabilidad al terraplén, requieren alcanzar el nivel de

<table>
<tr><th colspan="3">IMPACTO AMBIENTAL 30: Aprovechamiento de agua autorizado para su explotación.</th></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">compactación establecido en las normas técnicas, el cual se alcanza y mantiene bajo determinado porcentaje de humedad. La humedad óptima para la compactación depende de las características físicas del material granular y de su estado de humedad al momento de su tendido, usualmente se sitúa entre un 4 % y 8 % en peso seco, dependiendo del material. El agua requerida debe estar libre de materia orgánica, contaminantes peligrosos residuales. Para el caso del proyecto se obtendrá de pozos autorizados para su aprovechamiento en la región.
Además, para reducir la suspensión de partículas de suelo por el movimiento de vehículos y equipos automotores pesados se aplicarán riegos en las terracerías, principalmente durante la época de secas.
El SAR del proyecto incide en cuatro acuíferos: 1224 Coyuca, 1225 Conchero, 1226 Bahía de Acapulco y 1227 La Sabana. El acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea publicado el 09 de noviembre de 2023, especifica que, de estos cuatro acuíferos, solo el de Bahía de Acapulco se encuentra en un balance negativo de disponibilidad de agua con -2.575047 Mm^3; esta disponibilidad había sido baja desde el reporte publicado en 2013, cuando resultó con una disponibilidad de 0.508172 Mm^3, llegando a 0.262599 Mm^3 en el 2020.
El trazo del proyecto se ubica mayormente sobre el área de influencia del acuífero Conchero, el cual cuenta con una disponibilidad media anual de agua del subsuelo 5.369217 $Mm^{3,}$, siendo superior al reportado para el acuífero de Coyuca con sus 4.812715 Mm^3 de agua disponible, pero menor a la disponibilidad de agua reportada para el acuífero La Sabana con sus 35.220061 Mm^3.</td></tr>
<tr><th colspan="3">Descripción para evaluación RIAM modificado</th></tr>
<tr><td>Componente de evaluación (código)</td><td colspan="2">FQ-18</td></tr>
<tr><td>Criterio</td><td>Valor</td><td>Comentario</td></tr>
<tr><td>A1: Importancia</td><td>2</td><td>La importancia del impacto está determinada por las características y condiciones de disponibilidad de agua de los acuíferos sobre los que se ubica el SAR del proyecto. Si bien, uno de los acuíferos en los que incide el SAR no cuenta con disponibilidad de agua para otorgar nuevas concesiones de aprovechamiento, el trazo del proyecto se desplanta sobre un acuífero con una balance de agua positivo, lo que impacta localmente.</td></tr>
<tr><td>A2: Magnitud</td><td>-1</td><td>Con base en la demanda de agua, el tiempo de duración de la etapa y la disponibilidad media anual de agua del acuífero, se consideró que el impacto tendría una magnitud a nivel de cambio negativo significativo con respecto al estado actual.</td></tr>
</table>

IMPACTO AMBIENTAL 30: Aprovechamiento de agua autorizado para su explotación.			
B1: Permanencia	3	La demanda de agua para el proceso constructivo termina justo con el fin de las obras; durante la etapa de operación, el único consumo de agua previsto es el requerido para consumo de los trabajadores responsables de las actividades de mantenimiento.	
B2. Reversibilidad	2	El agua es un recurso esencial para los procesos constructivos y para el desarrollo de diversas actividades, así que su demanda en el proyecto iniciará en la construcción y termina al finalizar esta misma etapa.	
B3. Acumulabilidad / sinergia	4	Es un impacto que se suma al ocasionado por el desarrollo de las actividades productivas y la demanda de las localidades de la región, sobre el acuífero del cual se abastecen.	
B4. Susceptibilidad	2	Se evalúa como estable tomando en cuenta que se trata de un acuífero que presenta un volumen disponible para su aprovechamiento.	
Valor de la evaluación (ES)	-22	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 31: Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua superficial	
Etapa	Construcción
Factor ambiental impactado:	Agua / Calidad del agua superficial
Tipo de impacto:	Adverso
Actividades causantes:	• Corte y perfilado de terreno. • Conformación de terraplenes y compactación para subrasante. • Colocación de base hidráulica. • Riego de liga e impregnación y colocación de carpeta asfáltica. • Excavaciones / cimentaciones. • Habilitación del área de desplante. • Construcción / instalación de infraestructura. • Manejo y uso de hidrocarburos.
Descripción:	Las actividades que implican la pérdida de la cobertura del suelo y la generación de residuos de materiales pétreos exponen a los suelos a sufrir pérdidas por efectos de la lluvia y del viento, al quedar sin su capa protectora de impactos externos y aporte de materia orgánica que favorece la cohesión en sus componentes estructurales. La manipulación del horizonte del suelo, incluyendo a la roca madre que se encuentra superficialmente, para la conformación de las áreas en las que se instalarán las obras del proyecto y se realizarán las actividades constructivas, rompen con la estructura

IMPACTO AMBIENTAL 31: Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua superficial		
	del perfil del suelo y lo exponen a la pérdida de sus partículas por efecto de la fuerza del viento y arrastre de las corrientes de agua que se forman durante la época de lluvia, la cual llega a cuerpos de agua superficiales temporales. Las actividades constructivas de las obras de drenaje y puentes iniciarán con la excavaciones que alojarán a las estructuras prefabricadas, o bien, a las cimentaciones. El colado de las estructuras de apoyo implicará el uso de mezcla de concreto que normalmente genera residuos que pueden llegar a cuerpos de agua por proceso de arrastre, así como por el indebido lavado de las ollas de concreto, generando un agua residual alcalina. Un riesgo menor está representado por el uso de la maquinaria, vehículos y equipos automotores, mismos que demandan mantenimiento y uso de hidrocarburos. Por su operación y mantenimiento, se tienen fugas y derrames que, algunas veces, caen al suelo accidentalmente. Estas sustancias pueden llegar a formar parte del suelo que es arrastrado por la escorrentía, pasando a ser parte de los contaminantes de cuerpos de agua superficial si no se implementan las medidas ambientales pertinentes. La generación y mala disposición de residuos, principalmente de manejo especial y sólidos urbanos, podrían llegar a modificar la calidad del agua en los cuerpos de agua superficiales sobre los que tiene incidencia el trazo del proyecto. El uso de letrinas portátiles por parte de los trabajadores generará aguas residuales, que deberán ser manejadas y dispuestas por una empresa especializada y autorizada para ello. Es importante señalar que los sanitarios portátiles serán objeto de un mantenimiento constante, para operar en condiciones adecuadas y evitar el fecalismo al aire libre del personal de construción, lo cual reduce cualquier potencial riesgo de contaminación de cuerpos de agua por este tipo de residuos.	
Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)	FQ-19	
Criterio	**Valor**	**Comentario**
A1: Importancia	2	La escala del criterio está determinada por tratarse de un impacto que se genera de forma puntual, pero su dispersión (arrastre) puede involucrar áreas externas al área del proyecto.
A2: Magnitud	-1	Se trata de un impacto ambiental negativo del estado actual, sin llegar a ser significativo, dado el volumen de agua contaminada que pudiera ser generada y teniendo en cuenta que ninguno de los contaminantes podría considerarse riesgoso, de amplia duración o residual.

IMPACTO AMBIENTAL 31: Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua superficial			
B1: Permanencia	3	El potencial impacto se elimina al momento de terminar la construcción, no obstante, al considerarse que la construcción de obras de infraestructura se distribuye por varios años, durante la etapa de desarrollo del proyecto, se considera como un impacto de medio término, tomando como base el tiempo definido en el criterio de evaluación.	
B2. Reversibilidad	2	Existen medidas ambientales para prevenir, mitigar o, en caso dado, detener la generación del impacto y el impacto mismo en su totalidad.	
B3. Acumulabilidad / sinergia	3		
B4. Susceptibilidad	3	La presencia de los cuerpos de agua superficiales que intersectan con el trazo carretero, así como del SAR mismo, convierten la zona en un área sensible a cambios ambientales, sin llegar a considerarse extremadamente sensible por la temporalidad y volumen de agua de los cauces, así como por la poca probabilidad de que las obras y actividades del proyecto ocasionen una afectación.	
Valor de la evaluación (ES)	-22	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 32: Cambio en los flujos y movimientos de agua superficiales temporales	
Etapa	Construcción
Factor ambiental impactado:	Agua / Modificación del flujo superficial
Tipo de impacto:	Adverso
Actividades causantes:	• Corte y perfilado de terreno. • Conformación de terraplenes y compactación para subrasante. • Colocación de base hidráulica. • Habilitación del área de desplante de obras de drenaje (B). • Construcción / instalación de infraestructura de obras de drenaje (B).
Descripción:	La conformación de la estructura de la obra civil y la nivelación del terreno para vías de comunicación implicaría reducir la permeabilidad de la superficie, generándose escorrentía y cambio en su sentido. Esto sería manejado adecuadamente a través de las obras de drenaje requeridas para la captación y conducción del agua pluvial que sean establecidas en el área del proyecto para encausarla a sitios de escorrentía natural presentes en la región.

IMPACTO AMBIENTAL 32: Cambio en los flujos y movimientos de agua superficiales temporales		
	Los cauces superficiales existentes en el contexto del SAR y en el área del proyecto se caracterizan por ser cuerpos de agua superficiales, temporales y permanentes, de flujo laminar intermitente y permanente. Los cauces permanentes reducen significativamente su caudal en la época de secas. La precipitación en la región es superior a los 1,100 mm anuales, concentrada entre los meses de mayo a noviembre, siendo agosto y septiembre los meses con mayor precipitación promedio acumulada, estando entre 250 y 270 mm de precipitación, respectivamente. Es común la presencia de tormentas tropicales, las cuales llegan a ocasionar afectaciones a la población, a la infraestructura urbana y a las vías de comunicación, llegándose a reportar precipitaciones de hasta 207 y 283 mm en un día. Estos volúmenes de precipitación pluvial ocasionan grandes volúmenes de escorrentía que se encauzan en los cuerpos de agua superficiales teniendo a la Laguna de Coyuca como sitio de confluencia.	
Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)	FQ-20	
Criterio	**Valor**	**Comentario**
A1: Importancia	1	Es un impacto que se genera a nivel local, pudiéndose considerar más de manera puntual en las áreas de desplante de obras.
A2: Magnitud	-2	Es un impacto que implica un cambio mayor del estado actual según el área involucrada, en el que, si bien, no hay bloqueo definitivo del flujo y puede ser fácilmente mitigado, sí se tiene un efecto en la mayor parte del área del proyecto, siendo mayor en el área del libramiento que en los tramos de modernización de la vía.
B1: Permanencia	4	El impacto en sí termina en el momento que concluye la construcción de la obra generadora de la afectación, no obstante, se le evaluó como una permanencia amplia por el tiempo contemplado de la etapa constructiva de las diversas obras del proyecto y el tiempo que estarían operativas las obras causantes del desvío.
B2. Reversibilidad	3	El valor está asignado considerando el tiempo que duraría la restauración del área afectada y se recupere su funcionalidad debido al nuevo uso de suelo que tendrían los sitios afectados, no por el hecho de que la afectación vaya a ser permanente, funcionalidad que retorna unas vez construidas las obras de drenaje y reencauzamiento de los flujos superficiales que se verían alterados.
B3. Acumulabilidad / sinergia	4	

IMPACTO AMBIENTAL 32: Cambio en los flujos y movimientos de agua superficiales temporales			
B4. Susceptibilidad	3	Se valora como un impacto sensible por el hecho de que se trata de un área con alta precipitación anual y presencia de cuerpos de agua superficiales temporales y permanentes que dependen de los flujos de escorrentía para mantenerse activos.	
Valor de la evaluación (ES)	-28	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 33: Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático		
Etapa	Construcción	
Factor ambiental impactado:	Agua / Recarga del manto freático	
Tipo de impacto:	Adverso	
Actividades causantes:	• Corte y perfilado de terreno. • Conformación de terraplenes y compactación para subrasante. • Colocación de base hidráulica. • Riego de liga e impregnación y colocación de carpeta asfáltica.	
Descripción:	La carpeta asfáltica se forma por una o varias capas asfálticas y tiene como principal función proporcionar una superficie segura, estable y técnicamente funcional para el tráfico vehicular; además de actuar como capa impermeable para impedir la infiltración de agua en la estructura del pavimento. La compactación de las subbases del cuerpo carretero tiene como uno de sus objetivos reducir la infiltración para darle la estabilidad y durabilidad a la vía de comunicación y reducir su mantenimiento, lo que genera mayor escorrentía y cambio de sentido de los flujos en el cuerpo del eje. La afectación de áreas por la pérdida de cobertura vegetal en la etapa de preparación del sitio, el retiro del perfil de suelo orgánico, la compactación de las subbases y la cobertura de la superficie de rodamiento con el material asfaltado restaría áreas y la capacidad para captar, almacenar e infiltrar agua pluvial.	
Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)	FQ-21	
Criterio	**Valor**	**Comentario**
A1: Importancia	1	Es un impacto que se genera a nivel local, de manera puntual en las áreas de desplante de obras.
A2: Magnitud	-3	Es un impacto que implica un cambio mayor del estado actual por el tipo de obra a desarrollarse, el área involucrada y el cambio que esto representaría en el

IMPACTO AMBIENTAL 33: Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático			
		proceso de infiltración y la recarga del manto freático en el área del proyecto.	
B1: Permanencia	4	Se evaluó como permanente, porque perdura durante la vida útil de la carretera.	
B2. Reversibilidad	4		
B3. Acumulabilidad / sinergia	4		
B4. Susceptibilidad	2	Se evalúa como área estable tomando en cuenta la baja permeabilidad del subsuelo, propiedad que le otorga su composición geológica.	
Valor de la evaluación (ES)	-42	Valor alfabético	-B (Impacto negativo moderado)

IMPACTO AMBIENTAL 34: Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre	
Etapa	Construcción
Factor ambiental impactado:	Fauna silvestre / Abundancia
Tipo de impacto:	Adverso
Actividades causantes:	• Excavaciones / cimentaciones. • Habilitación del área de desplante. • Construcción / instalación de infraestructura. • Corte y perfilado de terreno. • Conformación de terraplenes y compactación para subrasante. • Colocación de base hidráulica. • Riego de liga e impregnación y colocación de carpeta asfáltica. • Instalación de señalizaciones. • Habilitación del área de desplante. • Construcción / instalación de infraestructura. • Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores.
Descripción:	La fauna silvestre, en general, representa ser un componente ambiental sensible a los movimientos de vehículos, maquinaria y de personal. De acuerdo con Benítez et al. (2021b), el movimiento del personal y operación de la maquinaria, además de ahuyentar a algunas especies de fauna silvestre que no logran adaptarse a su nuevo entorno, hacen que algunas especies modifiquen su comportamiento debido a la obstrucción para sus desplazamientos, el incremento de riesgo de atropellamiento, disminución de la calidad del hábitat y las emisiones sonoros. El ruido generado por los automotores tiene un efecto directo en el comportamiento animal ya que diversas especies de anfibios, reptiles, mamíferos y aves se comunican usando el sonido. Las

<table>
<tr><th colspan="3">IMPACTO AMBIENTAL 34: Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre</th></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">emisiones de cantos y diferentes sonidos de acuerdo con la especie se usan para atraer pareja, defender territorio de rivales, mantener comunicación entre grupos, pedir comida y comunicar riesgos. El ruido generado por automotores llega a alterar la comunicación entre individuos de una misma especie, lo cual está determinado por el rango espectro de alteración. De acuerdo con Benítez et al. (2021b), algunas especies no logran adaptarse a las nuevas condiciones y se ahuyentan a áreas con menos contaminación auditiva, ya sea de manera temporal o permanentemente, otras logran adaptarse no sin sufrir modificaciones en su comportamiento, como el cantar o llamar más fuerte o hacerlo en momentos del día más tranquilos.
El constante movimiento vehicular para el transporte de personal, materiales e insumos, operación de la maquinaria y equipos automotores, así como el movimiento del personal para la realización de sus actividades ahuyentaría y limitaría el movimiento de ejemplares de fauna silvestre dentro del área del proyecto, así como en áreas aledañas a este. Al exterior del derecho de vía la afectación estaría dada por el incremento del flujo vehicular para el transporte de personal y de materiales e insumos, mientras que, al interior, la afectación estaría dada principalmente por las actividades constructivas que tendrían lugar durante el día.
En este caso, las especies que se verían mayormente afectadas serían los mamíferos, reptiles y anfibios, y, en menor grado estarían las aves por su capacidad de desplazamiento.
De acuerdo con los resultados reportados por Benitez et al. (2021c), la afectación a la fauna silvestre por la emisión de ruido varia según el flujo vehicular, la velocidad de operación, la cobertura vegetal aledaña al eje carretero implicando un rango de afectación. Los camiones que circularon sobre terracería ocasionaron emisiones entre 73 y 83 dB, con picos de hasta 90 dB. En áreas con cobertura vegetal se alcanzaron niveles de ruido ambiental entre los 200 y 250 m de distancia de la vía de comunicación. En áreas que no contaban con cobertura vegetal el área afectada se extendió hasta casi 1.0 km de distancia. Los picos máximos se tuvieron cuando los camiones circulaban sin carga y a una velocidad mayor de los 40 km h^{-1}.</td></tr>
<tr><th colspan="3">Descripción para evaluación RIAM modificado</th></tr>
<tr><td>Componente de evaluación (código)</td><td colspan="2">BE-9</td></tr>
<tr><td>Criterio</td><td>Valor</td><td>Comentario</td></tr>
<tr><td>A1: Importancia</td><td>1</td><td>El grado de importancia radica en que el impacto se tendría directamente en los frentes de obra, sin afectar mayormente áreas fuera del derecho de vía del proyecto.</td></tr>
<tr><td>A2: Magnitud</td><td>-2</td><td>La magnitud se considera como cambio adverso del estado actual ya que solo implica una disminución en el</td></tr>
</table>

IMPACTO AMBIENTAL 34: Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre			
		número de ejemplares de fauna silvestre presentes en el área del proyecto, por ahuyentamiento de individuos hacia áreas aledañas sin afectar.	
B1: Permanencia	3	La afectación se valorizó tomando en cuenta el número de años que implican el desarrollo de las actividades constructivas, las cuales serán por períodos determinados, pero a través del plazo definido en el programa de actividades presentado en el Capítulo II de esta MIA-R.	
B2. Reversibilidad	3		
B3. Acumulabilidad / sinergia	4	Es un impacto que se suma a las modificaciones antrópicas de la región, incluyendo la construcción y operación de vías de comunicación, actividades agropecuarias y la afectación proveniente de los asentamientos humanos.	
B4. Susceptibilidad	2	La baja sensibilidad otorgada está relacionada con la disponibilidad de hábitat con características ambientales similares a las del área del proyecto. Por lo que, los individuos que sufrieran alteración de su hábitat podrían desplazarse hacia estas áreas.	
Valor de la evaluación (ES)	-24	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 35: Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre	
Etapa	Construcción
Factor ambiental impactado:	Fauna silvestre / Movilidad
Tipo de impacto:	Adverso
Actividades causantes:	• Excavaciones / cimentaciones. • Habilitación del área de desplante. • Construcción / instalación de infraestructura. • Corte y perfilado de terreno. • Conformación de terraplenes y compactación para subrasante. • Colocación de base hidráulica. • Riego de liga e impregnación y colocación de carpeta asfáltica. • Instalación de señalizaciones. • Habilitación del área de desplante. • Construcción / instalación de infraestructura. • Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores.

IMPACTO AMBIENTAL 35: Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre		
Descripción:	La alteración que sufriría el derecho de vía por la modernización de la carretera actual, pero en mayor medida el desplante de nuevo cuerpo carretero para el libramiento interrumpirá la continuidad de áreas de desplazamiento y hábitat de algunas especies de fauna silvestre. Esto, aunado a que las distintas actividades constructivas ahuyentará lejos de los frentes de obra a los individuos de especies menos tolerantes a la perturbación hacia otras áreas del SAR, ocasionando cambios en el patrón de desplazamiento de algunas especies.	
Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)	BE-10	
Criterio	**Valor**	**Comentario**
A1: Importancia	1	En el contexto de que la alteración a las áreas de desplazamiento involucra las superficies del proyecto, al personal y el movimiento vehicular en las vías de comunicación aledañas para el transporte de personal, materiales e insumos, este criterio se clasifica como de importancia a nivel de áreas alrededor de la condición local.
A2: Magnitud	-2	La magnitud de este criterio está dada por la diversidad de especies de fauna silvestre identificadas durante el trabajo de campo, el número de especies identificadas catalogadas en categoría de riesgo y la disponibilidad de hábitat dentro del SAR.
B1: Permanencia	3	La valoración otorgada al criterio solo considera la afectación al desplazamiento por la presencia de obras y actividades durante el periodo que implica la construcción del proyecto. Si bien, la afectación continuaría en la etapa de operación, dicho efecto se evalúa como parte de la dicha etapa.
B2. Reversibilidad	3	
B3. Acumulabilidad / sinergia	4	Es un impacto que se suma a los cambios que han ocasionado los asentamientos humanos en la región, la construcción de las vías de comunicación y la práctica de las actividades agropecuarias, principalmente.
B4. Susceptibilidad	2	El valor se asignó clasificando al ambiente como estable. Para ello se tomó en cuenta que de las 32,885.19 ha del SAR, el 48.19 % cuenta con cobertura de vegetación foresta y el 9.64 % se encuentra cubierta por agua, lo que domina sobre las áreas que han sido sometidas a cambio de uso del suelo para actividades agropecuarias (33.73 %), asentamientos humanos (7.10 %) y 1.33 % se encuentra sin vegetación aparente. Por lo que, la fauna

IMPACTO AMBIENTAL 35: Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre			
		silvestre tendría ambientes similares a los afectados para poder desarrollarse.	
Valor de la evaluación (ES)	-24	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 36: Afectación a ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo y relevancia ambiental	
Etapa	Construcción
Factor ambiental impactado:	Fauna silvestre / Especies en categoría de riesgo
Tipo de impacto:	Adverso
Actividades causantes:	• Excavaciones / cimentaciones. • Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores.
Descripción:	La alteración de las áreas de desplazamiento, más el movimiento de equipos automotores y del personal, ocasionarían una afectación del hábitat de la fauna silvestre, incluyendo a los ejemplares de especies catalogadas en alguna categoría de riesgo, tomando en cuenta que, de las 138 especies de fauna identificadas en el SAR, 12 se encuentran en la lista de especies en categoría de riesgo de la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. De estas 12 especies, 10 se clasifican como especies sujetas a protección especial (Pr) y dos como especie amenazada (A). Con relación a la fauna silvestre, en el área del proyecto se identificaron cinco especies en alguna categoría de riesgo, de las 74 especies totales identificadas, cuatro de ellas clasificadas como especies sujetas a protección especial (Pr): un anfibio (*Lithobates forreri*), dos reptiles (*Anolis subocularis e Iguana iguana*) y un ave (*Eupsittula canicularis*), además del garrobo de roca (*Ctenosaura pectinata*) que se clasifica como especie amenazada (A). Por otro lado, de las 74 especies totales identificadas en el área del proyecto, 70 se clasificaron como especies de preocupación menor (LC), según la lista roja de la UICN, una como especie casi amenazada (NT), una presenta datos deficientes para su evaluación (DD) y seis no han sido evaluadas (NE). En esta etapa, la afectación a estas especies estaría dada por el ahuyentamiento o desplazamiento que ocasionaría el movimiento de maquinaria, el transporte de materiales y residuos de la construcción y la presencia de personal, sin implicar destrucción de su hábitat ni muerte o aprovechamiento de ejemplares de estas u otras especies.
Descripción para evaluación RIAM modificado	

IMPACTO AMBIENTAL 36: Afectación a ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo y relevancia ambiental			
Componente de evaluación (código)	BE-11		
Criterio	**Valor**	**Comentario**	
A1: Importancia	1	Si bien, las actividades a desarrollarse en el proyecto pueden ocasionar el desplazamiento de individuos que habitan dentro del área de actuación para el desarrollo del proyecto, se considera que el impacto no tendría mayor relevancia más allá del ambiente local tomando en cuenta las condiciones ambientales favorables que aún privan dentro del SAR.	
A2: Magnitud	-3	Se clasifica como un impacto mayor significativo, y no solo negativo, bajo la consideración de que se afectarían individuos de especies que tienen una baja incidencia en el área de actuación, pero que son consideradas especies protegidas o de alguna relevancia ambiental por otras clasificaciones a nivel nacional.	
B1: Permanencia	3		
B2. Reversibilidad	3		
B3. Acumulabilidad / sinergia	4		
B4. Susceptibilidad	3	Se considera un impacto sensible debido a la categoría de riesgo de las especies, no obstante, la disponibilidad de hábitat para su desarrollo.	
Valor de la evaluación (ES)	-39	Valor alfabético	-B (Impacto negativo moderado)

IMPACTO AMBIENTAL 37: Incremento del riesgo de mortalidad de fauna silvestre por atropellamiento	
Etapa	Construcción
Factor ambiental impactado:	Fauna silvestre / Atropellamiento
Tipo de impacto:	Adverso
Actividades causantes:	• Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores.
Descripción:	Las vías terrestres de comunicación actúan como una barrera física que fragmenta ecosistemas, comunidades o poblaciones, y restringe el libre desplazamiento de individuos de fauna silvestre, aunado al riesgo de atropellamiento por la circulación de los vehículos. Si bien, ello ocurre principalmente en la etapa operativa, la circulación de maquinaria, vehículos utilizados en la construcción para el transporte de materiales, residuos y personal pueden también ocasionar el atropellamiento de fauna silvestre en los frentes de obra. Arroyave, citado por Pacheco et al. (2021), considera que las carreteras en la etapa operativa representan ser una amenaza

<table>
<tr><th colspan="4">IMPACTO AMBIENTAL 37: Incremento del riesgo de mortalidad de fauna silvestre por atropellamiento</th></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">para la biodiversidad, lo cual, en mucha menor escala por la cantidad de vehículos y velocidades de circulación, puede también ocurrir durante la construcción.
El incremento de la mortalidad por atropello va a depender, entre otras causas, por la diversidad, abundancia y características específicas de las especies de fauna silvestre, la velocidad de operación en la vía, intensidad del tráfico, existencia y cantidad de obras reductoras de velocidad en áreas con mayor presencia de fauna, existencia de pasos de fauna en áreas críticas, señalización de advertencia para los conductores, concientización de los usuarios.</td></tr>
<tr><th colspan="4">Descripción para evaluación RIAM modificado</th></tr>
<tr><td>Componente de evaluación (código)</td><td colspan="3">BE-12</td></tr>
<tr><td>Criterio</td><td>Valor</td><td colspan="2">Comentario</td></tr>
<tr><td>A1: Importancia</td><td>1</td><td colspan="2">En el contexto de que la alteración a las áreas de desplazamiento involucra el movimiento vehicular para el transporte de personal, materiales e insumos requeridos para la construcción del proyecto, este criterio se clasifica como de importancia a nivel de áreas alrededor de la condición local.</td></tr>
<tr><td>A2: Magnitud</td><td>-2</td><td colspan="2">La magnitud de este criterio está dada por la diversidad de especies de fauna silvestre identificadas durante el trabajo de campo, el número de especies identificadas catalogadas en categoría de riesgo y la disponibilidad de hábitat dentro del SAR.</td></tr>
<tr><td>B1: Permanencia</td><td>3</td><td colspan="2">La valoración otorgada al criterio solo considera la potencial afectación durante el periodo que implica la construcción del proyecto. Si bien, la afectación continuaría en la etapa de operación, dicho efecto se evalúa como parte de la dicha etapa.</td></tr>
<tr><td>B2. Reversibilidad</td><td>3</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>B3. Acumulabilidad / sinergia</td><td>4</td><td colspan="2">Es un impacto que se suma a los cambios que han ocasionado la construcción y operación de las vías de comunicación.</td></tr>
<tr><td>B4. Susceptibilidad</td><td>2</td><td colspan="2">El valor se asignó clasificando al ambiente como estable, dada la riqueza y abundancia de fauna a escala tanto del SAR como del área del proyecto.</td></tr>
<tr><td>Valor de la evaluación (ES)</td><td>-24</td><td>Valor alfabético</td><td>-A (Impacto negativo ligero)</td></tr>
</table>

IMPACTO AMBIENTAL 38: Modificación de las cualidades estético - paisajísticas			
Etapa	Construcción		
Factor ambiental impactado:	Paisaje / Calidad estético - paisajísticas		
Tipo de impacto:	Adverso		
Actividades causantes:	• Construcción / instalación de infraestructura. • Corte y perfilado de terreno. • Riego de liga e impregnación y colocación de carpeta asfáltica. • Habilitación del área de desplante. • Construcción / instalación de infraestructura.		
Descripción:	La ubicación dispersa de elementos asociados a la etapa constructiva, tales como maquinaria, instalaciones temporales, señalamientos, y fundamentalmente los movimientos de tierra requeridos para la ampliación de la vía existente y la construcción del libramiento, sobresaldrán y representarán un cambio visual drástico del paisaje natural que se tiene actualmente en el área del proyecto.		
Descripción para evaluación RIAM modificado			
Componente de evaluación (código)	SC-3		
Criterio	**Valor**	**Comentario**	
A1: Importancia	1	La escala del criterio está dada en función de que el impacto se generaría a nivel local (puntual), en el sitio de las obras, no obstante que el impacto será percibido más allá del derecho de vía de la carretera, pero no a una escala regional.	
A2: Magnitud	-3	La presencia de maquinaria, actividades de obra y la instalación de infraestructura será visible desde diferentes puntos dentro y fuera del área del proyecto, por ello se considera como un cambio negativo significativo.	
B1: Permanencia	4		
B2. Reversibilidad	4		
B3. Acumulabilidad / sinergia	4		
B4. Susceptibilidad	3	La sensibilidad del ambiente está determinada por la alteración de la unidad de paisaje, dominada actualmente por una matriz en la que se intercalan superficies con vegetación forestal, usos agrícolas y asentamientos humanos.	
Valor de la evaluación (ES)	-45	Valor alfabético	-B (Impacto negativo moderado)

IMPACTO AMBIENTAL 39: Impacto en la calidad de vida de los vecinos de las obras			
Etapa	Construcción		
Factor ambiental impactado:	Paisaje / Impacto visual		
Tipo de impacto:	Adverso		
Actividades causantes:	• Habilitación del área de desplante. • Construcción / instalación de infraestructura. • Corte y perfilado de terreno. • Habilitación del área de desplante. • Construcción / instalación de infraestructura.		
Descripción:	La construcción de la infraestructura del proyecto alteraría la condición actual que priva en los asentamientos humanos, debido al movimiento vehicular y de la maquinaria empleada en la construcción de la obra. Entre los impactos que se incrementarían están el flujo vehicular, las emisiones de partículas contaminantes y ruido, además del impacto visual que tendría la construcción del proyecto.		
Descripción para evaluación RIAM modificado			
Componente de evaluación (código)	SC-4		
Criterio	**Valor**	**Comentario**	
A1: Importancia	1	Es un impacto local que tiene lugar a lo largo del trazo del proyecto.	
A2: Magnitud	-2		
B1: Permanencia	4		
B2. Reversibilidad	4		
B3. Acumulabilidad / sinergia	3	Este impacto se clasifica como acumulativo, toda vez que la operación de las vías de comunicación existentes en el SAR ya promueven una afectación a la calidad de vida de sus pobladores. Incluso, con la construcción de este proyecto, se prevé que puedan mejorar estas condiciones al incorporar un libramiento para que los vehículos en recorridos de largo itinerario no tengan que circular al interior de las poblaciones.	
B4. Susceptibilidad	3		
Valor de la evaluación (ES)	-28	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 40: Disponibilidad de vías de comunicación terrestres	
Etapa	Construcción
Factor ambiental impactado:	Uso de suelo / Caminos de acceso e internos.
Tipo de impacto:	Benéfico
Actividades causantes:	• Corte y perfilado de terreno.

<table>
<tr><th colspan="4">IMPACTO AMBIENTAL 40: Disponibilidad de vías de comunicación terrestres</th></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">• Conformación de terraplenes y compactación para subrasante.
• Colocación de base hidráulica.
• Riego de liga e impregnación y colocación de carpeta asfáltica.
• Instalación de señalizaciones.
• Excavaciones / cimentaciones de obras de drenaje.
• Habilitación del área de desplante.
• Construcción / instalación de infraestructura.
• Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores.</td></tr>
<tr><td>Descripción:</td><td colspan="3">El desarrollo del proyecto en los términos manifestados en el Capítulo II de esta MIA-R, implicaría mejorar las condiciones operativas de esta importante vía de comunicación que comunica Acapulco con los municipios de la Costa Chica y Costa Grande del estado de Guerrero.
En los últimos años, los municipios de la costa guerrerense se han visto fuertemente impactos por fenómenos hidrometeorológicos, como el caso del huracán Otis que golpeó en octubre de 2023 y del huracán John en septiembre de 2024. Las vías de comunicación sufrieron severas afectaciones, entre ellas puentes, obras de drenaje, taludes y la carpeta asfáltica, por lo que es importante realizar mejoras para garantizar un tránsito seguro y eficiente para los pobladores de la región y visitantes.
Entre las obras que se plantean con el desarrollo de este proyecto se encuentran: la construcción de una carretera tipo A2 con acotamientos de 2.5 m de ancho en ambos sentidos, construcción de paraderos a ambos lados para incrementar la seguridad de usuarios del transporte público, renovar y ampliar las obras de drenaje y puentes vehiculares, construir un libramiento para reducir el tiempo e incrementar la seguridad operativa de los usuarios y pobladores de la región.</td></tr>
<tr><th colspan="4">Descripción para evaluación RIAM modificado</th></tr>
<tr><td>Componente de evaluación (código)</td><td colspan="3">SC-5</td></tr>
<tr><th>Criterio</th><th>Valor</th><th colspan="2">Comentario</th></tr>
<tr><td>A1: Importancia</td><td>3</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>A2: Magnitud</td><td>2</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>B1: Permanencia</td><td>4</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>B2. Reversibilidad</td><td>4</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>B3. Acumulabilidad / sinergia</td><td>3</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>B4. Susceptibilidad</td><td>3</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Valor de la evaluación (ES)</td><td>84</td><td>Valor alfabético</td><td>C (Impacto positivo significativo)</td></tr>
</table>

IMPACTO AMBIENTAL 41: Generación de ofertas de trabajo directos e indirectos		
Etapa	Construcción	
Factor ambiental impactado:	Calidad de vida / Generación de empleos	
Tipo de impacto:	Benéfico	
Actividades causantes:	• Excavaciones / cimentaciones. • Habilitación del área de desplante. • Construcción / instalación de infraestructura. • Corte y perfilado de terreno. • Conformación de terraplenes y compactación para subrasante. • Colocación de base hidráulica. • Riego de liga e impregnación y colocación de carpeta asfáltica. • Instalación de señalizaciones. • Habilitación del área de desplante. • Construcción / instalación de infraestructura. • Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores. • Mantenimiento de maquinaria y equipos. • Manejo y uso de hidrocarburos.	
Descripción:	La construcción de las obras, operación de maquinaria y equipos y sus actividades asociadas, demandarían mano de obra directa e indirecta. La mano de obra directa sería para la operación de maquinaria pesada, vehículos, equipos especializados, además de requerir los servicios de ingenieros civiles, arquitectos, albañiles, herreros, carpinteros, soldadores, pintores, entre otros. Por otro lado, se demandarían los servicios de otras empresas, entre ellas las expendedoras de casas de materiales, bancos de materiales autorizados, triturados, cementeras, casas de pinturas, purificadoras de agua, renta de servicios sanitarios, manejo de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos, transporte, entre otras. Por lo que el desarrollo del proyecto sería un detonante de fuentes de empleo temporal en la región.	
Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)	EO-3	
Criterio	**Valor**	**Comentario**
A1: Importancia	2	La contratación de mano de obra demandaría personal del municipio y estado, incluso podría darse el caso de la contratación temporal de personal de otras entidades federativas, con la finalidad de cubrir los perfiles requeridos en los procesos constructivos y operativos.

IMPACTO AMBIENTAL 41: Generación de ofertas de trabajo directos e indirectos			
A2: Magnitud	2		
B1: Permanencia	3	La demanda de mano de obra para la etapa de construcción comprende un plazo menor a 10 años, periodo en el cual se construirían e instalarían los diferentes componentes del proyecto (previsto de 5 años). Estas actividades se realizarían conforme se avance en la ejecución del proyecto, como se muestra en el calendario de actividades presentado en el capítulo II de esta MIA-R. Con base en la duración de esta etapa, la permanencia de este impacto se valoriza como de término medio de la escala.	
B2. Reversibilidad	2		
B3. Acumulabilidad / sinergia	4	En el SAR existen fuentes laborales de relevancia, por lo que el desarrollo del proyecto viene a sumarse como alternativa importante de desarrollo económico y social para los habitantes de la región.	
B4. Susceptibilidad	3		
Valor de la evaluación (ES)	48	Valor alfabético	B (Impacto positivo moderado)

IMPACTO AMBIENTAL 42: Impulso a la economía local y regional por la derrama económica	
Etapa	Construcción
Factor ambiental impactado:	Calidad de vida / Derrama económica local y regional
Tipo de impacto:	Benéfico
Actividades causantes:	• Excavaciones / cimentaciones. • Habilitación del área de desplante. • Construcción / instalación de infraestructura. • Colocación de base hidráulica. • Riego de liga e impregnación y colocación de carpeta asfáltica. • Instalación de señalizaciones. • Habilitación del área de desplante. • Construcción / instalación de infraestructura. • Mantenimiento de maquinaria y equipos automotores. • Manejo y uso de hidrocarburos.
Descripción:	El pago de salarios, la adquisición de materiales y sustancias, así como la demanda de servicios para la ejecución de las actividades constructivas generarían una derrama económica, tanto a nivel local como a nivel regional. El desarrollo del proyecto representa generación de ingresos directos a expendedores de servicios relacionados con el ramo de la construcción y servicios, los cuales son independientes por la contratación de los servicios laborales.

IMPACTO AMBIENTAL 42: Impulso a la economía local y regional por la derrama económica			
Descripción para evaluación RIAM modificado			
Componente de evaluación (código)	EO-4		
Criterio	**Valor**	**Comentario**	
A1: Importancia	2		
A2: Magnitud	2		
B1: Permanencia	3		
B2. Reversibilidad	2		
B3. Acumulabilidad / sinergia	4		
B4. Susceptibilidad	3		
Valor de la evaluación (ES)	48	Valor alfabético	B (Impacto positivo moderado)

IMPACTO AMBIENTAL 43: Desarrollo económico y social regional comunitario directo por mejoras de las vías de comunicación	
Etapa	Construcción
Factor ambiental impactado:	Calidad de vida / Desarrollo regional
Tipo de impacto:	Benéfico
Actividades causantes:	• Corte y perfilado de terreno. • Conformación de terraplenes y compactación para subrasante. • Colocación de base hidráulica. • Riego de liga e impregnación y colocación de carpeta asfáltica. • Instalación de señalizaciones. • Excavaciones / cimentaciones de obras de drenaje. • Habilitación del área de desplante. • Construcción / instalación de infraestructura en obras de drenaje.
Descripción:	El desarrollo del proyecto, en los términos manifestados en el Capítulo II de este documento, implicaría mejorar las condiciones operativas de esta importante vía de comunicación que comunica Acapulco con los municipios de la Costa Chica y Costa Grande del estado de Guerrero. Esta vía de comunicación es de relevancia para el movimiento y transporte de insumos necesarios para la producción agropecuaria de la región, así como para el transporte de los productos comerciales que se producen en la costa grande como el mango, limón, café, coco y becerros para finalización. Además, es una importante vía de conexión entre la Costa Chica con la Costa Grande, donde muchos visitantes pueden disfrutar de los centros turísticos, no solo los de Acapulco e Ixtapa, si no

IMPACTO AMBIENTAL 43: Desarrollo económico y social regional comunitario directo por mejoras de las vías de comunicación			
	otras zonas turísticas menos conocidas, pero de relevancia regional, como la misma Barra de Coyuca, Playas de Papanoa, Playa La Barrita, Barra de Potosí, entre otras.		
Descripción para evaluación RIAM modificado			
Componente de evaluación (código)	EO-5		
Criterio	**Valor**	**Comentario**	
A1: Importancia	2		
A2: Magnitud	2		
B1: Permanencia	4		
B2. Reversibilidad	4		
B3. Acumulabilidad / sinergia	4		
B4. Susceptibilidad	3		
Valor de la evaluación (ES)	60	Valor alfabético	C (Impacto positivo significativo)

IMPACTO AMBIENTAL 44: Cambio de la seguridad operativa de los usuarios de la vía de comunicación	
Etapa	Construcción
Factor ambiental impactado:	Calidad de vida / Seguridad vial
Tipo de impacto:	Benéfico
Actividades causantes:	• Riego de liga e impregnación y colocación de carpeta asfáltica. • Instalación de señalizaciones. • Excavaciones / cimentaciones de obras de drenaje. • Habilitación del área de desplante. • Construcción / instalación de infraestructura en obras de drenaje.
Descripción:	La condición actual de la carretera federal 200 Acapulco – Zihuatanejo, en su tramo Acapulco – Coyuca de Benítez, representa un riesgo para los usuarios y los pobladores de la región, por lo que necesita sea modernizada de tal forma que se logren reducir tiempos de traslado y costos de operación vehicular para el tránsito de largo recorrido de los visitantes que provienen del centro del país, y otras regiones, que tienen como destino la zona turística de Zihuatanejo. Por lo que, con el planteamiento del proyecto se busca que sea posible aumentar las velocidades de operación y ofrecer una mayor comodidad y seguridad a los usuarios, así como impulsar la competitividad y el desarrollo turístico de la región de la Costa Grande de Guerrero.

IMPACTO AMBIENTAL 44: Cambio de la seguridad operativa de los usuarios de la vía de comunicación			
	Entre las obras que se plantean con el desarrollo de este proyecto para alcanzar los objetivos antes mencionados se encuentran: la ampliación a una carretera tipo A2 con acotamientos de 2.5 m de ancho en ambos sentidos de la vía, construcción de 10 paraderos a ambos lados para incrementar la seguridad de usuarios del transporte público, renovar y ampliar las obras de drenaje y puentes vehiculares, construir un libramiento para reducir el tiempo e incrementar la seguridad operativa de los usuarios y pobladores de la región.		
Descripción para evaluación RIAM modificado			
Componente de evaluación (código)	EO-6		
Criterio	**Valor**	**Comentario**	
A1: Importancia	2		
A2: Magnitud	2		
B1: Permanencia	4		
B2. Reversibilidad	2		
B3. Acumulabilidad / sinergia	2		
B4. Susceptibilidad	3		
Valor de la evaluación (ES)	60	Valor alfabético	C (Impacto positivo significativo)

V.3.3 Fichas descriptivas de impactos ambientales para la etapa de operación y mantenimiento

IMPACTO AMBIENTAL 45: Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire	
Etapa	Operación y mantenimiento
Factor ambiental impactado:	Aire / Calidad
Tipo de impacto:	Adverso
Actividades causantes:	• Flujo vehicular. • Mantenimiento de carpeta asfáltica y señalización.
Descripción:	La operación de la carretera implica un flujo vehicular, tanto de vehículos pesados como ligeros, algunos pertenecientes a las localidades aledañas al trazo, y muchos que solo están de paso en la ruta Acapulco – Zihuatanejo. Por lo que, los vehículos automotores son las principales fuentes emisoras de contaminantes criterio al medio ambiente. Las fuentes emisoras de contaminantes se clasifican en dos tipos, de acuerdo con su punto de emisión, en fuentes fijas y móviles.

IMPACTO AMBIENTAL 45: Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire	
	Las fuentes de emisiones fijas es toda infraestructura o actividad que se desarrolla en un punto fijo y que emite contaminantes a la atmósfera y, por otro lado, las fuentes móviles son aquellas que emiten contaminantes en su desplazamiento como parte de su operación, es decir, no tienen un punto fijo para la emisión de contaminantes. Todos estos equipos automotores tienen motores de combustión interna que producen, la mayoría de ellos, tres tipos de emisiones de gases contaminantes que van directo a la atmósfera: a) emisiones evaporativas, b) emisiones por tubo de escape y, c) emisiones de partículas por el desgaste de componentes. Las emisiones evaporativas son principalmente de hidrocarburos y se tienen con los vehículos automotores en reposo con el motor caliente, de combustible en circulación y durante la recarga de combustible. Por otro lado, las emisiones del tubo de escape se producen por la quema del combustible, conteniendo los contaminantes: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2), óxidos de nitrógeno (NO_X), hidrocarburos no quemados (HC), partículas sólidas, entre otros de menor concentración. Estas emisiones dependen del tipo de vehículo, su tecnología y su sistema de control de emisiones, donde vehículos y maquinaria pesada de modelos recientes cuentan con tecnología más avanzada para la reducción de emisiones contaminantes. El mantenimiento que se dé a los vehículos automotores y factores operativos, como la velocidad de operación, la frecuencia e intensidad de las aceleraciones y las características de los combustibles determinan la concentración de los contaminantes en las emisiones de los tubos de escape. No obstante, en esta etapa del proyecto, no se puede tener control del mantenimiento y tecnología operativa del parque vehicular que circula por la carretera, eso es total responsabilidad de la propietarios de los vehículos. Las partículas contaminantes generadas por las fuentes de emisión mencionadas se dispersan en el medio ambiente de acuerdo con diversos factores, entre los que se involucran factores climáticos, estabilidad atmosférica (gradiente vertical de temperatura de las capas de aire), orográficos, cobertura vegetal, altura de la fuente de emisión, el contaminante criterio y el tiempo en funcionamiento de la fuente emisora (Merchán y Muñoz, 2017; Pereira- Peláez, 2017; Vidal-Daza y Pérez-Vidal, 2017; Ordoñez-Sánchez et al., 2018; Aguilera et al., 2021). Entre los factores climáticos más importantes que determinan la dispersión de contaminantes están la dirección y velocidad del viento, la radiación y humedad ambiental, la precipitación, temperatura y presión ambiental, y su nivel de participación en la dispersión de contaminantes está en función de la ubicación de las fuentes emisoras.

<table>
<tr><th colspan="4">IMPACTO AMBIENTAL 45: Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire</th></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">Los resultados obtenidos en el ejercicio realizado por Ordoñez-Sánchez et al. (2018), muestran que, si bien existen diferentes alternativas para evaluar la dispersión de contaminantes, también pueden dar resultados un tanto diferentes, lo cual depende del sistema interno para parametrizar el análisis en los modelos. No obstante, los resultados obtenidos por estos autores ayudan a tener una idea sobre el rango de dispersión de los contaminantes, los cuales van de los 3.0 a los 10.0 km.
La calidad del aire en la zona del SAR, en general, es buena pues se trata de una zona predominantemente rural con baja densidad de población y, no obstante, de que se encuentra cerca de una zona urbana con gran actividad turística.</td></tr>
<tr><th colspan="4">Descripción para evaluación RIAM modificado</th></tr>
<tr><td>Componente de evaluación (código)</td><td colspan="3">FQ-22</td></tr>
<tr><td>Criterio</td><td>Valor</td><td colspan="2">Comentario</td></tr>
<tr><td>A1: Importancia</td><td>2</td><td colspan="2">Tomando en cuenta que el flujo vehicular se daría exclusivamente en el área del proyecto, pero con un rango potencial de afectación de hasta 10.0 km del eje.</td></tr>
<tr><td>A2: Magnitud</td><td>-1</td><td colspan="2">El valor se determinó tomando en cuenta el tráfico vehicular de la región.</td></tr>
<tr><td>B1: Permanencia</td><td>4</td><td colspan="2">Este impacto tiene como característica que se genera durante toda la etapa de operación, sin ser una fuente emisora constante pero sí intermitente durante todo el día y disminuyendo en la noche.</td></tr>
<tr><td>B2. Reversibilidad</td><td>4</td><td colspan="2">Es un impacto que no depende de la promovente controlar, ya que esto depende de las características de los propietarios de los vehículos que usarían la vía.</td></tr>
<tr><td>B3. Acumulabilidad / sinergia</td><td>4</td><td colspan="2">En el sistema ambiental se tiene actividad de vehículos pesados y ligeros que circulan por las carreteras federales libre 95, en su tramo "Paso Texca – Bajos del Ejido – Coyuca de Benítez", el Libramiento Poniente Acapulco 200D, que va de la altura de la localidad Lomas del Aire a Bajos del Ejido, la misma carretera federal costera 200, en su tramo Acapulco – Coyuca de Benítez, además de otras vías secundarias que comunican localidades inmersas en el SAR, tanto de terracería como pavimentados, como los caminos "Bajos del Ejido – Tixtlancingo" y "El Bordonal – Yetla". Derivado de lo anterior, se trata de un impacto ambiental acumulativo.</td></tr>
<tr><td>B4. Susceptibilidad</td><td>2</td><td colspan="2">Se trata de un ambiente estable porque no se trata de una región que tenga registro de problemas de contaminación de este tipo, no existen grandes fuentes emisoras de contaminantes y no hay ecosistemas críticos afectados</td></tr>
<tr><td>Valor de la evaluación (ES)</td><td>-28</td><td>Valor alfabético</td><td>-A (Impacto negativo ligero)</td></tr>
</table>

IMPACTO AMBIENTAL 46: Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido		
Etapa	Operación y mantenimiento	
Factor ambiental impactado:	Aire / Confort sonoro	
Tipo de impacto:	Adverso	
Actividades causantes:	• Flujo vehicular. • Mantenimiento de carpeta asfáltica y señalización.	
Descripción:	El flujo vehicular de una vía de comunicación terrestre es una importante fuente emisora de ruido al medio ambiente. Los vehículos pesados y ligeros durante su operación emiten un nivel de ruido superior a los 68 dB(A), considerado como el nivel máximo permitido en zonas industriales y comerciales, y los 55 dB (A) para los zonas residenciales entre las 6:00 y 22:00 horas, de acuerdo con lo establecido en el acuerdo que modifica el numeral 5.4 de la NORMA Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994. Al igual que con las emisiones de agentes contaminantes al medio ambiente, la promovente del proyecto no puede controlar las emisiones emitidas por los vehículos que harían uso de la vía, ya que eso es total responsabilidad de la propietarios de los vehículos. La maquinaria pesada y vehículos se consideran fuentes emisoras de ondas acústicas durante su desplazamiento y son denominadas fuentes móviles. Sus emisiones varían según el tipo de vía por la que circulan y si van con carga o vacíos. De acuerdo con el estudio realizado por Benítez et al. (2021c), los camiones que circularon sobre terracería ocasionaron emisiones entre 73 y 83 dB, con picos de hasta 90 dB. En áreas con cobertura vegetal se alcanzaron niveles de ruido ambiental entre los 200 y 250 m de distancia de la vía de comunicación. En áreas que no contaban con cobertura vegetal (tulares y lagunas), el área afectada se extendió hasta casi 1.0 km de distancia. Los picos máximos se tuvieron cuando los camiones circulaban sin carga y a una velocidad mayor de los 40 km $h^{-1,}$ alcanzando hasta los 90 – 95 dB.	
Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)	FQ-23	
Criterio	**Valor**	**Comentario**
A1: Importancia	2	Tomando en cuenta que el flujo vehicular se daría exclusivamente en el área del proyecto, pero con un rango potencial de afectación de hasta de 1.0 km de distancia.
A2: Magnitud	-1	El valor se determinó tomando en cuenta el tráfico vehicular de la región y las características del parque vehicular, en el que predominan los autos particulares.

IMPACTO AMBIENTAL 46: Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido			
B1: Permanencia	4	Este impacto tiene como característica que se genera durante toda la etapa de operación, sin ser una fuente emisora constante pero sí intermitente durante todo el día y disminuyendo en la noche.	
B2. Reversibilidad	4	Es un impacto que no depende de la promovente controlar, ya que esto depende de las características de los propietarios de los vehículos que usarían la vía.	
B3. Acumulabilidad / sinergia	4	En el sistema ambiental se tiene actividad de vehículos pesados y ligeros que circulan por las carreteras federales libre 95, en su tramo "Paso Texca – Bajos del Ejido – Coyuca de Benítez", el Libramiento Poniente Acapulco 200D, que va de la altura de la localidad Lomas del Aire a Bajos del Ejido, la misma carretera federal costera 200, en su tramo Acapulco – Coyuca de Benítez, además de otras vías secundarias que comunican localidades inmersas en el SAR, tanto de terracería como pavimentados, como los caminos "Bajos del Ejido – Tixtlancingo" y "El Bordonal – Yetla". Derivado de lo anterior, se trata de un impacto ambiental acumulativo.	
B4. Susceptibilidad	2	Se trata de un ambiente estable porque no se trata de una región que tenga registro de problemas de contaminación de este tipo, no existen grandes fuentes emisoras de ruido y no hay ecosistemas críticos que se vean impactados.	
Valor de la evaluación (ES)	-28	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 47: Cambio en el comportamiento de factores climáticos	
Etapa	Operación y mantenimiento
Factor ambiental impactado:	Aire / Microclima
Tipo de impacto:	Adverso
Actividades causantes:	• Flujo vehicular.
Descripción:	La conformación de la superficie de rodamiento, con sus obras de drenaje, cunetas y contracunetas, puentes y entronques, tiende a generar mayor radiación y un incremento en la temperatura ambiental a lo largo de la vía, en comparación con una superficie que mantiene su cobertura vegetal que funciona como amortiguamiento del efecto directo de los rayos solares, con mayor albedo. La cobertura vegetal minimiza la reflexión de la radiación solar. Un área con vegetación de selva caducifolia tiene un albedo que varía de acuerdo con la época del año, durante el periodo de lluvias llega a ser de 16 %, lo que indica que el dosel tiene alta capacidad de absorber la radiación solar, y durante las secas de 26 %, ya que no existir cobertura vegetal y el suelo queda descubierto y

IMPACTO AMBIENTAL 47: Cambio en el comportamiento de factores climáticos		
	refleja más fácil la radiación. Por otro lado, un área con suelo desnudo tiene un albedo bajo, el cual depende del color y porcentaje de humedad, lo que indica que absorbe la mayor parte de la radiación solar. Una vía de comunicación asfaltada tiene un albedo muy bajo, el cual varía entre 5 y 10 % en vías de comunicación con asfalto nuevo, y entre 10 y 15 % en asfalto envejecido (Enriquez y Candia, 2025). Esto significa que absorben la mayor parte de la radiación solar y refleja muy poca, convirtiéndola en una superficie que retiene mucho calor, mismo que libera lentamente en su entorno conforme cambia la temperatura durante el día, formando lo que se conoce como "islas de calor", siendo más notorio en las zonas urbanas que han sido asfaltadas.	
Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)	FQ-24	
Criterio	**Valor**	**Comentario**
A1: Importancia	2	Este en un impacto que se manifiesta a nivel local, principalmente en el área donde se llevará a cabo la remoción de la vegetación para la ampliación de la carretera y construcción del libramiento y se conformará la capa asfáltica; misma que favorece una reducción del albedo (la cantidad de radiación solar que se refleja por la superficie). Normalmente, las áreas asfaltadas retienen más calor y lo liberan lentamente en su entorno haciendo que la temperatura incremente ligeramente con respecto a áreas que aún cuentan con cobertura vegetal.
A2: Magnitud	-1	La magnitud del impacto se considera solo negativo considerando que el cambio solo ocurre en las nuevas superficies que serán incorporadas al proyecto de modernización, toda vez que gran parte de la superficie que será intervenida, cuenta en la actualidad con una carretera asfaltada y en operación.
B1: Permanencia	4	Este efecto que inicia con la remoción de la vegetación en las áreas requeridas para la modernización de la carretera actual y posterior asfaltado perdura durante toda la vida útil del proyecto.
B2. Reversibilidad	4	Recuperar el estado original aplicando medidas ambientales se considera que implicaría más de 10 años, por lo que se clasifica como irreversible.
B3. Acumulabilidad / sinergia	4	En el SAR se tiene otras vías terrestres de comunicación, en las cuales se ha dado el cambio de uso de suelo, por lo que se trata de un impacto ambiental acumulativo.
B4. Susceptibilidad	2	Este en un impacto que se manifiesta a nivel local, principalmente en el área donde se lleva a cabo la remoción de la vegetación y se tiende la carpeta asfáltica,

IMPACTO AMBIENTAL 47: Cambio en el comportamiento de factores climáticos			
		lo cual favorece el incremento del albedo (la cantidad de radiación solar que se refleja por la superficie). Un área con vegetación de selva caducifolia tiene un albedo que varía de acuerdo con la época del año, durante el periodo de lluvias llega a ser de 16 %, lo que indica que el dosel tiene alta capacidad de absorber la radiación solar, y durante las secas de 26 %, ya que no existir cobertura vegetal el suelo queda descubierto y refleja más fácil la radiación. Por otro lado, un área con suelo desnudo tiene un albedo bajo, el cual depende del color y porcentaje de humedad, lo que indica que absorbe la mayor parte de la radiación solar.	
Valor de la evaluación (ES)	-28	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 48: Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua superficial		
Etapa	Operación y mantenimiento	
Factor ambiental impactado:	Agua / Calidad del agua superficial	
Tipo de impacto:	Benéfico	
Actividades causantes:	• Mantenimiento de obras de drenaje.	
Descripción:	El proyecto contempla la construcción de obras de drenaje menores para permitir el libre flujo de los cuerpos de agua superficiales y obras complementarias para reencauzar los flujos de agua que intersectan con el cuerpo de la carretera, como cunetas, bordillos y lavaderos. En la operación, estas obras llegan a acumular residuos orgánicos e inorgánicos dispersos o producto del crecimiento y muerte de la vegetación. Para prevenir posibles alteraciones en la funcionalidad de las obras que tiene como objetivo permitir el libre flujo o su redirección hacia cuerpos de agua superficiales, este tipo de obras son sometidas a actividades de mantenimiento rutinario. Estas actividades consisten en retirar todos los residuos acumulados o retenidos. Además de ayudar en el mantenimiento de los flujos hidrológicos y de la propia infraestructura carretera, estas actividades evitan que los residuos acumulados lleguen a los cuerpos de agua superficiales y alteren la calidad del agua.	
Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)	FQ-25	
Criterio	**Valor**	**Comentario**
A1: Importancia	2	Si bien, se trata de un impacto que se genera de forma puntual, la escala del criterio está determinada porque la dispersión (arrastre) de residuos puede involucrar áreas externas al área del proyecto y su derecho de vía.

IMPACTO AMBIENTAL 48: Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua superficial			
A2: Magnitud	2	Se valora como impacto positivo porque la afectación se genera por efectos naturales ajenos a las actividades operativas o el personal encargado de la funcionalidad de la vía, y el mantenimiento tiene como objetivo mantener la funcionalidad de la infraestructura e, indirectamente, mantener la calidad del agua superficial.	
B1: Permanencia	4		
B2. Reversibilidad	2	Es un impacto reversible en tiempo de meses, considerando los procesos naturales que pueden originar la afectación si no se realizan las actividades de mantenimiento de las obras.	
B3. Acumulabilidad / sinergia	3	En el SAR se tienen diversas vías de comunicación, como las carreteras federales libre 95, en su tramo "Paso Texca – Bajos del Ejido – Coyuca de Benítez", el Libramiento Poniente Acapulco 200D, que va de la altura de la localidad Lomas del Aire a Bajos del Ejido, la misma carretera federal costera 200, en su tramo Acapulco – Coyuca de Benítez, además de otras vías secundarias que comunican localidades inmersas en el SAR, tanto de terracería como pavimentados, como los caminos "Bajos del Ejido – Tixtlancingo" y "El Bordonal – Yetla", en las que se puede presentar la misma afectación. No obstante, se considera incierto por la falta de mantenimiento evidente que algunas de estas vías de comunicación tiene sobre sus obras de drenaje.	
B4. Susceptibilidad	3	La presencia de los cuerpos de agua superficiales que cruzan sobre el trazo de la vía, así como del SAR mismo, convierten la zona en un área sensible a cambios ambientales, sin llegar a considerarse extremadamente sensible por la temporalidad y volumen de agua de los cauces, así como la poca probabilidad de que las obras y actividades del proyecto impacten un gran número de cuerpos de agua superficiales si se realizan las actividades de conservación y mantenimiento rutinario.	
Valor de la evaluación (ES)	48	Valor alfabético	B (Impacto positivo moderado)

IMPACTO AMBIENTAL 49: Cambio en los flujos y movimientos de agua superficiales temporales	
Etapa	Operación y mantenimiento
Factor ambiental impactado:	Agua / Modificación del flujo superficial
Tipo de impacto:	Benéfico
Actividades causantes:	• Mantenimiento de obras de drenaje.

IMPACTO AMBIENTAL 49: Cambio en los flujos y movimientos de agua superficiales temporales		
Descripción:	La conformación de la estructura de la obra civil y la nivelación del terreno para vías de comunicación implicaría reducir la permeabilidad de la superficie, generándose escorrentía y cambio en el sentido de ésta. Esto sería manejado adecuadamente a través de las obras de drenaje requeridas para la captación y conducción del agua pluvial que sean establecidas en el área del proyecto para redireccionarla a sitios de escorrentía natural presentes en el terreno. Los cauces superficiales existentes en el contexto del SAR y en el área del proyecto se caracterizan por ser cuerpos de agua superficiales, tanto temporales como permanentes, y el volumen del cauce varía de acuerdo con la estación del año, siendo muy escaso hacia el final de la época de secas y abundante en la época de lluvias, principalmente cuando se llegan a presentar fenómenos hidrometeorológicos. La precipitación en la región es superior a los 1,100 mm anuales, concentrada entre los meses de mayo a noviembre, siendo agosto y septiembre los meses con mayor precipitación promedio acumulada, estando entre 250 y 270 mm de precipitación, respectivamente. Es común la presencia de tormentas tropicales, las cuales llegan a ocasionar afectaciones a la población, a la infraestructura urbana y a las vías de comunicación, llegándose a reportar precipitaciones de hasta 207 y 283 mm en un día. Estos volúmenes de precipitación pluvial ocasionan grandes volúmenes de escorrentía que se encauzan en los cuerpos de agua superficiales teniendo a la Laguna de Coyuca como sitio de confluencia. Las obras de drenaje menor y mayor, que incluye a los puentes que serán ampliados, han sido proyectados para garantizar el libre flujo de los cuerpos de agua superficiales y para reencauzar los flujos hacia ellos.	
Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)	FQ-26	
Criterio	**Valor**	**Comentario**
A1: Importancia	1	Es un impacto que se genera a nivel local, pudiéndose considerar más de manera puntual en las áreas de desplante de obras.
A2: Magnitud	2	La inclusión de las obras de drenaje, además de ser componentes esenciales para mantener la operatividad la carretera y alargar su periodo de vida útil, también permite la conservación del patrón de drenaje superficial aguas abajo del trazo de la vía, por lo que se considera un impacto positivo significativo.

IMPACTO AMBIENTAL 49: Cambio en los flujos y movimientos de agua superficiales temporales			
B1: Permanencia	4	El impacto tiene un efecto durante toda la etapa operativa del proyecto bajo las condiciones de mantenimiento adecuado.	
B2. Reversibilidad	2	Es un impacto reversible en tiempo de meses, considerando los procesos naturales que pueden originar la afectación si no se realizan las actividades de mantenimiento de las obras de drenaje.	
B3. Acumulabilidad / sinergia	3		
B4. Susceptibilidad	3	Se valora como un impacto sensible por el hecho de que se trata de un área con alta precipitación pluvial anual y presencia de cuerpos de agua superficiales relevantes, como la Laguna de Coyuca, que dependen de los flujos de escorrentía para mantenerse activos.	
Valor de la evaluación (ES)	24	Valor alfabético	A (Impacto positivo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 50: Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre	
Etapa	Operación y mantenimiento
Factor ambiental impactado:	Fauna silvestre / Abundancia
Tipo de impacto:	Adverso
Actividades causantes:	• Flujo vehicular.
Descripción:	La fauna silvestre, en general, representa ser un componente ambiental sensible al flujo vehicular y de personas. De acuerdo con Benítez et al. (2021b), el movimiento del personal y operación de la maquinaria, además de ahuyentar a algunas especies de fauna silvestre que no logran adaptarse a su nuevo entorno, hacen que algunas especies modifiquen su comportamiento debido al bloqueo del movimiento, incremento de riesgo de atropellamiento, disminución de la calidad del hábitat y las emisiones sonoros. El ruido generado por los automotores tiene un efecto directo en el comportamiento animal ya que diversas especies de anfibios, reptiles, mamíferos y aves se comunican usando el sonido. Las emisiones de cantos y diferentes sonidos de acuerdo con la especie se usan para atraer pareja, defender territorio de rivales, mantener comunicación entre grupos, pedir comida y comunicar riesgos. El ruido generado por automotores llega a alterar la comunicación entre individuos de una misma especie, lo cual está determinado por el rango espectro de alteración. De acuerdo con Benítez et al. (2021b), algunas especies no logran adaptarse a las nuevas condiciones y se ahuyentan a áreas con menos contaminación auditiva, ya sea de manera temporal o permanentemente, otras logran adaptarse no sin sufrir

IMPACTO AMBIENTAL 50: Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre			
	modificaciones en su comportamiento, como el cantar o llamar más fuerte o hacerlo en momentos del día más tranquilos. El constante movimiento vehicular que implica la operación de la carretera y el movimiento del personal para la realización de actividades de mantenimiento limitaría el movimiento de ejemplares de fauna silvestre dentro del área del proyecto, así como en áreas aledañas a este. En este caso, las especies que se verían mayormente afectadas serían los reptiles y mamíferos, y, en menor grado estarían las aves por su capacidad de desplazamiento, y los anfibios, por la especificidad tanto de su hábitat como de su ciclo de vida, asociado a la temporada de lluvias.		
Descripción para evaluación RIAM modificado			
Componente de evaluación (código)	BE-13		
Criterio	**Valor**	**Comentario**	
A1: Importancia	1	El grado de importancia radica en que el impacto se tendría directamente en las áreas de operación de la vía, sin afectar mayormente áreas fuera del derecho de vía del proyecto o del SAR.	
A2: Magnitud	-2	La magnitud se considera como UN cambio adverso significativo porque implica una disminución en el número de ejemplares de fauna silvestre presentes en el área del proyecto tanto por el ahuyentamiento como por el potencial atropellamiento de individuos.	
B1: Permanencia	4	La afectación se valoró como permanente tomando en cuenta la vigencia solicitada para la operación del proyecto.	
B2. Reversibilidad	4		
B3. Acumulabilidad / sinergia	4	Es un impacto que se suma a los cambios que han ocasionado los asentamientos humanos en la región, la operación de las vías de comunicación y las actividades agropecuarias, entre otras actividades.	
B4. Susceptibilidad	2	La baja sensibilidad otorgada está relacionada con la diversidad faunística reportada a escala del SAR, que incluye, además, a todas las especies registradas dentro de área del proyecto y en una mayor abundancia.	
Valor de la evaluación (ES)	-28	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 51: Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre			
Etapa	Operación y mantenimiento		
Factor ambiental impactado:	Fauna silvestre / Movilidad		
Tipo de impacto:	Adverso		
Actividades causantes:	• Flujo vehicular.		
Descripción:	La operación de la carretera, tanto por la infraestructura instalada como por la circulación de los vehículos, implica la generación de un efecto barrera que interrumpe el potencial de desplazamiento de muchas especies de fauna silvestre entre ambos lados de la vía.		
Descripción para evaluación RIAM modificado			
Componente de evaluación (código)	BE-14		
Criterio	**Valor**	**Comentario**	
A1: Importancia	1	En el contexto de que la alteración a las áreas de desplazamiento de fauna silvestre no será sensible a escala del SAR, este criterio se clasifica como de importancia a nivel de áreas alrededor de la condición local.	
A2: Magnitud	-2	La magnitud de este criterio está dada por la diversidad de especies de fauna silvestre identificadas durante el trabajo de campo, el número de especies identificadas catalogadas en categoría de riesgo y la disponibilidad de hábitat dentro del SAR.	
B1: Permanencia	4	La afectación se valoró como permanente, tomando en cuenta la vigencia solicitada para la operación del proyecto.	
B2. Reversibilidad	4		
B3. Acumulabilidad / sinergia	4	Es un impacto que se suma a los cambios que han ocasionado los asentamientos humanos en la región, la operación de otras vías de comunicación y la fragmentación de las áreas con vegetación nativa por el establecimiento de áreas agropecuarias.	
B4. Susceptibilidad	2	El valor se asignó clasificando al ambiente como estable. Para ello se tomó en cuenta que de las 32,885.19 ha del SAR, el 48.19 % cuenta con cobertura de vegetación foresta y el 9.64 % se encuentra cubierta por agua, lo que domina sobre las áreas que han sido sometidas a cambio de uso del suelo para actividades agropecuarias (33.73 %), asentamientos humanos (6.57 %) y 1.33 % se encuentra sin vegetación aparente. Por lo que, la fauna silvestre tendría ambientes similares a los afectados para poder desarrollarse.	
Valor de la evaluación (ES)	-28	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 52: Incremento del riesgo de mortalidad de fauna silvestre por atropellamiento	
Etapa	Operación y mantenimiento
Factor ambiental impactado:	Fauna silvestre / Mortalidad
Tipo de impacto:	Adverso
Actividades causantes:	• Flujo vehicular.
Descripción:	Como ya ha sido comentado, las vías de comunicación terrestres pueden actuar como una barrera física que fragmenta a los ecosistemas, comunidades o poblaciones, y restringe el libre desplazamiento de individuos de fauna silvestre. Además, el tráfico vehicular representa un riesgo para ejemplares de fauna silvestre presentes en la región, que buscan desplazarse dentro de su área de influencia en búsqueda de alimento, refugio, condiciones de apareamiento, entre otros. Al no existir las condiciones seguas para su libre desplazamiento pueden llegar a ser impactados por vehículos que hacen uso de las vías de comunicación, llegando a causar su muerte o lesiones graves. El incremento de la mortalidad por atropello dependerá, entre otras causas, de la diversidad, abundancia y características específicas de las especies de fauna silvestre, la velocidad de operación en la vía, intensidad del tráfico, existencia y cantidad de obras reductoras de velocidad en áreas con mayor presencia de fauna, así como de la existencia de pasos de fauna en áreas críticas, señalización de advertencia para los conductores, y concientización de los usuarios. Pacheco et al. (2021), mencionan que ocurre un mayor atropellamiento de mamíferos durante la época de lluvias, lo que puede estar asociado a una mayor abundancia de individuos, debido a una mayor disponibilidad de recursos, afectando más a los de lento desplazamiento. Factores que también influyen en el atropellamiento de anfibios, los cuales, además, se ven más expuestos por ser su época reproductiva. Evaluando la incidencia de atropellamiento con respecto a los usos de suelo y vegetación que atraviesa el trazo, Pacheco-Figueroa et al. (2021), reportan que se encontró mayor número de individuos de anfibios, reptiles y mamíferos atropellados en áreas con pastizales cultivados y en áreas agrícolas de temporal. Asumen que en estos usos de suelo las especies de fauna generalistas pueden encontrar mayor disponibilidad de alimento. Dentro de las características de los individuos que los puede exponer a ser atropellados están: a) la agilidad del animal para atravesar la vía; b) sentirse atraídos por la vía; c) repeler o rechazar la superficie de la vía y, d) permanecer indiferente a la perturbación del tráfico (Benítez et al., 2021a). Específicamente, estos autores refieren que hay especies que pueden sentirse atraídas por las vías, ya que en ellas pueden encontrar alimento, sitios de anidación o tomar el sol como mecanismo de termorregulación.

<table>
<tr><th colspan="3">IMPACTO AMBIENTAL 52: Incremento del riesgo de mortalidad de fauna silvestre por atropellamiento</th></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">Sánchez-Acuña y Benítez (2021), en su estudio que consistió en evaluar la mortalidad de fauna silvestre atropellada en un tramo de 46 km de la carretera 186, dentro de la reserva de la biósfera de Calakmul, contabilizaron 181 ejemplares atropellados, de los cuales 50.82 % corresponden a mamíferos, 25.96 % a aves, 17.67 % a anfibios y 5.52 % a reptiles. Los mamíferos resultaron con mayor tasa de atropellamiento (TA) con 0.021 ind km^{-1} $día^{-1}$, seguidos por las aves con 0.010 ind km^{-1} $día^{-1}$ y 0.007 ind km^{-1} $día^{-1}$ de la herpetofauna.
Pozo-Montuy et al. (2021), obtuvieron resultados diferentes a los anteriormente presentados. Estos autores dieron seguimiento a la fauna silvestre atropellada durante un año en el subtramo Atasta de la carretera federal 180, dentro del área de protección de flora y fauna Laguna de Términos. De 111 individuos encontrados atropellados, 50.5 % resultaron ser mamíferos, 22.5 % reptiles, 20.7 % anfibios y 6.3 % aves, con una TA general de 9.24 % ind km^{-1} $día^{-1}$.</td></tr>
<tr><th colspan="3">Descripción para evaluación RIAM modificado</th></tr>
<tr><td>Componente de evaluación (código)</td><td colspan="2">BE-15</td></tr>
<tr><td>Criterio</td><td>Valor</td><td>Comentario</td></tr>
<tr><td>A1: Importancia</td><td>1</td><td>El riesgo de atropellamiento solo se tiene sobre la carretera, ocasionado por el impacto que pudieran sufrir los ejemplares que quisieran atravesarla, este criterio se clasifica como de importancia a nivel de áreas alrededor de la condición local.</td></tr>
<tr><td>A2: Magnitud</td><td>-2</td><td>La magnitud de este criterio está dada por la diversidad de especies de fauna silvestre identificadas durante el trabajo de campo, el número de especies identificadas catalogadas en categoría de riesgo y la disponibilidad de hábitat dentro del SAR.</td></tr>
<tr><td>B1: Permanencia</td><td>4</td><td>La afectación se valoró como permanente tomando en cuenta la vigencia solicitada para la operación del proyecto.</td></tr>
<tr><td>B2. Reversibilidad</td><td>4</td><td></td></tr>
<tr><td>B3. Acumulabilidad / sinergia</td><td>4</td><td>Es un impacto que se suma a los cambios que han ocasionado los asentamientos humanos en la región y la operación de otras vías de comunicación, principalmente.</td></tr>
<tr><td>B4. Susceptibilidad</td><td>2</td><td>El valor se asignó clasificando al ambiente como estable. Para ello se tomó en cuenta que de las 32,885.19 ha del SAR, el 48.19 % cuenta con cobertura de vegetación foresta y el 9.64 % se encuentra cubierta por agua, lo que domina sobre las áreas que han sido sometidas a cambio de uso del suelo para actividades agropecuarias (33.73 %), asentamientos humanos (7.10 %) y el 1.33 % del SAR se encuentra sin vegetación aparente. Por lo que, la</td></tr>
</table>

IMPACTO AMBIENTAL 52: Incremento del riesgo de mortalidad de fauna silvestre por atropellamiento			
		fauna silvestre tendría ambientes similares a los afectados para poder desarrollarse	
Valor de la evaluación (ES)	-28	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 53: Disponibilidad de vías de comunicación terrestres		
Etapa	Operación y mantenimiento	
Factor ambiental impactado:	Uso de suelo / Caminos de acceso e internos.	
Tipo de impacto:	Benéfico	
Actividades causantes:	• Mantenimiento de carpeta asfáltica y señalización. • Mantenimiento de obras de drenaje.	
Descripción:	El desarrollo del proyecto en los términos manifestados en el Capítulo II de este estudio, implicará mejorar las condiciones operativas de esta importante vía de comunicación que comunica Acapulco con los municipios de la Costa Chica y Costa Grande del estado de Guerrero. En los últimos años, los municipios de la costa guerrerense se han visto fuertemente impactos por fenómenos hidrometeorológicos, como el caso del huracán Otis que golpeó en octubre de 2023 y del huracán John en septiembre de 2024. Las vías de comunicación sufrieron severas afectaciones, entre ellas puentes, obras de drenaje, taludes y la carpeta asfáltica, por lo que es importante realizar mejoras para garantizar un tránsito seguro y eficiente para los pobladores de la región y visitantes. Entre las obras que se plantean con el desarrollo de este proyecto se encuentran: la ampliación de la carretera existente a una de tipo A2 con acotamientos de 2.5 m de ancho en ambos sentidos, la construcción de paraderos en ambos lados de la carretera para incrementar la seguridad de los usuarios del transporte público, renovar y ampliar las obras de drenaje y puentes vehiculares, y la construcción de un libramiento para reducir el tiempo e incrementar la seguridad operativa de los usuarios y pobladores de la región.	
Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)	SC-6	
Criterio	**Valor**	**Comentario**
A1: Importancia	2	
A2: Magnitud	2	
B1: Permanencia	4	
B2. Reversibilidad	4	
B3. Acumulabilidad / sinergia	4	

IMPACTO AMBIENTAL 53: Disponibilidad de vías de comunicación terrestres			
B4. Susceptibilidad	3		
Valor de la evaluación (ES)	60	Valor alfabético	C (Impacto positivo significativo)

IMPACTO AMBIENTAL 54: Generación de ofertas de trabajo directos e indirectos			
Etapa	Operación y mantenimiento		
Factor ambiental impactado:	Calidad de vida / Generación de empleos		
Tipo de impacto:	Benéfico		
Actividades causantes:	• Mantenimiento de carpeta asfáltica y señalización. • Mantenimiento de obras de drenaje.		
Descripción:	Las actividades de mantenimiento son las principales fuentes que demandan la contratación de mano de obra directamente para su ejecución.		
Descripción para evaluación RIAM modificado			
Componente de evaluación (código)	EO-7		
Criterio	**Valor**	**Comentario**	
A1: Importancia	1	La mano de obra que se demandará para las actividades de mantenimiento de la carretera será contratada principalmente en la región.	
A2: Magnitud	2		
B1: Permanencia	4	El requerimiento de mano de obra para las actividades de mantenimiento será durante toda la etapa de operación, aunque puede variar su demanda a través del año en función del programa de mantenimiento.	
B2. Reversibilidad	4		
B3. Acumulabilidad / sinergia	4		
B4. Susceptibilidad	3	El estado de Guerrero se encuentra entre las entidades federales que presentaron una disminución en el registro de trabajo en el 2025, además, de estar entre las tres principales entidades federales con mayor tasa de informalidad, por lo que se considera sensible a la generación de empleos.	
Valor de la evaluación (ES)	30	Valor alfabético	A (Impacto positivo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 55: Desarrollo económico y social regional comunitario directo por mejoras de las vías de comunicación	
Etapa	Operación y mantenimiento
Factor ambiental impactado:	Calidad de vida / Desarrollo regional
Tipo de impacto:	Benéfico

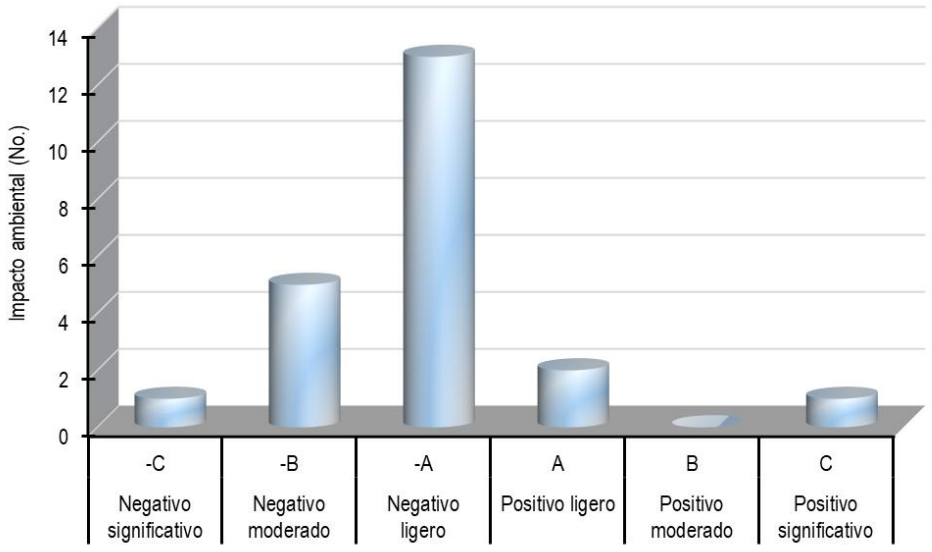
IMPACTO AMBIENTAL 55: Desarrollo económico y social regional comunitario directo por mejoras de las vías de comunicación			
Actividades causantes:	• Flujo vehicular. • Mantenimiento de carpeta asfáltica y señalización. • Mantenimiento de obras de drenaje.		
Descripción:	El desarrollo del proyecto, en los términos manifestados en el Capítulo II de este estudio, implicará mejorar las condiciones operativas de esta importante vía de comunicación que comunica Acapulco con los municipios de la Costa Chica y Costa Grande del estado de Guerrero. Esta vía de comunicación es de relevancia para el movimiento y transporte de insumos necesarios requeridos para la producción agropecuaria de la región, así como para el transporte de los productos comerciales que se producen en la costa grande como el mango, limón, café, coco y becerros para finalización. Además, es una importante vía de conexión entre la Costa Chica con la Costa Grande, donde muchos visitantes pueden disfrutar de los centros turísticos, no solo los de Acapulco e Ixtapa, si no otras zona turísticas menos conocidas, pero de relevancia regional, como la misma Barra de Coyuca, Playas de Papanoa, Playa La Barrita, Barra de Potosí, entre otras. El desarrollo del proyecto representa, además, generación de ingresos directos a nivel regional, los cuales son independientes por la contratación de los servicios laborales.		
Descripción para evaluación RIAM modificado			
Componente de evaluación (código)	EO-8		
Criterio	**Valor**	**Comentario**	
A1: Importancia	2		
A2: Magnitud	2		
B1: Permanencia	4		
B2. Reversibilidad	4		
B3. Acumulabilidad / sinergia	4		
B4. Susceptibilidad	3		
Valor de la evaluación (ES)	60	Valor alfabético	C (Impacto positivo significativo)

IMPACTO AMBIENTAL 56: Cambio de la seguridad operativa de los usuarios de la vía de comunicación	
Etapa	Operación y mantenimiento
Factor ambiental impactado:	Calidad de vida / Seguridad vial
Tipo de impacto:	Benéfico
Actividades causantes:	• Mantenimiento de carpeta asfáltica y señalización.

<table>
<tr><th colspan="4">IMPACTO AMBIENTAL 56: Cambio de la seguridad operativa de los usuarios de la vía de comunicación</th></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">• Mantenimiento de obras de drenaje.</td></tr>
<tr><td>Descripción:</td><td colspan="3">La condición actual de la carretera federal 200 Acapulco – Zihuatanejo, en su tramo Acapulco – Coyuca de Benítez, es insuficiente para el aforo vehicular que mantiene, y las condiciones de la infraestructura no son idóneas en términos de seguridad para los usuarios. Por ello, la SICT ha determinado como una prioridad el llevar a cabo su modernización, lo cual permitirá reducir tiempos de traslado y costos de operación para el tránsito de largo itinerario, tanto de turistas como de mercancías provenientes del centro del país y que tienen como destino la zona turística de Zihuatanejo. Con este proyecto de modernización se busca aumentar las velocidades de operación y ofrecer una mayor comodidad y seguridad a los usuarios, así como impulsar la competitividad y el desarrollo turístico de la región de la Costa Grande de Guerrero.
Entre las obras que se plantean con el desarrollo de este proyecto para alcanzar los objetivos antes mencionados, se encuentran: la ampliación de la carretera actual a una que cumpla con las especificaciones de una carretera tipo A2, es decir, con dos carriles de 3.5 m cada uno, provista con acotamientos laterales de 2.5 m de ancho en ambos sentidos de la vía. Adicionalmente, la modernización contempla la construcción de 10 paraderos a ambos lados para incrementar la seguridad de usuarios del transporte público, renovar y ampliar las obras de drenaje y puentes vehiculares, y la construcción de un libramiento para reducir el tiempo e incrementar la seguridad operativa de los usuarios y pobladores de la región.</td></tr>
<tr><th colspan="4">Descripción para evaluación RIAM modificado</th></tr>
<tr><td>Componente de evaluación (código)</td><td colspan="3">EO-9</td></tr>
<tr><td>Criterio</td><td>Valor</td><td colspan="2">Comentario</td></tr>
<tr><td>A1: Importancia</td><td>2</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>A2: Magnitud</td><td>2</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>B1: Permanencia</td><td>4</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>B2. Reversibilidad</td><td>4</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>B3. Acumulabilidad / sinergia</td><td>4</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>B4. Susceptibilidad</td><td>3</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Valor de la evaluación (ES)</td><td>60</td><td>Valor alfabético</td><td>C (Impacto positivo significativo)</td></tr>
</table>

V.3.4 Análisis de los resultados de la valoración de impactos

Analizando la información presentada en las fichas descriptivas de los potenciales impactos ambientales a generarse por el desarrollo del proyecto en cada una de sus etapas de desarrollo, se tiene que, de los 22 impactos a generarse en la etapa de preparación del sitio, 19 sería adversos y tres positivos. De los 19 adversos, 13 se clasificaron como ligeramente adversos, cinco moderados y solo uno significativo (Figura V-1). Y, por otro lado, de los tres impactos benéficos, dos se clasificaron como ligeros y uno significativo.

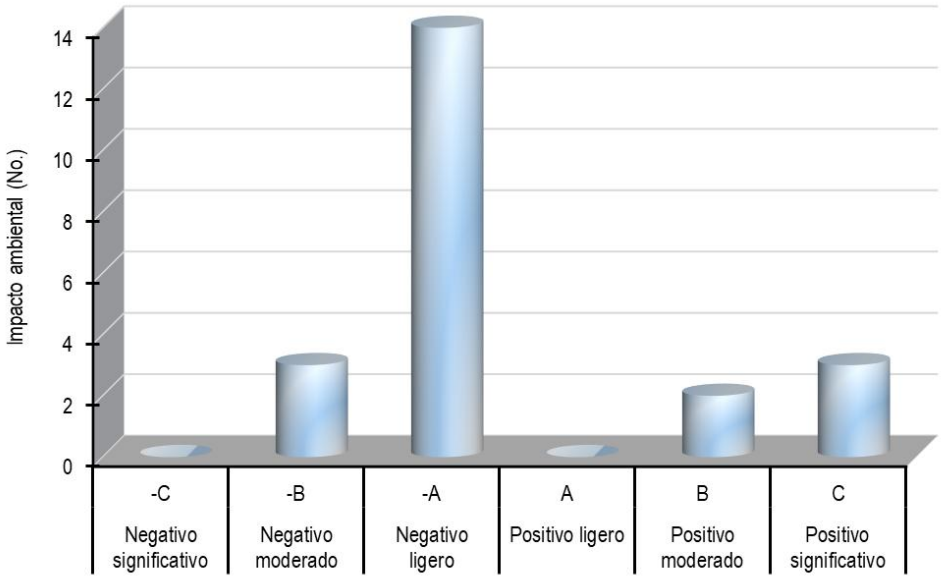


Valor alfabético: A = Impacto ligero; B = Impacto moderado, C = Impacto significativo y, N = Sin cambio del estado actual. El signo menos que antecede a la literal que identifica el valor alfabético hace referencia a impactos adversos o negativos.

gura V-1. Valoración de los potenciales impactos ambientales a generarse en la etapa de preparación del sitio del proyecto.

De los 22 potenciales impactos ambientales a generarse en la etapa de construcción, 17 resultaron ser adversos y cinco benéficos o positivos. 14 impactos

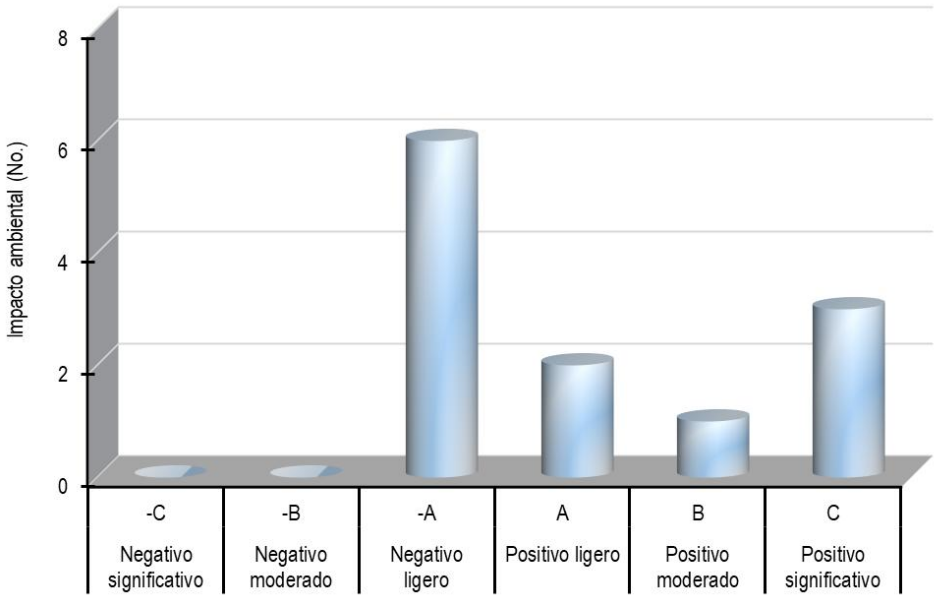
adversos se clasificaron como ligeros y tres moderados (Figura V-2). Y, de los cinco benéficos, tres clasificaron como impactos significativos y dos moderados.



Valor alfabético: A = Impacto ligero; B = Impacto moderado, C = Impacto significativo y, N = Sin cambio del estado actual. El signo menos que antecede a la literal que identifica el valor alfabético hace referencia a impactos adversos o negativos.

gura V–2. Valoración de los potenciales impactos ambientales a generarse en la etapa de construcción del proyecto.

En la etapa de operación y mantenimiento del proyecto se identificaron 12 impactos ambientales en total, de los cuales seis son adversos y mismo número de positivos (Figura V-3). Los seis impactos adversos se clasificaron como ligeros y, de los impactos de tipo benéfico, dos resultaron ser ligeros, uno moderado y tres significativos.

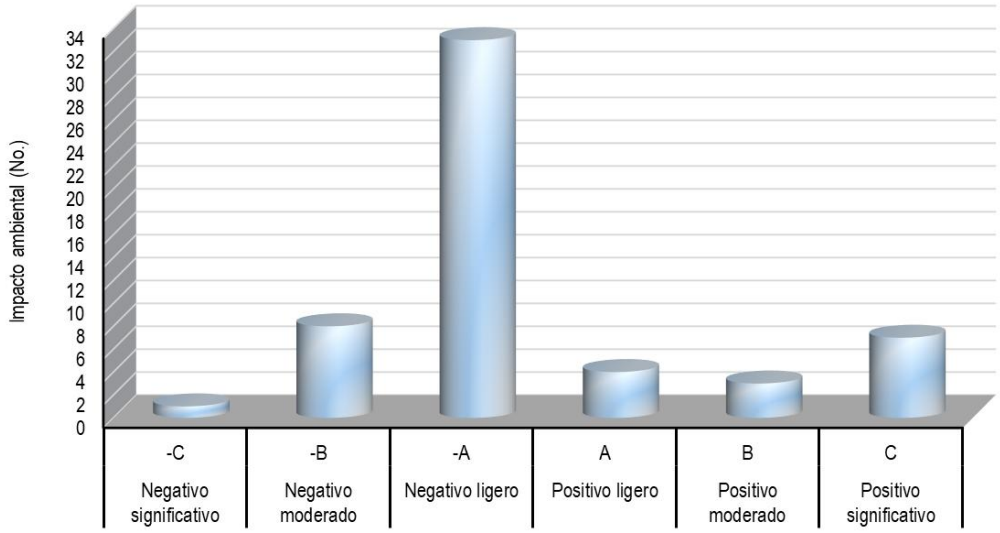


Valor alfabético: A = Impacto ligero; B = Impacto moderado, C = Impacto significativo y, N = Sin cambio del estado actual. El signo menos que antecede a la literal que identifica el valor alfabético hace referencia a impactos adversos o negativos.

gura V–3. Valoración de los potenciales impactos ambientales a generarse en la etapa de operación y mantenimiento del proyecto.

Como resultado del análisis realizado, es en las etapas de preparación del sitio y construcción en las cuales se presenta un mayor número de impactos ambientales adversos, con 19 y 17 respectivamente.

De los 42 impactos ambientales adversos potenciales identificados, 33 se clasificaron como ligeros, ocho moderados y solo uno alcanzó a valorarse como significativo (Figura V-5). Por otro lado, los impactos positivos mostraron mayor uniformidad, de los 14 impactos ambientales positivos identificados, cuatro se clasificaron como ligeros, tres moderados y siete significativos.



Valor alfabético: A = Impacto ligero; B = Impacto moderado, C = Impacto significativo y, N = Sin cambio del estado actual. El signo menos que antecede a la literal que identifica el valor alfabético hace referencia a impactos adversos o negativos.

Figura V–4. Valoración de los potenciales impactos ambientales a generarse durante el desarrollo total del proyecto.

La etapa de preparación del sitio es la que tiene los impactos ambientales negativos potenciales con mayor significancia, con cinco moderados y uno significativo. Los impactos ambientales potenciales de mayor significancia que se tienen identificados están relacionados con la alteración a subfactores ambientales del medio biótico: la afectación a ejemplares de flora y fauna silvestre catalogadas en alguna categoría de protección y de relevancia ambiental; cambio en la abundancia de especies de flora silvestre; reducción de la cobertura vegetal; y la alteración de las áreas de desplazamiento de fauna silvestre, así como el impacto en la cualidad estético – paisajística de las unidades de paisaje.

El consumo de agua es necesario para poder realizar las obras civiles, incluyendo la compactación de materiales para la construcción de los terraplenes de la carretera, de acuerdo con los requerimientos técnicos específicos, así como para efectuar el riego de terracerías con la finalidad de mitigar la suspensión de partículas sólidas en el medio ambiente. El agua cruda será adquirida al gobierno municipal o

algún particular que cuente con un título de concesión y aprovechamiento vigente. En menor medida, se demandará también de agua para aseo de los trabajadores y para su consumo, aunque esta última será de tipo potable y adquirida en alguna planta purificadora en las localidades aledañas al trazo del proyecto.

La afectación que tendría el desarrollo del proyecto con respecto a la presencia de ejemplares de especies de flora y fauna silvestre catalogadas en alguna categoría de protección de acuerdo con el listado de la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, así como de relevancia ambiental según la lista roja de la UICN, se encuentran entre los impactos ambientales adversos moderados y significativos. En este caso, es importante tomar en cuenta que dicha afectación solo implica a ejemplares que se ubican o usan el área del trazo del proyecto, y no que el proyecto vaya a implicar la desaparición de estas especies.

De las 22 especies de flora silvestre identificas en el SAR, solo el palo blanco (*Bravaisia integerrima*) se encuentra incluida en la lista de especies en riesgo conforme a la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, clasificada como especie Amenazada. Considerando la lista roja de especies, 18 se clasifican como especies de Preocupación Menor (LC), y una con datos insuficientes (DD).

A nivel del área del proyecto, de las 14 especies identificadas de flora silvestre en los estratos arbóreos y arbustivos, solo el palo blanco se encuentra enlistada en alguna categoría de protección. Con respecto a la lista roja de especies de la UICN, 11 de las 14 especies se encuentran clasificadas como de Preocupación Menor (LC), es decir, que se trata de especies que no cumplen con ningún criterio que defina las categorías de En Peligro Crítico, En Peligro, Vulnerable o Casi Amenazada, mientras que el resto de las especies no cuentan con clasificación.

El número de impactos ambientales adversos en las primeras dos etapas son similares (19 y 17, respectivamente), pero siendo diferentes en tipo y magnitud entre ellos. En la etapa de preparación del sitio, los impactos adversos más significativos están relacionados con las actividades de deshierbe, desmonte, despalme y

nivelación, los cuales tienen un efecto adverso indirecto también sobre la fauna silvestre y calidad del paisaje. Ya en la etapa de construcción, las áreas destinadas para el emplazamiento de la infraestructura se encontrarán desprovistas de vegetación y suelo orgánico, por lo que, la alteración al flujo laminar del agua; la afectación a la fauna silvestre, así como al medio perceptual resultan ser los que sufren las mayores afectaciones adversas.

Hasta aquí, cabe aclarar que el valor estimado de la significancia se realiza sin considerar la implementación de medidas ambientales, las cuales se presentan en el siguiente Capítulo de esta Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional. Estas tendrán el objetivo de controlar, prevenir y mitigar a los impactos ambientales de los que se habla en este capítulo.

Sin ahondar en la discusión de los impactos ambientales potencialmente benéficos, los más relevantes estarían relacionados con el componente socio – económico, por la generación de empleos, la derrama económica que representaría el desarrollo del proyecto y la construcción de una vía de comunicación segura, rápida y de bajo costo para uso de los pobladores de la región y visitantes, principalmente del centro del país (Tabla V-10). Estos impactos son poco significativos para las actividades de la etapa de preparación del sitio, cobrando gran relevancia durante la etapa de construcción por el incremento en la demanda de mano de obra, renta de equipo y maquinaria, y por los requerimientos de materiales e insumos.

Tabla V-10. Concentrado de la valoración de los potenciales impactos ambientales a generarse por etapa de desarrollo del proyecto.

No	Código	Impacto ambiental	Valor de los criterios						Evaluación (ES)	Valor alfabético
			A1	A2	B1	B2	B3	B4		
Preparación del sitio										
1	FQ-1	Cambio en la conformación topográfica natural del terreno y de patrones de sedimentación de sustratos	1	-2	4	4	4	3	-30	-A
2	FQ-2	Pérdida de horizontes del suelo en áreas del desplante	1	-2	4	4	4	2	-28	-A

No	Código	Impacto ambiental	Valor de los criterios						Evaluación (ES)	Valor alfabético
			A1	A2	B1	B2	B3	B4		
3	FQ-3	Afectación de las propiedades físicas del suelo (Permeabilidad)	1	-2	3	3	3	3	-24	-A
4	FQ-4	Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo	1	-1	3	2	3	2	-10	-A
5	FQ-5	Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire	2	-1	3	2	4	2	-22	-A
6	FQ-6	Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido	2	-1	3	2	4	2	-22	-A
7	FQ-7	Cambio en el comportamiento de factores climáticos	2	-1	4	4	4	2	-28	-A
8	FQ-8	Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua superficial	2	-1	3	2	3	3	-22	-A
9	FQ-9	Cambio en los flujos y movimientos de agua superficiales temporales	1	-2	4	3	4	3	-28	-A
10	FQ-10	Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático	1	-2	4	4	4	2	-28	-A
11	BE-1	Cambio de la abundancia de individuos de especies de flora silvestre	1	-2	4	4	4	4	-32	-B
12	BE-2	Modificación de la superficie y distribución de la cobertura y tipo de vegetación	1	-2	4	4	4	4	-32	-B
13	BE-3	Afectación a ejemplares de flora silvestre de especies en categoría de riesgo	2	-2	4	4	3	3	-56	-C
14	BE-4	Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre	1	-2	3	3	4	2	-24	-A
15	BE-5	Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre	1	-3	4	4	4	2	-42	-B
16	BE-6	Reducción de áreas usadas como refugio, alimentación y reproducción de fauna silvestre	1	-2	4	4	4	2	-28	-A
17	BE-7	Afectación a ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo y relevancia ambiental	1	-3	4	3	4	3	-42	-B
18	BE-8	Incremento del riesgo de mortalidad de fauna silvestre por atropellamiento	1	-2	3	2	4	3	-24	-A
19	SC-1	Modificación de las cualidades estético - paisajísticas	1	-3	4	4	4	3	-45	-B
20	SC-2	Disponibilidad de vías de comunicación terrestres	2	2	4	4	4	3	60	C
21	EO-1	Generación de ofertas de trabajo directos e indirectos	1	1	3	2	3	3	11	A
22	EO-2	Impulso a la economía local y regional por la derrama económica	1	1	3	2	3	3	11	A
Construcción del proyecto										

No	Código	Impacto ambiental	Valor de los criterios						Evaluación (ES)	Valor alfabético
			A1	A2	B1	B2	B3	B4		
23	FQ-11	Cambio en la conformación topográfica natural del terreno y de patrones de sedimentación de sustratos	1	-2	4	4	4	3	-30	-A
24	FQ-12	Alteración de la estabilidad geomorfológica del terreno	1	-2	4	4	4	3	-30	-A
25	FQ-13	Afectación de las propiedades físicas del suelo (Permeabilidad)	1	-2	3	3	3	2	-22	-A
26	FQ-14	Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo	1	-1	3	2	4	2	-11	-A
27	FQ-15	Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire	2	-1	3	2	4	2	-22	-A
28	FQ-16	Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido	2	-1	3	2	4	2	-22	-A
29	FQ-17	Cambio en el comportamiento de factores climáticos	2	-1	4	4	4	2	-28	-A
30	FQ-18	Aprovechamiento de agua autorizado para su explotación	2	-1	3	2	4	2	-22	-A
31	FQ-19	Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua superficial	2	-1	3	2	3	3	-22	-A
32	FQ-20	Cambio en los flujos y movimientos de agua superficiales temporales	1	-2	4	3	4	3	-28	-A
33	FQ-21	Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático	1	-3	4	4	4	2	-42	-B
34	BE-9	Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre	1	-2	3	3	4	2	-24	-A
35	BE-10	Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre	1	-2	3	3	4	2	-24	-A
36	BE-11	Afectación a ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo y relevancia ambiental	1	-3	3	3	4	3	-39	-B
37	BE-12	Incremento del riesgo de mortalidad de fauna silvestre por atropellamiento	1	-2	3	3	4	3	-26	-A
38	SC-3	Modificación de las cualidades estético - paisajísticas	1	-3	4	4	4	3	-45	-B
39	SC-4	Impacto en la calidad de vida de los vecinos de las obras	1	-2	4	4	3	3	-28	-A
40	SC-5	Disponibilidad de vías de comunicación terrestres	3	2	4	4	3	3	84	C
41	EO-3	Generación de ofertas de trabajo directos e indirectos	2	2	3	2	4	3	48	B
42	EO-4	Impulso a la economía local y regional por la derrama económica	2	2	3	2	4	3	48	B
43	EO-5	Desarrollo económico y social regional comunitario directo por mejoras de las vías de comunicación	2	2	4	4	4	3	60	C

No	Código	Impacto ambiental	Valor de los criterios						Evaluación (ES)	Valor alfabético
			A1	A2	B1	B2	B3	B4		
44	EO-6	Cambio de la seguridad operativa de los usuarios de la vía de comunicación	2	2	4	4	4	3	60	C
Operación y mantenimiento										
45	FQ-22	Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire	2	-1	4	4	4	2	-28	-A
46	FQ-23	Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido	2	-1	4	4	4	2	-28	-A
47	FQ-24	Cambio en el comportamiento de factores climáticos	2	-1	4	4	4	2	-28	-A
48	FQ-25	Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua superficial	2	2	4	2	3	3	48	B
49	FQ-26	Cambio en el flujo y movimientos de agua superficial temporales	1	2	4	2	3	3	24	A
50	BE-13	Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre	1	-2	4	4	4	2	-28	-A
51	BE-14	Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre	1	-2	4	4	4	2	-28	-A
52	BE-15	Incremento del riesgo de mortalidad de fauna silvestre por atropellamiento	1	-2	4	4	4	3	-30	-A
53	SC-6	Disponibilidad de vías de comunicación terrestres	2	2	4	4	4	3	60	C
54	EO-7	Generación de ofertas de trabajo directos e indirectos	1	2	4	4	4	3	30	A
55	EO-8	Desarrollo económico y social regional comunitario directo por mejoras de las vías de comunicación	2	2	4	4	4	3	60	C
56	EO-9	Cambio de la seguridad operativa de los usuarios de la vía de comunicación	2	2	4	4	4	3	60	C

§ Código del componente de evaluación: FQ = Físico / químico; BE = Biológico / ecológico; SC = Sociológico / cultural y, EO = Económico / operacional.

§§ Valor alfabético: A = Impacto ligero; B = Impacto moderado y, C = Impacto significativo. El signo menos que precede a la literal que identifica el valor alfabético hace referencia a impactos adversos o negativos.

V.3.4.1 Resultados de los componentes de evaluación

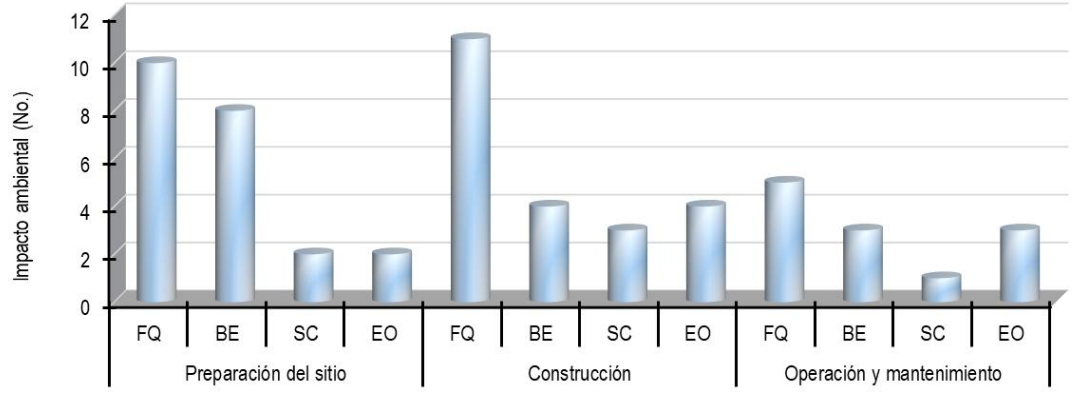
De los cuatro componentes de evaluación que se consideran para clasificar los impactos ambientales en el RIAM modificado, resultó que el factor FQ sería el que tendría la mayor afectación, numéricamente hablando, con 26 de los 56 impactos entre las tres etapas de desarrollo, seguido de los componentes BE y EO con 15 y

nueve impactos, respectivamente (Tabla V-10; Figura V-6). El componente SC resultó ser el que menos impactos tendría con seis de los 56 impactos totales en las tres etapas de desarrollo del proyecto.

Las afectaciones al componente de evaluación SC se mantiene relativamente uniforme entre las etapas de desarrollo del proyecto, en la primera etapa se tienen dos, en la construcción tres y en la etapa de operación y mantenimiento solo uno.

El componente BE, que agrupa los impactos a los factores biológicos del ecosistema, tiene más impactos en las etapas de preparación del sitio con ocho impactos. En la etapa de construcción y operación bajan a cuatro y tres debido a que en estas etapas ya no hay afectación a la flora silvestre.

Los nueve impactos que se ocasionan al componente EO durante el desarrollo del proyecto, también son muy uniforme entre etapas, con dos en la preparación del sitio, cuatro en la construcción y tres en la operación. Si bien, no son muchos impactos ambientales, es en este componente donde se tienen los impactos benéficos de mayor significancia.



Componente de evaluación: FQ = Físico / químico; BE = Biológico / ecológico; SC = Sociológico / cultural y, EO = Económico / operacional.

Figura V–5. Clasificación de los impactos ambientales identificados a generarse por la realización del proyecto por componente de evaluación y etapa de ejecución.

V.4 IMPACTOS AMBIENTALES RESIDUALES

Los impactos ambientales residuales están definidos en el REIA, en su artículo 3, fracción X, como aquel impacto que persiste después de la aplicación de medidas ambientales ejecutadas para mitigarlo. La persistencia del impacto ambiental después de haber cesado la actividad que lo origina y haber implementado la medida o conjunto de medidas ambientales para prevenirlo o mitigarlo puede tener tres causas: que la medida no haya sido implementada correctamente por fallas en la implementación y acorde con la magnitud del impacto; que no haya sido la apropiada o, que el impacto no cuente con una medida o medidas ambientales que sean capaces de mitigarlo, por lo que se tendrían que implementar otro tipo de acciones.

Para señalar los impactos ambientales residuales potenciales a generarse por el desarrollo del proyecto, se retoma el listado de impactos ambientales descritos en el apartado anterior. Como parte de la descripción, se ha hecho referencia a su persistencia, entendida esta como la permanencia o temporalidad del impacto.

La persistencia es un criterio que de acuerdo con la escala de valoración del RIAM modificado, se evalúa a través de cuatro escalas (criterio B1 de la metodología modificada del RIAM). La escala 1 hace referencia a que no hay cambio o no aplica. La escala 2 hace referencia a impactos temporales a corto plazo, entendiéndose éste por un periodo de pocas semanas o meses. El impacto temporal a medio término, al que hace referencia la escala 3, implica un periodo de entre 1 y 10 años. Y, por último, la escala 4 hace referencia a un impacto permanente o que su restauración es a largo plazo, aclarando que largo plazo implica un impacto que duraría no menos de 10 años.

Si bien, dicha persistencia podría usarse como un criterio para evaluar la residualidad del impacto, suponiendo que un impacto ambiental residual es aquel que está presente en el ambiente por un periodo de tiempo mayora al de la escala evaluada. Para el caso de la valoración del RIAM modificado sería la escala 4 (cuatro) del criterio B1, que hace referencia a un impacto que estaría en el ambiente por un plazo mayor a 10 años. Sin embargo, en esta temporalidad se considera el tiempo que estaría manifestándose el impacto, pero no implica que se trate de un impacto ambiental que no sea mitigable en los términos definidos en el artículo 3, fracción X, del REIA, ya que un impacto se considera residual cuando éste persiste después de haber implementado las medidas ambientales para mitigarlo.

Enfocándonos en los potenciales impactos ambientales adversos identificados y presentados en la Tabla V-10 y valorados con una escala 4 (cuatro), se tiene que 13 de los 22 impactos identificados para la etapa de preparación del sitio, 10 de los 22 impactos de la etapa de construcción y 12 de la etapa de operación y mantenimiento, se clasifican como impactos permanentes o de largo plazo (≥ 10 años de permanencia en el ambiente). En la mayoría de los casos, lo que definió su permanencia es el periodo durante el cual se estarían manifestando los impactos, lo cual está acorde con el periodo que comprende la realización de cada una de las etapas, y no de su reversibilidad una vez que haya cesado el agente causal y se haya implementado la medida ambiental.

Del listado de 27 impactos ambientales potenciales a presentarse como consecuencia de la ejecución del proyecto, enunciados en la Tabla V-9, se considera que ocho tendrían un carácter residual, los cuales se presentan en diferentes etapas del proyecto y algunos son ocasionados por diversas actividades, presentándose 18 veces en total (Tabla V-11). Con esto se entiende que, su efecto permanecería aún después de aplicar las medidas ambientales para mitigar su manifestación en el medio ambiente.

Estos ocho impactos ambientales se pueden agrupar en cuatro grupos de acuerdo con los factores ambientales a los que están relacionados los impactos. Uno de ellos agrupa a los impactos ambientales que alteran la conformación del suelo y la fisiografía, impactos que se presentan en las dos primeras etapas del proyecto. Estos impactos se generarían debido al despalme y nivelación del terreno en la preparación de las áreas para la construcción del proyecto, excavaciones, cortes y la conformación de las bases y subbases del cuerpo carretero.

Otro grupo está relacionado con los impactos que afectan a la atmósfera por las emisiones de contaminantes criterio y la generación de ruido. Y, los impactos ambientales del medio biótico son los que forman el grupo más numeroso con tres impactos ambientales, uno asociado a la vegetación y flora silvestre, y dos a la fauna silvestre. A estos se les suma, por último, la afectación a la calidad estético - paisajística que ocasiona el desplante del proyecto en la región.

De cierta manera, los ocho impactos ambientales residuales se encuentran relacionados directa o indirectamente. El despalme y nivelación del terreno en área de desplante de obras tienen una afectación directa sobre el horizonte del suelo, la conformación topográfica y la calidad paisajística que, si bien se pueden implementar medidas ambientales para mitigar el efecto, al final, la afectación al ambiente permanecería.

Las emisiones de partículas contaminantes al medio ambiente y sonoros por la operación de carretera son impactos ambientales asociados a su operación y dependerá del tipo del parque vehicular que circule en ellas, así como el efecto barrera que representa para el libre movimiento de la fauna silvestre, lo que lleva a la presentación de atropellamientos. En las dos primeras etapas de desarrollo del proyecto se pueden implementar medidas ambientales eficientes para mitigar estos impactos. Si las obras y actividades generan un efecto adverso altamente significativo al ambiente, existe la posibilidad de detener por completo el efecto con el cese de las actividades, para analizar las causas, consecuencia y definir

alternativas de solución eficientes para mantener sus efectos dentro de un rango aceptable por la normatividad oficial para estos impactos.

Sin embargo, durante la etapa de operación y mantenimiento, las emisiones de contaminantes criterio y ruido al medio ambiente será de manera continua durante el día, con variación de intensidad y frecuencia, dependiendo de la tráfico vehicular. La intensidad de las emisiones específicas de un equipo automotor depende totalmente de los particulares, siendo ellos los responsables de cumplir con los límites máximos permitidos por la reglamentación establecida por las autoridades federales para el caso, al tratarse de una vía de comunicación federal. Que, de hecho, la construcción del libramiento es una medida de mitigación para los pobladores de las localidades que quedarían fuera del trazo actual de la carretera.

El desmonte de vegetación para la ampliación de la carretera y la construcción del nuevo cuerpo carretero del libramiento implicará modificar la distribución de la cobertura vegetal, alteración de la áreas de desplazamiento de la fauna silvestre y modificación o cambio de la unidad de paisaje. La afectación a la movilidad de la fauna silvestre debido a la fragmentación del ecosistema ocasionado por la construcción de la vía inicia desde la preparación del sitio, se incrementa en la construcción y con su operación y mantenimiento, al mismo tiempo que se incrementa el riesgo de sufrir atropellamientos de vertebrados terrestres. Si bien, estos impactos ambientales cuentan con medidas para mitigarlos, el impacto siempre estaría presente.

Tabla V-11. Impactos ambientales residuales identificados y la etapa del proyecto en los que se generan.

No	Impacto ambiental	Preparación del sitio	Construcción	Operación y mantenimiento
1	Cambio en la conformación topográfica natural del terreno y de patrones de sedimentación de sustratos.	X	X	---
2	Pérdida / conformación de horizontes del suelo en áreas del desplante.	X	---	---
3	Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire	X	X	X
4	Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido	X	X	X
5	Modificación de la superficie y distribución de la cobertura y tipo de vegetación	X	---	---
6	Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre	X	X	X
7	Incremento del riesgo de atropellamiento de fauna silvestre	X	X	X
8	Modificación de las cualidades estético - paisajísticas.	X	X	---
Impactos ambientales por etapa (No.)		**8**	**6**	**4**
Impactos ambientales totales (No.)		**18**		

V.5 IMPACTOS AMBIENTALES ACUMULATIVOS

Los impactos ambientales acumulativos están definidos en el REIA, en su artículo 3, fracción VII, como aquellos impactos que son resultado del incremento de impactos de acciones particulares que interactúan con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente. Este tipo de impactos se presentan cuando se analizan los impactos ambientales a generarse por un proyecto en particular dentro de un Sistema Ambiental Regional, en el cual convergen otros proyectos y factores promotores de impactos ambientales.

Este análisis cobra mayor relevancia cuando se trata de proyectos convergentes en una misma región, se relacionan y/o tienen acciones o actividades similares que interactúan en el mismo ecosistema. No obstante, pueden converger proyectos de diferente naturaleza, con diferentes objetivos, y generar impactos ambientales coincidentes, lo que no los hace excluyentes, sino aditivos.

La acumulabilidad o sinergia de un impacto ambiental, es un criterio que de acuerdo con la escala de valoración del RIAM modificado se evalúa a través de cuatro escalas (criterio B3 de la metodología modificada del RIAM). La escala 1 (uno) hace referencia a cuando no hay cambio o no aplica. La escala 2 (dos) se refiere a cuando el impacto ambiental no se considera acumulativo, solo simple, es decir, que no hay interacción con otros impactos. En la escala 3 (tres) ya se considera que el impacto es acumulable, pero la significancia de la interacción es incierta. Finalmente, la escala 4 (cuatro) representa un impacto que se considera acumulativo o sinérgico a los generados por otros proyectos o actividades que ocurren en la misma área.

Se entiende como incierto aquel impacto ambiental que, por su magnitud, forma de manifestarse o sitio de generación no se está seguro de que su presencia vaya a representar un efecto notable debido a la condición actual del ambiente en evaluación.

La identificación de este tipo de impactos potenciales a generarse durante las etapas de desarrollo del proyecto se realiza de igual manera a la efectuada con los impactos ambientales residuales. Es decir, se retoma el listado de impactos ambientales descritos en las fichas técnicas de impactos ambientales, cuyo resultado se resume en la Tabla V-10, en la que, como parte de la descripción, se ha hecho referencia a la acumulabilidad del impacto. Por lo que, retomando los resultados de la tabla indicada, en la Tabla V-12, se presenta el listado de impactos ambientales que fueron valorados en las escalas 3 y 4, impactos ambientales acumulativos, es decir que se considera acumulativo o sinérgicos a los generados por otros proyectos o actividades que ocurren en el SAR definido para el proyecto.

De los 56 potenciales impactos ambientales (adversos o benéficos) identificados por el desarrollo del proyecto, 44 se consideran como acumulativos, y 12 como acumulativos inciertos. De los 56 impactos ambientales clasificados como acumulativos, 42 se clasificaron como adversos, seis de ellos inciertos.

En la etapa de preparación del sitio se tendrían 22 impactos acumulativos, 19 considerados adversos. De éstos, 13 son negativos ligeros, cinco moderados y solo uno significativo. Este último está relacionado con la afectación a especies de flora silvestre catalogada en categoría de riesgo.

En la etapa de construcción se identificaron 22 impactos acumulativos, de los cuales 17 resultaron ser adversos y cinco positivos. Los impactos adversos se dividieron en: 14 ligeros y tres moderados.

En la etapa de operación y mantenimiento se identificaron 12 impactos ambientales acumulativos, seis de ellos adversos. En este caso, los seis impactos adversos se clasificaron como ligeros.

Tabla V-12. Listado de impactos ambientales acumulativos potenciales a presentarse por el desarrollo del proyecto en el polígono del SAR.

No	Código	Impacto ambiental	Valor de los criterios						Evaluación (ES)	Valor alfabético
			A1	A2	B1	B2	B3	B4		
Preparación del sitio										
1	FQ-1	Cambio en la conformación topográfica natural del terreno y de patrones de sedimentación de sustratos	1	-2	4	4	4	3	-30	-A
2	FQ-2	Pérdida de horizontes del suelo en áreas del desplante	1	-2	4	4	4	2	-28	-A
3	FQ-3	Afectación de las propiedades físicas del suelo (Permeabilidad)	1	-2	3	3	3	3	-24	-A
4	FQ-4	Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo	1	-1	3	2	3	2	-10	-A
5	FQ-5	Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire	2	-1	3	2	4	2	-22	-A
6	FQ-6	Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido	2	-1	3	2	4	2	-22	-A
7	FQ-7	Cambio en el comportamiento de factores climáticos	2	-1	4	4	4	2	-28	-A

No	Código	Impacto ambiental	Valor de los criterios						Evaluación (ES)	Valor alfabético
			A1	A2	B1	B2	B3	B4		
8	FQ-8	Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua superficial	2	-1	3	2	3	3	-22	-A
9	FQ-9	Cambio en los flujos y movimientos de agua superficiales temporales	1	-2	4	3	4	3	-28	-A
10	FQ-10	Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático	1	-2	4	4	4	2	-28	-A
11	BE-1	Cambio de la abundancia de individuos de especies de flora silvestre	1	-2	4	4	4	4	-32	-B
12	BE-2	Modificación de la superficie y distribución de la cobertura y tipo de vegetación	1	-2	4	4	4	4	-32	-B
13	BE-3	Afectación a ejemplares de flora silvestre de especies en categoría de riesgo	2	-2	4	4	3	3	-56	-C
14	BE-4	Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre	1	-2	3	3	4	2	-24	-A
15	BE-5	Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre	1	-3	4	4	4	2	-42	-B
16	BE-6	Reducción de áreas usadas como refugio, alimentación y reproducción de fauna silvestre	1	-2	4	4	4	2	-28	-A
17	BE-7	Afectación a ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo y relevancia ambiental	1	-3	4	3	4	3	-42	-B
18	BE-8	Incremento del riesgo de mortalidad de fauna silvestre por atropellamiento	1	-2	3	2	4	3	-24	-A
19	SC-1	Modificación de las cualidades estético - paisajísticas	1	-3	4	4	4	3	-45	-B
20	SC-2	Disponibilidad de vías de comunicación terrestres	2	2	4	4	4	3	60	C
21	EO-1	Generación de ofertas de trabajo directos e indirectos	1	1	3	2	3	3	11	A
22	EO-2	Impulso a la economía local y regional por la derrama económica	1	1	3	2	3	3	11	A
Construcción del proyecto										
23	FQ-11	Cambio en la conformación topográfica natural del terreno y de patrones de sedimentación de sustratos	1	-2	4	4	4	3	-30	-A
24	FQ-12	Alteración de la estabilidad geomorfológica del terreno	1	-2	4	4	4	3	-30	-A
25	FQ-13	Afectación de las propiedades físicas del suelo (Permeabilidad)	1	-2	3	3	3	2	-22	-A
26	FQ-14	Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo	1	-1	3	2	4	2	-11	-A
27	FQ-15	Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire	2	-1	3	2	4	2	-22	-A

No	Código	Impacto ambiental	Valor de los criterios						Evaluación (ES)	Valor alfabético
			A1	A2	B1	B2	B3	B4		
28	FQ-16	Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido	2	-1	3	2	4	2	-22	-A
29	FQ-17	Cambio en el comportamiento de factores climáticos	2	-1	4	4	4	2	-28	-A
30	FQ-18	Aprovechamiento de agua autorizado para su explotación	2	-1	3	2	4	2	-22	-A
31	FQ-19	Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua superficial	2	-1	3	2	3	3	-22	-A
32	FQ-20	Cambio en los flujos y movimientos de agua superficiales temporales	1	-2	4	3	4	3	-28	-A
33	FQ-21	Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático	1	-3	4	4	4	2	-42	-B
34	BE-9	Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre	1	-2	3	3	4	2	-24	-A
35	BE-10	Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre	1	-2	3	3	4	2	-24	-A
36	BE-11	Afectación a ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo y relevancia ambiental	1	-3	3	3	4	3	-39	-B
37	BE-12	Incremento del riesgo de mortalidad de fauna silvestre por atropellamiento	1	-2	3	3	4	3	-26	-A
38	SC-3	Modificación de las cualidades estético - paisajísticas	1	-3	4	4	4	3	-45	-B
39	SC-4	Impacto en la calidad de vida de los vecinos de las obras	1	-2	4	4	3	3	-28	-A
40	SC-5	Disponibilidad de vías de comunicación terrestres	3	2	4	4	3	3	84	C
41	EO-3	Generación de ofertas de trabajo directos e indirectos	2	2	3	2	4	3	48	B
42	EO-4	Impulso a la economía local y regional por la derrama económica	2	2	3	2	4	3	48	B
43	EO-5	Desarrollo económico y social regional comunitario directo por mejoras de las vías de comunicación	2	2	4	4	4	3	60	C
44	EO-6	Cambio de la seguridad operativa de los usuarios de la vía de comunicación	2	2	4	4	4	3	60	C
Operación y mantenimiento										
45	FQ-22	Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire	2	-1	4	4	4	2	-28	-A
46	FQ-23	Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido	2	-1	4	4	4	2	-28	-A
47	FQ-24	Cambio en el comportamiento de factores climáticos	2	-1	4	4	4	2	-28	-A
48	FQ-25	Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua superficial	2	2	4	2	3	3	48	B

No	Código	Impacto ambiental	Valor de los criterios						Evaluación (ES)	Valor alfabético
			A1	A2	B1	B2	B3	B4		
49	FQ-26	Cambio en el flujo y movimientos de agua superficial temporales	1	2	4	2	3	3	24	A
50	BE-13	Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre	1	-2	4	4	4	2	-28	-A
51	BE-14	Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre	1	-2	4	4	4	2	-28	-A
52	BE-15	Incremento del riesgo de mortalidad de fauna silvestre por atropellamiento	1	-2	4	4	4	3	-30	-A
53	SC-6	Disponibilidad de vías de comunicación terrestres	2	2	4	4	4	3	60	C
54	EO-7	Generación de ofertas de trabajo directos e indirectos	1	2	4	4	4	3	30	A
55	EO-8	Desarrollo económico y social regional comunitario directo por mejoras de las vías de comunicación	2	2	4	4	4	3	60	C
56	EO-9	Cambio de la seguridad operativa de los usuarios de la vía de comunicación	2	2	4	4	4	3	60	C

§ Código del componente de evaluación: FQ = Físico / químico; BE = Biológico / ecológico; SC = Sociológico / cultural y, EO = Económico / operacional.

§§ Valor alfabético: A = Impacto ligero; B = Impacto moderado, C = Impacto significativo y N = Sin cambio del estado actual. El signo menos que antecede a la literal que identifica el valor alfabético hace referencia a impactos adversos o negativos.

V.6 IMPACTOS AMBIENTALES A NIVEL DEL SAR

Para poder evaluar la acumulabilidad y residualidad de los impactos ambientales identificados y descritos en los apartados anteriores, es importante tomar en cuenta las principales obras y actividades que se han desarrollado y aquellas que actualmente tienen lugar en el SAR. Este análisis se realiza con base a impactos ambientales tipo, acorde con la naturaleza de los proyectos identificados y los ecosistemas en los cuales se encuentran inmersos con base en los identificados en la región de interés.

En este caso, el SAR se definió tomando como base principal la conformación de las cuencas y microcuencas. En el interior del polígono delimitado existen áreas

representativas de siete comunidades de vegetación primaria cubriendo el 11.23 % del SAR y mismo número de comunidades vegetales secundarias en el 36.96 % de las 32,885.19 ha del SAR. Adicionalmente, existen áreas en las cuales ya se llevó el cambio de uso de suelo para el desarrollo de proyectos de importancia regional, estatal y nacional, como lo es la construcción de diversas vías de comunicación, entre ellas la carretera federal 200, también conocida como "La Costera", en su tramo "Acapulco – Coyuca de Benítez", asentamientos humanos, líneas de transmisión y distribución de energía eléctrica y telefónicas, así como la práctica de actividades agrícolas y ganaderas por los pobladores de las localidades asentadas en la región.

Al evaluar el grado de los impactos ambientales se tomó en cuenta el estado de conservación actual de los componentes ambientales descritos en el Capítulo IV y la representatividad de las obras y actividades que se planea realizar por el desarrollo del proyecto, con respecto a las que en la actualidad se llevan a cabo. Bajo este contexto fue que se asignaron los valores de los criterios en la valoración de los impactos ambientales potenciales y se obtuvieron los reportados en las fichas descriptivas de impactos.

En el análisis de identificación de impactos ambientales acumulativos y residuales del SAR se consideraron las principales obras y actividades que se han identificado como las principales generadoras de impactos ambientales: a) Desarrollo de zonas urbanas (asentamientos humanos); b) Construcción y operación de vías de comunicación; c) Actividades agropecuarias, anuales y permanentes (palmas de coco), así como de temporal y de riego; d) Infraestructura de servicios urbanos; e) Construcción y operación de líneas de transmisión y conducción de energía eléctrica y de telefonía, y, f) Bancos de materiales pétreos (para terracerías, revestimiento, concreto asfáltico, concreto hidráulico). En la Tabla V-13 se presentan los resultados de los impactos ambientales acumulativos y residuales que se tienen por el desarrollo de estas obras y actividades.

Del ejercicio realizado, se identificaron 30 impactos ambientales acumulativos y/o residuales, los cuales pueden estar asociados a una o más de las seis actividades identificadas como las principales generadoras de impactos. El desarrollo de zonas urbanas es la que tiene el mayor número de impactos ambientales, tanto adversos como benéficos, sumando 25 de los 30 diversos identificados. La explotación de los bancos de materiales pétreos se encuentra en segundo lugar con mayor número de impactos ambientales acumulativos y/o residuales, generando 23 de los 30 identificados, seguido por las actividades agropecuarias con 18.

Este número de impactos ambientales por tipo de proyecto pudiera ser mayor o menor, todo depende de las condiciones específicas de la ejecución de los proyectos referidos y las condiciones ambientales de las áreas en las cuales se ejecutaron. El resultado presentado es considerando los resultados del análisis y trabajo de campo efectuado para la elaboración del presente proyecto, y asumiendo muchos aspectos técnicos generales en la construcción y ejecución de los proyecto. Además, solo considera los impactos ambientales tipo por la naturaleza del proyecto, sin evaluar la magnitud del impacto.

Tabla V-13. Identificación de obras y actividades generadoras de impactos ambientales acumulativos y residuales en el contexto del SAR definido para el desarrollo del proyecto.

Obras y actividades actuales	Componente ambiental	Impacto ambiental	Tipo	Relación de impactos				Indicador de impacto y cambio climático
				Duración	Extensión	Intensidad	Efecto	
Desarrollo de zonas urbanas (Asentamientos humanos)	Fisiografía - Relieve	Alteración de la conformación topográfica.	Acumulativo y residual	Permanente	Regional	Moderada	Adverso	Cambio en el grado de pendiente y superficie afectada (ha) con respecto al total.
	Suelo - Propiedades físicas	Afectación de las propiedades físicas.	Acumulativo	Permanente	Regional	Moderada	Adverso	Valores de referencia en la NOM-021-RECNAT-2000; USDA (1999); Cuanalo (1981); IUSS Working Group WRB (2015); FAO (2020).
	Suelo - Propiedades químicas	Cambio de las propiedades químicas.	Acumulativo	Permanente	Regional	Mínima	Adverso	Valores de referencia en la NOM-021-RECNAT-2000. Cuanalo (1981); Perevochtchikova (2013), refiere que el indicador ambiental para la evaluación del impacto de los residuos, tanto de los que denomina como industriales, como de los orgánicos, es su producción (m^3), así como su reciclaje (proporción del volumen que es generado que es reciclado, %); FAO (2020)
	Suelo - Erosión	Pérdida parcial o total de horizontes.	Acumulativo	Temporal	Regional	Mínima	Adverso	Valores de referencia y procedimiento en Renard *et al.* (1997) y Montes-León *et al.* (2011).
	Aire - Calidad	Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases.	Acumulativo	Permanente	Regional	Mínima	Adverso	Valores de referencia y procedimiento en: NOM-041-SEMARNAT-2015; NOM-042-SEMARNAT-2003 y NOM-045-SEMARNAT-2017; NOM-022-SSA1-2019; NOM-023-SSA1-2021; NOM-025-SSA1-2021.
	Aire - Confort sonoro	Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y	Acumulativo	Permanente	Regional	Moderada	Adverso	Valores de referencia y procedimiento en: NOM-080-SEMARNAT-1994; NOM-081-SEMARNAT-1994 y su acuerdo

Obras y actividades actuales	Componente ambiental	Impacto ambiental	Tipo	Relación de impactos				Indicador de impacto y cambio climático
				Duración	Extensión	Intensidad	Efecto	
		desagradables para el sentido.						mediante el cual se modifica su numeral 5.4; WHO (1999).
	Aire - Clima	Cambio en el comportamiento de factores climáticos.	Acumulativo	Permanente	Local	Mínimo	Adverso	Registro de comportamiento de factores climáticos.
	Agua - Calidad	Cambio en la composición física, química y/o bacteriológica en el agua.	Acumulativo	Permanente	Regional	Moderada	Adverso	Valores de referencia y procedimiento en: NOM-01-SEMARNAT-2021; NOM-002-SEMARNAT-1996; NOM-003-SEMARNAT-1997; NOM-004-SEMARNAT-2002; NOM-127-SSA1-1994; OMS (2006).
	Agua - Disponibilidad	Incremento en el consumo de agua del manto freático.	Acumulativo y residual	Permanente	Regional	Alta	Adverso	Disponibilidad de agua del acuífero, según lo indicado en los acuerdos por los que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los acuíferos del país en el Diario Oficial de la Federación. El actual fue publicado el 09 de noviembre de 2023; CONAGUA (2012).
	Agua – Modificación de flujos	Cambio en los flujos y movimientos de agua superficiales.	Acumulativo	Permanente	Local	Moderada	Adverso	Superficie afectada y número y nivel de cuerpos de agua superficiales afectados.
	Agua – Recarga del manto freático	Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático.	Acumulativo	Permanente	Regional	Moderado	Adverso	Superficie con desplante de infraestructura permanente.
	Flora - Abundancia	Disminución del número de individuos de las especies de flora silvestre.	Acumulativo y residual	Permanente	Regional	Alta	Adverso	Densidad (individuos ha^{-1}) y diversidad (número de especies), por asociación vegetal de acuerdo con trabajos de investigación en la región; Ferro-Díaz (2015) y Alanís *et al.* (2020).

Obras y actividades actuales	Componente ambiental	Impacto ambiental	Tipo	Relación de impactos				Indicador de impacto y cambio climático
				Duración	Extensión	Intensidad	Efecto	
	Flora - Cobertura	Modificación de la superficie con cobertura vegetal.	Acumulativo y residual	Permanente	Regional	Alta	Adverso	Superficie por afectar por tipo de asociación vegetal presente en la región de referencia; Ferro-Díaz (2015) y Alanís *et al.* (2020), así como de protocolos generales (Botello *et al.*, 2022a, b).
	Flora - Especies en riesgo	Afectación a ejemplares de flora silvestre de especies en categoría de riesgo.	Acumulativo y residual	Permanente	Regional	Mínima	Adverso	Especies e individuos por afectar en categoría de riesgo de acuerdo con el listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010.
	Fauna - Abundancia y diversidad	Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre.	Acumulativo y residual	Permanente	Regional	Moderada	Adverso	Flores-Villela *et al.* (1991); Ceballos y Oliva (2005); Ramírez-Pulido *et al.* (2005). El procedimiento de monitoreo análisis de resultados y formatos de campo están descritos en FMCN *et al.* (2018), así como de protocolos generales (Botello *et al.*, 2022a, b).
	Fauna - Movilidad	Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre.	Acumulativo y residual	Permanente	Regional	Alta	Adverso	Número de áreas con funcionalidad ambiental para el desarrollo de fauna silvestre y nivel de conectividad entre las mismas.
	Fauna - Disponibilidad de hábitat	Reducción de áreas usadas como refugio, alimentación y reproducción de fauna silvestre.	Acumulativo y residual	Permanente	Regional	Alta	Adverso	Proporción de áreas con funcionalidad ambiental para brindar servicios a la fauna silvestre.
	Fauna – Mortalidad	Riesgo de atropellamiento de fauna silvestre.	Acumulativo y residual	Permanente	Regional	Moderada	Adverso	Tasa de atropellamiento por grupo de fauna silvestre en las zonas urbanas (Sánchez-Acuña y Benítez, 2021), la cual se estima con el número total de atropellamientos entre la distancia recorrida (km).

Obras y actividades actuales	Componente ambiental	Impacto ambiental	Tipo	Relación de impactos				Indicador de impacto y cambio climático
				Duración	Extensión	Intensidad	Efecto	
	Fauna - Especies en riesgo	Afectación a ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo.	Acumulativo y residual	Permanente	Regional	Mínima	Adverso	Especies e individuos por afectar en categoría de riesgo de acuerdo con el listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010. El procedimiento de monitoreo análisis de resultados y formatos de campo están descritos en FMCN *et al.* (2018).
	Paisaje - Calidad	Modificación de las cualidades estético - paisajísticas.	Acumulativo y residual	Permanente	Regional	Alta	Adverso	Conformación de las unidades de paisaje (Muñoz-Pedrero, 2004).
	Paisaje - Capacidad visual	Afectación de la calidad de vida de los vecinos de las obras.	Acumulativo y residual	Permanente	Regional	Alta	Adverso	Conformación de las unidades de paisaje (Muñoz-Pedrero, 2004).
	Uso de suelo - Habitacional	Incremento de ofertas para viviendas.	Acumulativo y residual	Permanente	Regional	Alta	Benéfico	Superficie sometida al cambio de uso de suelo para el desarrollo de zonas urbanas o habitacionales.
	Uso de suelo - Infraestructura urbana	Habilitación de áreas para beneficio de la población.	Acumulativo y residual	Permanente	Regional	Alta	Benéfico	Superficie sometida al cambio de uso de suelo para el desarrollo de infraestructura urbana.
	Población - Empleos	Incremento de ofertas de trabajo directos e indirectos.	Acumulativo	Temporal	Regional	Alta	Benéfico	Reportes de generación de empleos del IMSS e INEGI.
	Población - Derrama económica	Impulso a la economía local y regional por la derrama económica.	Acumulativo	Temporal	Regional	Alta	Benéfico	Reportes económicos de la Secretaría de Economía, INEGI y Banco de México.
Construcción y operación de vías de comunicación	Fisiografía - Relieve	Alteración de la conformación topográfica.	Acumulativo y residual	Permanente	Regional	Moderada	Adverso	Cambio en el grado de pendiente y superficie afectada (ha) con respecto al total.
	Suelo - Propiedades físicas	Afectación de las propiedades físicas.	Acumulativo y residual	Permanente	Regional	Moderada	Adverso	Valores de referencia en la NOM-021-RECNAT-2000; USDA (1999); Cuanalo (1981); IUSS Working Group WRB (2015); FAO (2020).

Obras y actividades actuales	Componente ambiental	Impacto ambiental	Tipo	Relación de impactos				Indicador de impacto y cambio climático
				Duración	Extensión	Intensidad	Efecto	
	Suelo - Propiedades químicas	Cambio de las propiedades químicas.	Acumulativo	Temporal	Regional	Mínima	Adverso	Valores de referencia en la NOM-021-RECNAT-2000. Cuanalo (1981); Perevochtchikova (2013), refiere que el indicador ambiental para la evaluación del impacto de los residuos, tanto de los que denomina como industriales, como de los orgánicos, es su producción (m^3), así como su reciclaje (proporción del volumen que es generado que es reciclado, %); FAO (2020)
	Suelo - Erosión	Pérdida parcial o total de horizontes.	Acumulativo	Temporal	Regional	Mínima	Adverso	Valores de referencia y procedimiento en Renard *et al.* (1997) y Montes-León *et al.* (2011).
	Aire - Calidad	Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases.	Acumulativo	Permanente	Regional	Alta	Adverso	Valores de referencia y procedimiento en : NOM-041-SEMARNAT-2015; NOM-042-SEMARNAT-2003 y NOM-045-SEMARNAT-2017; NOM-022-SSA1-2019; NOM-023-SSA1-2021; NOM-025-SSA1-2021.
	Aire - Confort sonoro	Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido.	Acumulativo	Permanente	Regional	Alta	Adverso	Valores de referencia y procedimiento en: NOM-080-SEMARNAT-1994; NOM-081-SEMARNAT-1994 y su acuerdo mediante el cual se modifica su numeral 5.4; WHO (1999).
	Agua – Modificación de flujos	Cambio en los flujos y movimientos de agua superficiales.	Acumulativo	Permanente	Local	Moderada	Adverso	Superficie afectada y número y nivel de cuerpos de agua superficiales afectados.
	Agua – Recarga del manto freático	Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático.	Acumulativo	Permanente	Local	Moderado	Adverso	Superficie con desplante de infraestructura permanente.
	Fauna - Abundancia	Disminución del número de individuos de las	Acumulativo y residual	Permanente	Regional	Alta	Adverso	Flores-Villela *et al.* (2014); Ceballos y Oliva (2005); Ramírez-Pulido *et*

Obras y actividades actuales	Componente ambiental	Impacto ambiental	Tipo	Relación de impactos				Indicador de impacto y cambio climático
				Duración	Extensión	Intensidad	Efecto	
		especies de fauna silvestre.						*al*. (2005). El procedimiento de monitoreo análisis de resultados y formatos de campo están descritos en FMCN *et al.* (2018), así como de protocolos generales (Botello *et al.*, 2022a, b).
	Fauna - Movilidad	Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre.	Acumulativo y residual	Permanente	Regional	Alta	Adverso	Número de áreas con funcionalidad ambiental para el desarrollo de fauna silvestre y nivel de conectividad entre las mismas.
	Fauna – Mortalidad	Riesgo de atropellamiento de fauna silvestre.	Acumulativo y residual	Permanente	Regional	Moderada	Adverso	Tasa de atropellamiento por grupo de fauna silvestre en las zonas urbanas (Sánchez-Acuña y Benítez, 2021), la cual se estima con el número total de atropellamientos entre la distancia recorrida (km).
	Fauna - Especies en riesgo	Afectación a ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo.	Acumulativo y residual	Permanente	Regional	Mínima	Adverso	Especies e individuos por afectar en categoría de riesgo de acuerdo con el listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010. El procedimiento de monitoreo análisis de resultados y formatos de campo están descritos en FMCN *et al.* (2018).
	Uso de suelo – Vías de comunicación	Construcción y operación de vías terrestres de comunicación.	Acumulativo y residual	Permanente	Regional	Alta	Adverso	Superficie sometida al cambio de uso de suelo para la construcción y operación de vías de comunicación.
	Población - Empleos	Incremento de ofertas de trabajo directos e indirectos.	Acumulativo	Temporal	Regional	Moderada	Benéfico	Reportes de generación de empleos del IMSS e INEGI.
	Población - Derrama económica	Impulso a la economía local y regional por la derrama económica.	Acumulativo	Temporal	Regional	Moderada	Benéfico	Reportes económicos de la Secretaría de Economía, INEGI y Banco de México.

Obras y actividades actuales	Componente ambiental	Impacto ambiental	Tipo	Relación de impactos				Indicador de impacto y cambio climático
				Duración	Extensión	Intensidad	Efecto	
Actividades agrícolas, anuales y permanente, de temporal y de riego, y ganaderas	Suelo - Propiedades físicas	Afectación de las propiedades físicas.	Acumulativo y residual	Permanente	Local	Alta	Adverso	Valores de referencia en la NOM-021-RECNAT-2000; USDA (1999); Cuanalo (1981); IUSS Working Group WRB (2015); FAO (2020).
	Suelo - Propiedades químicas	Cambio de las propiedades químicas.	Acumulativo	Temporal	Regional	Alta	Adverso	Valores de referencia en la NOM-021-RECNAT-2000. Perevochtchikova (2013), refiere que el indicador ambiental para la evaluación del impacto de los residuos, tanto de los que denomina como industriales como de los orgánicos, es su producción (m^3), así como su reciclaje (proporción del volumen que es generado que es reciclado, %); FAO (2020).
	Suelo - Erosión	Pérdida parcial o total de horizontes.	Acumulativo y residual	Permanente	Local	Moderada	Adverso	Valores de referencia y procedimiento en Renard *et al.* (1997) y Montes-León *et al.* (2011).
	Aire - Calidad	Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases.	Acumulativo	Temporal	Regional	Mínima	Adverso	Valores de referencia y procedimiento en : NOM-041-SEMARNAT-2015 ; NOM-042-SEMARNAT-2003 y NOM-045-SEMARNAT-2017; NOM-022-SSA1-2019; NOM-023-SSA1-2021; NOM-025-SSA1-2021.
	Aire - Confort sonoro	Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido.	Acumulativo	Temporal	Regional	Mínima	Adverso	Valores de referencia y procedimiento en: NOM-080-SEMARNAT-1994; NOM-081-SEMARNAT-1994 y su acuerdo mediante el cual se modifica su numeral 5.4; WHO (1999).
	Agua - Calidad	Cambio en la composición física, química y/o	Acumulativo	Temporal	Regional	Moderada	Adverso	Valores de referencia y procedimiento en : NOM-001-SEMARNAT-2021 ; NOM-003-

Obras y actividades actuales	Componente ambiental	Impacto ambiental	Tipo	Relación de impactos				Indicador de impacto y cambio climático
				Duración	Extensión	Intensidad	Efecto	
		bacteriológica en el agua.						SEMARNAT-1997; NOM-004-SEMARNAT-2002; NOM-127-SSA1-1994; OMS (2006).
	Agua - Disponibilidad	Incremento en el consumo de agua del manto freático.	Acumulativo y residual	Permanente	Regional	Alta	Adverso	Disponibilidad de agua del acuífero, según lo indicado en los acuerdos por los que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos del país en el Diario Oficial de la Federación. El actual fue publicado el 09 de noviembre de 2023; CONAGUA (2012).
	Flora - Abundancia	Disminución del número de individuos de las especies de flora silvestre.	Acumulativo y residual	Permanente	Local	Alta	Adverso	Densidad (individuos ha^{-1}) y diversidad (número de especies), por asociación vegetal de acuerdo con trabajos de investigación en la región; Ferro-Díaz (2015) y Alanís *et al.* (2020).
	Flora - Cobertura	Modificación de la superficie con cobertura vegetal.	Acumulativo y residual	Permanente	Local	Alta	Adverso	Superficie por afectar por tipo de asociación vegetal presente en la región de referencia; Ferro-Díaz (2015) y Alanís *et al.* (2020), así como de protocolos generales (Botello *et al.*, 2022a, b).
	Flora - Especies en riesgo	Afectación a ejemplares de flora silvestre de especies en categoría de riesgo.	Acumulativo y residual	Permanente	Local	Mínima	Adverso	Especies e individuos por afectar en categoría de riesgo de acuerdo con el listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010.
	Fauna - Abundancia	Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre.	Acumulativo y residual	Permanente	Regional	Alta	Adverso	Flores-Villela *et al.* (2014); Ceballos y Oliva (2005); Ramírez-Pulido *et al.* (2005). El procedimiento de monitoreo análisis de resultados y formatos de campo están descritos en FMCN *et al.* (2018), así como de protocolos generales (Botello *et al.*, 2022a, b).

Obras y actividades actuales	Componente ambiental	Impacto ambiental	Tipo	Relación de impactos				Indicador de impacto y cambio climático
				Duración	Extensión	Intensidad	Efecto	
	Fauna - Movilidad	Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre.	Acumulativo y residual	Permanente	Regional	Mínima	Adverso	Número de áreas con funcionalidad ambiental para el desarrollo de fauna silvestre y nivel de conectividad entre las mismas.
	Fauna - Disponibilidad de hábitat	Reducción de áreas usadas como refugio, alimentación y reproducción de fauna silvestre.	Acumulativo y residual	Permanente	Regional	Alta	Adverso	Proporción de áreas con funcionalidad ambiental para brindar servicios a la fauna silvestre.
	Fauna - Especies en riesgo	Afectación a ejemplares de fauna de especies en categoría de riesgo.	Acumulativo y residual	Permanente	Regional	Mínima	Adverso	Especies e individuos por afectar en categoría de riesgo de acuerdo con el listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010. El procedimiento de monitoreo análisis de resultados y formatos de campo están descritos en FMCN *et al.* (2018).
	Paisaje - Calidad	Modificación de las cualidades estético - paisajísticas.	Acumulativo y residual	Permanente	Local	Moderada	Adverso	Conformación de las unidades de paisaje (Muñoz-Pedrero, 2004).
	Uso de suelo - Desarrollo agropecuario	Producción de bienes y servicios para alimento de la población	Acumulativo y residual	Permanente	Regional	Alta	Benéfico	---
	Población - Empleos	Incremento de ofertas de trabajo directos e indirectos	Acumulativo y residual	Permanente	Regional	Alta	Benéfico	Reportes de generación de empleos del IMSS e INEGI.
	Población - Derrama económica	Impulso a la economía local y regional por la derrama económica	Acumulativo y residual	Permanente	Regional	Alta	Benéfico	Reportes económicos de la Secretaría de Economía, INEGI y Banco de México.
Infraestructura de servicios urbanos	Fisiografía - Relieve	Alteración de la conformación topográfica.	Acumulativo y residual	Permanente	Local	Mínima	Adverso	Cambio en el grado de pendiente y superficie afectada (ha) con respecto al total.

Obras y actividades actuales	Componente ambiental	Impacto ambiental	Tipo	Relación de impactos				Indicador de impacto y cambio climático
				Duración	Extensión	Intensidad	Efecto	
	Suelo - Propiedades físicas	Afectación de las propiedades físicas.	Acumulativo y residual	Permanente	Local	Mínima	Adverso	Valores de referencia en la NOM-021-RECNAT-2000; USDA (1999); Cuanalo (1981); IUSS Working Group WRB (2015); FAO (2020).
	Suelo - Propiedades químicas	Cambio de las propiedades químicas.	Acumulativo	Temporal	Regional	Mínima	Adverso	Valores de referencia en la NOM-021-RECNAT-2000. Cuanalo (1981); Perevochtchikova (2013), refiere que el indicador ambiental para la evaluación del impacto de los residuos, tanto de los que denomina como industriales como de los orgánicos, es su producción (m^3), así como su reciclaje (proporción del volumen que es generado que es reciclado, %); FAO (2020).
	Aire - Calidad	Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases.	Acumulativo	Temporal	Local	Mínima	Adverso	Valores de referencia y procedimiento en: NOM-041-SEMARNAT-2015; NOM-042-SEMARNAT-2003 y NOM-045-SEMARNAT-2017; NOM-022-SSA1-2019; NOM-023-SSA1-2021; NOM-025-SSA1-2021.
	Aire - Confort sonoro	Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido.	Acumulativo	Temporal	Local	Moderada	Adverso	Valores de referencia y procedimiento en: NOM-080-SEMARNAT-1994; NOM-081-SEMARNAT-1994 y su acuerdo mediante el cual se modifica su numeral 5.4; WHO (1999).
	Fauna - Abundancia	Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre.	Acumulativo	Temporal	Regional	Mínima	Adverso	Flores-Villela *et al.* (1991); Ceballos y Oliva (2005); Ramírez-Pulido *et al.* (2005). El procedimiento de monitoreo análisis de resultados y formatos de campo están descritos en FMCN *et al.* (2018), así como de protocolos generales (Botello *et al.*, 2022a, b).

Obras y actividades actuales	Componente ambiental	Impacto ambiental	Tipo	Relación de impactos				Indicador de impacto y cambio climático
				Duración	Extensión	Intensidad	Efecto	
	Fauna - Movilidad	Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre.	Acumulativo	Temporal	Regional	Mínima	Adverso	Número de áreas con funcionalidad ambiental para el desarrollo de fauna silvestre y nivel de conectividad entre las mismas.
	Fauna - Especies en riesgo	Afectación a ejemplares de fauna de especies en categoría de riesgo.	Acumulativo	Temporal	Regional	Mínima	Adverso	Especies e individuos por afectar en categoría de riesgo de acuerdo con el listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010. El procedimiento de monitoreo análisis de resultados y formatos de campo están descritos en FMCN *et al.* (2018).
	Uso de suelo - Infraestructura urbana	Instalación de infraestructura para servicios a la población.	Acumulativo y residual	Permanente	Local	Alta	Benéfico	Superficie sometida al cambio de uso de suelo para la producción agrícola y pecuaria.
	Población - Empleos	Incremento de ofertas de trabajo directos e indirectos.	Acumulativo	Permanente	Regional	Moderada	Benéfico	Reportes de generación de empleos del IMSS e INEGI.
	Población - Derrama económica	Impulso a la economía local y regional por la derrama económica.	Acumulativo	Permanente	Regional	Moderada	Benéfico	Reportes económicos de la Secretaría de Economía, INEGI y Banco de México.
Construcción y operación de líneas de transmisión y conducción de energía eléctrica y de telefonía	Suelo - Propiedades físicas	Degradación física del suelo por desarrollo de infraestructura permanente.	Acumulativo	Temporal	Puntual	Moderada	Adverso	Valores de referencia en la NOM-021-RECNAT-2000; USDA (1999); Cuanalo (1981); IUSS Working Group WRB (2015); FAO (2020).
	Suelo - Propiedades químicas	Cambio de las propiedades químicas.	Acumulativo	Temporal	Puntual	Mínima	Adverso	Valores de referencia en la NOM-021-RECNAT-2000. Perevochtchikova (2013), refiere que el indicador ambiental para la evaluación del impacto de los residuos, tanto de los que denomina como industriales como de los orgánicos, es su producción (m^3), así como su reciclaje

Obras y actividades actuales	Componente ambiental	Impacto ambiental	Tipo	Relación de impactos				Indicador de impacto y cambio climático
				Duración	Extensión	Intensidad	Efecto	
								(proporción del volumen que es generado que es reciclado, %); FAO (2020).
	Aire - Calidad	Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases.	Acumulativo	Temporal	Regional	Mínima	Adverso	Valores de referencia y procedimiento en : NOM-041-SEMARNAT-2015; NOM-042-SEMARNAT-2003 y NOM-045-SEMARNAT-2017; NOM-022-SSA1-2019; NOM-023-SSA1-2021; NOM-025-SSA1-2021.
	Aire - Confort sonoro	Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido.	Acumulativo	Temporal	Regional	Mínima	Adverso	Valores de referencia y procedimiento en: NOM-080-SEMARNAT-1994; NOM-081-SEMARNAT-1994; (WHO, 1999).
	Fauna - Abundancia	Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre.	Acumulativo y residual	Temporal	Regional	Alta	Adverso	Flores-Villela *et al.* (2014); Ceballos y Oliva (2005); Ramírez-Pulido *et al.* (2005). El procedimiento de monitoreo análisis de resultados y formatos de campo están descritos en FMCN *et al.* (2018).
	Fauna - Especies en riesgo	Afectación a ejemplares de fauna de especies en categoría de riesgo.	Acumulativo y residual	Temporal	Regional	Mínima	Adverso	Especies e individuos por afectar en categoría de riesgo de acuerdo con el listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010. El procedimiento de monitoreo análisis de resultados y formatos de campo están descritos en FMCN *et al.* (2018).
	Paisaje - Calidad	Modificación de las cualidades estético - paisajísticas.	Acumulativo y residual	Permanente	Local	Moderada	Adverso	Conformación de las unidades de paisaje (Muñoz-Pedrero, 2004).
	Uso de suelo – Infraestructura de servicios	Habilitación de áreas para beneficio de la población.	Acumulativo y residual	Permanente	Regional	Alta	Benéfico	---

Obras y actividades actuales	Componente ambiental	Impacto ambiental	Tipo	Relación de impactos				Indicador de impacto y cambio climático
				Duración	Extensión	Intensidad	Efecto	
	Población - Empleos	Incremento de ofertas de trabajo directos e indirectos.	Acumulativo	Temporal	Regional	Alta	Benéfico	Reportes de generación de empleos del IMSS e INEGI.
	Población - Derrama económica	Impulso a la economía local y regional por la derrama económica.	Acumulativo	Temporal	Regional	Moderada	Benéfico	Reportes económicos de la Secretaría de Economía, INEGI y Banco de México.
Bancos de materiales pétreos	Fisiografía - relieve	Alteración de la conformación topográfica.	Acumulativo y residual	Permanente	Local	Moderada	Adverso	Cambio en el grado de pendiente y superficie afectada (ha) con respecto al total.
	Fisiografía - Estabilidad geomorfológica	Alteración de la estabilidad geomorfológica	Acumulativo y residual	Permanente	Local	Moderada	Adverso	Cambio en el grado de pendiente y superficie afectada (ha) con respecto al total.
	Suelo - Pérdida de suelo	Pérdida de horizontes del suelo en áreas del desplante	Acumulativo y residual	Permanente	Local	Moderada	Adverso	Valores de referencia en la NOM-021-RECNAT-2000; USDA (1999); Cuanalo (1981); IUSS Working Group WRB (2015); FAO (2020) y R enard et al. (1997). El procedimiento de evaluación de pérdida de suelo está determinado en Cerdà y Jordán (2010) y Cotler (2020).
	Suelo - Propiedades físicas	Afectación de las propiedades físicas.	Acumulativo	Permanente	Local	Moderada	Adverso	Valores de referencia en la NOM-021-RECNAT-2000; USDA (1999); Cuanalo (1981); IUSS Working Group WRB (2015); FAO (2020).
	Suelo - Propiedades químicas	Cambio de las propiedades químicas.	Acumulativo	Permanente	Regional	Mínima	Adverso	Valores de referencia en la NOM-021-RECNAT-2000. Cuanalo (1981); Perevochtchikova (2013), refiere que el indicador ambiental para la evaluación del impacto de los residuos, tanto de los que denomina como industriales, como de los orgánicos, es su producción (m^3), así como su reciclaje

Obras y actividades actuales	Componente ambiental	Impacto ambiental	Tipo	Relación de impactos				Indicador de impacto y cambio climático
				Duración	Extensión	Intensidad	Efecto	
								(proporción del volumen que es generado que es reciclado, %); FAO (2020)
	Suelo - Erosión	Pérdida parcial o total de horizontes.	Acumulativo	Temporal	Local	Mínima	Adverso	Valores de referencia y procedimiento en Renard *et al.* (1997) y Montes-León *et al.* (2011).
	Aire - Calidad	Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases.	Acumulativo	Permanente	Regional	Mínima	Adverso	Valores de referencia y procedimiento en: NOM-041-SEMARNAT-2015; NOM-042-SEMARNAT-2003 y NOM-045-SEMARNAT-2017; NOM-022-SSA1-2019; NOM-023-SSA1-2021; NOM-025-SSA1-2021.
	Aire - Confort sonoro	Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido.	Acumulativo	Permanente	Regional	Moderada	Adverso	Valores de referencia y procedimiento en: NOM-080-SEMARNAT-1994; NOM-081-SEMARNAT-1994 y su acuerdo mediante el cual se modifica su numeral 5.4; WHO (1999).
	Aire - Clima	Cambio en el comportamiento de factores climáticos.	Acumulativo	Permanente	Local	Mínimo	Adverso	Registro de comportamiento de factores climáticos.
	Agua - Calidad	Cambio en la composición física, química y/o bacteriológica en el agua.	Acumulativo	Permanente	Regional	Moderada	Adverso	Valores de referencia y procedimiento en: NOM-01-SEMARNAT-2021; NOM-002-SEMARNAT-1996; NOM-003-SEMARNAT-1997; NOM-004-SEMARNAT-2002; NOM-127-SSA1-1994; OMS (2006).
	Agua – Modificación de flujos	Cambio en los flujos y movimientos de agua superficiales.	Acumulativo	Permanente	Local	Moderada	Adverso	Superficie afectada y número y nivel de cuerpos de agua superficiales afectados.
	Flora - Abundancia	Disminución del número de individuos de las	Acumulativo	Permanente	Local	Alta	Adverso	Densidad (individuos ha^{-1}) y diversidad (número de especies), por asociación vegetal de acuerdo con trabajos de investigación en la

Obras y actividades actuales	Componente ambiental	Impacto ambiental	Tipo	Relación de impactos				Indicador de impacto y cambio climático
				Duración	Extensión	Intensidad	Efecto	
		especies de flora silvestre.						región; Ferro-Díaz (2015) y Alanís *et al.* (2020).
	Flora - Cobertura	Modificación de la superficie con cobertura vegetal.	Acumulativo	Permanente	Local	Alta	Adverso	Superficie por afectar por tipo de asociación vegetal presente en la región de referencia; Ferro-Díaz (2015) y Alanís *et al.* (2020), así como de protocolos generales (Botello *et al.*, 2022a, b).
	Flora - Especies en riesgo	Afectación a ejemplares de flora silvestre de especies en categoría de riesgo.	Acumulativo	Permanente	Local	Mínima	Adverso	Especies e individuos por afectar en categoría de riesgo de acuerdo con el listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010.
	Fauna - Abundancia y diversidad	Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre.	Acumulativo	Permanente	Regional	Moderada	Adverso	Flores-Villela *et al.* (1991); Ceballos y Oliva (2005); Ramírez-Pulido *et al.* (2005). El procedimiento de monitoreo análisis de resultados y formatos de campo están descritos en FMCN *et al.* (2018), así como de protocolos generales (Botello *et al.*, 2022a, b).
	Fauna - Movilidad	Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre.	Acumulativo	Permanente	Regional	Alta	Adverso	Número de áreas con funcionalidad ambiental para el desarrollo de fauna silvestre y nivel de conectividad entre las mismas.
	Fauna - Disponibilidad de hábitat	Reducción de áreas usadas como refugio, alimentación y reproducción de fauna silvestre.	Acumulativo	Permanente	Regional	Alta	Adverso	Proporción de áreas con funcionalidad ambiental para brindar servicios a la fauna silvestre.
	Fauna - Especies en riesgo	Afectación a ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo.	Acumulativo	Permanente	Regional	Mínima	Adverso	Especies e individuos por afectar en categoría de riesgo de acuerdo con el listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010. El procedimiento de monitoreo análisis de resultados y formatos de

Obras y actividades actuales	Componente ambiental	Impacto ambiental	Tipo	Relación de impactos				Indicador de impacto y cambio climático
				Duración	Extensión	Intensidad	Efecto	
								campo están descritos en FMCN *et al.* (2018).
	Paisaje - Calidad	Modificación de las cualidades estético - paisajísticas.	Acumulativo y residual	Permanente	Local	Alta	Adverso	Conformación de las unidades de paisaje (Muñoz-Pedrero, 2004).
	Paisaje - Capacidad visual	Afectación de la calidad de vida de los vecinos de las obras.	Acumulativo y residual	Permanente	Local	Alta	Adverso	Conformación de las unidades de paisaje (Muñoz-Pedrero, 2004).
	Uso de suelo – Industrial	Obtención de materiales pétreos.	Acumulativo	Temporal	Regional	Alta	Benéfico	Superficie sometida al cambio de uso de suelo para la explotación de materiales regulados para su aprovechamiento.
	Población - Empleos	Incremento de ofertas de trabajo directos e indirectos.	Acumulativo	Temporal	Regional	Alta	Benéfico	Reportes de generación de empleos del IMSS e INEGI.
	Población - Derrama económica	Impulso a la economía local y regional por la derrama económica.	Acumulativo	Temporal	Regional	Alta	Benéfico	Reportes económicos de la Secretaría de Economía, INEGI y Banco de México.

V.7 CONCLUSIONES

Del análisis integrado mostrado anteriormente, en el que se revisó el conjunto de potenciales impactos ambientales a generarse por la ejecución de las obras y actividades que comprenden el proyecto sobre cada factor e indicador ambiental, de manera global, se desprenden las siguientes conclusiones:

- De la interacción de 25 obras y actividades que involucran la ejecución del proyecto "**Carretera Acapulco-Zihuatanejo, tramo Coyuca de Benítez-Pie de la Cuesta, del cadenamiento 9+200 al 20+700**" con 27 subfactores de tipo ambiental, social y económico, se identificaron, mediante la matriz de interacciones, 223 relaciones susceptibles de recibir un cambio. De estas 223 interacciones, 84 se consideran benéficas y 139 adversas. De estas últimas, 44 se presentan en la etapa de preparación del sitio, 87 durante la construcción y ocho en la operación y mantenimiento.
- Entre las tres etapas en las que se diferenció el desarrollo del proyecto, se identificó la generación de 56 impactos ambientales potenciales, 22 en la etapa de preparación del sitio, mismo número en la construcción y 12 en la de operación y mantenimiento.
- De los 56 potenciales impactos ambientales a generarse durante el desarrollo del proyecto, 42 clasificaron como adversos, de los cuales solo uno se valoró como negativo significativo, ocho como negativos moderados y los restantes 33 como negativos ligeros. Las etapas de preparación del sitio y construcción son donde se tienen más adversos con 19 y 17, respectivamente, y solo seis en la etapa de operación y mantenimiento.
- La etapa de preparación del sitio es la única en la que se identificó un impacto adverso significativo. Este está relacionado con el desmonte de la vegetación considerada forestal y la potencial afectación a individuos de palo blanco (*Bravaisia integerrima*); especie de flora silvestre que se encuentra enlistada

en la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 como una especie Amenazada. Por ello, previo a las actividades de desmonte, se deberá verificar la presencia de esta especie en las superficies propuestas para cambio de uso de suelo en terrenos forestales, y de ser el caso, realizar el rescate de todos los individuos jóvenes cuyas características dasométricas hagan factible su reubicación, además la colecta de material vegetal para su propagación en vivero, y posterior utilización de las plántulas en las actividades de reforestación.

- De los 27 impactos ambientales con posibilidad de presentarse en las tres etapas en las que se dividió el desarrollo del proyecto, ocho de ellos se clasificaron como residuales. En la etapa de preparación del sitio se presentan los ocho, en la de construcción seis y en la de operación y mantenimiento solo cuatro.
- De los 27 impactos ambientales potenciales totales a generarse en las tres etapas, 56 de ellos clasificaron como acumulativos, de los cuales 42 son adversos y 14 positivos.

Todos los impactos ambientales potenciales descritos en este capítulo, incluyendo los residuales y acumulativos, cuentan con medidas ambientales que ayudan a prevenir, mitigar o compensar su efecto en el medio ambiente y en la región. Como parte del desarrollo del proyecto se han seleccionado aquellas medidas ambientales que han tenido una mejor respuesta en la mitigación de los efectos adversos en el ambiente. La propuesta de estas medidas ambientales a implementar se presenta para consideración de la autoridad en el Capítulo VI de esta MIA-R, así como en los Programas ambientales específicos que forman parte integral de este estudio.

Comunicaciones
Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes

PROYECTO: "CARRETERA ACAPULCO-ZIHUATANEJO, TRAMO COYUCA DE BENÍTEZ - PIE DE LA CUESTA, DEL CADENAMIENTO 9+200 AL 20+700"



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

Capítulo VI:
Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales, del Sistema Ambiental Regional

ÍNDICE

VI. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES, DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL 6

VI.1 DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA O PROGRAMA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN O CORRECTIVAS POR COMPONENTE AMBIENTAL 8

VI.2 PROGRAMA DE MANEJO, VIGILANCIA Y MONITOREO AMBIENTAL 57

VI.3 SEGUIMIENTO Y CONTROL (MONITOREO) 74

VI.3.1 Seguimiento y control de impactos ambientales 76

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA VI-1. MEDIDAS AMBIENTALES PROPUESTAS PARA LOS IMPACTOS AMBIENTALES ADVERSOS, POR ETAPA DE DESARROLLO DEL PROYECTO, INCLUYENDO MEDIDAS PARA EFECTOS ACUMULATIVOS Y RESIDUALES. 12

TABLA VI-2. ESTRATEGIAS DE ACCIÓN QUE CONSTITUYEN EL PMVMA COMO PARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS MEDIDAS AMBIENTALES PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO. 62

TABLA VI-3. ESTRATEGIAS DE ACCIÓN DENTRO DEL PROGRAMA DE MANEJO, VIGILANCIA Y MONITOREO AMBIENTAL..... 66

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA VI-1. DIAGRAMA DE PROCESO DE EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LAS MEDIDAS AMBIENTALES DE PROYECTOS EN DESARROLLO. 58

FIGURA VI-2. EJEMPLO DE LA INFORMACIÓN BÁSICA DE UN FORMATO DE REGISTRO DE INCIDENTES AMBIENTALES DURANTE EL DESARROLLO DEL PROYECTO PARA SU SEGUIMIENTO, CONTROL Y REGISTRO. 78

FIGURA VI–3. USO DE BITÁCORAS DE CAMPO PARA EL REGISTRO Y CONTROL DE DIVERSAS ACTIVIDADES AMBIENTALES DURANTE EL DESARROLLO DEL PROYECTO. 79

FUNDAMENTO JURÍDICO

Este capítulo se sustenta en los lineamientos establecidos en los artículos 28 y 30 de la LGEEPA. El artículo 30 establece que para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de la LGEEPA, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como de las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.

Asimismo, el REIA establece en su artículo 9 que los promoventes deberán presentar ante la Secretaría, la manifestación de impacto ambiental en la modalidad que corresponda; y en su artículo 10, a su vez, señala las dos modalidades en la que se puede presentar la manifestación de impacto ambiental, las cuales son Regional o Particular, mientras que el artículo 13 del Reglamento citado, dispone que la manifestación de impacto ambiental en su modalidad regional, deberá contener, entre otros, estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales, del Sistema Ambiental Regional.

VI. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES, DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

La planeación y diseño del proyecto que se somete al procedimiento de evaluación es resultado del trabajo de un equipo de profesionistas con amplio conocimiento y experiencia en el diseño, construcción y operación de vías de comunicación. A este grupo de trabajo se integraron miembros con conocimiento en legislación ambiental, manejo de flora y fauna, ingeniería ambiental y evaluación de impacto ambiental para complementar el conocimiento técnico de ingeniería civil con el jurídico - ambiental. Cada disciplina aportó, desde su ámbito, al diseño y a la valoración de alternativas, privilegiando opciones social, económica y ambientalmente viables.

Al ser un proyecto lineal, que tiene como objetivo unir dos puntos de interés, los ingenieros civiles buscan la mejor alternativa técnica, operativa, social y económica, para unirlos, la cual debe respetar el marco jurídico ambiental vigente y aplicable en la región y, al mismo tiempo, minimizar la afectación al medio ambiente. En este aspecto, el equipo ambiental resulta ser una pieza fundamental para diagnosticar el estado de conservación de los componentes del entorno y definir estrategias para minimizar la afectación ambiental y en el establecimiento de medidas de prevención y mitigación desde la fase inicial. Al final, se seleccionan las medidas ambientales para prevenir, mitigar y compensar los potenciales impactos como resultado de un trabajo conjunto del equipo.

Las decisiones técnicas se sustentaron en la revisión de la normatividad vigente y aplicable al sitio y su región, reflejada en la vinculación jurídico-ambiental del Capítulo III. Posteriormente se analizaron las especificaciones de los instrumentos jurídicos pertinentes e incorporaron al diseño presentado a evaluación.

La sustentabilidad del planteamiento descansa, además, en estudios de campo para conocer el estado de los componentes ambientales previo a la ejecución. Junto con

la revisión de literatura técnica y oficial, se efectuó trabajo de campo específico para detallar condiciones de conservación o deterioro, calidad ambiental, funcionalidad y capacidad de aprovechamiento.

Para el análisis se consideró que el trazo de la vía de comunicación es de 11.50 km de longitud, y las obras de modernización implican una superficie de intervención de 255,662.65 m^2 sobre un derecho de vía de 40 m, tomando como referencia el centro del eje. La modernización de este proyecto contempla tanto la ocupación de la carretera actual, como también, áreas que mantienen usos de suelo urbano y agrícola en las que ya se ha dado un cambio de uso de suelo en terrenos forestales, y en mucha menor medida, áreas que todavía cuentan con cobertura vegetal forestal. Los usos de suelo y vegetación sobre los que se desplantaría el proyecto son: a) Agricultura de temporal permanente, en 124,932.35 m^2; b) Asentamientos humanos, en 27,537.05 m^2; c) Sin vegetación aparente, ocupando 79,217.18 m^2, y, d) Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia en los restantes 23,976.07 m^2.

Las obras y actividades potencialmente generadoras de afectaciones fueron identificadas, cuantificadas y descritas. La magnitud de los impactos se asocia tanto a dichas obras como al grado de conservación de los factores ambientales en el área del proyecto y en el SAR. El estado de conservación de los componentes ambientales con los que interactuaría el desarrollo del proyecto fue descrito detalladamente en el Capítulo IV de este documento, descripción que fue utilizada en la asignación de las escalas en los criterios de evaluación de los impactos ambientales.

Del análisis del contexto ambiental, de experiencias regionales y de proyectos análogos, se concluye que el proyecto requiere medidas y tecnologías específicas para prevenir y mitigar los impactos. Para los efectos adversos previstos se cuenta con medidas claras y con capacidad de implementación, desde una perspectiva técnica, operativa y económica.

Algunas medidas tienen aplicación general por su efecto transversal en varios factores ambientales; otras son específicas para un factor, componente, obra o etapa del proyecto. Adicionalmente, se incluyen acciones preventivas para actividades que, aunque no resultan relevantes en la evaluación por no generar impactos moderados o significativos, acumulativos o residuales, forman parte del compromiso integral para garantizar la protección del medio ambiente.

VI.1 DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA O PROGRAMA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN O CORRECTIVAS POR COMPONENTE AMBIENTAL

El conjunto de medidas ambientales que se propone ejecutar tiene su origen en el resultado del proceso implementado para la identificación de impactos ambientales, el cual estuvo constituido por la aplicación de un conjunto de técnicas que incluyó la sobreposición de mapas, listas de verificación, la realización de una matriz de relación causa – efecto con la finalidad de poder jerarquizar los impactos, y finalmente se realizó un análisis de evaluación semicuantitativo con el método matricial denominado *Rapid Impact Assessment Matrix* modificado (RIAM-M) (Pastakia, 1998; Ijäs *et al.*, 2010).

En total se identificaron 27 diferentes impactos ambientales potenciales a generarse por el desarrollo del proyecto, entre adversos y benéficos (Tabla V-9). Cada uno de ellos con la posibilidad de presentarse en las tres diferentes etapas de desarrollo del proyecto que se somete al procedimiento de evaluación y dictaminación en materia de impacto ambiental a través de la presente MIA-R. No obstante, debido a las obras y actividades que implica el desarrollo y las condiciones ambientales del derecho de vía, algunos solo se generarían en una o dos de las etapas. Estos 27 impactos son el resultado de la interacción de 25 obras y actividades que involucran la ejecución del proyecto con los 27 subfactores de tipo ambiental, social y

económico, dando como resultado la identificación de 223 relaciones susceptibles de recibir un cambio, tanto adverso como benéfico, solo considerando las más relevantes (Tabla V-5).

De acuerdo con el resultado obtenido en la matriz de identificación de impactos, en las etapas de preparación del sitio se tendrían 22 impactos ambientales, mismo número de impactos que en la etapa de construcción y solo 12 en la operación y mantenimiento. La generación de estos impactos está relacionada con las obras y actividades específicas que diferencian a cada una de las etapas consideradas en el análisis del proyecto.

De los 22 impactos ambientales identificados en la etapa de preparación del sitio, 19 resultaron ser adversos y solo tres benéficos. De los 19 adversos, 13 se consideran impactos negativos ligeros, cinco negativos moderados y solo uno significativo. Este último está relacionado con la afectación a ejemplares de flora silvestre de especies en categoría de riesgo.

De los 22 impactos ambientales potenciales a generarse en la etapa de construcción del proyecto, 17 resultaron ser adversos y cinco benéficos o positivos. 14 de los 17 impactos adversos clasificaron como ligeros y los tres restantes como moderados. Y, de los cinco benéficos, tres clasificaron como impactos significativos y dos como moderados.

En la etapa de operación y mantenimiento del proyecto, se tiene que se identificaron 12 impactos ambientales en total, de los cuales seis son adversos y mismo número de positivos. Los seis impactos adversos se clasificaron como ligeros. Por otro lado, de los seis impactos positivos, tres alcanzaron la clasificación de significativos, uno moderado y dos ligeros.

Es importante mencionar que el impacto del proyecto sobre la superficie del terreno es directo y que los principales aspectos para la mitigación de los impactos identificados se basan ampliamente en medidas ambientales que se han elaborado

y ejecutado para la operación de proyectos de la misma naturaleza al que se somete a evaluación y que actualmente se encuentran en operación en la región. En este caso, dichas medidas quedan incluidas en el Programa de Manejo, Vigilancia y Monitoreo Ambiental que se propone implementar para el desarrollo de este proyecto que se somete al procedimiento de evaluación de impacto ambiental.

El Programa que se propone ejecutar involucra un conjunto de medidas ambientales con el fin de prevenir, mitigar y compensar los impactos ambientales potenciales a generarse por el proyecto. Agrupadas y ejecutadas, todas las medidas ambientales le dan al proyecto la sostenibilidad que se busca en la ejecución de las actividades relacionadas con la construcción y operación de proyectos de esta naturaleza.

Es preciso referir que se contratará un equipo de asesores especializados en temas ambientales y de seguridad, quienes serán los encargados de vigilar el cumplimiento de las medidas ambientales, colaborar en la elaboración de los reportes e informes de los resultados obtenidos y de proponer medidas más eficientes en caso de encontrarse desviaciones en los resultados esperados.

El listado de las medidas ambientales está ligado directamente con las fichas descriptivas de impactos ambientales, siguiendo el mismo orden de presentación, por etapa de desarrollo del proyecto. Se siguió este procedimiento para facilitar la labor de la autoridad al momento de verificar que cada uno de los impactos ambientales potenciales adversos identificados y descritos tuvieran su propia medida ambiental.

En las fichas descriptivas de impactos ambientales elaboradas para el Capítulo V de esta MIA-R se presenta, de manera detallada, el impacto ambiental, el tipo de impacto, el factor y subfactor ambiental que se vería afectado, las obras y actividades que lo originan, se asigna su código de identificación, se presenta la valoración por criterio de valoración del impacto y el valor final resultante (numérico y alfabético).

En la Tabla VI-1 se presentan las medidas ambientales, según la etapa de desarrollo del proyecto, para los impactos ambientales adversos, incluyendo a los clasificados como acumulativos y residuales. El orden de su inclusión y descripción sigue el de la presentación de los potenciales impactos ambientales, poniendo énfasis en los clasificados como significativos, de acuerdo con el resultado del proceso de valoración de impactos del Capítulo V.

En este análisis, no se consideran medidas ambientales para los impactos ambientales benéficos, ya que estos no deben ser prevenidos ni mitigados, sino todo lo contrario, de lo que se trata es de potenciar su efecto cuando se presentan, pero sin poner en riesgo la viabilidad ambiental, social y económica del proyecto.

Tabla VI-1. Medidas ambientales propuestas para los impactos ambientales adversos, por etapa de desarrollo del proyecto, incluyendo medidas para efectos acumulativos y residuales.

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
Preparación del sitio					
FQ-1	Cambio en la conformación topográfica natural del terreno y de patrones de sedimentación de sustratos	• Medida de mitigación: Solo se nivelará y rescatará el suelo de aquellas áreas en las que se tiene proyectado realizar el desplante de obras. Por ningún motivo se nivelarán sitios fuera de las áreas indicadas en el Capítulo II que funcionarían para el desplante de las obras del proyecto. • Medida de mitigación: La nivelación y los movimientos de tierras se realizarán paulatinamente conforme al avance en los frentes de obra, para evitar grandes superficies desprotegidas por un periodo largo de tiempo. • Medida de mitigación: La inclinación de los taludes de los terraplenes dependerá de su altura. Taludes de entre 0.00 m y 1.00 m de altura deberá tener una inclinación 5:1. Taludes con una altura de entre 1.00 m y 2.00 m de 3:1 y, para taludes de más de 2.00 m de alto se tendrán una inclinación 1.5:1. • Medida de mitigación: El nivel de la rasante será el técnicamente indicado para respetar en todo momento la pendiente gobernadora de 4.00 %.	Conservación del relieve y patrones de escorrentía	Minimizar el cambio de relieve y el flujo de los movimientos de agua superficiales en el área de influencia del proyecto por efecto del desarrollo de las obras y actividades	Superficie acondicionada para las actividades constructivas del proyecto con respecto a la superficie total de afectación prevista, y cambio de la pendiente en las áreas acondicionadas con respecto a la pendiente promedio original (la pendiente se mide directamente con un clinómetro o equipo topográfico).
FQ-2	Pérdida de horizontes del suelo en áreas del desplante	• Medida de mitigación: Solo se nivelará y rescatará el suelo de aquellas áreas en las que se tiene proyectado realizar el desplante de obras y que aún mantengan los horizontes de suelo orgánico y capa superior, por ser los que aportan materia orgánica, compuestos minerales y mantienen la mayor actividad de la	Preservación de horizontes del suelo con mejores características físicas, químicas	Conservar la parte del suelo con mayor contenido de materia orgánica, mayor contenido de nutrientes	El procedimiento de determinación está definido en la NOM-021-RECNAT-2000, USDA (1999), Cuanalo (1981),

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
		micro y macro biota del suelo. Por ningún motivo se despalmarán sitios fuera de las áreas indicadas en el Capítulo II que funcionarían para el desplante de las obras y desarrollo de actividades del proyecto. • Medida de mitigación: Se llevará a cabo el rescate de los horizontes orgánicos y capa superior del suelo (de entre 40 y 50 cm de profundidad en suelos Phaeozem), con la finalidad de ser reutilizado en el arrope de taludes y en las superficies previstas para la reubicación de flora silvestre. El suelo rescatado se almacenará temporalmente en un área habilitada temporalmente dentro del derecho de vía. • Medida de mitigación: La nivelación y los movimientos de tierras se realizarán paulatinamente conforme al avance en los frentes de obra, para evitar grandes superficies desprotegidas por un periodo largo de tiempo. • Medida de prevención: Para protección contra la erosión del material producto del rescate de suelo, se colocará una capa rocosa de protección contra pendiente para reducir la pérdida de material colectado por arrastres. Para este tipo de impactos no existen normas oficiales mexicanas que establezcan límites máximos permisibles.	y microbiológicas.	disponibles para las plantas, mayor diversidad de micro y macroorganismo del suelo y con contenido de semillas de especies de flora silvestre.	IUSS Working Group WRB (2015), FAO (2020) y Renard et al. (1997). El procedimiento de evaluación de pérdida de suelo está determinado en Cerdà y Jordán (2010) y Cotler (2020).
FQ-3	Afectación de las propiedades físicas del suelo (Permeabilidad)	• Medida de prevención: Para evitar afectaciones a las propiedades físicas del suelo en áreas dentro del derecho de vía que no serán afectadas por el desplante de obras, se evitará la operación y estacionamiento de	Preservación de las propiedades físicas del suelo en las áreas de intervención por el desarrollo de	Mantener con la menor variación posible las propiedades físicas de los suelos en las	El procedimiento de determinación está definido en la NOM-021-RECNAT-2000, USDA (1999),

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
		vehículos y maquinaria en áreas que no vayan a ser intervenidos. • Medida de mitigación: La nivelación y los movimientos de tierras se realizarán paulatinamente conforme al avance en los frentes de obra, para evitar grandes superficies desprotegidas por un periodo largo de tiempo • Medida de mitigación: Se llevará a cabo el rescate de los horizontes orgánicos y capa superior del suelo (de entre 40 y 50 cm de profundidad en suelos Phaeozem), con la finalidad de ser reutilizado en el arrope de taludes y en las superficies previstas para la reubicación de flora silvestre. El suelo rescatado se almacenará temporalmente en un área habilitada temporalmente dentro del derecho de vía. • Medida de mitigación: Solo se nivelará y rescatará el suelo de aquellas áreas en las que se tiene proyectado realizar el desplante de obras. Por ningún motivo se nivelarán sitios fuera de las áreas indicadas en el Capítulo II que funcionarían para el desplante de las obras del proyecto. • Medida de mitigación: En las áreas de cambio de uso de suelo, el material producto del desmonte será incorporado al suelo rescatado para incorporar materia orgánica, retener el suelo en las áreas conservación, restauración y protección de suelo, así como en aquellas que no se vayan a intervenir y que requieran protección contra la erosión.	obras y actividades del proyecto.	áreas de intervención: textura, estructura, porosidad, color y estabilización.	Cuanalo (1981), IUSS Working Group WRB (2015) y FAO (2020).

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
		Para este tipo de impactos no existen normas oficiales mexicanas que establezcan límites máximos permisibles.			
FQ-4	Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo	• Medida de prevención: Durante el tiempo que la maquinaria esté estacionada, el suelo deberá tener una protección contra posibles fugas o derrames de hidrocarburos. • Medida de prevención: Para evitar posibles derrames de hidrocarburos durante el reabastecimiento directo en las áreas de apoyo, se aplicará el procedimiento establecido para el relleno de depósitos, el cual aplica desde el manejo de hidrocarburos, el relleno de los equipos y las medidas preventivas para evitar derrames. • Medida de mitigación: Para disminuir las fugas y derrame de hidrocarburos, toda la maquinaria y vehículos que se encuentren operando serán sometidos a un programa de servicio y mantenimiento preventivo contra posibles fallas mecánicas a la hora de operar. Además, al inicio del turno de trabajo se realizará una inspección preoperativa para verificar que los equipos estén funcionando correctamente y que cuenten con sus respectivos kits para la atención de derrames. • Medida de mitigación: El suelo y material pétreo contaminado por derrames y fugas accidentales de hidrocarburos u otras sustancias químicas será recuperado y almacenado para el manejo, transporte y disposición final por parte de una empresa autorizada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)	Contaminación del suelo en las áreas de intervención directa por el desarrollo del proyecto.	Reducir la generación de residuos sólidos urbanos y peligrosos.	El procedimiento de determinación y valores de referencia en la NOM-021-RECNAT-2000. Cuanalo (1981); Perevochtchikova (2013), refiere que el indicador ambiental para la evaluación del impacto de los residuos, tanto de los que denomina como industriales como de los orgánicos, es su producción (m^3), así como su reciclaje (proporción del volumen que es generado que es reciclado, %); FAO (2020).

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
		y la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT) para el manejo y transporte de residuos peligrosos. Para complementar esta medida, se elaborará un manual de procedimientos ambientales y de seguridad en el manejo de sustancias químicas e hidrocarburos, el cual incluya un plan de prevención y respuesta a derrames. • Medida de prevención: Se habilitarán sitios delimitados y claramente señalados para la disposición temporal de residuos de manejo especial producto de las actividades de preparación del sitio y la demolición de obras civiles, incluyendo los puentes y obras de drenaje menor. Posteriormente, los residuos de manejo especial generados serán transportados y dispuestos por una empresa autorizada, en los sitios de tiro que determine la autoridad. • Medida de mitigación: Se dispondrá de contenedores con tapadera para la disposición temporal de residuos sólidos urbanos, mismos que estarán distribuidos en los frentes de trabajo activos. En cada frente habrá contenedores rotulados para la disposición de residuos orgánicos, inorgánicos en general y plástico en específico. Las tapaderas tienen la función de evitar la dispersión de los residuos, el ingreso de fauna silvestre a buscar alimento y evitar que se mojen los residuos contenidos. • Medida de mitigación: Todos los residuos sólidos urbanos colectados y almacenados temporalmente serán dispuestos en el sitio de			

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
		disposición final autorizado por la autoridad respectiva. • Medida de mitigación: Se instalarán baños portátiles en los frentes de trabajo a razón de uno por cada 20 trabajadores. Los sanitarios portátiles consistirán en módulos individuales de fibra de vidrio o plástico que contarán con ventilación adecuada y un tanque colector en su base. El servicio se contratará a una empresa especializada de la región que cuente con las autorizaciones correspondientes, entre ellas la del manejo y disposición de aguas residuales. Los servicios sanitarios se colocarán en sitios estratégicos para facilitar el acceso a los trabajadores en los distintos frentes de trabajo.			
FQ-5	Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire	• Medida de mitigación: Se asegurará que la maquinaria y vehículos utilizados durante esta etapa del proyecto no generen emisiones a la atmósfera superiores a los límites máximos permisibles en la normatividad oficial mexicana aplicable (NOM-041-SEMARNAT-2015 y NOM-045-SEMARNAT-2017). • Medida de mitigación: Toda la maquinaria y vehículos que se encuentren operando serán sometidos a un programa de servicio y mantenimiento preventivo para evitar altas emisiones de gases con partículas contaminantes. • Medida de mitigación: Para minimizar la suspensión de partículas del aire, los vehículos automotores empleados directa e indirectamente para el proyecto deberán	Contaminación ambiental de la calidad del aire.	Reducir las emisiones de agentes contaminantes por gases y partículas producto de la combustión de combustibles y operación de automotores.	Valores de referencia y procedimiento en: NOM-041-y NOM-045-SEMARNAT-2017, NOM-023-SSA1-2021 y NOM-025-SSA1-2021.

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
		circular en caminos de terracería a una velocidad máxima de 40 km h^{-1}. • Medida de mitigación: En las terracerías del proyecto, se aplicarán riegos frecuentes con la finalidad de mitigar la generación y suspensión de partículas de polvo. • Medida de mitigación: Los vehículos que transporten material suelto que pueda ocasionar su dispersión durante el traslado se cubrirá con una lona. • Medida de prevención: La quema de cualquier tipo de residuos en las áreas de trabajo estará prohibida, esto incluye los residuos sólidos generados y los orgánicos producto del deshierbe y desmonte de las áreas de afectación para evitar la producción de humo y partículas contaminantes.			
FQ-6	Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido	• Medida de mitigación: La maquinaria, vehículos y equipos automotores que se usen serán sometidos a un programa estricto de mantenimiento preventivo para evitar las fallas mecánicas. Además, se supervisará que la maquinaria y vehículos cuenten con silenciadores para reducir las emisiones sonoras durante su operación. Para ello, se verificará que no se rebasen los límites máximos permisibles de emisión de ruido para vehículos automotores establecidos en la NOM-080-SEMARNAT-1994, los cuales son: 86 dB(A) para vehículos de hasta 3,000 kg de peso bruto; 92 dB(A) para vehículos con un peso bruto mayor de 3,000 kg y menor a 10,000 kg y, 99 dB(A) para vehículos automotores con peso bruto superior a los 10,000 kg.	Contaminación ambiental por emisiones de ondas acústicas fuertes y molestas al oído.	Reducir las emisiones de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido.	Valores de referencia y procedimiento en: NOM-080-SEMARNAT-1994; NOM-081-SEMARNAT-1994; NOM-011-STPS-2001; (WHO, 1999); Benítez et al. (2021).

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
		• Medida de mitigación: Durante las etapas de preparación del sitio y construcción, la actividad de la maquinaria, vehículos y equipos automotores que generen la mayor intensidad sonora estará restringida entre las 10 pm y 6 am, para evitar afectaciones a individuos de especies nocturnas y a los pobladores de las localidades aledañas al trazo. • Medida de mitigación: Para reducir los niveles de ruido emitidos por los vehículos de carga, estos deberán circular en caminos de terracería internos del proyecto a una velocidad máxima de 40 km h^{-1}. • Medida de mitigación: Para la protección de los trabajadores, en caso de que las emisiones sonoras que se generen durante el proceso de excavación, demolición de estructuras u otras actividades, lleguen a rebasar los 90 dB(A), por más de ocho horas de exposición continua, deberán usar su equipo de protección especial como medida preventiva de afectaciones a su salud. • Medida de mitigación: Se contará con una bitácora del equipo y maquinaria para el registro del calendario y tipo de mantenimiento requerido para los automotores que sean requeridos para el desarrollo del proyecto.			
FQ-7	Cambio en el comportamiento de factores climáticos	• Medida de mitigación: No se realizarán deshierbes o desmontes fuera de las superficies previstas para el desplante de la infraestructura requerida para la modernización de la carretera, mismas que han sido puntualmente identificadas en el Capítulo II de esta MIA-R	Superficie que cuenta con cobertura vegetal	Mantener la cobertura vegetal en las superficies que no han sido previstas para cambio de uso de	Densidad (individuos ha^{-1}) y diversidad (número de especies), por asociación vegetal de

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
		• Medida de mitigación: La remoción de la vegetación forestal en los 23,976.07 m^2, correspondientes a vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, se realizará de manera mecánica y con la ayuda de herramientas, como machetes, azadones, y cortadoras manuales, entre otros tipos de herramienta. No se efectuará la aplicación de herbicidas desecantes o retardadores del crecimiento, fuego o algún otro método de este tipo para llevar a cabo el desmonte o deshierbe. • Medida de mitigación: Los residuos vegetales generados por las actividades de deshierbe y desmonte deberán ser triturados y mezclados con el suelo rescatado, o enviados a algún sitio cercano para que sean esparcidos y actúen como mejoradores de suelos y como medida de prevención de erosión eólica e hídrica. • Medida de mitigación: Implementar un Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre, mismo que deberá ser aprobado por la autoridad ambiental. Este consistirá en el rescate de ejemplares de especies silvestres nativas jóvenes y en buen estado de salud y desarrollo, en el que se dará prioridad, pero no exclusividad, a especies protegidas o de interés biológico. • Medida de compensación: Se llevará a cabo un Programa de reforestación y revegetación con especies nativas, que implique una superficie equivalente a la que se solicita para CUSTF, en áreas degradas aledañas al trazo del proyecto. Las especies que formarán parte del		suelo en terrenos forestales.	acuerdo con trabajos de investigación en la región; Ferro-Díaz (2015). Superficie por afectar por tipo de asociación vegetal presente en la región de referencia; Ferro-Díaz (2015).

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
		programa serán seleccionadas del listado de especies de flora silvestre identificadas durante los muestreos de caracterización de la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, entre las cuales se incluirá al palo blanco (*Bravaisia integerrima*), que, si bien es una especie de amplia distribución, se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Para este tipo de impactos no existen normas oficiales mexicanas que establezcan límites máximos permisibles, no así la autorización para efectuar el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, la cual será obtenida previo a efectuar cualquier remoción de vegetación forestal. Por otro lado, la remoción de la vegetación forestal presente en algunas áreas de desplante de obras del proyecto no generaría la pérdida de la cobertura total, la desaparición de un tipo específico de vegetación ni de especies de flora silvestre. El desarrollo del proyecto comprende la remoción de vegetación en una superficie en la que el estado de conservación de la vegetación corresponde a vegetación forestal secundaria, de acuerdo con las especies identificas en el trabajo de campo descritos en el Capítulo IV de esta MIA-R.			
FQ-8	Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua superficial	• Medida de mitigación: La nivelación y los movimientos de tierras se realizarán paulatinamente conforme al avance en los frentes de obra, para evitar grandes superficies desprotegidas por un periodo largo de tiempo y evitar la pérdida de suelo por arrastre de la escorrentía.	Cambio en la calidad física, química y bacteriológica del agua superficial.	Prevenir la dispersión de sedimentos suspendidos y la contaminación del agua por la realización de	Valores de referencia y procedimiento en: NOM-001-SEMARNAT-2021, Tablas 1 y 2; NOM-003-

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
		• Medida de mitigación: Quedará prohibido almacenar material en zonas no autorizadas y con alto riesgo de arrastre de material a cuerpos de agua superficiales, y en cuanto al suelo orgánico rescatado, éste será trasladado inmediatamente después de su recuperación, a las áreas de acopio temporal que han sido específicamente determinadas para ello. • Medida de mitigación: Se dispondrán contenedores con tapaderas para el almacenamiento temporal de los residuos generados en los frentes de trabajo y así evitar su dispersión y riesgo de contaminar cuerpos de agua superficiales. • Medida de mitigación: Para evitar que los trabajadores realicen sus necesidades fisiológicas en áreas abiertas, se instalarán baños portátiles en los frentes de trabajo a razón de uno por cada 20 trabajadores. Los sanitarios portátiles consistirán en módulos individuales de fibra de vidrio o plástico que contarán con ventilación adecuada y un tanque colector en su base. El servicio se contratará a una empresa especializada de la región que cuente con las autorizaciones correspondientes, entre ellas la del manejo y disposición de aguas residuales. Los servicios sanitarios se colocarán en sitios estratégicos para facilitar el acceso a los trabajadores.		actividades de preparación de sitios y constructivas.	SEMARNAT-1997; NMX-AA-038-SCFI-2001 (Análisis de agua – determinación de turbiedad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas).
FQ-9	Cambio en los flujos y movimientos de agua superficial temporal	• Medida de mitigación: Para evitar que se obstruyan las corrientes de agua superficiales durante la demolición de las obras de drenaje, los residuos de manejo especial que se generen serán almacenados temporalmente	Interrupción y cambios de flujos de agua superficiales.	Favorecer los flujos de agua superficiales internos.	Relación número de flujos identificados y número y tipo de obras de drenaje

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
		en un área habilitada fuera del cauce. Estos sitios no requieren contar con protección contra lixiviados ya que el tipo de residuos de manejo especial generados no genera ni promueve lixiviados de compuestos o minerales peligrosos ni de efecto residual. • Medida de mitigación: Para evitar la obstrucción del flujo de agua y acumulación en zonas de escorrentía, se instalarán obras de drenaje cuyo diseño garantice la conservación de la infraestructura y el mantenimiento del patrón de drenaje superficial. Para ello, se construirán las obras de drenaje menor y obras complementarias, como cunetas, contracunetas, bordillos y lavaderos conforme al diseño ejecutivo del proyecto.			y conducción de agua construidos o habilitados para redirección el sentido de la escorrentía.
FQ-10	Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático	• Medida de mitigación: Solo se nivelará y rescatará el suelo de aquellas áreas en las que se tiene proyectado realizar el desplante de obras. Por ningún motivo se nivelarán sitios fuera de las áreas indicadas en el Capítulo II que funcionarían para el desplante de las obras del proyecto. • Medida de mitigación: La nivelación y los movimientos de tierras se realizarán paulatinamente conforme al avance en los frentes de obra, para evitar grandes superficies desprotegidas por un periodo largo de tiempo. • Medida de mitigación: En las áreas de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, el material producto del desmonte será incorporado al suelo rescatado o disperso en áreas aledañas al trazo que no se vayan a	Conservación del relieve y patrones de escorrentía	Minimizar el cambio de relieve y el flujo de los movimientos de agua superficiales en las áreas de influencia del proyecto por efecto del desarrollo de las obras y actividades	Superficie acondicionada para las actividades operativas del proyecto con respecto a la superficie total del área y cambio de la pendiente en las áreas acondicionadas con respecto a la pendiente promedio del área (la pendiente se mide

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
		intervenir y que requieran protección contra la erosión durante esta etapa. Para este tipo de impactos no existen normas oficiales mexicanas que establezcan límites máximos permisibles.			directamente con un clinómetro o equipo topográfico).
BE-1	Cambio de la abundancia de individuos de especies de flora silvestre	• Medida de mitigación: No se realizarán deshierbes o desmontes fuera de las superficies previstas para el desplante de la infraestructura requerida para la modernización de la carretera, mismas que han sido puntualmente identificadas en el Capítulo II de esta MIA-R. • Medida de mitigación: La remoción de la vegetación forestal en los 23,976.07 m^2, correspondientes a vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, se realizará de manera mecánica y con la ayuda de herramientas, como machetes, azadones, y cortadoras manuales, entre otros tipos de herramienta. No se efectuará la aplicación de herbicidas desecantes o retardadores del crecimiento, fuego o algún otro método de este tipo para llevar a cabo el desmonte o deshierbe. • Medida de mitigación: Previo a la remoción de la cobertura vegetal se revisarán las superficies de CUSTF para verificar la presencia de individuos susceptibles de ser rescatados y reubicados, dando preferencia a individuos perteneciente a especies protegidas Entre los criterios a considerar para seleccionar los individuos a rescatar, se considerarán, además de su categoría de riesgo: representatividad de la especie, estado	Afectación de la presencia de ejemplares de flora silvestre	Prevenir la afectación a ejemplares de flora silvestre por las actividades de acondicionamiento a realizar como parte de la ejecución del proyecto.	Densidad (individuos ha^{-1}) y diversidad (número de especies), por asociación vegetal de acuerdo con trabajos de investigación en la región; Ferro-Díaz (2015). Superficie por afectar por tipo de asociación vegetal presente en la región de referencia; Ferro-Díaz (2015).

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
		de madurez del individuo y condición física del ejemplar (estado sanitario: que esté libre de plagas, enfermedades y que tenga una buena condición nutrimental). • Medida de mitigación: Los sitios donde serán reubicados los ejemplares rescatados deberán tener características similares a los sitios de origen. • Medida de prevención: Estará prohibido colectar, comerciar, o dañar a las especies de flora y fauna silvestre, independientemente de que éstas se encuentren enlistadas o no, dentro de alguna categoría de protección. • Medida de compensación: Se llevará a cabo un Programa de reforestación y revegetación con especies nativas, que implique una superficie equivalente a la que se solicita para CUSTF, en áreas degradas aledañas al trazo del proyecto. Las especies que formarán parte del programa serán seleccionadas del listado de especies de flora silvestre identificadas durante los muestreos de caracterización de la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, entre las cuales se incluirá al palo blanco (*Bravaisia integerrima*), que, si bien es una especie de amplia distribución, se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Para este tipo de impactos no existen normas oficiales mexicanas que establezcan límites máximos permisibles, no así la autorización para efectuar el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, la cual será tramitada previo a efectuar cualquier remoción de vegetación forestal.			

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
		Por otro lado, el desarrollo del proyecto contempla la remoción de vegetación forestal en solo una superficie de 2.398 ha, cuyo estado de conservación actual corresponde a vegetación de tipo secundaria.			
BE-2	Modificación de la superficie y distribución de la cobertura y tipo de vegetación	• Medida de mitigación: No se realizarán deshierbes o desmontes fuera de las superficies previstas para el desplante de la infraestructura requerida para la modernización de la carretera, mismas que han sido puntualmente identificadas en el Capítulo II de esta MIA-R • Medida de mitigación: Implementar un Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre, mismo que deberá ser aprobado por la autoridad ambiental. Este consistirá en el rescate de ejemplares de especies silvestres nativas jóvenes y en buen estado de salud y desarrollo, en el que se dará prioridad, pero no exclusividad, a especies protegidas o de interés biológico. • Medida de mitigación: Los sitios donde serán reubicados los ejemplares rescatados deberán tener características similares a los sitios de origen. • Medida de compensación: Se llevará a cabo un Programa de reforestación y revegetación con especies nativas, que implique una superficie equivalente a la que se solicita para CUSTF, en áreas degradas aledañas al trazo del proyecto. Las especies que formarán parte del programa serán seleccionadas del listado de especies de flora silvestre identificadas durante los muestreos de caracterización de la	Superficie que cuenta con cobertura vegetal	Mantener la cobertura vegetal en las áreas que no serán objeto de CUSTF	Densidad (individuos ha^{-1}) y diversidad (número de especies), por asociación vegetal de acuerdo con trabajos de investigación en la región; Ferro-Díaz (2015). Superficie por afectar por tipo de asociación vegetal presente en la región de referencia; Ferro-Díaz (2015).

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
		vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, entre las cuales se incluirá al palo blanco (*Bravaisia integerrima*), que, si bien es una especie de amplia distribución, se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010.			
BE-3	Afectación a ejemplares de flora silvestre de especies en categoría de riesgo	• Medida de mitigación: No se realizarán deshierbes o desmontes fuera de las superficies previstas para el desplante de la infraestructura requerida para la modernización de la carretera, mismas que han sido puntualmente identificadas en el Capítulo II de esta MIA-R. • Medida de mitigación: Previo a la remoción de la cobertura vegetal se revisarán las superficies de CUSTF para verificar la presencia de individuos susceptibles de ser rescatados y reubicados, dando preferencia a individuos perteneciente a especies protegidas Entre los criterios a considerar para seleccionar los individuos a rescatar, se considerarán, además de su categoría de riesgo: representatividad de la especie, estado de madurez del individuo y condición física del ejemplar (estado sanitario: que esté libre de plagas, enfermedades y que tenga una buena condición nutrimental). De las 14 especies arbóreas y arbustivas identificadas en el área del proyecto, solamente el palo blanco (*B. integerrima*) se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010, como una especie Amenazada.	Afectación de la presencia de ejemplares de flora silvestre en categoría de riesgo y de relevancia ambiental	Prevenir la afectación a ejemplares de flora silvestre protegida, más allá de las superficies previstas para CUSTF.	Densidad (individuos ha^{-1}) y diversidad (número de especies), por asociación vegetal de acuerdo con trabajos de investigación en la región; Ferro-Díaz (2015). Superficie por afectar por tipo de asociación vegetal presente en la región de referencia; Ferro-Díaz (2015). Las especies en categoría de riesgo será acorde con el listado de la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
		• Medida de mitigación: Los sitios donde serán reubicados los ejemplares rescatados deberán tener características similares a los sitios de origen. • Medida de prevención: Se hará del conocimiento de todos los trabajadores involucrados en la obra (directos e indirectos), que estará prohibido colectar, comerciar, o dañar a las especies de flora y fauna silvestre, independientemente de que éstas se encuentren enlistadas o no, dentro de alguna categoría de protección. De la lista roja de especies de la UICN, 11 de las 14 especies de flora silvestre se encuentran clasificadas como de Preocupación Menor (LC), es decir, que se trata de especies que no cumplen con ningún criterio que defina las categorías de En Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerable (VU) o Casi Amenazada (NT), mientras que el resto de las especies no cuentan con alguna clasificación.			
BE-4	Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre	• Medida de mitigación: No se realizarán deshierbes o desmontes fuera de las superficies previstas para el desplante de la infraestructura requerida para la modernización de la carretera, mismas que han sido puntualmente identificadas en el Capítulo II de esta MIA-R. Si bien, se requiere del desmonte de vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia (2.398 ha), esta actividad será de forma gradual, conforme al avance en los distintos frentes de trabajo, lo cual favorecerá el desplazamiento de la fauna silvestre.	Afectación de la presencia de ejemplares de fauna silvestre	Prevenir la afectación a ejemplares de fauna silvestre por las actividades a realizar como parte de la ejecución del proyecto.	El procedimiento de monitoreo análisis de resultados y formatos de campo están descritos en FMCN et al. (2018).

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
		• Medida de mitigación: Previo al retiro de la vegetación, se implementará el Programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre en toda la superficie de ocupación del proyecto. El rescate y la reubicación se enfocará especies de vertebrados de lento desplazamiento (anfibios, reptiles y mamíferos pequeños). En el caso de las aves solo se aplicarán actividades de ahuyentamiento cuando sea necesario, ya que se trata de especies de fácil y rápida movilidad. • Medida de mitigación: Se implementará el Programa de ahuyentamiento, rescate, y reubicación de fauna silvestre, incluyendo de manera prioritaria, pero no exclusiva, a individuos de especies en alguna categoría de riesgo, de acuerdo con la lista de la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. • Medida de mitigación: Durante las etapas de preparación del sitio y construcción, la actividad de la maquinaria, vehículos y equipos automotores estará restringida entre las 10 pm y 6 am, para evitar afectaciones a individuos de especies nocturnas. • Medida de prevención: Estará prohibido colectar, comerciar, o dañar a las especies de flora y fauna silvestre, independientemente de que éstas se encuentren enlistadas o no, dentro de alguna categoría de protección.			
BE-5	Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre	• Medida de mitigación: No se realizarán deshierbes o desmontes fuera de las superficies previstas para el desplante de la infraestructura requerida para la modernización de la carretera, mismas que	Afectación de áreas con funcionalidad para la fauna silvestre	Mantener la superficie del área de incidencia del proyecto con la mayor cobertura	Densidad (individuos ha^{-1}) y diversidad (número de especies), por

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
		han sido puntualmente identificadas en el Capítulo II de esta MIA-R. • Medida de mitigación: Durante las etapas de preparación del sitio y construcción, la actividad de la maquinaria, vehículos y equipos automotores estará restringida entre las 10 pm y 6 am, para evitar afectaciones a individuos de especies nocturnas. • Medida de compensación: Se llevará a cabo un Programa de reforestación y revegetación con especies nativas, que implique una superficie equivalente a la que se solicita para CUSTF, en áreas degradas aledañas al trazo del proyecto. Las especies que formarán parte del programa serán seleccionadas del listado de especies de flora silvestre identificadas durante los muestreos de caracterización de la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, entre las cuales se incluirá al palo blanco (*Bravaisia integerrima*), que, si bien es una especie de amplia distribución, se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010.		vegetal natural posible, de acuerdo con las condiciones de coberturas previas al inicio del proyecto.	asociación vegetal de acuerdo con trabajos de investigación en la región; Ferro-Díaz (2015). Superficie por afectar por tipo de asociación vegetal presente en la región de referencia; Ferro-Díaz (2015).
BE-6	Reducción de áreas usadas como refugio, alimentación y reproducción de ejemplares fauna silvestre	• Medida de mitigación: No se realizarán deshierbes o desmontes fuera de las superficies previstas para el desplante de la infraestructura requerida para la modernización de la carretera, mismas que han sido puntualmente identificadas en el Capítulo II de esta MIA-R. • Medida de mitigación: Durante las etapas de preparación del sitio y construcción, la actividad de la maquinaria, vehículos y equipos automotores estará restringida entre las 10 pm	Afectación de áreas con funcionalidad para la fauna silvestre	Mantener la superficie del área de incidencia del proyecto con la mayor cobertura vegetal natural posible, de acuerdo con las condiciones de coberturas previas	Densidad (individuos ha^{-1}) y diversidad (número de especies), por asociación vegetal de acuerdo con trabajos de investigación en

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
		y 6 am, para evitar afectaciones a individuos de especies nocturnas. • Medida de compensación: Se llevará a cabo un Programa de reforestación y revegetación con especies nativas, que implique una superficie equivalente a la que se solicita para CUSTF, en áreas degradas aledañas al trazo del proyecto. Las especies que formarán parte del programa serán seleccionadas del listado de especies de flora silvestre identificadas durante los muestreos de caracterización de la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, entre las cuales se incluirá al palo blanco (*Bravaisia integerrima*), que, si bien es una especie de amplia distribución, se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010.		al inicio del proyecto.	la región; Ferro-Díaz (2015). Superficie por afectar por tipo de asociación vegetal presente en la región de referencia; Ferro-Díaz (2015).
BE-7	Afectación a ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo y relevancia ambiental	• Medida de mitigación: Se implementará el Programa de ahuyentamiento, rescate, y reubicación de fauna silvestre, incluyendo de manera prioritaria, pero no exclusiva, a individuos de especies en alguna categoría de riesgo, de acuerdo con la lista de la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. De las 138 especies totales de fauna silvestre identificadas a nivel del SAR, solo 12 se encuentran en la lista de especies en categoría de riesgo de la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. De estas 12 especies, 10 se clasifican como especies sujetas a protección especial (Pr) y dos como especie amenazada (A). En el área del proyecto se identificaron cinco especies enlistadas en alguna categoría de	Afectación de la presencia de ejemplares de fauna silvestre	Prevenir la afectación a ejemplares de fauna silvestre por las actividades a realizar como parte de la ejecución del proyecto.	El procedimiento de monitoreo análisis de resultados y formatos de campo están descritos en FMCN et al. (2018). Las especies en categoría de riesgo será acorde con el listado de la norma oficial mexicana NOM-

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
		riesgo. De estas cinco especies, solo el garrobo de roca (*Ctenosaura pectinata*) se clasifica como especie Amenazada, y cuatro se clasifican como especies Sujetas a Protección especial (Pr): un anfibio (*Lithobates forreri*), dos reptiles (*Anolis subocularis e Iguana iguana*) y un ave (*Eupsittula canicularis*). Además, de las 74 especies totales identificadas en esta área, 70 se clasificaron como especies de preocupación menor (LC), según la lista roja de la UICN, una como especies casi amenazadas (NT), una más con datos deficientes (DD) y dos son especies no evaluadas (NE). • Medida de mitigación: Previo al retiro de la vegetación, se implementará el Programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre en toda la superficie de ocupación del proyecto. El rescate y la reubicación se enfocará especies de vertebrados de lento desplazamiento (anfibios, reptiles y mamíferos pequeños). En el caso de las aves solo se aplicarán actividades de ahuyentamiento cuando sea necesario, ya que se trata de especies de fácil y rápida movilidad. • Medida de mitigación: Durante las etapas de preparación del sitio y construcción, la actividad de la maquinaria, vehículos y equipos automotores estará restringida entre las 10 pm y 6 am, para evitar afectaciones a individuos de especies nocturnas. • Medida de mitigación: No se realizarán deshierbes o desmontes fuera de las superficies previstas para el desplante de la			059-SEMARNAT-2010.

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
		infraestructura requerida para la modernización de la carretera, mismas que han sido puntualmente identificadas en el Capítulo II de esta MIA-R. • Medida de prevención: Estará prohibido colectar, comerciar, o dañar a las especies de flora y fauna silvestre, independientemente de que éstas se encuentren enlistadas o no, dentro de alguna categoría de protección.			
BE-8	Incremento del riesgo de mortalidad de fauna silvestre por atropellamiento	• Medida de mitigación: Previo al retiro de la vegetación, se implementará el Programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre en toda la superficie de ocupación del proyecto. El rescate y la reubicación se enfocará especies de vertebrados de lento desplazamiento (anfibios, reptiles y mamíferos pequeños). En el caso de las aves solo se aplicarán actividades de ahuyentamiento cuando sea necesario, ya que se trata de especies de fácil y rápida movilidad • Medida de mitigación: Durante las etapas de preparación del sitio y construcción, la actividad de la maquinaria, vehículos y equipos automotores estará restringida entre las 10 pm y 6 am, para evitar afectaciones a individuos de especies nocturnas. • Medida de mitigación: Se controlará la velocidad de circulación en las áreas de trabajo de la maquinaria y vehículos de carga y ligeros, estos deberán circular en caminos del proyecto a una velocidad máxima de 40 km h^{-1} para que puedan maniobrar en caso de encontrarse con ejemplares de fauna silvestre.	Individuos de fauna silvestre atropellados en el área del proyecto	Reducir el número de ejemplares muertos por atropellamiento en los frentes de trabajo por actividades relacionadas con la ejecución del proyecto.	El procedimiento de monitoreo análisis y evaluación de resultados de acuerdo con lo descrito por Pacheco et al. (2021), Pozo-Montuy et al. (2021) y Sánchez-Acuña y Benítez (2021).

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
		• Medida de prevención: Estará prohibido colectar, comerciar, o dañar a las especies de flora y fauna silvestre, independientemente de que éstas se encuentren enlistadas o no, dentro de alguna categoría de protección.			
SC-1	Modificación de las cualidades estético - paisajísticas	• Medida de mitigación: No se realizarán deshierbes o desmontes fuera de las superficies previstas para el desplante de la infraestructura requerida para la modernización de la carretera, mismas que han sido puntualmente identificadas en el Capítulo II de esta MIA-R. • Medida de mitigación: Solo se nivelará y rescatará el suelo de aquellas áreas en las que se tiene proyectado realizar el desplante de obras. Por ningún motivo se nivelarán sitios fuera de las áreas indicadas en el Capítulo II que funcionarían para el desplante de las obras del proyecto. • Medida de compensación: Se llevará a cabo un Programa de reforestación y revegetación con especies nativas, que implique una superficie equivalente a la que se solicita para CUSTF, en áreas degradas aledañas al trazo del proyecto. Las especies que formarán parte del programa serán seleccionadas del listado de especies de flora silvestre identificadas durante los muestreos de caracterización de la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, entre las cuales se incluirá al palo blanco (*Bravaisia integerrima*), que, si bien es una especie de amplia distribución, se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010.	Cambios en las formas perceptivas (auditiva, olfativa y visual) en el área de incidencia.	Evaluar el cambio perceptivo del medio ambiente, considerando el aspecto visual, en el área de afectación directa del proyecto.	La forma de evaluación y análisis es el descrito por Muñoz-Pedrero (2004) y Priego et al. (2010).

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
Construcción					
FQ-11	Cambio en la conformación topográfica natural del terreno y de patrones de sedimentación de sustratos	• Medida de prevención: En la conformación del terreno para la construcción de la carretera, se buscará un equilibrio de masas, utilizando el material generado por cortes para la compensación en rellenos (terraplenes), evitando con ello grandes excedentes y volúmenes para movimiento de tierras. De esta forma, también se reduce el requerimiento de materiales pétreos provenientes de los bancos de préstamo y la disposición de material residual. • Medida de mitigación: La actividades de conformación de las bases del cuerpo carretero, se realizará paulatinamente conforme se avance en el plan constructivo o de habilitación de las obras y de desarrollo de las actividades, para evitar tener áreas desprotegidas por un periodo largo de tiempo. • Medida de mitigación: La inclinación de los taludes dependerá de su altura. Taludes de entre 0.00 m y 1.00 m de altura deberá tener una inclinación 5:1. Taludes con una altura de entre 1.00 m y 2.00 m de 3:1 y, para taludes de más de 2.00 m de alto se tendrán una inclinación 1.5:1. • Medida de mitigación: El nivel de la rasante será el técnicamente indicado para respetar en todo momento la pendiente gobernadora de 4.00 %. • Medida de prevención: El proyecto de modernización contempla en sus Tramos 1 y 3, el trazo de la carretera que actualmente se	Conservación del relieve y patrones de escorrentía	Minimizar el cambio de relieve y el flujo de los movimientos de agua superficiales en el área de incidencia del proyecto por efecto del desarrollo de las obras y actividades.	Superficie acondicionada para las actividades operativas del proyecto con respecto a la superficie total del área y cambio de la pendiente en las áreas acondicionadas con respecto a la pendiente promedio del área (la pendiente se mide directamente con un clinómetro).

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
		encuentra en operación, y, con relación al tramo nuevo (libramiento), éste ha sido proyectado sobre un área sensiblemente plana, donde el cambio de relieve es mínimo. • Medida de mitigación: Las excavaciones para la cimentación de la obra civil o la instalación de las obras de drenaje menor, se limitarán al área necesaria para su desplante. Una vez terminadas las obras, se procederá a su relleno. • Medida de mitigación: Las excavaciones se realizarán conforme al avance en los frentes de obra, procurando que éstas se encuentren el menor tiempo posible abiertas para evitar accidentes laborales, poner en riesgo a fauna silvestre, y evitar la potencial obstrucción de los escurrimientos superficiales en aquellas áreas previstas para la ampliación de los puentes y obras de drenaje menores. • Medida de prevención: Mientras se mantengan las excavaciones abiertas, el área se delimitará con cintas o mallas de plástico para restringir el acceso, y de ser necesario se habilitarán tapiales para proteger las zonas de riesgo. Para este tipo de impactos no existen normas oficiales mexicanas que establezcan límites máximos permisibles.			
FQ-12	Alteración de la estabilidad geomorfológica del terreno	• Medida de mitigación: La inclinación de los taludes de los terraplenes dependerá de su altura. Taludes de entre 0.00 m y 1.00 m de altura deberá tener una inclinación 5:1. Taludes con una altura de entre 1.00 m y 2.00 m de 3:1 y, para taludes de más de 2.00 m de alto se tendrán una inclinación 1.5:1.	Conservación del relieve, patrones de escorrentía y la estabilidad de áreas afectadas	Minimizar el cambio de relieve y el flujo de los movimientos de agua superficiales en el área de influencia del	Superficie acondicionada para las actividades operativas del proyecto con respecto a la

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
		• Medida de prevención: El proyecto de modernización contempla en sus Tramos 1 y 3, el trazo de la carretera que actualmente se encuentra en operación, y, con relación al tramo nuevo (libramiento), éste ha sido proyectado sobre un área sensiblemente plana, donde el cambio de relieve es mínimo, y por lo tanto, no se generan grandes cambios geomorfológicos. • Medida de prevención: Durante la conformación de terraplenes, desde la base formada en la nivelación hasta la colocación de la carpeta asfáltica, cada capa será compactada con la humedad determinada resultado de las pruebas de laboratorio para garantizar la estabilidad de la vía de comunicación. Para este tipo de impactos no existen normas oficiales mexicanas que establezcan límites máximos permisibles.		proyecto por efecto del desarrollo de las obras y actividades	superficie total del área y cambio de la pendiente en las áreas acondicionadas con respecto a la pendiente promedio del área (la pendiente se mide directamente con un clinómetro).
FQ-13	Afectación de las propiedades físicas del suelo (Permeabilidad)	• Medida de mitigación: Los equipos automotores y maquinaria, circularán y se estacionarán dentro del derecho de vía en superficies previstas para el desarrollo del proyecto, evitando con ello la compactación y cualquier potencial alteración en las propiedades físicas del suelo en superficies adicionales. • Medida de prevención: En la conformación del terreno para la construcción de la carretera, se buscará un equilibrio de masas, utilizando el material generado por cortes para la compensación en rellenos (terraplenes), evitando con ello grandes	Preservación de las propiedades físicas del suelo y estabilización de áreas de desplante	Mantener con la menor variación posible las propiedades físicas de los suelos en las áreas de intervención: textura, estructura, porosidad, color y estabilización.	Superficie acondicionada para las actividades operativas del proyecto con respecto a la superficie total del área y cambio de la pendiente en las áreas acondicionadas con respecto a la pendiente

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
		excedentes y volúmenes para movimiento de tierras. • De esta forma, también se reduce el requerimiento de materiales pétreos provenientes de los bancos de préstamo y la disposición de material residual. • Medida de mitigación: Las excavaciones para la cimentación de la obra civil o la instalación de las obras de drenaje menor, se limitarán al área necesaria para su desplante. Una vez terminadas las obras, se procederá a su relleno. Para este tipo de impactos no existen normas oficiales mexicanas que establezcan límites máximos permisibles.			promedio del área (la pendiente se mide directamente con un clinómetro o equipo topográfico).
FQ-14	Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo	Considerando que las principales fuentes contaminantes del suelo por esta actividad son los derrames de sustancias químicas, residuos de mezcla, y dispersión de residuos distinta naturaleza, para prevenir y mitigar este impacto ambiental se implementarán las siguientes medidas: • Medida de mitigación: Para evitar la creación de diversos sitios de disposición de residuos de mezcla y de lavado de ollas, se habilitarán fosas de lavado (artesas) y disposición de mezcla residual. Las fosas serán construidas con una capa de geomembrana para evitar la infiltración de lixiviados al subsuelo y manto acuífero y, una vez llena, el material dispuesto se dispondrá como residuos de manejo especial. • Medida de mitigación: Se habilitarán áreas específicas para la disposición separada de los	Contaminación del suelo en las áreas de acción directa por el desarrollo del proyecto.	Reducir la generación de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos.	El procedimiento de determinación y valores de referencia en la NOM-021-RECNAT-2000. Cuanalo (1981); Perevochtchikova (2013), refiere que el indicador ambiental para la evaluación del impacto de los residuos, tanto de los que denomina como industriales como de los orgánicos, es su producción (m^3),

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
		residuos de manejo especial que se generen, diferenciados de acuerdo con lo establecido en la norma oficial mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011: pedazos de madera, chatarra y cascajo, principalmente, para su posterior disposición final. Estas áreas estarán debidamente acondicionadas y señalizadas. Una vez que se dictamine que no pueden ser reciclados ni reusados, serán entregados a empresas autorizadas para su manejo, transporte y disposición final. • Medida de mitigación: Se contará con contenedores con tapadera para la disposición temporal de residuos sólidos urbanos distribuidos de acuerdo con la operatividad de los frentes de trabajo. En cada frente de trabajo habrá contenedores rotulados para la disposición de residuos orgánicos, inorgánicos en general y plástico en específico. Las tapaderas tienen la función de evitar la dispersión de los residuos, el ingreso de fauna silvestre a buscar alimento y evitar que se mojen los residuos contenidos. Todos estos residuos serán dispuestos donde la autoridad lo determine. • Medida de mitigación: En caso de generarse residuos peligrosos, los cuales serán diferenciados considerando las especificaciones de la norma oficial mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, así como lo indicado en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) y su reglamento, se almacenarán en el almacén temporal de residuos peligrosos que habilite la empresa contratista, el cual operará bajo el			así como su reciclaje (proporción del volumen que es generado que es reciclado, %); FAO (2020).

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
		cumplimiento de lo establecido en capítulo IV, sección I, del reglamento de la LGPGIR, artículos 82, 83 y 84. Este almacén temporal contará con una capa aislante o base de concreto, bordo contenedor de derrames y estará techado y ventilado. • Medida de prevención: Se llevarán a cabo pláticas de concientización para los trabajadores, con relación al adecuado manejo de residuos peligrosos y no peligrosos, así como del manejo adecuado de maquinaria y equipos para prevenir la contaminación de suelos y agua, así como sobre la conservación de la flora y fauna silvestre. • Medida de mitigación: Se instalarán baños portátiles en los frentes de trabajo a razón de uno por cada 20 trabajadores. Los sanitarios portátiles consistirán en módulos individuales de fibra de vidrio o plástico que contarán con ventilación adecuada y un tanque colector en su base. El servicio se contratará a una empresa especializada de la región que cuente con las autorizaciones correspondientes, entre ellas la del manejo y disposición de aguas residuales. Los servicios sanitarios se colocarán en sitios estratégicos para facilitar el acceso a los trabajadores. • Medida de prevención: Para la recarga de combustibles y lubricantes en los frentes de trabajo, se implementará el procedimiento establecido que contempla la prevención de derrames de hidrocarburos sobre el suelo poniendo un recipiente para la captación o su			

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
		realización en un área protegida y acondicionada contra fugas y derrames.			
FQ-15	Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire	• Medida de mitigación: Se asegurará que la maquinaria y vehículos utilizados durante esta etapa del proyecto no generen emisiones a la atmósfera superiores a los límites máximos permisibles en la normatividad oficial mexicana aplicable (NOM-041-SEMARNAT-2015 y NOM-045-SEMARNAT-2017). • Medida de mitigación: Para disminuir las fugas y derrame de hidrocarburos y las emisiones de gases contaminantes, toda la maquinaria y vehículos que se encuentren operando serán sometidos a un programa de servicio y mantenimiento preventivo para evitar problemas operativos y altas emisiones de gases con partículas contaminantes. Además, al inicio del turno de trabajo se realizará una inspección preoperativa para verificar que los equipos estén funcionando correctamente. • Medida de mitigación: Para minimizar la suspensión de partículas del aire, los vehículos automotores deberán circular en caminos de terracería a una velocidad máxima de 40 km h^{-1}. • Medida de mitigación: En las terracerías del proyecto, se aplicarán riegos frecuentes con la finalidad de mitigar la generación y suspensión de partículas de polvo. • Medida de mitigación: Los vehículos que transporten material suelto que pueda ocasionar su dispersión durante el traslado se cubrirá con una lona.	Contaminación ambiental de la calidad del aire.	Reducir las emisiones de agentes contaminantes por gases y partículas producto de la combustión de combustibles y operación de automotores.	Valores de referencia y procedimiento en: NOM-041-y NOM-045-SEMARNAT-2017, NOM-023-SSA1-2021 y NOM-025-SSA1-2021.

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
		• Medida de prevención: Quedará prohibido la quema de cualquier tipo de residuos en las áreas de trabajo, esto incluye los residuos sólidos generados y los orgánicos producto del deshierbe y desmonte de las áreas de afectación para evitar la producción de humo y partículas contaminantes.			
FQ-16	Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido	• Medida de mitigación: La maquinaria, vehículos y equipos automotores que se usen serán sometidos a un programa estricto de mantenimiento preventivo para evitar las fallas mecánicas. Además, se supervisará que la maquinaria y vehículos cuenten con silenciadores para reducir las emisiones sonoras durante su operación. Para ello, se verificará que no se rebasen los límites máximos permisibles de emisión de ruido para vehículos automotores establecidos en la NOM-080-SEMARNAT-1994, los cuales son: 86 dB(A) para vehículos de hasta 3,000 kg de peso bruto; 92 dB(A) para vehículos con un peso bruto mayor de 3,000 kg y menor a 10,000 kg y, 99 dB(A) para vehículos automotores con peso bruto superior a los 10,000 kg. • Medida de mitigación: La maquinaria y vehículos deberán contar con silenciadores de escapes y sistemas de amortiguamiento de ruidos. • Medida de mitigación: Durante las etapas de preparación del sitio y construcción, la actividad de la maquinaria, vehículos y equipos automotores que generen la mayor intensidad sonora estará restringida entre las 10 pm y 6	Contaminación ambiental por emisiones de ondas acústicas fuertes y molestas al oído.	Reducir las emisiones de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido.	Valores de referencia y procedimiento en: NOM-080-SEMARNAT-1994; NOM-081-SEMARNAT-1994; (WHO, 1999).

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
		am, para evitar afectaciones a individuos de especies nocturnas. • Medida de mitigación: Para la protección de los trabajadores, en caso de que las emisiones sonoras que se generen durante el proceso de excavación, u otras actividades, lleguen a rebasar los 90 dB(A), por más de ocho horas de exposición continua, deberán usar su equipo de protección especial como medida preventiva de afectaciones a su salud. • Medida de mitigación: Se contará con una bitácora del equipo y maquinaria para el registro del calendario y tipo de mantenimiento requerido para los automotores que sean requeridos para el desarrollo del proyecto.			
FQ-17	Cambio en el comportamiento de factores climáticos	• Medida de compensación: Se llevará a cabo un Programa de reforestación y revegetación con especies nativas, que implique una superficie equivalente a la que se solicita para CUSTF, en áreas degradas aledañas al trazo del proyecto. Las especies que formarán parte del programa serán seleccionadas del listado de especies de flora silvestre identificadas durante los muestreos de caracterización de la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, entre las cuales se incluirá al palo blanco (*Bravaisia integerrima*), que, si bien es una especie de amplia distribución, se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010.	Recuperación de la funcionalidad ambiental de áreas degradadas	Implementar actividades de restauración en áreas degradadas para recuperar su funcionalidad ambiental	Densidad (individuos ha^{-1}) y diversidad (número de especies), por asociación vegetal de acuerdo con trabajos de investigación en la región; Ferro-Díaz (2015). Superficie por afectar por tipo de asociación vegetal presente en la región de referencia; Ferro-Díaz (2015).

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
FQ-18	Aprovechamiento de agua autorizado para su explotación	• Medida de mitigación: El mayor consumo de agua, en esta etapa de desarrollo del proyecto, está asociado con la aplicación de riegos para mitigar la suspensión de partículas de polvo en el aire y para alcanzar el porcentaje de humedad adecuado en la conformación de las terracerías y sus bases. El riego de terracerías se realizará principalmente en la época de secas y en días secos durante la época de lluvias. Y, la aplicación de riegos para la compactación en la conformación de las capas de las terracerías se determinará con base en las pruebas de laboratorio para no aplicar agua que sobrepase el requerimiento del material por compactar. • Medida de mitigación: Solo se utilizará agua de sitios autorizados para su aprovechamiento en la región. Por ningún motivo se aprovechará agua de los cuerpos de agua superficiales aledaños al trazo. • Medida de mitigación: El agua para consumo de los trabajadores será abastecida por una empresa encargada en la venta y distribución de agua para consumo humano y estará siempre disponible mediante garrafones, en los frentes de trabajo.	Aprovechamiento de agua del manto freático.	Reducir la huella hídrica tomando en cuenta el consumo de agua por superficie construida.	La metodología de medición se puede adaptar de la estimación de la huella hídrica minera con base en Álvarez-Pugliese (2018) y Güney y Demirel (2021).
FQ-19	Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua superficial	• Medida de prevención: Quedará prohibido almacenar material en zonas no autorizadas y con alto riesgo de arrastre de material a cuerpos de agua superficiales. • Medida de mitigación: Para evitar la creación de diversos sitios de disposición de residuos de mezcla y de lavado de ollas, se habilitarán fosas de lavado (artesas) y disposición de	Cambio en la calidad física, química y bacteriológica del agua superficial.	Prevenir la dispersión de residuos, sedimentos suspendidos y la contaminación del agua por la realización de las	Valores de referencia y procedimiento en: NOM-001-SEMARNAT-2021; NOM-003-SEMARNAT-1997; NMX-AA-

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
		mezcla residual. Las fosas serán construidas con una capa de geomembrana para evitar la infiltración de lixiviados al subsuelo y manto acuífero y, una vez llena, el material dispuesto se dispondrá como residuos de manejo especial. • Medida de mitigación: Se dispondrán contenedores con tapaderas para el almacenamiento temporal de los residuos generados en los frentes de trabajo y así evitar su dispersión y riesgo de contaminar cuerpos de agua superficiales. • Medida de mitigación: Se habilitarán áreas específicas para la disposición separada de los residuos de manejo especial que se generen, diferenciados de acuerdo con lo establecido en la norma oficial mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011: pedazos de madera, chatarra y cascajo, principalmente, para su posterior disposición final. Estas áreas estarán debidamente acondicionadas y señalizadas. Una vez que se dictamine que no pueden ser reciclados ni reusados, serán entregados a empresas autorizadas para su manejo, transporte y disposición final. • Medida de mitigación: Para evitar que los trabajadores realicen sus necesidades fisiológicas en áreas abiertas no apropiadas, se emplearán sanitarios portátiles en cada uno de los frentes de trabajo, con mantenimiento diario por parte de la empresa contratada para brindar el servicio, manteniendo una relación máxima de 20 trabajadores por sanitario o uno cada 200 m.		actividades constructivas.	038-SCFI-2001 (Análisis de agua – determinación de turbiedad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas); modificación a la NOM-127-SSA1-2021 (parámetros de calidad de las tablas 1, 2, 3 y 4).

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
		• Medida de prevención: Las cunetas, contracunetas, lavaderos y obras de drenaje menor recibirán mantenimiento preventivo para mantener su funcionalidad operativa con la finalidad de garantizar la calidad del agua de escorrentía aguas debajo de la carretera. Entre las medidas a implementar para garantizar su funcionalidad se considera el desazolve de estos componentes del proyecto.			
FQ-20	Cambio en los flujos y movimientos de agua superficial temporales	• Medida de mitigación: Para evitar la obstrucción del flujo de agua y acumulación en zonas de escorrentía, se instalarán obras de drenaje cuyo diseño garantice la conservación de la infraestructura y el mantenimiento del patrón de drenaje superficial. Para ello, se construirán las obras de drenaje menor y obras complementarias, como cunetas, contracunetas, bordillos y lavaderos conforme al diseño ejecutivo del proyecto. • Medida de mitigación: Para evitar encharcamientos, las excavaciones y pozos se abrirán conforme se vaya dando el avance de obra y, una vez concluida la actividad se taparán y compactarán con el material extraído en el proceso de excavación.	Interrupción y cambios de flujos de agua superficial.	Favorecer los flujos de agua superficiales internos temporales.	Relación número de flujos identificados y número y tipo de obras de drenaje y conducción de agua construidos o habilitados para redirección el sentido de la escorrentía.
FQ-21	Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático	• Medida de mitigación: Las obras quedarán restringidas a las superficies que han sido identificadas en el Capítulo II y evaluadas en materia de impacto ambiental y CUSTF en este estudio.	Limitación del proceso de recarga de agua del manto freático.	Reducir la superficie afectada y el proceso de infiltración de agua pluvial hacia el manto acuífero superior.	Relación de la superficie del derecho de vía con respecto a la superficie solicitadas para el desplante de obras del proyecto.

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
BE-9	Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre	• Medida de mitigación: Se implementará el Programa de ahuyentamiento, rescate, y reubicación de fauna silvestre. • Medida de mitigación: En la etapa de construcción, las obras y actividades se limitará entre las 10 p.m. y 6 a.m., para evitar afectaciones a individuos de especies nocturnas. • Medida de prevención: Se construirán cercos temporales de seguridad en las áreas de excavaciones y en algunas zonas de mayor riesgo para evitar el acceso de mamíferos y reptiles a estas áreas. • Medida de prevención: Se implementarán pláticas de seguridad, salud y protección al medio ambientales con todos los trabajadores que laboren en el proyecto, incluyendo una sobre las medidas de protección a la fauna silvestre, la forma de proceder en caso de encontrar ejemplares en las áreas del proyecto, reforzando la prohibición de aprovechamiento, captura, venta y consumo de la fauna silvestre presente en las áreas de trabajo. • Medida de compensación: Se llevará a cabo un Programa de reforestación y revegetación con especies nativas, que implique una superficie equivalente a la que se solicita para CUSTF, en áreas degradas aledañas al trazo del proyecto. Las especies que formarán parte del programa serán seleccionadas del listado de especies de flora silvestre identificadas durante los muestreos de caracterización de la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, entre las cuales se incluirá al palo	Preservar especies de fauna silvestre representativas y en categoría de riesgo.	Mantener la diversidad y abundancia de especies de fauna silvestre presentes en la región, incluyendo aquellas catalogadas como especies en categoría de riesgo de manera prioritaria, que habitan en el SAR y área de incidencia del proyecto.	Flores-Villela et al (1991); Ceballos y Oliva (2005); Ramírez-Pulido et al (2005). El procedimiento de monitoreo análisis de resultados y formatos de campo están descritos en FMCN et al. (2018).

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
		blanco (*Bravaisia integerrima*), que, si bien es una especie de amplia distribución, se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010.			
BE-10	Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre	• Medida de mitigación: Durante la etapa de construcción, la actividad de la maquinaria, vehículos y equipos automotores que generen la mayor intensidad sonora estará restringida entre las 10 pm y 6 am, para evitar afectaciones a individuos de especies nocturnas y a los pobladores de las localidades aledañas al trazo • Medida de prevención: Se construirán cercos temporales de seguridad en las áreas de excavaciones y en algunas zonas de mayor riesgo para evitar el acceso de mamíferos y reptiles a estas áreas. • Medida de compensación: Se llevará a cabo un Programa de reforestación y revegetación con especies nativas, que implique una superficie equivalente a la que se solicita para CUSTF, en áreas degradas aledañas al trazo del proyecto. Las especies que formarán parte del programa serán seleccionadas del listado de especies de flora silvestre identificadas durante los muestreos de caracterización de la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, entre las cuales se incluirá al palo blanco (*Bravaisia integerrima*), que, si bien es una especie de amplia distribución, se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010.	Afectación de áreas con funcionalidad para la fauna silvestre	Mantener la funcionalidad ambiental en el área de incidencia del proyecto, de acuerdo con las condiciones de coberturas previas al inicio del proyecto.	Densidad (individuos ha^{-1}) y diversidad (número de especies), por asociación vegetal de acuerdo con trabajos de investigación en la región; Ferro-Díaz (2015). Superficie por afectar por tipo de asociación vegetal presente en la región de referencia; Ferro-Díaz (2015).
BE-11	Afectación a ejemplares de fauna silvestre de	• Medida de mitigación: Se implementará el Programa de ahuyentamiento, rescate, y reubicación de fauna silvestre, incluyendo de	Preservar especies de fauna silvestre	Mantener la diversidad y abundancia de	Flores-Villela et al (1991); Ceballos y Oliva (2005);

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
	especies en categoría de riesgo y relevancia ambiental	manera prioritaria, pero no exclusiva, a individuos de especies en alguna categoría de riesgo, de acuerdo con la lista de la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. De las 138 especies totales de fauna silvestre identificadas a nivel del SAR, solo 12 se encuentran en la lista de especies en categoría de riesgo de la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. De estas 12 especies, 10 se clasifican como especies sujetas a protección especial (Pr) y dos como especie amenazada (A). En el área del proyecto se identificaron cinco especies en categoría de riesgo. De estas cinco especies, solo el garrobo de roca (*Ctenosaura pectinata*) se clasifica como especie amenazada, y cuatro se clasifican como especies sujetas a protección especial (Pr): un anfibio (*Lithobates forreri*), dos reptiles (*Anolis subocularis e Iguana iguana*) y un ave (*Eupsittula canicularis*). Además, de las 74 especies totales identificadas en esta área, 70 se clasificaron como especies de preocupación menor (LC), según la lista roja de la UICN, una como especies casi amenazadas (NT), una más con datos deficientes (DD) y dos son especies no evaluadas (NE). • Medida de mitigación: Durante la etapa de construcción, la actividad de la maquinaria, vehículos y equipos automotores que generen la mayor intensidad sonora estará restringida entre las 10 pm y 6 am, para evitar afectaciones a individuos de especies nocturnas.	representativas y en categoría de riesgo.	especies de fauna silvestre presentes en la región, incluyendo aquellas catalogadas como especies en categoría de riesgo de manera prioritaria, que habitan en el SAR y área de incidencia del proyecto.	Ramírez-Pulido et al (2005). El procedimiento de monitoreo análisis de resultados y formatos de campo están descritos en FMCN et al. (2018). Especies e individuos por afectar en categoría de riesgo de acuerdo con el listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
		• Medida de prevención: Se construirán cercos de seguridad en zonas de mayor riesgo para evitar el acceso de mamíferos y reptiles a estas áreas. En el caso de especies de talla pequeña y que se desplazan por el suelo, se controlará la entrada mediante la instalación de cercos de configuración más cerrada. • Medida de prevención: Se implementarán pláticas de seguridad, salud y protección al medio ambientales con todos los trabajadores que laboren en el proyecto, incluyendo una sobre las medidas de protección a la fauna silvestre, la forma de proceder en caso de encontrar ejemplares en las áreas del proyecto, reforzando la prohibición de aprovechamiento, captura, venta y consumo de la fauna silvestre presente en las áreas de trabajo. • Medida de compensación: Se llevará a cabo un Programa de reforestación y revegetación con especies nativas, que implique una superficie equivalente a la que se solicita para CUSTF, en áreas degradas aledañas al trazo del proyecto. Las especies que formarán parte del programa serán seleccionadas del listado de especies de flora silvestre identificadas durante los muestreos de caracterización de la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, entre las cuales se incluirá al palo blanco (*Bravaisia integerrima*), que, si bien es una especie de amplia distribución, se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010.			
BE-12	Incremento del riesgo de	• Medida de mitigación: Previo al retiro de la vegetación, se implementará el Programa de	Individuos de fauna silvestre	Reducir el número de ejemplares	El procedimiento de monitoreo

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
	mortalidad de fauna silvestre por atropellamiento	ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre en toda la superficie de ocupación del proyecto. El rescate y la reubicación se enfocará especies de vertebrados de lento desplazamiento (anfibios, reptiles y mamíferos pequeños). En el caso de las aves solo se aplicarán actividades de ahuyentamiento cuando sea necesario, ya que se trata de especies de fácil y rápida movilidad. • Medida de mitigación: Se controlará la velocidad de circulación en las áreas de trabajo de la maquinaria y vehículos de carga y ligeros, estos deberán circular en caminos del proyecto a una velocidad máxima de 40 km h^{-1} para que puedan maniobrar en caso de encontrarse con ejemplares de fauna silvestre. • Medida de prevención: Estará prohibido colectar, comerciar, o dañar a las especies de flora y fauna silvestre, independientemente de que éstas se encuentren enlistadas o no, dentro de alguna categoría de protección.	atropellados en el área del proyecto	muertos por atropellamiento en los frentes de trabajo por actividades relacionadas con la ejecución del proyecto.	análisis y evaluación de resultados de acuerdo con lo descrito por Pacheco et al. (2021), Pozo-Montuy et al. (2021) y Sánchez-Acuña y Benítez (2021).
SC-4	Modificación de las cualidades estético - paisajísticas	• Medida de mitigación: Las obras quedarán restringidas a las superficies que han sido identificadas en el Capítulo II y evaluadas en materia de impacto ambiental y CUSTF en este estudio. • Medida de mitigación: Solo se realizarán excavaciones, cortes y construcción de obras en las áreas en las que se tiene proyectado realizar el desplante de obras. Por ningún motivo se afectarán sitios fuera de las áreas indicadas en el Capítulo II que funcionarían para el desplante de las obras del proyecto.	Cambios en las formas perceptivas (auditiva, olfativa y visual) en el área de incidencia.	Evaluar el cambio perceptivo del medio ambiente, considerando el aspecto visual, en el área de afectación directa del proyecto.	La forma de evaluación y análisis es el descrito por Muñoz-Pedrero (2004) y Priego et al. (2010).

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
		• Medida de compensación: Se llevará a cabo un Programa de reforestación y revegetación con especies nativas, que implique una superficie equivalente a la que se solicita para CUSTF, en áreas degradas aledañas al trazo del proyecto. Las especies que formarán parte del programa serán seleccionadas del listado de especies de flora silvestre identificadas durante los muestreos de caracterización de la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, entre las cuales se incluirá al palo blanco (*Bravaisia integerrima*), que, si bien es una especie de amplia distribución, se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010.			
SC-5	Impacto de la calidad de vida de los vecinos de las obras	Para mitigar la afectación a los pobladores que viven en áreas aledañas al proyecto, se efectuarán las siguientes actividades: • Medida de mitigación: Se implementarán las medidas ambientales para mitigar la contaminación del aire mencionadas en el impacto ambiental FQ-15. • Medida de mitigación: Para mitigar las afectaciones por la generación de ruido se implementarán las medidas ambientales indicadas en el impacto ambiental FQ-16. • Medida de compensación: Los empleos directos e indirectos que se generen serán cubiertos preferentemente con pobladores de las localidades vecinas, de acuerdo con sus capacidades, nivel de preparación y perfil del puesto buscado. • Medida de compensación: El personal que labore directa en la construcción de proyecto	Alteración del ritmo y calidad de vida en las localidades cercanas al área del proyecto.	Minimizar el grado de afectación a la población de las comunidades asentadas en la región del proyecto.	Los indicadores por seguir para evaluar la afectación serían dos: uno relacionado con la población afectada, que puede ser el número de pobladores afectados con respecto al total de la población; y, el segundo sería considerando la diversidad y magnitud de las formas mediante las cuales se

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
		recibirá capacitación de acuerdo con sus funciones, lo que implicará una mejora en el desempeño de sus actividades y superación en su puesto laboral.			afecta a la población.
Operación y mantenimiento					
FQ-22	Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire	• Medida de mitigación: Se asegurará que la maquinaria y vehículos utilizados en las actividades de supervisión y mantenimiento de la carretera no generen emisiones a la atmósfera superiores a los límites máximos permisibles en la normatividad oficial mexicana aplicable (NOM-041-SEMARNAT-2015 y NOM-045-SEMARNAT-2017). • Medida de prevención: Quedará prohibido la quema de cualquier tipo de residuos en las actividades de mantenimiento, esto incluye los residuos sólidos urbanos colectados en la vía como parte de las actividades de mantenimiento.	Contaminación ambiental de la calidad del aire.	Reducir las emisiones de agentes contaminantes por gases y partículas producto de la combustión de combustibles y operación de automotores.	Valores de referencia y procedimiento en : NOM-041-SEMARNAT-2015, NOM-043-SEMARNAT-1994, NOM-045-SEMARNAT-2017 y NOM-025-SSA1-2021.
FQ-23	Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido	• Medida de mitigación: Para mitigar la intensidad del ruido generado por la maquinaria y vehículos utilizados en las actividades de supervisión y mantenimiento de la vía, serán sometidos a un programa estricto de mantenimiento preventivo para evitar las fallas mecánicas. Además, se verificará que no se rebasen los límites máximos permisibles de emisión de ruido para vehículos automotores establecidos en la NOM-080-SEMARNAT-1994, los cuales son: 86 dB(A) para vehículos de hasta 3,000 kg de peso bruto; 92 dB(A) para vehículos con un peso bruto mayor de 3,000 kg y menor a 10,000 kg y, 99 dB(A) para vehículos	Contaminación ambiental por emisiones de ondas acústicas fuertes y molestas al oído.	Reducir las emisiones de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido.	Valores de referencia y procedimiento en: NOM-080-SEMARNAT-1994; NOM-081-SEMARNAT-1994; (WHO, 1999).

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
		automotores con peso bruto superior a los 10,000 kg. • Medida de mitigación: La maquinaria y vehículos deberán contar con silenciadores de escapes y sistemas de amortiguamiento de ruidos.			
FQ-24	Cambio en el comportamiento de factores climáticos	• Medida de mitigación: Las áreas a intervenir se limitarán a las áreas de desplante indicadas en el Capítulo II de esta MIA-R. Esto implica respetar la superficie que se sometería a cambio de uso de suelo y desplante de obras y realización de actividades que pueden generar cambios en factores climáticos como velocidad del viento, cambio puntual de temperatura, radiación solar y evapotranspiración. • Medida de compensación: Se llevará a cabo un Programa de reforestación y revegetación con especies nativas, que implique una superficie equivalente a la que se solicita para CUSTF, en áreas degradas aledañas al trazo del proyecto. Las especies que formarán parte del programa serán seleccionadas del listado de especies de flora silvestre identificadas durante los muestreos de caracterización de la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, entre las cuales se incluirá al palo blanco (*Bravaisia integerrima*), que, si bien es una especie de amplia distribución, se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010.	Variación local de factores climáticos	Reducir el área afectada por el cambio del comportamiento de los factores climáticos a verse afectados por el desarrollo del proyecto.	Monitoreo del comportamiento de los factores climáticos usando como base los valores promedio reportados para la región en la base de datos de la CONAGUA.
BE-13	Disminución del número de individuos de las	• Medida de mitigación: Las actividades de deshierbe y limpieza de la vía de comunicación	Preservación de especies de fauna silvestre	Mantener la diversidad y abundancia de	Flores-Villela et al (1991); Ceballos y Oliva (2005);

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
	especies de fauna silvestre	se limitará al ancho del derecho de vía. Por ningún motivo se realizarán afectaciones a la vegetación fuera del área delimitada. • Medida de prevención: Se hará del conocimiento de todos los trabajadores, directos e indirectos, sobre las medidas de protección a la fauna silvestre, la forma de proceder en caso de encontrar ejemplares en las áreas del proyecto y se remarcará la prohibición sobre su aprovechamiento, captura, y venta. • Medida de compensación: Se llevará a cabo un Programa de reforestación y revegetación con especies nativas, que implique una superficie equivalente a la que se solicita para CUSTF, en áreas degradas aledañas al trazo del proyecto. Las especies que formarán parte del programa serán seleccionadas del listado de especies de flora silvestre identificadas durante los muestreos de caracterización de la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, entre las cuales se incluirá al palo blanco (*Bravaisia integerrima*), que, si bien es una especie de amplia distribución, se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010.	representativas y en categoría de riesgo.	especies de fauna silvestre presentes en la región, incluyendo aquellas catalogadas como especies en categoría de riesgo de manera prioritaria, que habitan en el SAR y área de incidencia del proyecto.	Ramírez-Pulido et al. (2005). El procedimiento de monitoreo análisis de resultados y formatos de campo están descritos en FMCN et al. (2018). Especies e individuos por afectar en categoría de riesgo de acuerdo con el listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010.
BE-14	Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre		Afectación de áreas con funcionalidad para la fauna silvestre	Mantener la funcionalidad ambiental en el área de incidencia del proyecto, de acuerdo con las condiciones de coberturas previas al inicio del proyecto.	Densidad (individuos ha^{-1}) y diversidad (número de especies), por asociación vegetal de acuerdo con trabajos de investigación en la región; Ferro-Díaz (2015). Superficie por afectar por tipo de

Código	Impacto ambiental	Medida ambiental	Indicador de impacto		
			Nombre	Objetivo	Cálculo
					asociación vegetal presente en la región de referencia; Ferro-Díaz (2015).
BE-15	Incremento del riesgo de mortalidad de fauna silvestre por atropellamiento	• Medida de mitigación: Los cinco puentes y las 16 obras de drenaje menor, entre ellas 12 losas de concreto, serán acondicionadas para funcionar como pasos de fauna. Al tratarse de cuerpos de agua intermitentes o con una significativa reducción de su caudal durante la época de secas, se favorece su funcionalidad para que la fauna silvestre los use como pasos. • Medida de mitigación: Se realizarán monitoreos sobre los individuos, especies y áreas con mayor incidencia de atropellamiento y, con base en dicho análisis se determinará si es necesario realizar alguna modificación en los pasos de fauna, la cual puede ir desde cercados inductivos hasta el acondicionamiento interior de las obras para favorecer su uso.	Individuos de fauna silvestre atropellados en el área del proyecto	Reducir el número de ejemplares muertos por atropellamiento en los frentes de trabajo por actividades relacionadas con la ejecución del proyecto.	El procedimiento de monitoreo análisis y evaluación de resultados de acuerdo con lo descrito por Pacheco et al. (2021), Pozo-Montuy et al. (2021) y Sánchez-Acuña y Benítez (2021).

VI.2 PROGRAMA DE MANEJO, VIGILANCIA Y MONITOREO AMBIENTAL

La eficiencia en la implementación de las medidas ambientales para la prevención y mitigación de impactos ocasionados por las obras y actividades que comprenden un proyecto determinado se puede evaluar mediante el seguimiento a los indicadores ambientales seleccionados para tal efecto. Este es un proceso que inicia desde la misma etapa de planeación y diseño del proyecto, tomando en cuenta sus componentes y efectos, así como la línea base ambiental, social y económica de la región en la que se inserta. Una vez identificadas las obras y actividades planeadas y que actuarían sobre los factores y subfactores ambientales, se identifican los impactos ambientales potenciales a generarse por su ejecución y se seleccionan las medidas ambientales aplicables.

Dicho proceso continua posteriormente, una vez autorizado el proyecto, durante su ejecución, con la implementación y seguimiento de las medidas ambientales, medición, registro y análisis de los resultados obtenidos en el monitoreo de los indicadores seleccionados (Figura VI-1).

La primera etapa del proceso de la evaluación de los resultados obtenidos en la prevención y mitigación de impactos ambientales se trata de una etapa de definición en la que, tomando en cuenta la condición ambiental de los factores / subfactores ambientales, se seleccionan los indicadores para evaluar el impacto de las obras y actividades. La segunda etapa del proceso es activa, ya que es cuando se lleva a cabo la implementación del proyecto, en los términos y condiciones autorizado, implicando la ejecución de las medidas propuestas y condicionantes impuestas por la autoridad.

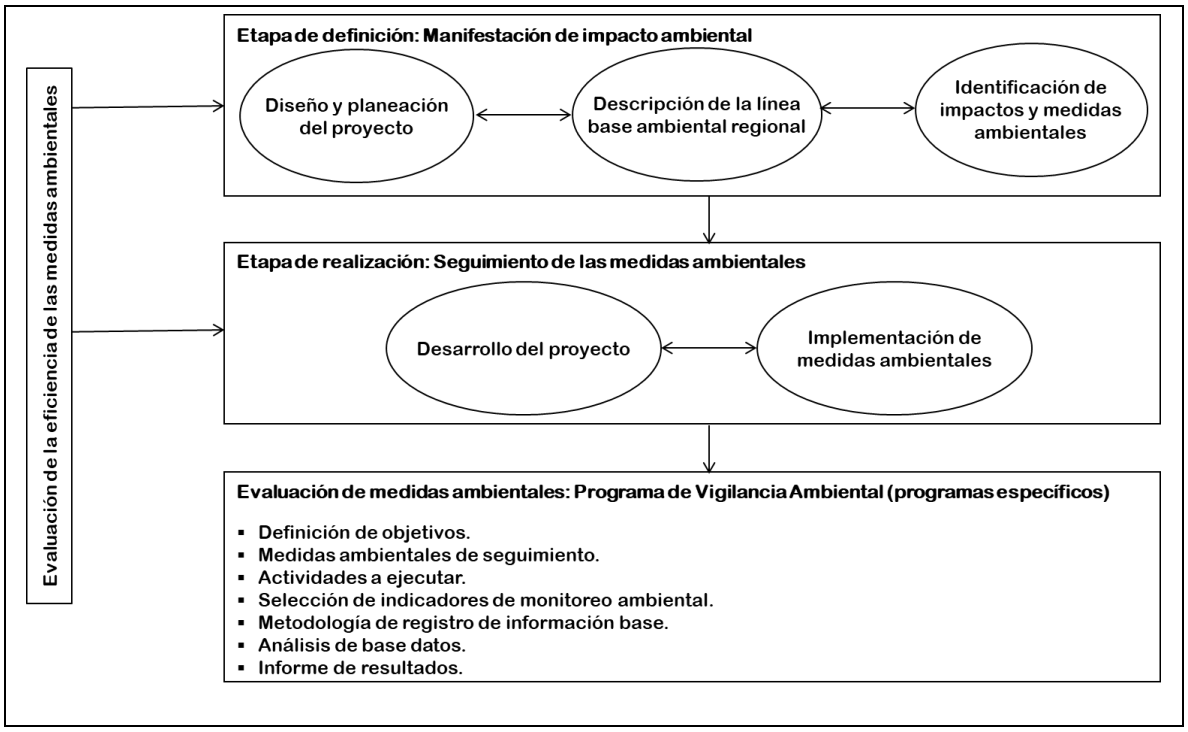


Figura VI-1. Diagrama de proceso de evaluación de la eficiencia de las medidas ambientales de proyectos en desarrollo.

La implementación de las medidas ambientales, su seguimiento, evaluación y análisis de los resultados obtenidos, se facilita cuando se agrupan de acuerdo con el tipo de impacto y factor ambiental a los cuales van dirigidas. En este contexto, la implementación de las medidas ambientales que atienden a los impactos adversos de mayor significancia suele agruparse en Programas específicos en los que se informan sus objetivos, las medidas ambientales a las que se les dará seguimiento, las actividades a ejecutar, los indicadores de monitoreo ambiental, los métodos de toma, registro y análisis de datos, así como la presentación de los resultados obtenidos. Tanto los Programas específicos, como las medidas generales propuestas para el control, verificación y mitigación de los impactos negativos de menor significancia, conforman el Programa de Manejo, Vigilancia y Monitoreo Ambiental (PMVMA).

Todo PMVMA tiene por objetivo establecer los lineamientos para garantizar la ejecución y seguimiento de las medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales propuestas en los estudios de impacto ambiental sometidos al procedimiento de evaluación en la materia. En este caso específico, se habla de las medidas ambientales propuestas anteriormente.

En este apartado se describe el PMVMA, a través del cual se dará seguimiento a las actuaciones, indicando la frecuencia y tipo de los informes que habrán de mostrar los alcances y eficacia de las medidas adoptadas e implementadas.

El PMVMA tiene los siguientes objetivos:

- Definir una estrategia para la implementación del conjunto de medidas de mitigación propuestas, incluyendo las que habrán de organizare a manera de Programas ambientales específicos.
- Asegurar y documentar su ejecución.
- Verificar estándares de calidad de los insumos.
- Comprobar la eficiencia y eficacia de las medidas establecidas durante su ejecución.
- Detectar en momentos tempranos, impactos ambientales adversos no previstos.
- Establecer límites en los casos que sea aplicable, los niveles o límites que definan cuando se requieran acciones emergentes de modificación, corrección o compensación a las acciones realizadas para evitar la afectación ambiental.
- Generar formatos para verificar los impactos ambientales potenciales analizados en este estudio, así como de las condicionantes que la autoridad establezca por su desarrollo, de ser el caso, a fin de corroborar la validez del modelo y ecuación utilizados.

El PMVMA parte de criterios y lineamientos ambientales básicos para el control de las obras y actividades que implican la ejecución del proyecto, entre los que destacan las siguientes medidas, de manera enunciativa, más no limitativa:

- El derecho de vía deberá estar limpio y ordenado en todo momento.
- Se controlará y evitará la dispersión de residuos sólidos urbanos, la disposición incorrecta de los residuos de manejo especial y se pondrá énfasis en el manejo, disposición temporal y final de los residuos peligrosos generados en las diferentes áreas activas del proyecto. Se tendrá como premisa que éstos no deberán ser mezclados entre ellos y se implementarán los medios necesarios para hacer del conocimiento de los trabajadores la forma correcta de su manejo, disposición y reutilización.
- Se implementará la política de disminuir la generación de residuos, como los plásticos de un solo uso. Se reutilizarán y reciclarán todos los elementos que se puedan reutilizar o reciclar las veces que sea posible, antes de disponerlos definitivamente como material residual.
- No se permitirá hacer fogatas ni incinerar residuos.
- Se tendrá una programación de la aplicación de riegos para prevenir la generación de polvos, con base en los frentes de trabajo activos, intensidad de trabajo y humedad del suelo.
- Toda actividad del personal, maquinaria y equipos se realizará dentro del derecho de vía para evitar la afectación de áreas aledañas.
- Las instalaciones de apoyo deberán ubicarse dentro del derecho de vía y en superficies desprovistas de vegetación, a fin de proteger el suelo, sus propiedades y la cubierta vegetal.
- Para evitar la emisión de gases a la atmosfera y la generación de ruido por parte de la maquinaria y vehículos, se implementará un estricto programa preventivo de mantenimiento. El cambio de aceite y filtros de la maquinaria deberá hacerse en talleres de mantenimiento de vehículos y maquinaria pesada existentes en las localidades aledañas al trazo. Si fuese necesario

cambiar el aceite en la obra por casos de emergencia (accidentes), el suelo se protegerá contra fugas y derrames de hidrocarburos, siguiendo el protocolo establecido para esta actividad.

- Se instalarán baños portátiles para el uso de los trabajadores de los frentes de trabajo activos para evitar el fecalismo al aire libre y la contaminación del suelo, cuerpos de agua, aire y prevenir afectaciones a la salud de los trabajadores. Para ello, se utilizará una proporción de una letrina por cada 20 trabajadores o una letrina cada 200 m.
- En todo momento, los trabajadores tendrán prohibido capturar, cazar o dañar la fauna silvestre y extraer flora silvestre para su uso o comercialización.
- El agua de escorrentía (agua de lluvia) en las construcciones dentro del derecho de vía será conducida a través de obras de drenaje. Éstas conducirán las avenidas pluviales hacia los escurrimientos naturales adyacentes, para reducir la afectación al patrón de drenaje superficial.
- Lo vehículos de carga y del personal técnico deberán circular en la terracería a una velocidad máxima de 40 km h^{-1}, para con ello, reducir los niveles de ruido, las emisiones de partículas contaminantes al medio ambiente y el riesgo de atropellamiento de la fauna silvestre.
- Las medidas ambientales propuestas en la Tabla VI-1 serán implementadas complementándolas con las condicionantes y medidas establecidas como parte del proceso de evaluación en materia de impacto ambiental realizado por la autoridad ambiental.

Los resultados de la implementación del PMVMA serán informados de acuerdo con la periodicidad que la autoridad considere pertinente.

Con la finalidad de simplificar la implementación, seguimiento y presentación de resultados obtenidos de la ejecución del PMVMA, se han agrupado las distintas medidas ambientales descritas en la Tabla VI-1 en estrategias de acción, en función de los atributos ambientales a los que atienden.

Las estrategias de acción que conforman al PMVMA, involucran el seguimiento de las medidas ambientales propuestas para los impactos ambientales adversos identificados. Además de abarcar las medidas ambientales para darle seguimiento a los impactos ambientales asociados a los componentes bióticos y abióticos del medio ambiente, también se consideran estrategias para darle seguimiento a temas relacionados con aspectos técnicos operativos propios de la actividad, seguridad y salud laboral, capacitación y la supervisión ambiental para el seguimiento a la implementación y evaluación de resultados.

En la Tabla VI-2 se presentan las estrategias de acción que conforman al PMVMA propuesto, así como los objetivos de su implementación.

Tabla VI-2. Estrategias de acción que constituyen el PMVMA como parte de la implementación de las medidas ambientales para el desarrollo del proyecto.

Estrategia de acción	Objetivo
Gestión de suelo	• Promover las actividades que garanticen la preservación de la capa edáfica, así como aquellas que prevengan y mitiguen los procesos de degradación y estabilidad del suelo en las áreas libres de afectación del proyecto. • Rescatar, almacenar y reutilizar el suelo de los perfiles orgánico y aluvial con la finalidad de conservar los nutrientes y microrganismos degradadores de la materia orgánica del suelo, previo a la pérdida del suelo por las actividades del proyecto. • Mitigar la pérdida hídrica y eólica del suelo en el área del proyecto. • Dar seguimiento a las medidas ambientales para prevenir y mitigar la degradación química y biológica del suelo, de sus propiedades físicas y de la estabilidad del componente por efecto del proyecto. • Definir e implementar los mecanismos de evaluación y seguimiento para determinar la eficiencia de las medidas ambientales implementadas para la prevención, mitigación y compensación de los impactos ambientales a este factor ambiental.
Gestión atmosférica	• Garantizar que la ejecución del proyecto implemente las medidas ambientales para mantener la afectación a la calidad del aire dentro de los términos permisibles por la legislación ambiental. • Prevenir y mitigar la generación y dispersión de partículas contaminantes en el aire. • Regular la intensidad de las emisiones sonoras en las actividades relacionadas con el desarrollo del proyecto.

Estrategia de acción	Objetivo
	• Definir e implementar los mecanismos de evaluación y seguimiento para determinar la eficiencia de las medidas ambientales implementadas para la prevención, mitigación y compensación de los impactos ambientales a este factor ambiental.
Gestión hídrica	Dada la importancia que tiene el recurso hídrico en el contexto del proyecto, los lineamientos y las distintas medidas de mitigación que habrán de implementarse han sido estructuradas en el Programa de conservación y protección a los componentes hídricos, cuyos objetivos se mencionan a continuación. • Establecer e implementar los mecanismos para garantizar la conservación y protección del recurso hídrico derivado de las actividades del proyecto en beneficio del ecosistema y de las localidades asentadas dentro del sistema ambiental regional. • Evitar la interrupción y mantener la recarga de cuerpos de aguas durante el desarrollo del proyecto. • Implementar las medidas ambientales tendientes a evitar la contaminación de los cuerpos de agua superficiales, demostrando la eficiencia en la conservación y protección del componente ambiental. • Definir e implementar los mecanismos de evaluación y seguimiento para determinar la eficiencia de las medidas ambientales implementadas para la prevención, mitigación y compensación de los impactos ambientales a este factor ambiental.
Gestión de residuos	• Prevenir y mitigar la contaminación ambiental y degradación química y biológica del suelo por la acumulación de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos que se generen por el desarrollo del proyecto. • Promover la prevención de la generación, valorización, reciclaje y manejo integral de los residuos peligrosos, de manejo especial y sólidos urbanos que se generen como resultado del desarrollo del proyecto. • Establecer las modalidades de manejo integral según el tipo de residuos generados. • Definir esquemas de manejo donde se promueva la responsabilidad de la generación de residuos, su disminución, clasificación y reciclado.
Flora silvestre	Dada la importancia que tiene la conservación de las especies de flora silvestre que se distribuye en las superficies de afectación previstas por la modernización de la carretera, y el mantenimiento de la cobertura forestal más allá de las superficies solicitadas para CUSTF, los lineamientos y las distintas medidas de mitigación y compensación que habrán de implementarse, han sido estructuradas en el Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre y en el Programa de reforestación y revegetación con especies nativas, cuyos objetivos generales se mencionan a continuación. • Prevenir, mitigar y compensar las afectaciones y el deterioro de la cobertura vegetal, y sus variables descriptivas, producto de las actividades del proyecto. • Establecer e implementar estrategias para evitar el deterioro y restauración de la cobertura vegetal a conservar o restaurar.

Estrategia de acción	Objetivo
	• Supervisar y documentar los procesos de rescate, manejo y reubicación de los individuos de flora silvestre rescatados y trasplantados. • Seleccionar las especies de flora silvestre a utilizar en las actividades de reforestación de áreas degradas. • Definir e implementar los mecanismos de evaluación y seguimiento para determinar la eficiencia de las medidas ambientales implementadas para la prevención, mitigación y compensación de los impactos ambientales a este factor ambiental.
Fauna silvestre	Dada la importancia que tiene la conservación de la fauna silvestre que se distribuye en las superficies de afectación previstas por la modernización de la carretera, los lineamientos y las distintas medidas de mitigación que habrán de implementarse han sido estructuradas en el Programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre, cuyos objetivos generales se mencionan a continuación. • Establecer las prácticas más adecuadas para la conservación y protección de la fauna silvestre que se pudiera ver afectada por el desarrollo del proyecto. • Establecer las prácticas más adecuadas para el ahuyentamiento de la fauna silvestre de manera temporal del área de influencia del proyecto. • Detallar las técnicas de captura y traslado seguros para cada una de las especies de fauna. • Identificar áreas libres de afectación y con condiciones propicias para la liberación de los individuos rescatados. • Definir e implementar los mecanismos de evaluación y seguimiento para determinar la eficiencia de las medidas ambientales implementadas para la prevención, mitigación y compensación de los impactos ambientales a este factor ambiental.
Respuesta a emergencias	• Brindar los elementos necesarios para prevenir, mitigar y/o compensar las afectaciones que se pueden ocasionar al medio ambiente y a la sociedad, así como el de prevenir los riesgos a los que se exponen los trabajadores, derivado de las actividades que implican la ejecución del proyecto. • Elaborar, difundir e implementar las acciones de atención a las contingencias ambientales, a través de los canales habilitados en la estructura jerárquica, de manera preventiva ante su posible existencia. • Elaborar, difundir e implementar, a través de los canales habilitados en la estructura jerárquica, las acciones para la prevención de accidentes en las áreas de trabajo para salvaguardar la integridad física de los trabajadores operativos y del personal administrativo que laboran en el desarrollo del proyecto. • Establecer los procedimientos para la prevención y atención de derrames de sustancias químicas, materiales contaminados, incendios, derrumbes, así como de otras contingencias para prevenir y mitigar los impactos ambientales.

Estrategia de acción	Objetivo
Seguridad y educación ambiental	• Implementar programas de capacitación, entrenamiento y concientización en el personal sobre las obligaciones y responsabilidades inherentes a la protección y conservación ambiental y el entorno que condiciona las circunstancias de vida y salud de las personas y de la sociedad. • Definir el programa de capacitación del personal en temas de seguridad y salud laboral y protección ambiental. • Establecer las estrategias para la implementación, seguimiento y evaluación de las medidas ambientales propuestas para prevenir, mitigar y compensar los impactos ambientales potenciales a generarse por el desarrollo del proyecto.
Restauración de áreas afectadas	• Identificar las acciones a implementar, describirlas y fijar las metas esperadas que garanticen la restauración de las áreas que fueron afectadas por el desarrollo del proyecto. • Definir las acciones que se tienen que llevar a cabo en los sitios afectados para lograr una restauración exitosa, tomando como base su funcionalidad ambiental. • Establecer las componentes ambientales y las variables a monitorear, así como los indicadores que ayuden en la toma de decisiones para determinar el grado de recuperación ambiental de las áreas afectadas sometidas a restauración.

Las estrategias de acción, incluyendo como parte de ellas, la implementación de programas ambientales específicos para los atributos del ambiente con mayor susceptibilidad de afectación por el desarrollo del proyecto, se proponen con el objetivo de que la integración ambiental del proyecto autorizado se realice bajo términos de referencia que permitan, por una parte, el seguimiento de su cumplimiento y, adicionalmente, medir el desempeño del proyecto con un enfoque integral. Como resultado de la ejecución, seguimiento y análisis de las estrategias previstas en el PMVMA y sus programas específicos, se podrán definir nuevas actividades que, de ser necesario, mejoren el modelo de vigilancia, si así lo indica el análisis realizado a los indicadores establecidos.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de las distintas estrategias de acción previstas para mitigar los impactos asociados al desarrollo del proyecto.

Tabla VI-3. Estrategias de acción dentro del Programa de Manejo, Vigilancia y Monitoreo Ambiental.

Estrategia	Objetivo	Obra / Actividad generadora	Impactos ambientales que agrupa	Principales técnicas	Indicadores de desempeño	Periodicidad del informe
Gestión de suelo	Objetivo general: • Promover las actividades que garanticen la preservación de la capa edáfica, así como aquellas que prevengan y mitiguen los procesos de degradación y estabilidad del suelo en las áreas libres de afectación del proyecto. Objetivos particulares: • Rescatar, almacenar y reutilizar el suelo de los perfiles orgánico y aluvial con la finalidad de conservar los nutrientes y microrganismos degradadores de la materia orgánica del suelo, previo a la pérdida del suelo por las actividades del proyecto. • Mitigar la pérdida hídrica y eólica del suelo en el área del proyecto. • Dar seguimiento a las medidas ambientales para prevenir y mitigar la degradación química y biológica del suelo, de sus propiedades físicas y de la estabilidad del componente por efecto del proyecto. • Definir e implementar los mecanismos de evaluación y seguimiento para determinar la eficiencia de las medidas ambientales implementadas para la prevención, mitigación y compensación de los impactos ambientales a este factor ambiental.	• Levantamiento de la carpeta asfáltica en superficies de modernización. • Demolición de obra civil. • Despalme, nivelación y compactación de las áreas previstas para el desplante de infraestructura. • Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores. • Mantenimiento de maquinaria y equipos. • Manejo de hidrocarburos. • Excavaciones / cimentaciones. • Corte y perfilado de terreno. • Conformación de terraplenes y compactación para subrasante. • Colocación de base hidráulica. • Construcción / instalación de infraestructura. • Riego de liga e impregnación y colocación de carpeta asfáltica. • Instalación de señalizaciones.	• Cambio en la conformación topográfica natural del terreno y de patrones de sedimentación de sustratos. • Pérdida de horizontes del suelo en áreas del desplante. • Afectación de las propiedades físicas del suelo (permeabilidad). • Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo. • Modificación de las cualidades estético – paisajísticas.	• Identificar las áreas por afectar que sean susceptibles para el rescate de suelo, es decir, aquellas que cuenten con horizontes orgánico y/o aluvial con características y propiedades físicas, químicas y biológicas naturales del suelo que amerite ser rescatado. • Preparar el sitio de almacenamiento temporal de suelo rescatado. • Definir la metodología para el rescate y transporte de suelo. • Seleccionar las áreas para la reutilización del suelo rescatado. • Identificar las áreas susceptibles de pérdida de suelo hídrica y eólica. • Definir las prácticas a implementar para mitigar la pérdida de suelo según el área y los procesos de degradación de suelo.	• Superficie con rescate de suelo con respecto a la superficie total a afectar. • Volumen de suelo rescatado con relación a la superficie total sometida a rescate. • Volumen de suelo reutilizado con respecto al volumen total rescatado. • Área sujeta a procesos de erosión hídrica y eólica respecto a la superficie total del área del proyecto. • Área protegida contra procesos de pérdida de suelo con respecto a la superficie sujeta expuesta a procesos erosivos.	Semestral, considerando que es una actividad que se tiene que realizar como parte de la preparación del sitio, y los procesos erosivos dependen al régimen de lluvias.

Estrategia	Objetivo	Obra / Actividad generadora	Impactos ambientales que agrupa	Principales técnicas	Indicadores de desempeño	Periodicidad del informe
Gestión atmosférica	Objetivo general: • Garantizar que la ejecución del proyecto implemente las medidas ambientales para mantener la afectación a la calidad del aire dentro de los términos permisibles por la legislación ambiental. Objetivos particulares • Prevenir y mitigar la generación y dispersión de partículas contaminantes en el aire. • Regular la intensidad de las emisiones sonoras en las actividades relacionadas con el desarrollo del proyecto. • Definir e implementar los mecanismos de evaluación y seguimiento para determinar la eficiencia de las medidas ambientales implementadas para la prevención, mitigación y compensación de los impactos ambientales a este factor ambiental.	• Despalme, nivelación y compactación de las áreas previstas para el desplante de infraestructura. • Operación de vehículos, maquinaria y equipos automotores. • Excavaciones / cimentaciones. • Habilitación del área de desplante. • Corte y perfilado de terreno. • Conformación de terraplenes y compactación para subrasante. • Colocación de base hidráulica. • Flujo vehicular. • Mantenimiento de carpeta asfáltica y señalización.	• Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire. • Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido. • Impacto en la calidad de vida de los vecinos de las obras. • Cambio en el comportamiento de factores climáticos.	• Se llevará un control de la maquinaria, vehículos y equipos automotores que laboren en el desarrollo del proyecto para controlar el mantenimiento al que se someten y conocer su estado operativo. • Número, tiempo de operación, ubicación e intensidad de las emisiones de las ondas sonoras de los agentes generadores de ruido operando. • Realización de monitoreos aleatorios en las inmediaciones del trazo del proyecto y en los poblados más cercanos para conocer las emisiones e intensidad de ruido que se genera en los sitios de trabajo.	• El indicador para la calidad del aire está definido por los límites máximos permisibles en la normatividad oficial mexicana aplicable, en este caso las NOM-022-SSA1-2019, NOM-023-SSA1-2021, NOM-025-SSA1-2021, NOM-041-SEMARNAT-2015 y NOM-045-SEMARNAT-2017, para el caso de emisiones de gases contaminantes provenientes de escapes. • El indicador para la emisión de ruido está definido por los límites máximos permisibles de emisión de ruido para vehículos automotores establecidos en la NOM-080-SEMARNAT-1994, los cuales son: 86 dB(A) para vehículos de hasta 3,000 kg de peso bruto; 92 dB(A) para vehículos con un peso bruto mayor de 3,000 kg y menor a 10,000 kg y, 99 dB(A).	El mantenimiento de la maquinaria y vehículos pesados será acorde las especificaciones técnicas de fábrica, generalmente no más de seis meses entre mantenimiento. Las mediciones de las emisiones de ondas acústicas se medirán semestralmente.

Estrategia	Objetivo	Obra / Actividad generadora	Impactos ambientales que agrupa	Principales técnicas	Indicadores de desempeño	Periodicidad del informe
Gestión hídrica	Objetivo general: • Implementar el Programa de conservación y protección a los componentes hídricos, para garantizar la conservación y protección de este recurso en el contexto del desarrollo del proyecto, en beneficio del ecosistema y de las localidades asentadas dentro del Sistema Ambiental Regional. Objetivos particulares: • Evitar la interrupción y mantener la recarga de cuerpos de aguas durante el desarrollo del proyecto. • Implementar las medidas ambientales tendientes a evitar la contaminación de los cuerpos de agua superficiales, demostrando la eficiencia en la conservación y protección del componente ambiental. • Establecer las medidas eficientes para reducir la huella hídrica sin afectar la funcionalidad, eficiencia y operatividad del proyecto. • Definir e implementar los mecanismos de evaluación y seguimiento para determinar la eficiencia de las medidas ambientales implementadas para la prevención, mitigación y compensación de los impactos ambientales a este factor ambiental.	• Deshierbe y desmonte. • Levantamiento carpeta asfáltica en área de modernización. • Demolición de obras por modernizar. • Despalme, nivelación y compactación. • Corte y perfilado de terreno. • Conformación de terraplenes y compactación para subrasante. • Colocación de base hidráulica. • Riego de liga e impregnación y colocación de carpeta asfáltica. • Excavaciones / cimentaciones. • Habilitación del área de desplante. • Construcción / instalación de infraestructura. • Manejo y uso de hidrocarburos. • Mantenimiento de obras de drenaje (B).	• Consumo de agua autorizada para explotación. • Alteración de la composición fisicoquímica y/o bacteriológica en el agua superficial. • Cambio en los flujos y movimientos de agua superficiales. • Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático. • Impacto en la calidad de vida de los vecinos de las obras.	• Monitorear la demanda de agua e identificar las áreas de oportunidad para reducir su consumo. • Identificar los sitios de corrientes y escorrentías naturales por verse afectados. • Definir los tipos de obras de drenaje por construir y su mantenimiento de acuerdo con las características de los flujos por afectar. • Identificar las potenciales fuentes contaminantes del agua superficial e implementar las medidas ambientales para prevenir o mitigar el impacto.	• Volumen de agua consumida por periodo de evaluación. • Relación de sitios de flujos superficiales identificados y número de obras de drenaje construidas. • Eficiencia operativa de las obras de drenaje construidas. • NOM-127-SSA1-2021, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamiento a que debe someterse el agua para su potabilización. •	Anual, tomando en cuenta que la funcionalidad de las obras de drenaje solo se puede evaluar durante la época de lluvias, la huella hídrica debe comprender un ciclo productivo.

Estrategia	Objetivo	Obra / Actividad generadora	Impactos ambientales que agrupa	Principales técnicas	Indicadores de desempeño	Periodicidad del informe
Gestión de residuos	Objetivo general: • Prevenir y mitigar la contaminación ambiental y degradación química y biológica del suelo por la acumulación de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos que se generen por el desarrollo del proyecto. Objetivos particulares: • Promover la prevención de la generación, valorización, reciclaje y manejo integral de los residuos peligrosos, de manejo especial y sólidos urbanos que se generen como resultado del desarrollo del proyecto. • Establecer las modalidades de manejo integral según el tipo de residuos generados. • Definir esquemas de manejo donde se promueva la responsabilidad de la generación de residuos, su disminución, clasificación y reciclado.	• Levantamiento carpeta asfáltica en área de modernización. • Demolición de obras por modernizar. • Despalme, nivelación y compactación de áreas de desplante. • Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores. • Mantenimiento de maquinaria y equipos. • Manejo de hidrocarburos. • Excavaciones / cimentaciones. • Habilitación del área de desplante. • Corte y perfilado de terreno. • Conformación de terraplenes y compactación para subrasante. • Colocación de base hidráulica. • Construcción / instalación de infraestructura. • Riego de liga e impregnación y colocación de carpeta asfáltica. • Instalación de señalizaciones.	• Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo. • Alteración de la composición fisicoquímica y/o bacteriológica en el agua superficial. • Impacto en la calidad de vida de los vecinos de las obras.	• Diagnósticos de fuentes generadoras. • Definición de estrategias para prevenir la generación de residuos. • Identificación y separación de los residuos generados de acuerdo con el tipo de residuo que se trate. • Establecimiento de procesos para el manejo integral de residuos por fuentes generadoras y tipos de residuos. • Apertura para el registro de información de la bitácora sobre la generación y manejo de residuos. • Identificación de oportunidades para incorporación de procesos relacionados con economía circular que permitan transformar residuos en materia prima para procesos productivos.	Perevochtchikova (2013), refirió que el indicador ambiental para la evaluación del impacto de los residuos, tanto de los que denomina como industriales como de los orgánicos, es su producción (m^3), así como su reciclaje (proporción del volumen que es generado que es reciclado, %). En este caso el volumen de residuos sólidos se considera que será el indicador principal, sin embargo, no se puede usar el reciclaje como un indicador a evaluar ya que en el área del proyecto solo se realizará la separación primaria, siendo en el siguiente paso, fuera del área del proyecto, donde se realiza la separación final de los residuos para reciclaje. Bajo esta aclaración, los indicadores para evaluar esta variable son: • Producción: Volumen (m^3) o cantidad (kg) de residuos sólidos urbanos generados por tipo con respecto al volumen o cantidad total. • Instalación de kit de contenedores: Relación de frentes de trabajo operando y frentes de trabajo que cuentan con contenedores para la disposición de residuos. • Superficie contaminada por dispersión, derrames y fugas de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos, o volumen de suelo contaminado rescatado. • El indicador numérico y procedimiento por seguir está determinado por las unidades de superficie afectadas y la producción indicada.	Anual, considerando el periodo de presentación de la Cédula de Operación Anual (COA), así como la Licencia Única de Operación (LAU).

Estrategia	Objetivo	Obra / Actividad generadora	Impactos ambientales que agrupa	Principales técnicas	Indicadores de desempeño	Periodicidad del informe
Flora silvestre	Objetivo general: • Implementar el Programa de rescate y reubicación de flora silvestre para prevenir y mitigar la afectación de individuos que se distribuyan dentro de las superficies solicitadas para CUSTF, así como implementar el Programa de reforestación y revegetación con especies nativas, para compensar la disminución de la cobertura vegetal, producto de las actividades del proyecto. Objetivos particulares: • Establecer e implementar estrategias para evitar el deterioro y restauración de la cobertura vegetal a conservar o restaurar. • Supervisar y documentar los procesos de rescate, manejo y reubicación de los individuos de flora silvestre rescatados y trasplantados. • Seleccionar las especies de flora silvestre a utilizar en las actividades de reforestación de áreas degradas. • Definir e implementar los mecanismos de evaluación y seguimiento para determinar la eficiencia de las medidas ambientales implementadas para la prevención, mitigación y compensación de los impactos ambientales a este factor ambiental.	• Delimitación de las áreas de obras. • Deshierbe y desmonte de las áreas de obras.	• Cambio en la abundancia de individuos de especies de flora silvestre. • Modificación de la superficie y distribución de la cobertura y tipo de vegetación. • Afectación a ejemplares de flora y fauna silvestre de especies en categoría de riesgo y de relevancia ambiental. • Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre. • Reducción de áreas usadas como refugio, alimentación y reproducción de fauna silvestre. • Modificación de las cualidades estético – paisajísticas. • Cambio en el comportamiento de factores climáticos.	• Recorridos previos en las áreas de desplante de obras o afectación para la identificación de los ejemplares susceptibles a ser rescatados y reubicados. • Instalación y operación del área temporal acondicionada para el cuidado de los ejemplares rescatados. • Banqueo individual de las especies identificadas. • Uso de técnicas convencionales a pico y pala. • Traslado de los organismos rescatados al área temporal para su cuidado hasta la reubicación de los ejemplares rescatados. • Ubicación de sitios para reforestar con los ejemplares rescatados y de las especies seleccionadas para formar parte de las actividades de reforestación. • Cuidado de los ejemplares reubicados y sembrados hasta su establecimiento.	• Superficie por afectar por tipo de asociación vegetal presente en el trazo. • Especies e individuos por afectar en categoría de riesgo. • Densidad (individuos ha^{-1}) y diversidad (número de especies), por asociación vegetal por afectar por el desarrollo del proyecto. • El indicador definido es la supervivencia de individuos trasplantados o su reemplazo, el cual no deberá ser menor al 85%.	Un año después del trasplante, verificando de manera directa el estado que guarda la reubicación. Entre los datos levantados en campo destacan los siguientes: supervivencia (%), crecimiento en altura (cm), crecimiento en diámetro (cm) y estado sanitario (descriptivo).

Estrategia	Objetivo	Obra / Actividad generadora	Impactos ambientales que agrupa	Principales técnicas	Indicadores de desempeño	Periodicidad del informe
Fauna silvestre	Objetivo general: • Implementar el Programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre para prevenir y mitigar la afectación de individuos que se distribuyen en las superficies de afectación previstas por el proyecto de modernización de la carretera. Objetivos particulares: • Establecer las prácticas más adecuadas para el ahuyentamiento de la fauna silvestre de manera temporal del área de influencia del proyecto. • Detallar las técnicas de captura y traslado seguros para cada una de las especies de fauna. • Identificar áreas libres de afectación y con condiciones propicias para la liberación de los individuos rescatados. • Definir e implementar los mecanismos de evaluación y seguimiento para determinar la eficiencia de las medidas ambientales implementadas para la prevención, mitigación y compensación de los impactos ambientales a este factor ambiental.	• Delimitación de las áreas de obras. • Deshierbe y desmonte de las áreas de obras. • Despalme, nivelación y compactación de áreas de desplante. • Operación de maquinaria y vehículos. • Corte y perfilado de terreno. • Conformación de terraplenes y compactación para subrasante. • Colocación de base hidráulica. • Riego de liga e impregnación y colocación de carpeta asfáltica. • Excavaciones / cimentaciones. • Habilitación del área de desplante. • Construcción / instalación de infraestructura.	• Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre. • Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre. • Reducción de áreas usadas como refugio, alimentación y reproducción de fauna silvestre. • Riesgo de atropellamiento de fauna silvestre. • Afectación a ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo y relevancia ambiental.	• Recorridos por los frentes de trabajo para el ahuyentamiento y rescate de especies que se pudieran encontrar. • Reubicación de especies en casos de captura y liberación en condiciones de acuerdo con su hábitat. • Identificación de los principales sitios donde se suscitan atropellamientos. • Identificación de los principales especies atropelladas y medidas de solución.	El indicador de éxito del ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre será la ausencia de individuos en el momento previo a la remoción de la vegetación, nivelación y construcción de la obra civil. Para tal efecto, se continuará con los recorridos en campo para la búsqueda de registros directos e indirectos de la presencia de fauna, tales como huellas, excretas, pelo, así como con actividades de trampeo, en caso de ser necesario, esperando que las tasas de captura y registros sean nulas. • Número de especies e individuos a rescatar y reubicar, totales y en categoría de riesgo. La supervivencia de los individuos rescatados deberá ser ≥ 95%, en caso de que caiga este valor las actividades serán detenidas temporalmente para analizar los procedimientos. • Número de especies e individuos atropellados en los frentes de trabajo y vía de comunicación.	Durante el desarrollo de las obras y actividades del proyecto se realizará la supervisión y se reportará a la autoridad ambiental con una periodicidad que ésta determine conveniente. Se lleva una bitácora de campo para ir anotando las actividades realizadas para la protección de la fauna silvestre, la cual funciona como base del reporte de actividades realizadas para la protección y conservación de la fauna silvestre.

Estrategia	Objetivo	Obra / Actividad generadora	Impactos ambientales que agrupa	Principales técnicas	Indicadores de desempeño	Periodicidad del informe
Respuesta a emergencias	Objetivo general: • Brindar los elementos necesarios para prevenir, mitigar y/o compensar las afectaciones que se pueden ocasionar al medio ambiente y a la sociedad, así como el de prevenir los riesgos a los que se exponen los trabajadores, derivado de las actividades que implican la ejecución del proyecto. Objetivos particulares: • Elaborar, difundir e implementar las acciones de atención a las contingencias ambientales, a través de los canales habilitados en la estructura jerárquica, de manera preventiva ante su posible existencia. • Elaborar, difundir e implementar, a través de los canales habilitados en la estructura jerárquica, las acciones para la prevención de accidentes en las áreas de trabajo para salvaguardar la integridad física de los trabajadores operativos y del personal administrativo que laboran en el área del proyecto. • Establecer los procedimientos para la prevención y atención de derrames de sustancias químicas, materiales contaminados, incendios, derrumbes, así como de otras contingencias para prevenir y mitigar los impactos ambientales.	Este programa de respuestas no está relacionado a las obras y actividades generadoras de impactos ambientales, sino más bien a eventos que pueden considerarse como sucesos de emergencia que se pueden llegar a presentar y poner en riesgo al ambiente y a los trabajadores. Entre estos eventos se pueden encontrar los incendios, derrames accidentales de sustancias y residuos peligrosos, derrumbes, inundaciones, caídas en alturas, intoxicación por manejo o inhalación de compuestos tóxicos, entre otros. Algunas de las actividades que pudieran estar relacionas son: • Manejo de hidrocarburos. • Excavaciones / cimentaciones. • Construcción / instalación de infraestructura. • Manejo de sustancias riesgosos. • Accidentes con equipos pesados. • Crecientes de cauces durante la época de lluvias por presencia de fenómenos hidrometeorológicos. • Presencia de sismos durante las actividades constructivas.	• Impacto en la calidad de vida de los vecinos de las obras.	• Identificación de los principales tipos de emergencias que se pueden presentar, sitios y agentes generadores. • Establecer los mecanismos preventivos de las emergencias identificadas. • Definir e implementar las acciones de respuestas a emergencias. • Definir el equipo y el nivel jerárquico del equipo de atención de respuestas. • Establecer el calendario de capacitación para la prevención y atención a emergencias.	• Número de contingencias ambientales presentes y atendidas, totales y por tipo, al año. • Número de accidentes laborales presentes y atendidos, totales y por tipo al año.	Anual, solo en caso de presentarse un accidente fortuito, como un derrame, infiltraciones, descargas o vertidos de materiales o residuos peligrosos se notificará inmediatamente a la autoridad, cuando se esté en el caso indicado en el artículo 129 del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

Estrategia	Objetivo	Obra / Actividad generadora	Impactos ambientales que agrupa	Principales técnicas	Indicadores de desempeño	Periodicidad del informe
Seguridad y educación ambiental	Objetivo general: • Implementar programas de capacitación, entrenamiento y concientización en el personal sobre las obligaciones y responsabilidades inherentes a la protección y conservación ambiental y el entorno que condiciona las circunstancias de vida y salud de las personas y de la sociedad. Objetivos particulares: • Definir el programa de capacitación del personal en temas de seguridad y salud laboral y protección ambiental. • Establecer las estrategias para la implementación, seguimiento y evaluación de las medidas ambientales propuestas para prevenir, mitigar y compensar los impactos ambientales potenciales a generarse por el desarrollo del proyecto.	• Este programa es el resultado de la ejecución del proyecto en general y se propone para plantear, coordinar y supervisar la ejecución de las actividades para la protección y conservación del medio ambiente, así como las medidas tendientes a garantizar la seguridad y salud laboral de los empleados.	• Todos los impactos ambientales adversos y las medidas de seguridad y salud laboral.	• Elaborar el programa de trabajo para la implementación de las medidas ambientales propuestas acorde con el programa de actividades de ejecución del proyecto. • Preparar los formatos de supervisión ambiental que impliquen el registro de la información que permitan evaluar la eficiencia de la implementación de las medidas ambientales. • Identificar los responsables de la implementación de las medidas ambientales. • Preparar el programa de educación ambiental y capacitación a impartir a los trabajadores del proyecto y el material de apoyo necesario.	• Programa de trabajo para la implementación de las medidas ambientales aprobado para su implementación. • Elaboración de los diferentes formatos para el registro de información. • Lista de responsables jerárquicos de la implementación y seguimiento de las medidas ambientales. • Lista de las pláticas de educación ambiental, programa de capacitación y los responsables de su impartición.	Durante el desarrollo de las obras y actividades del proyecto se realizará la supervisión y se reportará a la autoridad ambiental con una periodicidad que ésta determine. Se lleva bitácora para el registro del programa de actividades de capacitación y educación ambiental y en materia de seguridad y salud laboral. Así como el registro de eventualidades en materia de seguridad laboral.
Restauración ambiental	Objetivo general: • Identificar las acciones a implementar, describirlas y fijar las metas esperadas que garanticen la restauración de las áreas que fueron afectadas por el desarrollo del proyecto. Objetivos particulares: • Definir las acciones que se tienen que llevar a cabo en los sitios afectados para lograr una restauración exitosa, tomando como base su funcionalidad ambiental. • Establecer las componentes ambientales y las variables a monitorear, así como los indicadores que ayuden en la toma de decisiones para determinar el grado de recuperación ambiental de las áreas afectadas sometidas a restauración.	• Acondicionamiento de áreas afectadas / desmantelamiento de infraestructura de apoyo temporal construida. • Descompactación del suelo. • Revegetación. • Retiro de residuos.	• Impacto en la calidad de vida de los vecinos de las obras. • Cambio en el comportamiento de factores climáticos. • Revertir los procesos de degradación del suelo. • Cambio en la abundancia de individuos de especies de flora silvestre. • Modificación de las cualidades estético – paisajísticas. • Impacto en la calidad de vida de los vecinos de las obras. • Cambio en el comportamiento de factores climáticos.	• Definir los procedimientos para la remoción de la infraestructura a retirar. • Identificar las medidas ambientales y los procedimientos para la restauración de las áreas afectadas. • Elaborar el programa de trabajo para efectuar las actividades de la restauración. • Implementar las medidas ambientales.	• Superficie total restaurada con respecto a la superficie total propuesta y la afectada. • Eficiencia de las medidas ambientales implementadas en la restauración.	El presentación del cumplimiento del Programa será determinado por la autoridad encargada de su ejecución.

VI.3 SEGUIMIENTO Y CONTROL (MONITOREO)

Con la finalidad de vigilar que se cumpla con las medidas ambientales propuestas y las condicionantes establecidas por la autoridad ambiental para el desarrollo del proyecto, es importante que se cuente con un equipo de trabajo conformado por personal capacitado, con conocimiento probado y capaz de tomar decisiones, en el desempeño y supervisión ambiental. Todos los trabajadores están obligados y son los responsables del cumplimiento de las medidas definidas para prevenir y mitigar los impactos ambientales, pero el equipo de supervisión ambiental es el responsable de vigilar que estas se lleven en los términos manifestados, evaluar los resultados obtenidos y de establecer nuevas medidas en caso de que no se estén cumpliendo los objetivos establecidos.

El personal que constituya este equipo de trabajo, que involucra a un responsable de seguridad y salud laboral y otro de medio ambiente del proyecto, además de verificar el cumplimiento de las medidas ambientales y de la legislación ambiental aplicable, debe ser capaz de analizar los resultados obtenido, tomar decisiones en casos de emergencia, definir nuevas estrategias cuando las medidas implementadas no estén dando resultados, transmitir la información a los diferentes equipos de trabajo, elaborar informes y reportes de resultados, entre otros. Este trabajo se debe ver reflejado y servir para el cumplimiento de los siguientes compromisos:

- Comprobar la correcta implementación de las medidas ambientales propuestas y las condicionantes establecidas por la autoridad ambiental.
- Verificar las predicciones de impactos ambientales y detectar la ocurrencia de situaciones ambientales contingentes.
- Verificar la elaboración y difusión de la estrategia de seguridad y educación ambiental a todo el personal que labore en el proyecto desde el inicio de sus

actividades, en el que se resalten las obligaciones y responsabilidades del proyecto con las autoridades y de los trabajadores con el proyecto.

- Contar con información veraz respecto de la calidad, oportunidad y efectividad de las medidas ambientales establecidas para el proyecto.
- Elaborar e implementar un plan de acciones y eventualidades que pudieran ocasionar un riesgo social y ambiental, como incendios, inundaciones, temblores, paros laborales prolongados, entre otros.
- Definir planes alternativos de respuesta a emergencias ante un pobre resultado de las medidas ambientales implementadas.
- Verificar el registro, análisis y difusión de los resultados obtenidos sobre el desempeño ambiental del proyecto con la implementación de las medidas ambientales.
- Asegurarse de que el desarrollo del proyecto se ajuste a los estándares ambientales que establece la normatividad ambiental, de seguridad y salud laboral y las regulaciones particulares establecidas por las normas oficiales mexicanas en materia ambiental.
- Apoyar en las visitas de supervisión ambiental que realicen las autoridades ambientales en el ámbito de su competencia, así como probar las acciones realizadas para el cumplimiento de las obligaciones a las que haya quedado sujeto el desarrollo del proyecto.

Se espera que, a través del debido cumplimiento de las medidas de prevención, mitigación y compensación de impactos ambientales, el desarrollo del proyecto se enmarque satisfactoriamente dentro de los límites establecidos por las normas oficiales mexicanas de protección ambiental que le son aplicables y en apego a criterios establecidos en la legislación ambiental.

La supervisión ambiental propuesta se estructura en cinco ejes principales:

a) Vigilar la implementación de las medidas ambientales establecidas para el proyecto y las condicionantes indicadas por la autoridad ambiental en todas las etapas de ejecución.
b) Dar seguimiento y establecer los mecanismos de control de impactos ambientales en todas las etapas de ejecución del proyecto.
c) Verificar regularmente el estado del medio ambiente.
d) Constatar el cumplimiento de los estándares que establece la normatividad ambiental.
e) Elaborar, difundir y presentar los informes de los resultados obtenidos con la implementación de las medidas y condicionantes ambientales.

La atención de cada eje se realizará simultáneamente; para lo cual, el responsable ambiental del proyecto, junto con su grupo técnico de apoyo, deberá realizar recorridos de supervisión de manera rutinaria en las superficies de intervención previstas para el desarrollo de las obras y actividades del proyecto.

En el caso de la verificación del estado del medio ambiente, el responsable ambiental del proyecto trabajará coordinadamente con los especialistas encargados de realizar los estudios específicos que integren un monitoreo ambiental. Durante las supervisiones se levantarán bitácoras de campo en las que se recabará la información necesaria para documentar los resultados correspondientes.

Las supervisiones se ajustarán al cumplimiento de los objetivos, y particularidades del PMVMA, con la finalidad de comprobar la aplicación de las medidas ambientales y condicionantes establecidas para el proyecto.

VI.3.1 Seguimiento y control de impactos ambientales

El seguimiento y control de los impactos ambientales que se tengan durante el desarrollo del proyecto se registrará a través de formatos de reporte de incidentes ambientales, el cual será diseñado y aprobado por el equipo de supervisión

ambiental. Estos formatos deben incluir la información básica para poderle dar seguimiento a los incidentes y verificar la atención del problema, además, podrán adaptarse para ser usados en cada una de las etapas, con base en el programa de trabajo y avances de las actividades. Una propuesta del formato se incluye en la Figura VI-2.

La información capturada en estos formatos formará parte de las bitácoras de campo, las cuales serán la base para el análisis de resultados (Figura VI-3).

El seguimiento de los efectos negativos se realizará al mismo tiempo que la supervisión de la aplicación de las medidas ambientales y condicionantes del proyecto, registrando en bitácoras de campo cualquier dato e información que identifique, para cada uno de los impactos potenciales:

a) Si se observa manifestación alguna del efecto.
b) Momento de ocurrencia o manifestación.
c) Localización o extensión del efecto.
d) Duración o persistencia.
e) Causas probables o actividades que dieron origen a la manifestación del impacto.
f) Existencia de fenómenos naturales o causas externas al proyecto para la ocurrencia del impacto.

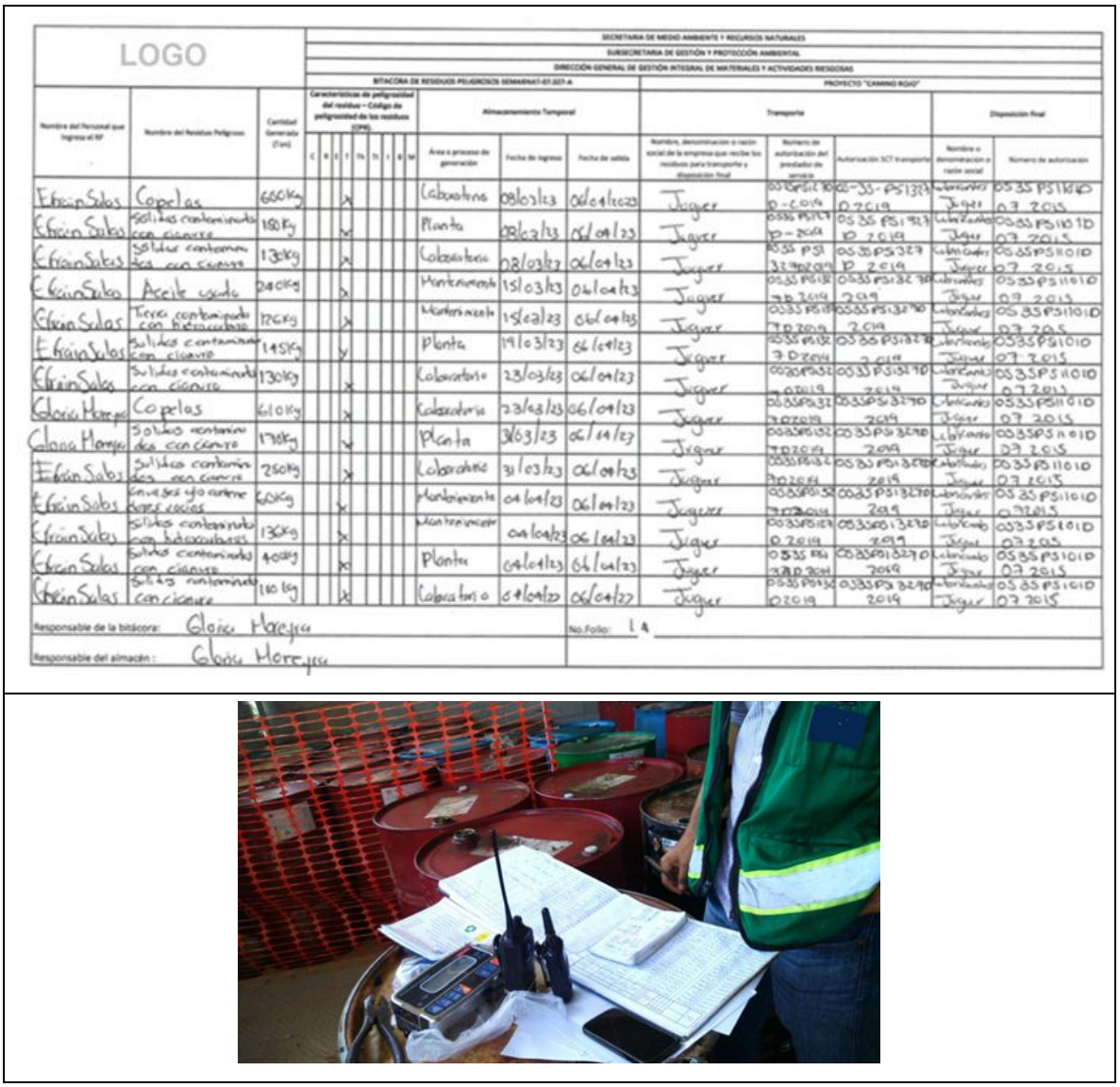
Los reportes de incidentes ambientales contendrán registros fotográficos de los incidentes identificados y de las condiciones en que se encuentra el factor ambiental afectado al momento de la supervisión, mismos que funcionarán como respaldo de la información registrada en la bitácora ambiental.

Logo	Registro de apoyo	Código:
	Formato de reporte de incidentes ambientales y laborales.	Versión:
		Consecutivo (No.):

Información del incidente		
Tipo	Área	Coordenadas
Derrame de aceite hidráulico.	Almacén del taller de mantenimiento de maquinari y vehículos	X:
		Y:
		Fecha
		DD/MES/AÑO

Descripción del incidente:	
Evidencias (tantas como sea posible para describir el problema)	
Foto	Foto
Foto	Foto
Nombre y firma de quien elabora el reporte:	Fecha
	DD/MES/AÑO

Figura VI-2. Ejemplo de la información básica de un formato de registro de incidentes ambientales durante el desarrollo del proyecto para su seguimiento, control y registro.



LOGO

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
SUBSECRETARÍA DE GESTIÓN Y PROTECCIÓN AMBIENTAL
DIRECCIÓN GENERAL DE GESTIÓN INTEGRAL DE MATERIALES Y ACTIVIDADES RIESGOSAS

BITÁCORA DE RESIDUOS PELIGROSOS SEMARNAT-07-027-A

PROYECTO "CAMINO ROJO"

Nombre del Personal que ingresa al RP	Nombre del Residuo Peligroso	Cantidad Generada (Ton)	Características de peligrosidad del residuo – Código de peligrosidad de los residuos (CPR)							Almacenamiento Temporal			Transporte			Disposición final	
			C	R	E	T	Te	Ti	I	B	M	Área o proceso de generación	Fecha de ingreso	Fecha de salida	Nombre, denominación o razón social de la empresa que recibe los residuos para transporte y disposición final	Número de autorización del prestador de servicio	Autorización SCT transporte	Nombre o denominación o razón social	Número de autorización
Efrain Salas	Copelas	650kg				X						Laboratorio	08/03/23	06/04/2023	Jaguar	05-SS-PS1328-D-2019	07-2019	Jaguar	05 SS PS1180 07 2015
Efrain Salas	Solidos contaminados con cianuro	180kg				X						Planta	08/03/23	06/04/23	Jaguar	05 SS PS1323 D 2019	07-2019	Jaguar	05 SS PS1101D 07 2015
Efrain Salas	Solidos contaminados con cianuro	130kg				X						Laboratorio	08/03/23	06/04/23	Jaguar	05 SS PS 3329 D 2019	07-2019	Jaguar	05 SS PS1101D 07 2015
Efrain Salas	Aceite usado	240kg				X						Mantenimiento	15/03/23	06/04/23	Jaguar	05 SS PS1327 D 2019	07-2019	Jaguar	05 SS PS1101D 07 2015
Efrain Salas	Tierra contaminada con hidrocarburo	120kg				X						Mantenimiento	15/03/23	06/04/23	Jaguar	05 SS PS1328 D 2019	07-2019	Jaguar	05 SS PS1101D 07 2015
Efrain Salas	Solidos contaminados con cianuro	145kg				X						Planta	19/03/23	06/04/23	Jaguar	05 SS PS1327 D 2019	07-2019	Jaguar	05 SS PS1101D 07 2015
Efrain Salas	Solidos contaminados con cianuro	130kg				X						Laboratorio	23/03/23	06/04/23	Jaguar	05 SS PS1327 D 2019	07-2019	Jaguar	05 SS PS1101D 07 2015
Gloria Mares	Copelas	610kg				X						Laboratorio	23/03/23	06/04/23	Jaguar	05 SS PS1327 D 2019	07-2019	Jaguar	05 SS PS1101D 07 2015
Gloria Mares	Solidos contaminados con cianuro	170kg				X						Planta	31/03/23	06/04/23	Jaguar	05 SS PS1327 D 2019	07-2019	Jaguar	05 SS PS1101D 07 2015
Efrain Salas	Solidos contaminados con cianuro	250kg				X						Laboratorio	31/03/23	06/04/23	Jaguar	05 SS PS1327 D 2019	07-2019	Jaguar	05 SS PS1101D 07 2015
Efrain Salas	Envases y/o entre otros	60kg				X						Mantenimiento	04/04/23	06/04/23	Jaguar	05 SS PS1327 D 2019	07-2019	Jaguar	05 SS PS1101D 07 2015
Efrain Salas	Solidos contaminados con hidrocarburos	130kg				X						Mantenimiento	04/04/23	06/04/23	Jaguar	05 SS PS1327 D 2019	07-2019	Jaguar	05 SS PS1101D 07 2015
Efrain Salas	Solidos contaminados con cianuro	40kg				X						Planta	04/04/23	06/04/23	Jaguar	05 SS PS1327 D 2019	07-2019	Jaguar	05 SS PS1101D 07 2015
Efrain Salas	Solidos contaminados con cianuro	180 kg				X						Laboratorio	04/04/23	06/04/23	Jaguar	05 SS PS1327 D 2019	07-2019	Jaguar	05 SS PS1101D 07 2015

Responsable de la bitácora: Gloria Mares
No. Folio: 1 A
Responsable del almacén: Gloria Mares

Figura VI–3. Uso de bitácoras de campo para el registro y control de diversas actividades ambientales durante el desarrollo del proyecto.

A través de las labores de supervisión y seguimiento, se deberá garantizar que el desarrollo del proyecto y de las diferentes actividades que se realizarán (como parte de los programas ambientales, de las medidas de prevención, mitigación y compensación, y de las condicionantes establecidas por la autoridad), cumplan con las especificaciones y límites establecidos por las normas oficiales mexicanas que

les son aplicables; así como aquéllas que sin ser vinculantes hayan sido establecidas como normas de referencia.

La implementación de la supervisión ambiental referida en este apartado deberá documentarse en todas las etapas de ejecución del proyecto.

En caso de presentarse incidencias ambientales, desviaciones de los estándares de calidad ambiental esperados o situaciones contingentes, el equipo de supervisión ambiental preparará un informe que describa la situación para ser informada a los mandos de la empresa encargados de la toma de decisiones de modo que se determinen las medidas correctivas extraordinarias que se ameriten. De ser el caso, se le notificará a la autoridad ambiental de los resultados obtenidos y de las acciones tomadas para su conocimiento, validación y sugerencias.

Comunicaciones
Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes

PROYECTO: "CARRETERA ACAPULCO-ZIHUATANEJO, TRAMO COYUCA DE BENÍTEZ - PIE DE LA CUESTA, DEL CADENAMIENTO 9+200 AL 20+700"



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

Capítulo VII:
Pronósticos ambientales regionales y, en su caso, evaluación de alternativas

ÍNDICE

VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS 4

VII.1 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO SIN PROYECTO 6

VII.1.1 Medio abiótico 6

VII.1.2 Medio biótico 11

VII.2 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CON PROYECTO, SIN MEDIDAS AMBIENTALES 15

VII.3 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CONSIDERANDO LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y/O CORRECCIÓN 32

VII.4 PRONÓSTICO AMBIENTAL 46

VII.5 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS 49

VII.6 CONCLUSIONES 51

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA VII-1. ESCENARIOS ESPERADOS EN EL POLÍGONO DEL SAR POR LA CONSTRUCCIÓN DE LAS OBRAS Y REALIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES QUE IMPLICAN EL DESARROLLO DEL PROYECTO SIN LA IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS AMBIENTALES. 17

TABLA VII-2. ESCENARIOS ESPERADOS CON LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS MEDIDAS AMBIENTALES PROPUESTAS PARA LOS IMPACTOS AMBIENTALES POTENCIALES IDENTIFICADOS, POR ETAPA DE DESARROLLO DEL PROYECTO. 33

FUNDAMENTO JURÍDICO

La integración de este capítulo tiene como objetivo el dar cumplimiento a lo dispuesto por el artículo 13, fracción VII, del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA), el cual establece que las manifestaciones de impacto ambiental, modalidad regional, deberán contener:

VII. Pronósticos ambientales regionales y, en su caso, evaluación de alternativas.

De conformidad con lo anterior, en este apartado y posterior a la integración de los capítulos anteriores, se estará en condiciones de establecer un escenario actual del SAR, un escenario con proyecto y sin medidas de mitigación y un escenario con proyecto aplicando las medidas correspondientes para prevenir, mitigar o compensar los impactos ambientales que conllevará el desarrollo del proyecto. Como resultado de dicho análisis, se podrá entender la dinámica ambiental resultante de cada uno de los escenarios modelados.

La integración de los escenarios ambientales permitirá analizar la forma en como el proyecto ocurre en el SAR delimitado, de manera especial y temporal, de tal forma que se puedan valorar los alcances del mismo en función de los impactos ambientales acumulativos y residuales identificados, así como el desempeño ambiental que alcanzará en el tiempo con la aplicación de medidas de mitigación, control, prevención y compensación ambiental, buscando garantizar el mantenimiento de los proceso ecológicos que definen la integridad funcional de los ecosistemas y la salud humana.

VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

La modernización del tramo "Pie de la Cuesta – Coyuca de Benítez", perteneciente a la carretera federal 200 Acapulco – Zihuatanejo, consta de 11.5 km de longitud, entre los cadenamientos 9+200 al 20+700. Los primeros 3.8 km se ubican sobre el municipio de Acapulco, del cadenamiento 9+200 al 13+050, y los 7.7 km restantes en Coyuca de Benítez, del cadenamiento 13+050 al 20+700.

La carretera actualmente en operación es de tipo C y como se proyecta es modernizarla para convertirla en una carretera tipo A2. Ello implica que la vía sea de dos carriles de 3.5 m de ancho cada uno, lo que hace un ancho de calzada de 7.0 m, con acotamientos de 2.5 m, un ancho de corona de 12.0 m sobre un derecho de vía de 40.0 m.

El trazo del proyecto se diferencia en tres tramos según las características técnico-constructivas, con una superficie total de carretera proyectada de 255,662.65 m^2. El primero inicia en la zona urbana de la localidad Pie de la Cuesta, en dirección noroeste, comprende del cadenamiento 9+200 al 14+120, y contempla la modernización de la carretera existente. Actualmente, este tramo de carretera cubre una superficie de 30,878.41 m^2 y, con la ampliación de 7.0 m a 12.0 m de ancho de corona se afectará una superficie adicional de 18,000.24 m^2.

El segundo tramo va del cadenamiento 14+120 al 18+280, en el cual se contempla la conformación de un libramiento o cuerpo nuevo, con una superficie de afectación, incluyendo la línea de ceros y el ancho de corona, de 120,190.67 m^2, mismo que se reincorpora a la carretera original más allá del área congestionada.

El tercer tramo contempla la modernización de la carretera existente y va del cadenamiento 18+280 al 20+700. Actualmente este tramo de la carretera cubre una superficie de 9,972.14 m^2, la cual sube a 24,746.21 m^2 por la ampliación a 12.0 m de ancho de corona, incluyendo ceros.

Como parte de la modernización del tramo carretero, se tiene considerado la construcción de siete entronques a nivel, 10 paraderos dobles, 16 obras hidráulicas de drenaje menor y cinco puentes como obras de drenaje mayor, todas con el debido señalamiento.

El trazo del proyecto se desplanta sobre cuatro diferentes usos de suelo y vegetación, de acuerdo con el trabajo de campo realizado, siendo dominante la agricultura de temporal permanente, cubriendo el 48.87 % de los 255,662.65 m^2 del área del proyecto, seguida por el área sin vegetación aparente con el 30.99 %, los asentamientos humanos con el 10.77 % y el área con cobertura vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia solo se presenta en el 9.38 % del área total. Por lo que, para el desarrollo del proyecto se solicita el cambio de uso de suelo en terrenos forestales de 23,976.07 m^2.

Para contextualizar las características de los componentes abióticos y bióticos presentes en el SAR, el planteamiento de este proyecto no debe de ser abordado sin antes considerar que, se parte del enfoque conceptual de que un sistema suele ser definido como el conjunto de componentes que se interrelacionan e interactúan, de tal manera que la ocurrencia de cambios en un componente puede afectar a otro o bien al conjunto. Además, al tratarse de una manifestación de impacto ambiental, modalidad regional, es necesario considerar los efectos acumulativos y residuales dentro del SAR delimitado. La interacción entre éstos es susceptible de problemas, restricciones y potencialidades por la existencia de diversas variables.

En este marco de referencia, se presenta un análisis de los escenarios que pudieran presentarse en el SAR, en los siguientes contextos: (a) sin la ejecución del proyecto; (b) con la ejecución del proyecto, pero sin la implementación de medidas de prevención, mitigación o compensación de los impactos asociados con su preparación, construcción y operación; y (c) con la ejecución del proyecto y la implementación de medidas que atiendan sus efectos ambientales.

Se espera que, a través de la comparación de los escenarios pronosticados, la autoridad disponga de elementos de juicio suficientes para determinar la pertinencia y viabilidad de la ejecución del proyecto y de las medidas propuestas para minimizar sus efectos en el ambiente.

VII.1 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO SIN PROYECTO

Para tener un contexto claro, y un punto de referencia, del estado actual de los componentes abióticos y bióticos presentes en el SAR definido para el proyecto, a continuación, se presenta un resumen de su estado previo a la realización del proyecto, pero tomando en cuenta las actividades que actualmente se han venido desarrollando. Este resumen se retoma de la descripción realizada en el capítulo IV de esta MIA-R y es el resultado del trabajo de campo y revisión de literatura y de bases de datos oficiales efectuado para describir la línea base ambiental en el SAR.

VII.1.1 Medio abiótico

VII.1.1.1 Clima

De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, modificada por García (1981) para las condiciones de la República Mexicana, en el SAR se reporta la incidencia de un solo tipo climático, el cual corresponde a cálido subhúmedo $Aw_1(w)$. Se trata de un clima que corresponde a los tropicales lluviosos (A) con temperatura media del mes más frío mayor a los 18° C, con un promedio de temperatura anual de 25.4° C, siendo enero el mes más frío con 21.6° C y mayo el más caliente con 28.3° C.

De acuerdo con la base de datos de la estación meteorológica ubicada en el SAR, en la región se tienen 98.5 mm de precipitación promedio anual. Los meses con

mayor precipitación son agosto y septiembre con 270.2 y 271.4 mm, respectivamente; mientras que, los meses de abril y mayo son los que tienen menor precipitación con 0.1 mm y 3.2 mm, en el orden antes citado.

La temperatura promedio anual es de 27.8 ºC, con una temperatura media que se encuentra entre 26.8 y 28.8 °C, siendo los meses de enero y febrero los que presentan la temperatura más fría y julio la más cálida.

Guerrero es un estado que frecuentemente es golpeado por fenómenos hidrometeorológicos, principalmente entre los meses de julio a octubre. En los últimos cinco años se tiene el registro de mismo número de huracanes.

En octubre de 2021, se tuvo el impacto del huracán Rick, categoría 2, con vientos de hasta 166.68 km h^{-1}. En septiembre de 2022, se presentó la tormenta tropical Lester con vientos de hasta 65 km h^{-1}. En 2023, se tuvo el efecto de del huracán Otis, categoría 5, en el mes de octubre, y al mismo tiempo, la tormenta tropical Max, el primero impactando más significativamente Acapulco y, el segundo, en el municipio de Petatlán. Finalmente, en septiembre de 2024, se tuvo el efecto del huracán John en la región de la Costa Chica, con vientos de hasta 195 km h^{-1}.

VII.1.1.2 Suelo

Al interior del SAR se desarrollan siete tipos de suelos: Regosol eútrico (RGeu), Phaeozem gléyico (PHgl), Leptosol eútrico (LPeu), Solonchk gléyico (SCgl), Arenosol eútrico (Areu), Luvisol (LV) y Gleysol mólico (GLmo). Además de los tipos de suelo antes mencionados, se tienen dos clasificaciones que no cuentan con clasificación de suelo, siendo el cuerpos de agua (H_2O) y la zona urbana (ZU).

A nivel del área del proyecto, los tipos de suelo se reducen a cuatro: Arenosol eútrico (Areu) en el 2.78 % de los 255,662.65 m^2, Leptosol eútrico (LPeu) ocupando solo el 0.08 %, Regosol eútrico (RGeu) con el 6.24 % y Phaeozem presente en el 86.27 %

del total de la superficie. Por otro lado, la zona urbana se encuentra ocupando 4.63 % de la superficie total del área del proyecto.

Los Phaeozems son suelos que se originan de diversos materiales no consolidados y un perfil que puede alcanzar los 100 cm de profundidad. Se caracteriza por tener un horizonte superficial rico en materia orgánica, lo que ayuda a la cohesión de las partículas del suelo, mitigando la pérdida de suelo por efectos naturales. Son suelos porosos, fértiles, por lo que se consideran excelentes tierras agrícolas.

En el área de trazo se tiene el Phaeozem háplico con un perfil de suelo de 120 cm de profundidad; los primeros 10 cm corresponde al horizonte orgánico, seguido del horizonte superficial (A) de entre 40 y 50 cm de espesor, y, un horizonte de eluviación (B) de entre 50 y 60 cm. Su textura resultó ser limo arcillosa, con presencia de pequeñas piedras, baja permeabilidad, poca presencia de raíces y se encuentra en áreas con pendientes menores a 1.0 %.

Los Regosoles son suelos someros, pedregosos, de color claro, muy similar al color de la roca madre que les dio origen. Se consideran suelos jóvenes y poco evolucionados con baja diferenciación de horizontes. Se caracterizan por su inestabilidad estructural y limitada capacidad de almacenamiento de agua, lo que los hace vulnerables a procesos de erosión superficial. El trazo del proyecto se ubica parcialmente sobre un Regosol éutrico de textura media, lo que significa que se trata de un suelo saturado con calcio, magnesio, sodio y potasio, con buena fertilidad y contiene un equilibrado contenido de arena, limo y arcilla.

VII.1.1.3 Geología y morfología

VII.1.1.3.1 Geología

Al interior del polígono del SAR se tiene un total de ocho rocas correspondientes a Gneis [J(Gn)], Aluvial [Q(al)], Granito-Granodiorita [J-K(Gr-Gd)], Lacustre [Q(la)],

Litoral [Q(li)], Conglomerado [Q(cg)], Granito [T(Gr)] y Tonalita [T(Tn)], más el área correspondiente al cuerpo de agua sin clasificación.

De los ocho tipos de rocas presentes, predomina el Gneis [J(Gn)] en el 50.43 % del SAR, seguida del Aluvial [Q(al)] con el 18.94 % y Granito-Granodiorita [J-K(Gr-Gd)] en el 10.76 %. El restante 9.03 % lo ocupan el resto de tipo de rocas que se encuentran en el SAR, más el área del cuerpo de agua.

El Gneis [J(Gn)] es un tipo de roca que es producto mayormente del metamorfismo regional, donde se produce una segregación de silicatos claros oscuros, dando lugar a bandeamiento compuestos por minerales alargados y granulares. La clasificación Aluvial [Q(al)] agrupa depósitos materiales sueltos del tipo clásticos detríticos y diferenciado de la depositación subacuosa, representados por arenas, gravas, cantos redondeados y ocasionalmente. Y, la categoría Granito-Granodiorita [J-K(Gr-Gd)], es una asociación de rocas intrusivas, ácidas con porcentajes de SiO_2 mayor al 65%.

El trazo del proyecto se desplanta principalmente sobre un área dominada por la presencia de material Aluvial [Q(al)], solo el inicio del trazo incide sobre un área perteneciente a Granito-Granodiorita [J-K(Gr-Gd)].

VII.1.1.3.2 Topoformas

En el área del SAR se identifican cuatro topoformas correspondientes a Sierra baja compleja, Llanura costera con lagunas costeras, Llanura costera salina y Sierra alta compleja. De estas cuatro domina la topoforma "Sierra baja compleja", presente en el 67.92% del polígono. Le sigue la "Llanura costera con lagunas costeras" en el 29.60 %. Las otras dos topoformas ocupan pequeñas áreas dentro del SAR, la "Llanura costera salina" solo se encuentra en el 1.42 % y la "Sierra alta compleja" el 1.05 % restante.

El trazo del proyecto se desplanta mayormente sobre la unidad "Llanura costera con lagunas costeras", con intersecciones con las unidades "Llanura costera salina", en Pie de la Cuesta", y "Sierra baja compleja".

La topoforma "Llanura costera con lagunas costeras" se caracteriza por tener altitudes bajas, desde nivel del mar hasta los 50 msnm. La "Llanura costera salina" se presenta en zonas con relieves bajos próximos al litoral. Y, la "Sierra baja costera" se identifica por tener elevaciones montañosas de baja altitud, menores a 1,000 msnm, relieve accidentado con cerros, lomeríos y pendientes variables.

VII.1.1.4 Hidrología

VII.1.1.4.1 Superficial

El polígono del SAR se ubica en el área de influencia de la cuenca hidrológica Río Atoyac y otros. Esta cuenca representa aproximadamente el 8.50% de la superficie total del estado de Guerrero. Existen varias corrientes que desembocan en el océano Pacífico, como son: Río Atoyac, Río Coyuca, Río La Sabana, Río Teapan, Laguna de Tres Palos, Laguna del Tular, Laguna de Coyuca y Bahía de Acapulco.

El SAR del proyecto se encuentra inmerso en la subcuenca Bahía de Acapulco. Esta subcuenca se distribuye al suroeste del estado de Guerrero por medio de un tipo de cuenca exorreica con dirección al océano Pacífico. En esta área existe una red de escurrimientos identificados como arroyo Aguacostla, arroyo Tecomapa, arroyo Infiernillo, Laguna Coyuca, arroyo Yetla y arroyo Las Parotas, todos con desembocadura en el océano Pacífico.

VII.1.1.4.2 Subterránea: Acuíferos

El SAR del proyecto incide en cuatro acuíferos: 1224 Coyuca, 1225 Conchero, 1226 Bahía de Acapulco y 1227 La Sabana. El acuerdo por el que se actualiza la

disponibilidad media anual de agua subterránea publicado el 09 de noviembre de 2023, especifica que, de estos cuatro acuífero, solo el de Bahía de Acapulco se encuentra en un balance negativo de disponibilidad de agua con -2.575047 Mm^3, esta disponibilidad había sido baja desde el reporte publicado en 2013, cuando resultó con una disponibilidad de 0.508172 Mm^3, llegando a 0.262599 Mm^3 en el 2020.

El trazo del proyecto se ubica mayormente sobre el área de influencia del acuífero Conchero, el cual cuenta con una disponibilidad media anual de agua del subsuelo 5.369217 $Mm^{3,}$ siendo superior al reportado para el acuífero de Coyuca con sus 4.812715 Mm^3 de agua disponible, pero menor a la disponibilidad de agua reportada para el acuífero La Sabana con sus 35.220061 Mm^3.

VII.1.2 Medio biótico

VII.1.2.1 Vegetación

En el SAR se diferenciaron 20 diferentes usos de suelo y vegetación, tomando como base la carta de usos de suelo y vegetación serie VII, escala 1:250,000, del INEGI. De las 32,885.19 ha del SAR, 11.23 % presentan una cobertura vegetal forestal de vegetación primaria, 36.96 % de vegetación secundaria, tanto arbórea como arbustiva. El 42.17 % de la superficie de SAR ya fue sometida a cambio de uso del suelo, de esta superficie el 21.11 % se encuentra cubierta con pastizal cultivado para la producción ganadera, 12.62 % para actividades agrícolas, 7.10 % está destinado a asentamientos humanos y 1.33 % se encuentra sin vegetación aparente. El restante 9.64 % se encuentra cubierto por la Laguna de Coyuca.

Con base en el trabajo de campo realizado, en los 255,662.65 m^2 del área del proyecto se identificaron cuatro tipos usos de suelo y vegetación: Agricultura de temporal permanente en el 48.87 %, sin vegetación aparente en el 30.99 %,

asentamientos humanos ocupando el 10.77 % y el restante 9.38 % de la superficie se encuentra cubierto por vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia.

VII.1.2.2 Flora silvestre

La caracterización de la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia en el SAR arrojó una composición florística de 22 especies, sumando las especies identificadas en los estratos arbóreo y arbustivo. El estrato arbóreo se compone de 15 especies, con una densidad de 553 individuos por hectárea, siendo las especies timuche (*Pithecellobium lanceolatum*), cornezuelo (*Vacehellia hindsii*) y palma de coco (*Cocos nucifera*), las especies con mayor abundancia con 167, 107 y 67 ind ha^{-1}, respectivamente. El estrato arbustivo se conformó por 16 especies y una densidad de 6,360 ind ha^{-1}, siendo las especies dormilona (*Mimosa quadrivalvis*), frijolillo (*Senna occidentalis*) y palma de coco (*C. nucifera*), las de mayor abundancia con 980, 680 y 540 ind ha^{-1}, en el orden antes citado.

Los resultados de dominancia, a nivel del SAR, arrojaron que en el estrato arbóreo las especies dominantes son: palma de coco (*Cocos nucifera)* con una altura promedio de 23.08 m y una cobertura de 21.37 m^2, y *Mangifera indica* con una altura promedio de 20.00 m y una cobertura de 28.27 m^2, ambas especies de interés comercial que se encuentran invadiendo áreas naturales. Mientras que, en el estrato arbustivo, las especies dominantes resultaron ser el guaje (*Leucaena leucocephala*) con una altura promedio de 3.70 m y una cobertura de 2.43 m^2, y el cornezuelo (*Vachellia hindsii*) con una altura promedio de 3.51 m y una cobertura de 1.19 m^2, dos leguminosas (Fabaceas) que se consideran oportunistas.

A nivel del área del proyecto, se encontró una diversidad de 14 especies entre los estratos arbóreo y arbustivo, todas reportadas a nivel del SAR. En el estrato arbóreo se encontraron nueve especies con una densidad de 253 ind ha^{-1}, siendo las especies cornezuelo (*V. hindsii*), sasanil (*Cordina dentata*) y palo blanco (*Bravaisia*

integerrima) las de mayor abundancia con 67, 53 y 47 ind ha^{-1}, respectivamente. Por otro lado, el estrato arbustivo se conformó por 12 especies y una densidad de 3,140 ind ha^{-1}; las especies más abundantes, siendo las especies cornezuelo (*V. hindsii*), timuche (*P. lanceolatum*) y palo blanco (*B. integerrima*) las de mayor abundancia con 960, 760 y 260 ind ha^{-1}.

En el estrato arbóreo del área del proyecto resultó que las especies dominantes fueron la palma de coco (*C. nucifera*), con una altura promedio de 22.00 m y una cobertura de 9.62 m^2, el cornezuelo (*V. hindsii*) con una altura promedio de 6.42 m y una cobertura de 6.39 m^2, sasanil (*Cordia dentata*) con una altura promedio de 6.20 m y una cobertura de 4.74 m^2 y el palo blanco (*Bravaisia integérrima*) con una altura promedio de 6.17 m y una cobertura de 6.01 m^2. Y, en el estrato arbustivo se obtuvo que las especies dominantes fueron: guaje (*L. leucocephala*) con una altura promedio de 3.73. m y una cobertura de 1.66 m^2, cornezuelo (*V. hindsii*) con una altura promedio de 3.41 m y una cobertura de 1.22 m^2, palo blanco (*B. integérrima*) con una altura promedio de 3.24 m y una cobertura de 1.47 m^2 y palo colorado (*Coulteria platyloba*) con una altura promedio de 3.00 m y una cobertura de 2.01 m^2.

Respecto de las especies registradas en el área del proyecto, de las 14 especies solamente el palo blanco (*B. integerrima*) se encuentra listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 como especies amenazada (A). De la lista roja de especies de la UICN, 11 de las 14 especies se encuentran clasificadas como de preocupación menor, es decir, que se trata de especies que no cumplen con ningún criterio que defina las categorías de En Peligro Crítico, En Peligro, Vulnerable o Casi Amenazada, mientras que el resto de las especies no cuentan con clasificación.

VII.1.2.3 Fauna silvestre

En el SAR se registró una riqueza específica (S) de 138 especies de fauna: cinco especies de anfibio, 17 especies de reptiles, 104 especies de aves y 12 de

mamíferos. Si bien, los anfibios representaron ser el 3.62 % de la riqueza, su abundancia solo fue el 1.72 %, considerando que su abundancia fue de 19 individuos de 1,107 totales. Los mamíferos tuvieron un comportamiento similar, ya que riqueza fue del 8.70 %, pero su abundancia solo implicó el 3.97 %. Los reptiles tuvieron un comportamiento inverso, ya que su riqueza implicó el 12.32 % de las 138 especies identificadas, pero su abundancia fue del 17.43 %. Por último, las aves con una riqueza del 75.36 %, tuvieron una abundancia del 76.87 %.

De las 138 especies de fauna identificadas en el SAR, 12 se encuentran en la lista de especies en categoría de riesgo de la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. De estas 12 especies, 10 se clasifican como especies sujetas a protección especial (Pr) y dos como especie amenazada (A).

En el área del proyecto se registraron 74 especies: cinco especies de anfibios, lo que implica una riqueza del 6.76 %; 12 especies de reptiles, siendo el 16.22 % de riqueza; 51 especies de aves y el 68.92 % de riqueza y, los mamíferos estuvieron representados por seis especies, lo que da una riqueza del 8.11 %. Considerando una abundancia total de 601 individuos, la abundancia de los anfibios fue solo del 3.33 %, la de los reptiles del 18.14 %, los mamíferos del 5.66 % y, finalmente, las aves tuvieron una abundancia del 72.88 %.

En el área del proyecto se identificaron cinco especies en categoría de riesgo. De estas cinco especies, solo el garrobo de roca (*Ctenosaura pectinata*) se clasifica como especie amenazada, y cuatro se clasifican como especies sujetas a protección especial (Pr): un anfibio (*Lithobates forreri*), dos reptiles (*Anolis subocularis e Iguana iguana*) y un ave (*Eupsittula canicularis*).

Por otro lado, de las 74 especies totales identificadas en el área del proyecto, 70 se clasificaron como especies de preocupación menor (LC), según la lista roja de la UICN, una como especie casi amenazada (NT), una presenta datos deficientes para su evaluación (DD) y seis no han sido evaluadas (NE).

VII.2 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CON PROYECTO, SIN MEDIDAS AMBIENTALES

La vía de comunicación queda comprendida en un polígono conformado directamente por su área de afectación de 255,662.65 m^2. Esta superficie queda inmersa dentro del derecho de vía de 40 m de ancho con respecto al trazo del eje. Este fue definido con el objeto de delimitar en una área las obras y actividades que comprenden el planteamiento del proyecto más el área para seguridad de la vía, usuarios y pobladores.

La superficie de ocupación de las obras dentro del derecho de vía, se pueden agrupar en cinco componentes: siete entronques 54,418.52 m^2, cinco puentes 4,466.71 m^2, 10 paradas dobles 2,961.90 m^2, un ancho de corona de 107,135.16 m^2 y línea de ceros 86,680.37 m^2. Existen obras que forman parte del proyecto pero que no suman área ya que estas se encuentran formando parte del área del ancho de corona y línea de ceros, como las obras de drenaje menor, cunetas, bordillos y lavaderos.

Todas las áreas de las obras y las actividades de la carretera quedan inmersas dentro del polígono del derecho de vía. Para la construcción de la vía y sus componentes se requerirá de efectuar la remoción de la vegetación forestal presente en 23,976.07 m^2, para lo cual se solicita la autorización para llevar el cambio de uso de suelo en terrenos forestales. El resto de la superficie de desplante de las obras se realizará en áreas que no cuentan con vegetación forestal, ya sea porque se trata de áreas por donde pasa la carretera actual y que será modernizada o porque ya fue sometida a cambio de uso de suelo para otras actividades productivas, principalmente agricultura de temporal y permanente.

Llevar a cabo las obras y actividades planteadas implica incrementar el flujo vehicular, operación de maquinaria pesada y de equipos automotores auxiliares en el SAR, teniendo como consecuencia un mayor movimiento en la zona que, entre

otras cosas, dado el ruido, las emisiones al medio ambiente y el movimiento mismo del personal, ahuyentaría a la fauna silvestre.

En la Tabla VII-1 se exponen el escenario esperado por la construcción de las obras y el desarrollo de las actividades que se tendrían que realizar para concebir el proyecto en los términos descritos en el capítulo II de esta MIA-R.

Tabla VII-1. Escenarios esperados en el polígono del SAR por la construcción de las obras y realización de las actividades que implican el desarrollo del proyecto sin la implementación de medidas ambientales.

Impacto	Factor ambiental	Actividades	Escenarios: posibles y probables
Cambio en la conformación topográfica natural del terreno y de patrones de sedimentación de sustratos	Fisiografía / Relieve	• Despalme, nivelación y compactación de las áreas donde se desplantan obras. • Excavaciones y cimentaciones para la construcción de obras provisionales y de drenaje, puentes y complementarias. • Corte y perfilado de terreno. • Conformación de terraplenes y compactación para subrasante. • Colocación de base hidráulica.	Previo al desplante de las obras y construcción del eje de la vía de comunicación, una vez delimitadas las áreas de desplante, se deben remover los horizontes superficiales del suelo como parte del despalme y nivelación de los sitios de desplante de obras. Estas actividades implicarían modificar la pendiente de la superficie en las áreas de afectación para la construcción e instalación de la infraestructura planeada, llegando, en ciertos casos, a conformar terraplenes con suelo firme y falso. En la etapa de construcción del proyecto se genera un cambio fuerte en las características geomorfológicas del lugar al generar formas del terreno negativas (destructivas) y positivas (constructivas o rellenos) que alterarán la configuración topográfica del lugar con un contraste en relieve y pendiente con el entorno natural, lo que representa un impacto de alta intensidad, permanente e irreversible. Las conformaciones de las geoformas negativas se forman por los cortes conformando taludes de longitud y altura variable, los cuales varían según la conformación geomorfológica del lugar y la pendiente definida para la carretera. Estos cortes generan un cambio abrupto de la línea de la pendiente natural del terreno y del relieve en las áreas de desplante y conformación del eje. Áreas del trazo en zonas de declive o cañadas necesitan ser rellenadas para mantener la pendiente definida para el trazo del proyecto. Las alturas de los rellenos y la longitud de los sitios del trazo que requieren ser elevados dependen de la conformación topográfica del terreno y de la pendiente del eje. La mitigación de esta afectación a la conformación geomorfológica de la región por el desarrollo de un proyecto de esta naturaleza inicia desde la etapa de planeación y diseño del proyecto, tomando como un criterio seguir el trazo sobre una

Impacto	Factor ambiental	Actividades	Escenarios: posibles y probables
			ruta que implique el menor cambio posible del relieve, entre otros criterios técnicos.
Alteración de la estabilidad geomorfológica del terreno	Fisiografía / Estabilidad geomorfológica	• Cortes y perfilado del terreno. • Excavaciones y cimentaciones. • Conformación de terraplenes y compactación para subrasante (B). • Colocación de base hidráulica (B). • Riego de liga e impregnación y colocación de carpeta asfáltica (B). • Construcción / instalación de obras de drenaje menor y puentes (B).	Para mantener la pendiente máxima de la carretera como parte de las características geométricas definidas para operación técnica, dependiendo de la conformación geomorfológica del terreno, hay áreas que deben ser rellenadas y otras que deben ser cortadas conformando taludes. La altura de los cortes y rellenos, el tipo de suelo y conformación geológica definen la estabilidad del suelo, la cual puede verse influenciada por los movimientos telúricos en zonas de alta intensidad. El trazo de la carretera se ubica en un región con alta y frecuente presencia de sismos, donde han ocurrido algunos de los de mayor magnitud y generación de afectaciones a nivel nacional. Esto se considera factor que favorece la inestabilidad geomorfológica, incrementando la magnitud del riesgo de generar inestabilidad las actividades antrópicas que inciden directamente en el suelo y la geomorfología. Las vías de comunicación se construyen garantizando la estabilidad de sus taludes y rellenos para brindar seguridad a los usuarios y trabajadores. Además, durante su conformación se requiere del movimiento de material de corte que no es utilizado en la conformación de las bases de terracería y se dispone en bancos de tiro, aledaños al eje la mayoría de las veces, con un patrón de acumulación y formación del depósito que debe garantiza la estabilidad del terreno.
Pérdida / conformación de horizontes del suelo en áreas del desplante	Suelo / Pérdida de suelo.	• Delimitación del DDV y trazado de la corona. • Deshierbe y desmonte. • Despalme, nivelación y compactación de áreas de desplante.	Previo al desplante de las obras, una vez delimitado el eje de la vía y la ubicación de las áreas de desplante de obras, se deberán remover los horizontes superficiales del perfil del suelo para poder realizar la nivelación, excavaciones y construcción o desplante de las obras de apoyo y auxilio, específicamente en las áreas que cuenten con este componente ambiental. Las horizontes superiores del suelo son los que contienen las características propias que definen su fertilidad, como el mayor contenido de materia orgánica y de minerales disponibles para

Impacto	Factor ambiental	Actividades	Escenarios: posibles y probables
			el crecimiento vegetal, mantiene la mayor cantidad de micro y macro biota que favorece la degradación de la materia orgánica y la aireación del suelo y funciona como banco de semillas de especies de flora silvestre. Realizar el despalme de las áreas de desplante de obras sin llevar a cabo la recuperación de los horizontes del suelo implica perder la parte más relevante ambientalmente de este factor, el cual es la base del crecimiento vegetal, captación, retención e infiltración de agua pluvial y funciona como sitio de refugio y alimentación para ciertas especies de fauna silvestre. La recuperación de este suelo suele ser una actividad importante para la restauración de áreas afectadas y para el arrope de taludes, bancos de tiro y para actividades de reforestación.
Afectación de las propiedades físicas del suelo	Suelo / Afectación de las propiedades físicas	• Despalme, nivelación y compactación de áreas de desplante. • Operación de maquinaria y vehículos. • Corte y perfilado de terreno. • Conformación de terraplenes y compactación para subrasante. • Colocación de base hidráulica.	El movimiento de vehículos y maquinaria para el traslado de personal, actividades de preparación del sitio que requieran el uso de maquinaria, como recuperación y traslado de suelo orgánico, nivelación y retiro de troncones grueso con raíces profundas, ocasionarían alteraciones en la estructura de los horizontes superficiales del suelo, como en su densidad aparente, porosidad y permeabilidad, en las áreas de rodamiento. En la etapa de construcción del proyecto, las alteraciones a las propiedades físicas del suelo son las de mayor impacto y están relacionadas con las actividades de compactación de áreas de desplante y con el movimiento de maquinaria y vehículos pesados con carga de materiales y retiro de materiales residuales, así como por el flujo vehicular del personal operativo de la obra. En la etapa de operación y mantenimiento este impacto ya no se presenta, ya que la operación de la carretera consiste en mantener el flujo vehicular sobre la carpeta de rodamiento de la carretera.

Impacto	Factor ambiental	Actividades	Escenarios: posibles y probables
Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo	Suelo / Contaminación por residuos	• Levantamiento carpeta asfáltica en área de modernización. • Demolición de obras por modernizar. • Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores. • Mantenimiento de maquinaria y equipos. • Manejo de hidrocarburos. • Excavaciones / cimentaciones. • Habilitación del área de desplante. • Construcción / instalación de infraestructura. • Riego de liga e impregnación y colocación de carpeta asfáltica. • Instalación de señalizaciones.	La degradación química y biológica del suelo puede estar dada por diversas causas, como la pérdida de nutrientes y materia orgánica, salinización, acidificación y la contaminación. En la etapa de preparación del sitio del proyecto, la degradación química puede estar dada por la dispersión de residuos en las áreas en las que se incide y aledañas a estas, todo dentro de la zona del derecho de vía. En esta etapa del proyecto sobresale la generación de residuos de manejo especial generados por la demolición de los puentes y obras de drenaje menor que tienen que ser construidas nuevamente como parte de la modernización de la vía de comunicación. A esto se le suma los generados por la renovación de la carpeta asfáltica en los tramos de modernización del trazo. El mal manejo en su recolección, almacenaje temporal y transporte podría ocasionar que se dispersen y derramen convirtiéndose en un problema de contaminación ambiental y, por lo tanto, en alteración de las propiedades químicas del suelo. En etapa de construcción, los diferentes procesos constructivos generan residuos, siendo los de tipo de manejo especial los de mayor cantidad, producto de los cortes de fierro, madera y mezcla residual y de pruebas de revenimiento, principalmente. Resalta la generación de residuos peligrosos, por su efecto en el medio ambiente, salud de los trabajadores y el cuidado de su manejo, tales como suelo, arena y grava impregnados con hidrocarburos u otras sustancias clasificadas como sustancias peligrosas (pintura, desmoldantes, selladores), recipientes, empaques y materiales que se hayan usado para el manejo de sustancias peligrosas. Por otro lado, los trabajadores generarían residuos sólidos urbanos por el consumo de alimentos, golosinas y bebidas refrescantes que normalmente tiene lugar en este tipo de trabajos. En este rubro sobresale la gran cantidad de envases

Impacto	Factor ambiental	Actividades	Escenarios: posibles y probables
			de PET y aluminio de las bebidas refrescantes y electrolitos y los envoltorios de golosinas que se consumen en la obra. En la etapa de operación y mantenimiento se reduce significativamente el agente generador de la degradación del suelo. Los residuos sólidos urbanos generados por los usuarios de la vía de comunicación son los principales agentes son las principales fuentes de contaminación del suelo, así como la generación de asfalto residual que se produce durante la reparación o remodelación de la carpeta asfáltica. Todos los tipos de residuos son fuentes potenciales de degradación del suelo por contaminación. Esto sucede cuando no son manejados apropiadamente en los sitios de generación o no se disponen en los sitios asignados para ello. En todos los casos, la afectación se tendría dentro de la zona del derecho de vía, en las áreas cercanas a donde se generan, pero con probabilidad de dispersarse ante una falta de manejo eficiente.
Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire	Aire / Calidad	• Despalme, nivelación y compactación de áreas de desplante. • Operación de vehículos, maquinaria y equipos automotores. • Excavaciones / cimentaciones. • Habilitación del área de desplante. • Corte y perfilado de terreno. • Conformación de terraplenes y compactación para subrasante. • Colocación de base hidráulica. • Flujo vehicular. • Mantenimiento de carpeta asfáltica y señalización. • Mantenimiento de maquinaria, vehículos y equipos (B).	La operación de equipos automotores en sitios con suelos con baja humedad podrá generar suspensión de pequeñas partículas sólidas del suelo, problema que se incrementa cuando existe viento y baja humedad relativa que ayuda a su dispersión hacia áreas aledañas. Los vehículos, maquinaria y equipos automotores con motores de combustión interna producen, la mayoría de ellos, tres tipos de emisiones de gases contaminantes que van directo a la atmósfera: a) emisiones evaporativas, b) emisiones por tubo de escape y, c) emisiones de partículas por el desgaste de componentes. Las emisiones evaporativas son principalmente de hidrocarburos y se tienen con los vehículos automotores en reposo con el motor caliente, de combustible en circulación y durante la recarga de combustible. Y, por otro lado, las emisiones del tubo de escape se producen por la quema del combustible, conteniendo los contaminantes: monóxido de

Impacto	Factor ambiental	Actividades	Escenarios: posibles y probables
		• Habilitación del área de desplante (B).	carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2), óxidos de nitrógeno (NO_X), hidrocarburos no quemados (HC), partículas sólidas, entre otros de menor concentración. Estas emisiones dependen del tipo de vehículo, su tecnología y su sistema de control de emisiones, donde vehículos y maquinaria pesada de modelos recientes cuentan con tecnología más avanzada para la reducción de emisiones contaminantes. El mantenimiento que se dé a los vehículos automotores y factores operativos, como la velocidad de operación, la frecuencia e intensidad de las aceleraciones y las características de los combustibles determinan la concentración de los contaminantes en las emisiones de los tubos de escape. Debido a las políticas operativas de la promovente, se prevé que los niveles de los contaminantes se encontrarán muy por debajo de los niveles máximos permitidos de las normas oficiales mexicanas aplicables al respecto en las dos primeras etapas de desarrollo del proyecto. Las emisiones de partículas contaminantes en la etapa de operación y mantenimiento del proyecto no dependen directamente de la promovente, ya que estas son generadas por el parque vehicular que hace uso de la vía de comunicación, normalmente perteneciente a terceros que son personas físicas y morales.
Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido	Aire / Confort sonoro	• Operación de vehículos, maquinaria y equipos para la preparación del sitio y traslado de personal. • Construcción / instalación de infraestructura. • Flujo vehicular. • Mantenimiento de carpeta asfáltica y señalización. • Mantenimiento de maquinaria, vehículos y equipos (B).	La operación de los vehículos automotores y de la maquinaria en cada una de las etapas de ejecución del proyecto emitirán una intensidad de ruido que va de los 70 a 90 dB(A) para los vehículos, y de entre 78 y 107 dB(A) para la maquinaria que operaría en las actividades de remoción de vegetación, recuperación de suelo, acarreo de material y sustancias, depósito de material residuos, traslado de personal, flujo vehicular en la operación, entre otros. Los niveles de ruido se mantienen por debajo de los límites máximos permisibles (NOM-081-SEMARNAT-1994) para todos los receptores durante el día y la noche, inclusive para aquellos más cercanos al trazo. En la etapa de construcción, los niveles

Impacto	Factor ambiental	Actividades	Escenarios: posibles y probables
			de ruido determinados no representan una emisión constante y serán percibidos por periodos limitados de tiempo (no las 24 h del día) y cuando ocurra la construcción. En la etapa de operación se determinó que habría una emisión constante de ruido con posibilidad de percibirse en las localidades aledañas, aunque en niveles inferiores a los límites de la NOM-081-SEMARNAT-1994. Mediciones del ruido generado por el flujo vehicular en una carretera federal en operación alcanzó valores promedio de entre 69 y 78 dBA. Estos valores bajan conforme uno se aleja del eje de la vía, alcanzándose valores similares al ruido de fondo a unos 250 – 350 m de distancia, lo cual depende de la presencia de barreras que ayuden a mitigar la dispersión de las emisiones (Benítez et al., 2021a). No obstante, el nivel sonoro que se genere en el área del proyecto tendría la intensidad suficiente para alterar el comportamiento de la fauna silvestre. Estudios realizados han detectado que el ruido generado por el transporte provoca cambios conductuales en las aves según la intensidad que alcance: cambio en la frecuencia de vocalizaciones al llegar a los 50 dBA, incremento en la amplitud de vocalizaciones a los 57 dBA, preferencia por descansar en áreas más tranquilas a los 47 dBA, efectos en fisiología y desarrollo a los 60 dBA y cambios en abundancia, riqueza, distribución y ocupación menor a los 46 dBA. En el caso de los mamíferos se tendría un menor efecto que en las aves, considerando su cambio conductual entre los 52 dBA y los 98 dBA. En este caso, el ruido generado por el transporte incide en la búsqueda de alimento cuando se llega a los 80 dBA de presión sonora, pero a partir de los 52 dBA se esperaría un incremento en el estrés fisiológico cuando se analiza desde el punto de vista del ruido industrial, que es una fuente fija y constante de ruido.

Impacto	Factor ambiental	Actividades	Escenarios: posibles y probables
Aprovechamiento del volumen de agua	Agua / Disponibilidad de agua del acuífero	• Consumo de agua para la conformación de terraplenes y compactación para subrasante. • Colocación de base hidráulica. • Consumo de agua para la preparación de concreto en obra civil. • Requerimiento de agua para la mitigación de la suspensión de partículas del suelo. • Consumo de agua de los trabajadores.	El consumo de agua para el desarrollo del proyecto es de forma diferenciada entre las dos primeras etapas de desarrollo. En la primera etapa no se demanda un uso significativo del recurso, siendo el riego de caminos de acceso y las áreas de despalme, para mitigar la suspensión de partículas de polvo, y el consumo de agua de trabajadores las principales fuentes demandantes de agua. En la etapa de construcción el consumo de agua sufre un ligero incremento en su demanda asociado a su requerimiento en los procesos constructivos y del consumo por parte de los trabajadores, ya que incrementa la plantilla en esta etapa. En la etapa de operación y mantenimiento no se demanda este recurso, más que el consumo de agua del personal encargado de las actividades de mantenimiento.
Alteración de la composición fisicoquímica y/o bacteriológica en el agua superficial	Agua / Calidad del agua superficial	• Levantamiento carpeta asfáltica en área de modernización. • Demolición de obras por modernizar. • Despalme, nivelación y compactación. • Corte y perfilado de terreno. • Conformación de terraplenes y compactación para subrasante. • Colocación de base hidráulica. • Riego de liga e impregnación y colocación de carpeta asfáltica. • Excavaciones / cimentaciones. • Habilitación del área de desplante. • Construcción / instalación de infraestructura. • Manejo y uso de hidrocarburos. • Mantenimiento de obras de drenaje (B).	Las actividades de preparación del sitio y construcción de la carretera sin medidas de mitigación pueden generar situaciones de potencial contaminación a la calidad del agua superficial, lo cual se puede presentar por sustancias químicas, hidrocarburos, sólidos en suspensión (sedimentos) y residuos. En este caso, la generación de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos mal manejados en su acopio y almacenamiento temporal son una fuente potencial de contaminación de cuerpos de agua superficiales, temporales y permanentes. Durante la etapa de preparación del sitio, el desmonte y despalme de las áreas de desplante de las obras y del eje ocasionan que las partículas del suelo pierdan cohesión, se genere polvo y arrastre de partículas sólidas por efecto de la escorrentía hacia cuerpos de agua superficiales, efecto que se potencializa con la operación vehicular y de maquinaria pesada sobre superficies con suelo desnudo. Además, en esta misma etapa se tiene la demolición de cuatro de los cinco puentes planeados y de obras de drenaje menores actualmente operando en los tramos de modernización, por lo que, los

Impacto	Factor ambiental	Actividades	Escenarios: posibles y probables
			residuos de manejo especial generados por la demolición pueden llegar a alterar la calidad del agua de los cuerpos de agua donde se ubican la obras por demoler. En la etapa de construcción, el manejo de sustancias químicas y de hidrocarburos en la maquinaria y operación de vehículos pueden ser una fuente importante de contaminación cuando existen prácticas deficientes de manejo y de atención a incidentes, como fugas y derrames en sitios de almacenamiento y áreas operativas por fallas mecánicas accidentales y durante el reabastecimiento de líquidos. Los residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos generados en las etapas de preparación del sitio y construcción con prácticas deficientes de acopio y almacenamiento temporal en los sitios de generación también representar ser un riesgo potencial de contaminación de los cuerpos de aguas superficiales. Al encontrarse dispersos en la superficie pueden ser arrastrados por el viento o escorrentías hacia cauces que atraviesan el eje de la vía. El alcance de las fugas, derrames, efluentes y sólidos suspendidos se vería limitado por infiltración por lo que su extensión territorial quedaría confinada en un área mínima dentro del derecho de vía. Sin embargo, al presentarse lluvias con escurrimiento, los contaminantes que permanecieron en los materiales superficiales podrían contaminar el agua superficial, la cual fluiría en el peor de los escenarios aguas abajo de los cauces. De esta forma, el alcance del impacto podría abarcar el área del proyecto y aledañas, alcanzando áreas del SAR.
Cambio en los flujos y movimientos de agua superficiales temporales	Agua / Modificación del flujo	• Deshierbe y desmonte. • Despalme, nivelación y compactación de áreas de desplante. • Corte y perfilado de terreno.	La pérdida de la cobertura es la primera reguladora de la derivación de agua pluvial. Al no existir la cobertura vegetal en las áreas desmontadas se reduce el volumen de agua infiltrada y se incrementa la escorrentía siguiendo los cauces naturales definidos por la orografía y relieve del área afectada. Sin embargo, como parte de la preparación de las áreas para la

Impacto	Factor ambiental	Actividades	Escenarios: posibles y probables
		• Conformación de terraplenes y compactación para subrasante. • Colocación de base hidráulica. • Habilitación de áreas de desplante (B). • Construcción / instalación de infraestructura de drenaje (B). • Mantenimiento de obras de drenaje (B).	construcción de obras y desarrollo de actividades, se realizan cambios a la conformación orográfica del terreno, por medio del despalme y la nivelación, pudiendo alterar aún más la capacidad de retención de agua por parte del suelo y cambiando el flujo natural del agua. En la etapa de construcción, la conformación de la estructura de la obra civil y la nivelación del terreno para la construcción del eje implicaría reducir la permeabilidad de la superficie, generándose escorrentía y cambio en el sentido de flujos. Esto sería manejado adecuadamente a través de las obras de drenaje requeridas para la captación y conducción del agua pluvial que se tienen diseñados como parte del planteamiento del proyecto, las cuales reencauzarían el agua pluvial a los sitios de escorrentía natural y cuerpos de agua superficiales presentes en el terreno. Estas obras son planeadas tanto para asegurar la funcionalidad y seguridad operativa de las obras, como para permitir el flujo del agua. El trazo de la carretera cruza con cuerpos de agua superficiales, tanto temporales como permanentes, los cuales captan el mayor volumen de agua pluvial durante la época de lluvias, por lo que es importante que cuenten con las obras de drenaje con las características técnicas que garanticen su eficiencia operativa para seguridad de la obra, los usuarios de la vía de comunicación y de las poblaciones aledañas a ésta. El mayor impacto por el cambio de los flujos de agua superficiales no se espera que sea en los cauces de los cuerpos de agua antes referidos, sino más bien en el sentido de los flujos superficiales de la escorrentía en el área del proyecto por la alteración de las áreas de desplante de obras. Este impacto está relacionado con el cambio del sentido de la escorrentía, no con la interrupción y disminución de los flujos de agua pluvial, ya que como se mencionó anteriormente, las obras de drenaje también cumplen la función de garantizar la funcionalidad operativa y segura de las obras del proyecto.

Impacto	Factor ambiental	Actividades	Escenarios: posibles y probables
Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático	Agua / Recarga del manto freático	• Deshierbe y desmonte. • Despalme, nivelación y compactación de áreas de desplante. • Corte y perfilado de terreno. • Conformación de terraplenes y compactación para subrasante. • Colocación de base hidráulica. • Riego de liga e impregnación y colocación de carpeta asfáltica.	La conformación de la estructura de la obra civil, incluyendo el eje y sus obras de drenaje y complementarias, implicaría reducir la permeabilidad de la superficie, generando mayor escurrimiento superficial de agua pluvial y cambio en el sentido de flujos superficiales. La cobertura por la construcción de la infraestructura y la afectación de áreas por la pérdida de cobertura vegetal, retiro de suelo orgánico y compactación del horizonte superficial restaría áreas y la capacidad para captar, almacenar e infiltrar agua pluvial.
Cambio en la abundancia de individuos de especies de flora silvestre	Flora silvestre / Abundancia	• Deshierbe y desmonte de las áreas de obras.	Para poder llevar a cabo la instalación y construcción de las obras del proyecto es necesario liberar de la cobertura vegetal las áreas donde éstas estarían ubicadas, esto implica remover todos los individuos de flora presentes dentro de los polígonos de afectación o desplante de obras que cuente con cobertura vegetal forestal. La remoción de dichos individuos no implica la afectación de la diversidad de flora silvestre, pero sí de la abundancia de ejemplares en las áreas con presencia de especies, incluyendo a los ejemplares de las especies en categoría de riesgo y de importancia ambiental. En estas superficies, la pérdida de vegetación será total e irá acompañada del despalme del suelo por lo que se perdería no solamente la cobertura vegetal sino todos los atributos de la flora, así como el hábitat y la capa de suelo que almacena semillas de las especies de flora silvestre que crece en dichas áreas. Consecuentemente, sin medidas de mitigación el impacto es de muy alta intensidad y muy probablemente irreversible, perdurando por un largo período de tiempo tras el cese del proyecto. Por otro lado, las áreas con cobertura vegetal vecinas a las áreas desmontadas serán afectadas por el efecto de borde, lo que puede ocasionar un cambio en su distribución, composición y estructura, así como la transformación del hábitat.
Modificación de la superficie y distribución de la cobertura y tipo de vegetación	Flora silvestre / cobertura vegetal	• Deshierbe y desmonte de las áreas de obras.	
Afectación a ejemplares de flora silvestre de especies en categoría de riesgo	Flora silvestre / Especies en riesgo	• Deshierbe y desmonte de las áreas de obras.	

Impacto	Factor ambiental	Actividades	Escenarios: posibles y probables
			El impacto no afectará significativamente al ecosistema a nivel del SAR, pues los 255,662.65 m^2 de superficie de afectación del proyecto solo representan ser el 0.08 % de los 328'851,853.12 m^2 de la superficie del SAR. Y, por otro lado, Los 23,976.07 m^2 de cobertura vegetal forestal que sería sometida a cambio de uso de suelo es el 0.02 % de la cobertura vegetal forestal presente dentro del SAR.
Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre	Fauna silvestre / Abundancia	• Delimitación del DDV y trazado de la corona. • Deshierbe y desmonte. • Despalme, nivelación y compactación de áreas de desplante. • Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores. • Excavaciones / cimentaciones. • Habilitación del área de desplante. • Construcción / instalación de infraestructura. • Corte y perfilado de terreno. • Conformación de terraplenes y compactación para subrasante. • Colocación de base hidráulica. • Riego de liga e impregnación y colocación de carpeta asfáltica. • Instalación de señalizaciones. • Habilitación del área de desplante. • Construcción / instalación de infraestructura. • Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores. • Flujo vehicular.	Las actividades de delimitación de áreas para el desplante de obras, deshierbe, desmonte y otras actividades que impliquen el movimiento de vehículos, maquinaria y personal, lo cual aumenta paulatinamente conforme el proyecto se va desarrollando hasta llegar a su punto máximo cuando se está en la operación y mantenimiento, puede ocasionar el ahuyentamiento de ejemplares de fauna silvestre. Además, el desmonte de las áreas de desplante de obras reduce la disponibilidad de superficie para refugio, alimentación, reproducción y percheo de fauna silvestre, lo que pudiera ocasionar el desplazamiento de individuos a otros sitios dentro del mismo SAR en búsqueda de áreas con menor alteración y disponibilidad de hábitat. Ante la falta de implementación de medidas de mitigación también implica la mortalidad de individuos de especies con menor capacidad de desplazamiento y/o de individuos que permanecieron en sus sitios de refugio o de anidación. Esta siniestralidad es generada por el atropellamiento de ejemplares que intentan cruzar la carretera, lo cual sucede desde que se esta etapa de construcción e incrementa durante la operación de la vía. La afectación que se ocasiona a este factor ambiental implica la disminución de ejemplares de fauna silvestre, incluyendo los pertenecientes a especies clasificadas en categoría de riesgo y de importancia ambiental, la pérdida de hábitat, fragmentación del ecosistema y la alteración de áreas de desplazamiento para especies de mayor rango de área de influencia.
Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre	Fauna silvestre / Movilidad		
Riesgo de atropellamiento de fauna silvestre	Fauna silvestre / Mortalidad		
Reducción de áreas usadas como refugio, alimentación y reproducción de fauna silvestre	Fauna silvestre / Disponibilidad de hábitat		
Afectación a ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo	Fauna silvestre / Especies en categoría de riesgo		

Impacto	Factor ambiental	Actividades	Escenarios: posibles y probables
Modificación de las cualidades estético - paisajísticas	Paisaje / Calidad estético - paisajística	• Delimitación del DDV y trazado de la corona. • Deshierbe y desmonte de las áreas de obras. • Despalme y nivelación (Alteración de la conformación topográfica). • Construcción / instalación de infraestructura. • Corte y perfilado de terreno. • Riego de liga e impregnación y colocación de carpeta asfáltica. • Habilitación del área de desplante. • Construcción / instalación de infraestructura.	El paisaje, entendido como el espacio territorial conformado por unidades ambientales heterogéneas diferenciadas por la interacción que se da entre la geomorfología, suelo, clima, vegetación, agua y las modificaciones antrópicas, se ve fuertemente alterado de manera diferente, principalmente en las primeras dos etapas de desarrollo del proyecto. Las modificaciones que introduce la vía de comunicación al paisaje van cambiando el escenario paisajístico a lo largo del trazo conforme se avanza con la ejecución del proyecto en las dos primeras etapas, con "productos" paisajísticos diferentes. El primer cambio se da con la remoción de la vegetación en las áreas de desplante de obras y realización de actividades, en las que posteriormente se llevaría a cabo el despalme, nivelación y cortes para el trazo y construcción de la vía. Este es un cambio que se podría ir dando de manera paulatina, conforme las necesidades y capacidades operativas del proyecto. Al pasar a la etapa de construcción implica la introducción de cambios visuales representados por modificaciones de líneas, formas, colores, contraste y patrones a medida que toman forma los diferentes componentes del proyecto, entre los que resalta el trazo de la vía de comunicación. En la etapa de operación el cambio paisajístico ocasionado en las primeras etapas del proyecto se mantiene, con la diferencia que en esta etapa se tendrá el movimiento vehicular sobre la carretera las 24 horas del día, el cual tendrá variaciones a lo largo del día y entre épocas del año. Cabe aclarar que, dada su naturaleza, el trazo del eje es visible desde diferentes áreas por su contraste de color, cortes de la geomorfología y perceptible por las emisiones sonoras.
Impacto en la calidad de vida de los vecinos de las obras	Paisaje / Impacto visual		
Generación de ofertas de trabajo directos e indirectos	Calidad de vida / Generación de empleos	• Delimitación del DDV y trazado de la corona. • Deshierbe y desmonte. • Levantamiento carpeta asfáltica en área de modernización.	En el marco económico, el proyecto tiene beneficios a nivel del SAR por la contratación de personal y la demanda de bienes y servicios. En estos aspectos se da preferencia a las comunidades locales y, en caso de no poderse satisfacer

Impacto	Factor ambiental	Actividades	Escenarios: posibles y probables
		• Demolición de obras por modernizar. • Despalme, nivelación y compactación de áreas de desplante. • Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores. • Excavaciones / cimentaciones. • Habilitación del área de desplante. • Construcción / instalación de infraestructura. • Corte y perfilado de terreno. • Conformación de terraplenes y compactación para subrasante. • Colocación de base hidráulica. • Riego de liga e impregnación y colocación de carpeta asfáltica. • Instalación de señalizaciones. • Habilitación del área de desplante. • Construcción / instalación de infraestructura. • Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores. • Mantenimiento de maquinaria y equipos. • Mantenimiento de carpeta asfáltica y señalización. • Mantenimiento de obras de drenaje.	adecuadamente las necesidades, la prioridad se extiende a la región y luego a las ciudades más cercanas. El proyecto genera mayor cantidad de fuentes de empleos, directos e indirectos, en la etapa de construcción y en la operación y mantenimiento. En la contratación se da preferencia a los habitantes del SAR, pero esto se ve limitado por el hecho de que algunos empleos requieren habilidades y competencias técnicas especiales (mano de obra calificada). Consecuentemente, se tendrán que contratar personas de comunidades o centros poblacionales más alejados. La contratación de personal y desarrollo de habilidades técnicas tiene aspectos positivos, entre ellos el impulso económico a nivel regional y familiar y ayuda en la capacitación del personal a desarrollar habilidades especiales y en la superación personal, lo que repercute en ser más competitivo en el mercado laboral a futuro. Por otro lado, se tiene que algunos servicios especializados no pueden ser satisfechos local o regionalmente por lo que el impacto económico positivo de la construcción de la vía se extiende a una zona geográfica más amplia. El contar con más y mejores vías de comunicación representa un beneficio económicos de las comunidades asentadas en la región, mejoran el arraigo y calidad de vida de las personas, favorece el comercio, aumentan los ingresos y capacidad de adquisición, lo que es un efecto indirecto. En general, esto incide positivamente a superar el grado de marginación.
Impulso a la economía local y regional por la derrama económica	Calidad de vida / Derrama económica	• Delimitación del DDV y trazado de la corona. • Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores.	

Impacto	Factor ambiental	Actividades	Escenarios: posibles y probables
		• Mantenimiento de maquinaria y equipos. • Excavaciones / cimentaciones. • Habilitación del área de desplante. • Construcción / instalación de infraestructura. • Colocación de base hidráulica. • Riego de liga e impregnación y colocación de carpeta asfáltica. • Instalación de señalizaciones. • Habilitación del área de desplante. • Construcción / instalación de infraestructura. • Manejo y uso de hidrocarburos.	
Cambio de la seguridad operativa de los usuarios de la vía de comunicación	Calidad de vida / seguridad vial	• Corte y perfilado de terreno. • Conformación de terraplenes y compactación para subrasante. • Colocación de base hidráulica. • Riego de liga e impregnación y colocación de carpeta asfáltica. • Instalación de señalizaciones. • Habilitación del área de desplante. • Construcción / instalación de infraestructura. • Mantenimiento de carpeta asfáltica y señalización. • Mantenimiento de obras de drenaje.	Las condiciones actuales de la carretera federal Acapulco – Zihuatanejo, en su tramo Pie de la Cuesta – Coyuca de Benítez, fue construida en la década de los 70's para satisfacer las necesidades de la población de ese entonces. Aunque la vía de comunicación ha sido sometida a actividades de mantenimiento durante todos estos años, es evidente el grado de deterioro y las necesidades de modernización para convertirla en una vía de comunicación más segura para los usuarios, hacerla más rápida para reducir los tiempos y costos de traslado y hacer cambios en su trayecto para reducir el impacto que este tipo de proyecto ocasiona a los pobladores de las localidades asentadas cercanas al trazo. El desarrollo del proyecto, en los términos planeados, viene a fomentar el desarrollo económico regional, favoreciendo la comunicación, el comercio y la conexión de los centros turísticos del estado de Guerrero.

VII.3 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CONSIDERANDO LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y/O CORRECCIÓN

En el capítulo V de este documento se hizo una amplia descripción y análisis de los impactos ambientales potenciales que se generarían por el desarrollo del proyecto, incluyendo a los impactos ambientales clasificados como acumulativos y residuales. De las 223 relaciones actividades del proyecto – factores ambientales que son susceptibles de recibir un cambio, 84 se consideran benéficas y 139 adversas.

De manera general, de los 56 impactos ambientales potenciales identificados a generarse por el desarrollo del proyecto, agrupando las 223 interacciones identificadas en la matriz tipo Leopold, resultó que 42 se consideran adversos, 33 clasificados como ligeros, ocho moderados y solo uno significativo. Los 14 impactos restantes se clasifican como positivos, cuatro ligeros, tres moderados y siete significativos.

En el capítulo VI se procedió a describir detalladamente las medidas ambientales para prevenir, mitigar y compensar los impactos ambientales identificados, incluyendo a los clasificados como acumulativos y residuales. Varias de estas medidas forman parte de los programas específicos que constituyen el PVA descrito en el capítulo que antecede a éste.

Por lo que, en la Tabla VII-2 se describe el escenario ambiental que se espera considerando el desarrollo del proyecto e implementando las medidas ambientales descritas en el capítulo VI. La descripción sigue la misma estructura empleada en la descripción de escenarios ambientales en el SAR sin la implementación de medidas ambientales para poder realizar una comparación de los posibles escenarios, sin implementación de medidas ambientales y con la implementación de las medidas de prevención, mitigación y compensación ambientales propuestas.

Tabla VII-2. Escenarios esperados con la implementación de las medidas ambientales propuestas para los impactos ambientales potenciales identificados, por etapa de desarrollo del proyecto.

Etapa	Factor ambiental	Actividades	Escenarios esperados con medidas ambientales
Cambio en la conformación topográfica natural del terreno y de patrones de sedimentación de sustratos	Fisiografía / Relieve	• Despalme, nivelación y compactación de las áreas donde se desplantan obras. • Excavaciones y cimentaciones para la construcción de obras provisionales y de drenaje, puentes y complementarias. • Corte y perfilado de terreno. • Conformación de terraplenes y compactación para subrasante. • Colocación de base hidráulica.	La afectación al relieve actual que predomina en el SAR, más específicamente en el área del derecho de vía, se limita al trazo del cuerpo de la carretera y del desplante de obras de apoyo y auxiliares, se mantiene pues no se cuenta con medidas ambientales preventivas ni mitigables eficientes para el cambio en la conformación geomorfológica que generan los cortes y rellenos para mantener la pendiente del eje de la vía de comunicación. Las medidas ambientales que se proponen implican la conservación de los cambios de relieve que genera la operación del proyecto, por lo que, las medidas de mitigación y compensatorias que se proponen van encaminadas a darle estabilidad y funcionalidad ambiental a estas nuevas conformaciones en el ecosistema. En el caso de taludes, consisten en brindar a sus paredes pendientes finales para darles estabilidad y con ello prevenir derrumbes que causen la expansión no controlada y fortuita del mismo, además de hacer una vía más segura y prevenir posibles riesgos para los usuarios. Las partes del trazo formado por rellenos con material de acarreo, deberá tener las dimensiones, de ancho y longitud de la base y cuerpo de la carretera, con el grado de compactación y pendiente apropiada que garantice la estabilidad del eje. Además, las bases deberán estar conformadas con el material y grado de compactación que garanticen la estabilidad de la obra. Consecuentemente, la alteración al relieve del terreno constituye un impacto de alta intensidad, irreversible y permanente, con un efecto residual de largo plazo.
Alteración de la estabilidad geomorfológica del terreno	Fisiografía / Estabilidad geomorfológica	• Cortes y perfilado del terreno. • Excavaciones y cimentaciones. • Conformación de terraplenes y compactación para subrasante (B). • Colocación de base hidráulica (B). • Riego de liga e impregnación y colocación de carpeta asfáltica (B). • Construcción / instalación de obras de drenaje menor y puentes (B).	
Pérdida / conformación de horizontes del suelo	Suelo / Pérdida de suelo.	• Delimitación del DDV y trazado de la corona. • Deshierbe y desmonte.	El diseño del proyecto considera las implicaciones para mitigar el impacto al perfil de suelo con el rescate, almacenamiento temporal y reutilización del suelo orgánico, de los horizontes

Etapa	Factor ambiental	Actividades	Escenarios esperados con medidas ambientales
en áreas del desplante		• Despalme, nivelación y compactación de áreas de desplante.	orgánico y aluvial de las áreas por afectar y que aún cuenten con este recurso natural sin alterar. Sin bien, es una afectación que no se puede evitar, el rescate del suelo ayuda a conservar el suelo de los horizontes que tienen mayor contenido de materia orgánica, la mayor cantidad y actividad de la macro y microbiota del suelo y la parte del perfil del suelo que funciona como almacén de semillas de especies de flora silvestre representativa de las comunidades vegetales presentes. El suelo rescatado será utilizado durante la etapa de restauración ambiental de las áreas operativas que vayan dejando de ser funcionales para el proyecto.
Afectación de las propiedades físicas del suelo	Suelo / Afectación de las propiedades físicas	• Despalme, nivelación y compactación de áreas de desplante. • Operación de maquinaria y vehículos. • Corte y perfilado de terreno. • Conformación de terraplenes y compactación para subrasante. • Colocación de base hidráulica.	Se mantiene el impacto en la superficie mínima de afectación del suelo del escenario sin medidas de mitigación hasta que el cese de operaciones permita la restauración del lugar encaminada, entre otros objetivos, a lograr la restitución de la cubierta de suelo y sus funciones, en las áreas impactadas. Entre las medidas encaminadas a minimizar el impacto al suelo se tienen las siguientes: • Las obras fueron diseñadas y serán construidas para minimizar la superficie de afectación del suelo. • Rescatar, almacenar, manejar adecuadamente y reutilizar el suelo de los sitios de desplante de obras para su utilización en la restauración. El área de concentración y manejo del suelo recuperado será en áreas dentro del derecho de vía cercanas de las áreas de rescate o reutilización. • Mediante procesos de planeación cuidadosos, se procurará, en la mayor medida de lo posible, evitar llegar al máximo de afectación, manteniendo las áreas intermedias dentro del derecho de vía en las condiciones actuales, si no es que las zonas actualmente perturbadas de las mismas son mejoradas mediante acciones de

Etapa	Factor ambiental	Actividades	Escenarios esperados con medidas ambientales
			recuperación concurrentes a la operación (restauración progresiva). • Se desarrollarán obras de control de los escurrimientos para minimizar el riesgo de erosión hídrica y para promover el reencauzamiento de los flujos hídricos superficiales y la infiltración de agua. • El desmantelamiento de las instalaciones y remoción de escombros y otros materiales derivados de las mismas al final de su vida útil, como parte de las actividades de preparación para la restauración de las áreas utilizadas temporalmente. • La restauración será iniciada al final de la construcción, previo a la operación de la carretera, según vaya cesando la realización de actividades en secciones de obras o frentes de trabajo del proyecto. Incluirá la colocación del suelo rescatado y la escarificación del suelo en general.
Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo	Suelo / Contaminación por residuos	• Levantamiento carpeta asfáltica en área de modernización. • Demolición de obras por modernizar. • Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores. • Mantenimiento de maquinaria y equipos. • Manejo de hidrocarburos. • Excavaciones / cimentaciones. • Habilitación del área de desplante. • Construcción / instalación de infraestructura. • Riego de liga e impregnación y colocación de carpeta asfáltica. • Instalación de señalizaciones.	El impacto a la calidad del suelo no se presenta pues las medidas para la prevención y mitigación de la contaminación del suelo incorporadas desde el diseño de los procesos e instalaciones con altos estándares de calidad, así como las medidas de mitigación no estructurales implementadas, evitan que el suelo sea contaminado, salvo por eventos fortuitos (accidentes). La delimitación del derecho de vía y de los frentes de trabajo ayudan a controlar la generación, control, disposición temporal, manejo y disposición final de los residuos generados durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto. En la etapa de operación y mantenimiento, la generación de residuos se limita a las actividades de mantenimiento de la vía de comunicación, principalmente de manejo especial, los cuales tendrán las medidas de mitigación establecidas en las etapas previas. Durante las etapas de preparación del sitio y construcción, se habilitará un área para la concentración y estacionamiento de

Etapa	Factor ambiental	Actividades	Escenarios esperados con medidas ambientales
			maquinaria que no sea requerida por determinado tiempo. Esta área ayudará a concentrar el cuidado de la maquinaria y equipos automotores, así como la supervisión y cuidado de posibles fallas mecánicas de los equipos. El mantenimiento y servicio de vehículos se realizará solamente en talleres mecánicos existentes en las localidades aledañas al trazo, lo que reduce la probabilidad de generar impactos ambientales relacionado con el mantenimiento de los equipos automotores. Se cuenta con inspecciones preoperativas a vehículos, equipos y maquinaria que permiten identificar con anticipación fallas que pudieran derivar en fugas o derrames de sustancias químicas o de hidrocarburos. El diseño del proyecto cuenta con la implementación de un programa de manejo integral de residuos en el que se incluye medidas e instalaciones para la disposición temporal, manejo, transporte y disposición de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y residuos peligrosos. Todas estas acciones van encaminadas a prevenir y mitigar los impactos a la calidad química y biológica del suelo. Los procedimientos de los procesos incorporan las mejores prácticas para prevenir la contaminación del suelo, además de que el personal estará óptimamente capacitado.
Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire	Aire / Calidad	• Despalme, nivelación y compactación de áreas de desplante. • Operación de vehículos, maquinaria y equipos automotores. • Excavaciones / cimentaciones. • Habilitación del área de desplante. • Corte y perfilado de terreno. • Conformación de terraplenes y compactación para subrasante. • Colocación de base hidráulica.	Los impactos se reducen notoriamente pues, por un lado, la realización del proyecto no se llevará a cabo bajo las condiciones del peor escenario y, por otro, debido a que las medidas de mitigación reducen sensiblemente la magnitud y el alcance de los impactos se minimizarán al máximo posible la emisión de contaminantes, con lo que reducirá el volumen de los mismos y la extensión del área de dispersión significativa, con lo que se cumplirá la normatividad correspondiente de nuestro país, así como los estándares internacionales. Se espera mantener los impactos significativos en la zona inmediatamente aledaña a la emisión y dentro de los límites del

Etapa	Factor ambiental	Actividades	Escenarios esperados con medidas ambientales
		• Flujo vehicular. • Mantenimiento de carpeta asfáltica y señalización. • Mantenimiento de maquinaria, vehículos y equipos (B). • Habilitación del área de desplante (B).	derecho de vía. Estos impactos cesan al término de las operaciones. Las comunidades más cercanas no se verán afectadas por las emisiones de polvos y gases contaminantes, pues las concentraciones a esperar serán muy inferiores a las máximas permisibles, y, por lo tanto, no habrá problemas de salud derivados de los contaminantes considerados. Igualmente, se espera que no habrá incidencia significativa sobre el medio natural, sobre todo a la flora por los polvos, en las áreas vecinas a la realización del proyecto. Las principales acciones de mitigación incluyen: el riego de caminos y terracerías, restricción de la velocidad operativa a vehículos y maquinaria y mantenimiento periódico de vehículos y equipos de acuerdo con sus especificaciones técnicas. Este es un impacto que se genera bajo la responsabilidad de la promovente en las dos primeras etapas de desarrollo del proyecto, por ende, es aquí donde se puede incidir en la mitigación del impacto ambiental. En la etapa de operación, solo el efecto de las actividades de mantenimiento puede ser mitigado por la promovente, ya que las emisiones del flujo vehicular de los usuarios de la vía de comunicación dependen del tipo, cantidad y estado de los vehículos de los usuarios.
Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido	Aire / Confort sonoro	• Operación de vehículos, maquinaria y equipos para la preparación del sitio y traslado de personal. • Construcción / instalación de infraestructura. • Flujo vehicular. • Mantenimiento de carpeta asfáltica y señalización. • Mantenimiento de maquinaria, vehículos y equipos (B).	Los niveles de ruido que experimentarán los receptores serán inferiores a los resultantes en los sitios de las fuentes de emisión por el tipo de ambiente de trabajo (áreas abiertas) y la separación entre las fuentes emisoras, lo que impediría la sinergia de la intensidad de las emisiones. Además, se implementarán medidas de mitigación para minimizar al máximo las emisiones. Entre las medidas de mitigación se encuentran: (1) realizar las actividades más significativamente emisoras de ruido durante el día y manejarlas con el propósito de satisfacer el nivel establecido al respecto en la NOM-081-SEMARNAT-1994; (2) No mantener vehículos diésel encendidos ni muy

Etapa	Factor ambiental	Actividades	Escenarios esperados con medidas ambientales
			revolucionados innecesariamente; (3) uso de silenciadores en vehículos, y, (4) mantenimiento periódico a vehículos y maquinara para mantener su eficiencia y disminuir el ruido que generan.
Aprovechamiento del volumen de agua	Agua / Disponibilidad de agua del acuífero	• Consumo de agua para la conformación de terraplenes y compactación para subrasante. • Colocación de base hidráulica. • Consumo de agua para la preparación de concreto en obra civil. • Requerimiento de agua para la mitigación de la suspensión de partículas del suelo. • Consumo de agua de los trabajadores.	En este componente no existe diferencia entre los escenarios del proyecto sin medida y con medidas ambientales, ya que, si bien se tiene considerado la implementación de medidas para mitigar el consumo de agua, su efecto es menor. El consumo de agua está asociado principalmente al riego en la conformación de las bases, ya que por aspectos técnicos éstas se deben conformar con un determinado porcentaje técnico de humedad determinado por las pruebas de laboratorio. El riego de terracerías de caminos de acceso en operación para supresión de la suspensión de partículas representa ser otra actividad que demanda consumo de agua. Sin embargo, este consumo se considera una medida de mitigación contra la contaminación de la calidad de aire. El uso de agua para los procesos constructivos, como la preparación del concreto de las obras es un consumo de agua que también está asociado a aspectos técnicos para garantizar la eficiencia operativa y durabilidad de la obra. Por lo antes mencionado, el consumo de agua sin medidas de mitigación y con medidas de mitigación solamente se diferencia por el uso de agua para riego de las áreas de rodamiento para mitigar la suspensión de partículas sólidas en la atmósfera.
Alteración de la composición fisicoquímica y/o bacteriológica en el agua superficial	Agua / Calidad del agua superficial	• Levantamiento carpeta asfáltica en área de modernización. • Demolición de obras por modernizar. • Despalme, nivelación y compactación. • Corte y perfilado de terreno.	La construcción de la carretera operará adecuadamente sin causar ningún efecto a la calidad del agua superficial pues las medidas de mitigación propuestas, estructurales y no estructurales son adecuadas y suficientes para tal fin. La afectación a la calidad del agua superficial por material residual suspendido es evitada tanto en la etapa de preparación y construcción como en la de operación mediante la aplicación del programa de manejo integral de residuos. En la primera, el

Etapa	Factor ambiental	Actividades	Escenarios esperados con medidas ambientales
		• Conformación de terraplenes y compactación para subrasante. • Colocación de base hidráulica. • Riego de liga e impregnación y colocación de carpeta asfáltica. • Excavaciones / cimentaciones. • Habilitación del área de desplante. • Construcción / instalación de infraestructura. • Manejo y uso de hidrocarburos. • Mantenimiento de obras de drenaje (B).	suelo de las áreas desmontadas es retirado inmediatamente y llevado al sitio de almacenamiento. Como parte del proceso de derribo de los puentes y obras de drenaje menor que serán modernizadas, la planeación de las actividades permite tener un control de la generación de residuos, su almacenamiento temporal fuera de los cuerpos de agua y una disposición final acorde con los lineamiento definidos por la autoridad ambiental respectiva. En la etapa de construcción se tiene establecido la concentración, almacenamiento temporal y manejo separado para la disposición final de los residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos. Esta es la etapa del proyecto en la que más residuos se genera por unidad de tiempo, considerando los tres tipos de residuos. En la etapa de operación, las actividades de mantenimiento son las generadoras de residuos, de los tres tipos de residuos, y se implementan las mismas medidas de mitigación que en la etapas previas. Por lo tanto, este impacto ambiental resultaría ser poco significativo al controlarse el agente de contaminación de los cuerpos de agua superficiales.
Cambio en los flujos y movimientos de agua superficiales temporales	Agua / Modificación del flujo	• Deshierbe y desmonte. • Despalme, nivelación y compactación de áreas de desplante. • Corte y perfilado de terreno. • Conformación de terraplenes y compactación para subrasante. • Colocación de base hidráulica. • Habilitación de áreas de desplante (B). • Construcción / instalación de infraestructura de drenaje (B). • Mantenimiento de obras de drenaje (B).	Las medidas de mitigación establecen un nuevo patrón que permite que el flujo del escurrimiento sea de forma controlada. Estas medidas permitirán que la vía de comunicación opere adecuadamente y los escurrimientos superficiales aguas abajo del derecho de vía reciban aportaciones con normalidad. Las medidas de mitigación al impacto sobre la red de drenaje incluyen obras de drenaje, cunetas, contracunetas, bordillo, lavaderos y puentes para la captación y redirección del agua pluvial que incide en el trazo del proyecto. El escurrimiento en la carpeta asfáltica y el derecho de vía es controlado y direccionado para la continuidad de los flujos naturales y promover la infiltración y otros aspectos. En cuanto al volumen de escurrimiento, las medidas de mitigación permiten que no se alteren las corrientes de los

Etapa	Factor ambiental	Actividades	Escenarios esperados con medidas ambientales
Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático	Agua / Recarga del manto freático	• Deshierbe y desmonte. • Despalme, nivelación y compactación de áreas de desplante. • Corte y perfilado de terreno. • Conformación de terraplenes y compactación para subrasante. • Colocación de base hidráulica. • Riego de liga e impregnación y colocación de carpeta asfáltica.	cuerpos superficiales ni el volumen de agua de la escorrentía y flujos de los cuerpos de agua superficiales, pues el volumen que se recibe de la zona aguas arriba del recinto es conducido y permite el libre paso aguas abajo del trazo, sin que existan obras o sitios con obstrucción de las corrientes y flujos de agua.
Cambio en la abundancia de individuos de especies de flora silvestre	Flora silvestre / Abundancia	• Deshierbe y desmonte de las áreas de obras.	El desmonte de la vegetación y despalme del suelo son indispensables para la construcción de las obras, por lo que el impacto antes descrito a la vegetación es inevitable. Además, el impacto es de largo plazo, pues mientras la vía esté en operación el área no podrá ser restaurada. Existen áreas dentro del derecho de vía que se usan solo durante las etapas de preparación del sitio y construcción, mismas que son restauradas en tanto dejan de ser utilizadas, previo a la etapa de operación y mantenimiento. Para ello, se implementará un programa de restauración que contempla entre sus principales fines el restablecimiento de las condiciones del suelo y que permita el crecimiento de vegetación. No obstante, por cuestiones de seguridad de operación de la vía, no es recomendable permitir el crecimiento de ejemplares arbóreos ni arbustivos. Como medida de mitigación, las obras fueron diseñadas para ocupar la mínima superficie posible y durante la etapa de preparación y construcción, se vigilaría que el desmonte se restrinja rigurosamente al derecho de vía y áreas indicadas en el capítulo II de este documento. En apoyo al programa de restauración se opera un área para la concentración y manejo de los ejemplares rescatados de flora silvestre, incluyendo a individuos de especies con alguna categoría de riesgo, incluidos en la NOM-059-SEMARNAT-
Modificación de la superficie y distribución de la cobertura y tipo de vegetación	Flora silvestre / cobertura vegetal	• Deshierbe y desmonte de las áreas de obras.	
Afectación a ejemplares de flora silvestre de especies en categoría de riesgo	Flora silvestre / Especies en riesgo	• Deshierbe y desmonte de las áreas de obras.	

Etapa	Factor ambiental	Actividades	Escenarios esperados con medidas ambientales
			2010. Los ejemplares por rescatar de las especies en categoría de riesgo serían todos los ejemplares jóvenes y en buen estado sanitario previo al desmonte, así como el 10% de los individuos de las especies de interés biológico. Estos individuos se reubicarán en áreas con vegetación forestal dentro del SAR, de preferencia en área aledañas al trazo del proyecto. La restauración será previa a la operación, conforme las áreas vayan siendo abandonadas. Tras el desmantelamiento de obras y/o la reconfiguración del terreno, donde sea necesario, se coloca el suelo rescatado tras el despalme, preparándolo mediante escarificación y otras acciones, lo que será también llevado a cabo en las áreas donde se concentró dentro del derecho de vía.
Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre	Fauna silvestre / Abundancia	• Delimitación del DDV y trazado de la corona. • Deshierbe y desmonte. • Despalme, nivelación y compactación de áreas de desplante. • Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores. • Excavaciones / cimentaciones. • Habilitación del área de desplante. • Construcción / instalación de infraestructura. • Corte y perfilado de terreno. • Conformación de terraplenes y compactación para subrasante. • Colocación de base hidráulica. • Riego de liga e impregnación y colocación de carpeta asfáltica.	La modificación de las poblaciones de fauna y de su hábitat son inevitables en los frentes de trabajo dentro del derecho de vía. Si bien, se establecen medidas de mitigación contra afectaciones a la fauna silvestre, se trata de un proyecto que es de largo plazo con afectaciones desde la etapa de preparación del sitio hasta el final de la etapa de operación y mantenimiento. La abundancia de las poblaciones y la diversidad de la fauna (a nivel del SAR) no se ve afectada con el ahuyentamiento y la relocalización planificados que contempla el programa de rescate de fauna implementado en la etapa de preparación y construcción, así como por las medidas realizadas para que durante la operación se evite la muerte circunstancial de fauna como por ejemplo, la instalación de cercos para prevenir el ingreso de mamíferos medianos a la vía y la adecuación potencial de algunas obras de drenaje como pasos de fauna. Las presiones y efectos adversos son disminuidos en las áreas reforestadas vecinas con la prohibición de la colecta y caza de ejemplares de fauna, así como por la implementación de las
Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre	Fauna silvestre / Movilidad		
Riesgo de atropellamiento de fauna silvestre	Fauna silvestre / Mortalidad		
Reducción de áreas usadas como refugio, alimentación y reproducción de fauna silvestre	Fauna silvestre / Disponibilidad de hábitat		

Etapa	Factor ambiental	Actividades	Escenarios esperados con medidas ambientales
Afectación a ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo	Fauna silvestre / Especies en categoría de riesgo	• Instalación de señalizaciones. • Habilitación del área de desplante. • Construcción / instalación de infraestructura. • Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores. • Flujo vehicular.	medidas de mitigación contra contaminantes (polvo, ruido, derrames y otros). Por la relación intrínseca con la vegetación, las medidas de mitigación presentadas para lograr la restitución de la vegetación son aplicables también para la recuperación parcialmente del hábitat de la fauna. Todo lo anterior, es especialmente importante en el caso de los individuos de las especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.
Modificación de las cualidades estético - paisajísticas	Paisaje / Calidad estético - paisajística	• Delimitación del DDV y trazado de la corona. • Deshierbe y desmonte de las áreas de obras. • Despalme y nivelación (Alteración de la conformación topográfica). • Construcción / instalación de infraestructura. • Corte y perfilado de terreno. • Riego de liga e impregnación y colocación de carpeta asfáltica. • Habilitación del área de desplante. • Construcción / instalación de infraestructura.	El impacto paisajístico (en la visibilidad y en la calidad del paisaje) causado por la construcción de la carretera y lo que ello implica, el nuevo relieve y distribución de la cobertura vegetal es puntual, es de alta intensidad e irreversible, por lo que es de carácter residual. A nivel local, este es uno de los impactos importantes del proyecto, si bien a nivel del SAR no es tan significativo dado el grado de afectación por el desarrollo de otros proyectos similares. Las actividades de restauración de las áreas que entran a la etapa de abandono, iniciando con el desmantelamiento de las obras y procediendo con la descompactación del suelo, la colocación de suelo y favorecer el crecimiento vegetal de áreas afectadas temporalmente fuera del trazo, mitigará los efectos causados a las unidades paisajísticas. La posible configuración ondulante del terreno en algunos sitios por la reconfiguración llevada a cabo para construir las obras no es significativa paisajísticamente hablando. La regulación de los horarios de trabajo y el mantenimiento y requerimiento de la maquinaria y vehículos, pesados y ligeros de la obra durante las dos primeras etapas del proyecto, mitigaran el impacto de la afectación a los pobladores de las localidades asentadas aledañas al trazo del proyecto. En la etapa de operación y mantenimiento, las actividades de mantenimiento de la vía mantendrán las mismas medidas establecidas en la construcción de la vía, sin embargo, la
Impacto en la calidad de vida de los vecinos de las obras	Paisaje / Impacto visual		

Etapa	Factor ambiental	Actividades	Escenarios esperados con medidas ambientales
			afectación por la operación de la vía dependerá de la intensidad del tráfico vehicular, el cual varia a lo largo del día y épocas del año.
Generación de ofertas de trabajo directos e indirectos	Calidad de vida / Generación de empleos	• Delimitación del DDV y trazado de la corona. • Deshierbe y desmonte. • Levantamiento carpeta asfáltica en área de modernización. • Demolición de obras por modernizar. • Despalme, nivelación y compactación de áreas de desplante. • Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores. • Excavaciones / cimentaciones. • Habilitación del área de desplante. • Construcción / instalación de infraestructura. • Corte y perfilado de terreno. • Conformación de terraplenes y compactación para subrasante. • Colocación de base hidráulica. • Riego de liga e impregnación y colocación de carpeta asfáltica. • Instalación de señalizaciones. • Habilitación del área de desplante. • Construcción / instalación de infraestructura. • Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores. • Mantenimiento de maquinaria y equipos.	Estos beneficios no se diferencian entre el proyecto con y sin medidas ambientales, ya que los proyectos gubernamentales de esta naturaleza siempre van encaminados al beneficio regional. En el marco económico, el proyecto tiene beneficios a nivel del SAR por la contratación de personal y la demanda de bienes y servicios. En estos aspectos se da preferencia a las comunidades locales y, en caso de no poderse satisfacer adecuadamente las necesidades, la prioridad se extiende a la región y luego a las ciudades más cercanas. El proyecto genera mayor cantidad de fuentes de empleos, directos e indirectos, en la etapa de construcción y en la operación y mantenimiento. En la contratación se da preferencia a los habitantes del SAR, pero esto se ve limitado por el hecho de que algunos empleos requieren habilidades y competencias técnicas especiales (mano de obra calificada). Consecuentemente, se tendrán que contratar personas de comunidades o centros poblacionales más alejados. La contratación de personal y desarrollo de habilidades técnicas tiene aspectos positivos, entre ellos el impulso económico a nivel regional y familiar y ayuda en la capacitación del personal a desarrollar habilidades especiales y en la superación personal, lo que repercute en ser más competitivo en el mercado laboral a futuro. Por otro lado, se tiene que algunos servicios especializados no pueden ser satisfechos local o regionalmente por lo que el impacto económico positivo de la construcción de la vía se extiende a una zona geográfica más amplia. El contar con más y mejores vías de comunicación representa un beneficio económicos de las comunidades asentadas en la región, mejoran el arraigo y calidad de vida de las personas,

Etapa	Factor ambiental	Actividades	Escenarios esperados con medidas ambientales
		• Mantenimiento de carpeta asfáltica y señalización. • Mantenimiento de obras de drenaje.	favorece el comercio, aumentan los ingresos y capacidad de adquisición, lo que es un efecto indirecto. En general, esto incide positivamente a superar el grado de marginación.
Impulso a la economía local y regional por la derrama económica	Calidad de vida / Derrama económica	• Delimitación del DDV y trazado de la corona. • Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores. • Mantenimiento de maquinaria y equipos. • Excavaciones / cimentaciones. • Habilitación del área de desplante. • Construcción / instalación de infraestructura. • Colocación de base hidráulica. • Riego de liga e impregnación y colocación de carpeta asfáltica. • Instalación de señalizaciones. • Habilitación del área de desplante. • Construcción / instalación de infraestructura. • Manejo y uso de hidrocarburos.	
Cambio de la seguridad operativa de los usuarios de la vía de comunicación	Calidad de vida / seguridad vial	• Corte y perfilado de terreno. • Conformación de terraplenes y compactación para subrasante. • Colocación de base hidráulica. • Riego de liga e impregnación y colocación de carpeta asfáltica. • Instalación de señalizaciones. • Habilitación del área de desplante.	Al igual que en los impactos ambientales antes analizados, este impacto no se diferencia entre el proyecto con y sin medidas ambientales, ya que los proyectos gubernamentales de esta naturaleza siempre van encaminados al beneficio de la población. Como se ha mencionado, la carretera Acapulco – Zihuatanejo es una vía de comunicación que tiene más de 50 años de estar en operación. Durante todo este tiempo ha sido sometida a actividades de mantenimiento, no obstante, es evidente el grado de deterioro y las necesidades de modernización para

Etapa	Factor ambiental	Actividades	Escenarios esperados con medidas ambientales
		• Construcción / instalación de infraestructura. • Mantenimiento de carpeta asfáltica y señalización. • Mantenimiento de obras de drenaje.	convertirla en una vía de comunicación más segura, rápida y económica, acorde con las necesidades de la población. El desarrollo del proyecto, en los términos planeados, viene a fomentar el desarrollo económico regional, favoreciendo la comunicación, el comercio y la conexión de los centros turísticos del estado de Guerrero.

VII.4 PRONÓSTICO AMBIENTAL

El trazo de modernización del tramo de carretera Pie de la Cuesta – Coyuca de Benítez, de la carretera federal Acapulco – Zihuatanejo, se inserta en un SAR en el cual domina la cobertura vegetal forestal en un 48.19 % del SAR, tanto de cobertura vegetal forestal primaria (11.23 %), como de vegetación secundaria (36.96 %). La superficie que ha sido sometida al cambio de uso de suelo suma 13,428.40 ha de las 32,885.19 ha totales del polígono, lo que representar ser el 40.83 %. Los usos de suelo identificados en el SAR son: pastizal cultivado en el 21.11 % del SAR, agricultura de temporal anual y permanente y solo permanente en el 12.62 % y los asentamientos humanos ocupan el 7.10 % del polígono del SAR. Por último, el cuerpo de agua, representado por la Laguna de Coyuca, ocupa el restante 9.64 % y el restante 1.33 % del SAR son las áreas sin vegetación aparente.

Aquí cabe aclarar que esta estimación de cobertura de tipos de usos de suelo y vegetación se hizo tomando como base la carta de usos de suelo y vegetación escala 1:250,000, serie VII, del INEGI, la cual se elaboró usando información obtenida a partir de la aplicación de técnicas de fotointerpretación con imágenes geomedianas de la constelación satelital Landsat seleccionadas con año base 2018. Además del año base para determinar la definición o delimitación de los diferentes tipos de vegetación y uso de suelo, se tiene el problema de la escala con la cual fue elaborada. A pesar de estas limitantes, es la base de información oficial más importante y usada para determinar, caracterizar y describir la distribución de los tipos de vegetación y usos de suelo a nivel nacional.

Dentro del SAR se tienen diversas localidad, la mayoría de ellas son pequeñas localidad rurales que han venido creciendo desde el siglo pasado. En el sur del polígono destacan Pie de la Cuesta, que se encuentra conectada a la zona urbana del municipio de Acapulco. Esta localidad es la que tienen una mayor actividad

económica y poblacional dentro del SAR. Pie de la Cuesta concentra una alta población, actividad económica y es una zona que brinda bienes y servicios a las zonas turísticas de Acapulco y Barra de Coyuca.

Barra de Coyuca pertenece a Pie de la Cuesta, pero destaca por ser una zona con actividad turística, menos reconocida que la zona de la Bahía de Acapulco y su Zona Diamante, pero de gran relevancia local y que en los últimos años ha venido ganando popularidad entre los visitantes. Además, destaca por ser una zona donde se ubican las instalaciones de la Base Aérea Militar No. 7 "General de División Gustavo G. León González". En estas instalaciones se inauguró en 1945 el primer aeropuerto de Acapulco, sin embargo, debido al desarrollo turístico del Puerto de Acapulco, en 1967 se inauguró el aeropuerto internacional "Juan N. Álvarez", por lo que, desde 1955 las instalaciones del aeropuerto de Pie de la Cuesta pasaron a ser operadas por la Fuerza Aérea Mexicana.

Otras localidades, de menor magnitud y reconocimiento, son Ejido Viejo, El Conchero, Kilómetro Diecisiete, Bajos del Ejido, Brasilia y El Embarcadero, en la parte sur del SAR; y, Valle del Río, Yetla, El Papayito, San Juan del Río, Tixtlacingo, Agua Zarca y Platanillo, en el centro y norte del polígono del SAR. Estas localidades basan su economía principalmente en la práctica de actividades agropecuarias, siendo en su área de influencia donde se tienen las áreas con usos de suelo de pastizal cultivado para la creación de praderas donde pastan cruzas de razas de ganado bovino cebuinas con europeo para la producción de becerros para engorda como principal objetivo.

También destacan las áreas agrícolas donde se producen cultivos anuales de temporal, anuales y permanentes y solo permanentes. Los principales cultivos que se producen son maíz de temporal, frijol y verduras, principalmente para autoconsumo. Los cultivos permanentes dominantes son las huertas de palmas de coco, mango y limón, como productos para comercializar en el mercado regional y nacional.

Las actividades productivas de las comunidades asentadas en la región se vienen desarrollando desde hace décadas y continúan extendiendo el área donde se practican. Debido a las condiciones orográficas, tipos de suelo, disponibilidad de agua y transferencia tecnológica, difícilmente los sistemas de producción agrícola y pecuarios se realizarán de manera intensiva, con excepción de la producción de mango, donde el estado de Guerrero a liderado la producción nacional con aproximadamente el 20% de la producción nacional.

El desarrollo de las actividades turísticas y agropecuarias demanda de eficientes vías de comunicación para el transporte de insumos requeridos en la producción agropecuaria, la distribución de la producción y favorecer la conexión de los diferentes centros turísticos. Para ello, en el SAR existen diversas vías de comunicación, tanto federales como estatales, primarias y secundarias, algunas de ellas de terracería.

Entre las vías de comunicación existentes se encuentra la carretera federal 95 (libre), en su tramo "Paso Texca – Bajos del Ejido – Coyuca de Benítez", la cual tiene operando desde hace más de 50 años, al igual que la carretera federal libre Acapulco – Zihuatanejo. Más recientemente, en abril de 2022, se inauguró la primera etapa del Libramiento Poniente de Acapulco 200D, que en el SAR va de la altura de la localidad Lomas del Aire a Bajos del Ejido. Esta vía de comunicación requirió una inversión de $4,248.8 millones para el beneficio directo de 863,400 habitantes de los municipios de Acapulco y Coyuca de Benítez.

Además, dentro del SAR coinciden otras vías de comunicación secundarias que conectan pequeñas localidades, tanto de terracería como pavimentados, como los caminos "Bajos del Ejido – Tixtlancingo" y "El Bordonal – Yetla".

Ante las limitantes que el ambiente implica para el desarrollo de las actividades agropecuarias en la región y la falta de otro tipo de fuentes de empleo, el crecimiento y avance de las poblaciones rurales asentadas en la región ha sido lento y poco significativo. Las áreas con potencial turístico son las que muestran una mayor

actividad y expansión poblacional y terrestre, y, ante el desarrollo actual en la Bahía de Acapulco, se prevé el desarrollo del otras regiones con potencial turístico localizadas a lo largo de la Costa del Pacífico guerrerense. Además del Puerto de Acapulco e Ixtapa – Zihuatanejo, existen otras zonas con potencial de desarrollo como la misma Barra de Coyuca, Playas de Papanoa (Puerto Vicente Guerrero, Playa Ojo de Auga y Playa Cayaquito), La Barrita, Barra de Potosí y Playa Blanca.

Para incentivar el desarrollo de las actividades productivas que actualmente se llevan a cabo en la región y fomentar el desarrollo turístico regional, con turismo regional, nacional e internacional, es necesario contar con vías de comunicación seguras, eficientes, económicas y con buena conectividad. Bajo este tenor, el desarrollo del proyecto es importante para impulsar el desarrollo económico de las localidades inmersas en el SAR, impulsando, al mismo tiempo, el desarrollo de las comunidades asentadas a lo largo de la costa guerrerense.

Bajo la premisa descrita, el desarrollo del proyecto viene a fortalecer unas de las principales actividades de la región, dándoles viabilidad técnica, con soporte social y ayudando a contribuir con la búsqueda de la conservación y protección ambiental. Siendo bajo estas consideraciones que se presenta y somete al procedimiento de evaluación de impacto ambiental el presente proyecto, en el que a través de todo este documento se describen detalladamente las medidas ambientales que le dan sustento jurídico y técnico para su realización.

VII.5 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

El trazo del tramo de la carretera federal Acapulco – Zihuatanejo, Pie de la Cuesta – Coyuca de Benítez, que se somete al procedimiento de evaluación a través del presente documento se divide, a su vez, en tres tramos, diferenciados de acuerdo con si son sometidos a obras de modernización o construcción nueva (libramiento).

Como parte del planteamiento del proyecto, se evaluaron dos alternativas, la primera fue someter todo el trazo como obra de modernización, siguiendo el trazo actual de Pie de la Cuesta a Coyuca de Benítez. La segunda alternativa fue el que se somete a evaluación, implicando la modernización de dos tramos y la construcción del libramiento.

La modernización del trazo actualmente operando implicaba la ampliación de la corona de 7.0 m a 12.0 m, demoler y construir los cinco puentes, incluyendo el puente Conchero I, todas las obras de drenaje menor operando, construir dos entronques menos, más paraderos y afectar menos áreas con cobertura vegetal forestal. Sin embargo, esta alternativa implicaba cruzar las localidades Cerrito de Oro, El Conchero, Kilometro Diecisiete y Bajos del Ejido, afectando el bienestar de los pobladores por el tráfico, aumento de los riesgos de accidentes y del tiempo de traslado en el tramo.

La alternativa que se somete a evaluación considera la modernización del primer tramo que va del cadenamiento 9+200 al 14+120, construcción del libramiento (tramo nuevo), del cadenamiento 14+120 al 18+280, y la modernización del tramo 3, del cadenamiento 18+280 al 20+700. Esta alternativa implica construir dos entronques más (Cerro de Oro y La Esmeralda), construir un puente nuevo (El Conchero II) y dejar el actualmente operando (El Conchero I). Lo más importante es que, esta alternativa libra las localidades Cerrito de Oro, El Conchero, Kilometro Diecisiete y Bajos del Ejido, afectando menos a sus pobladores por el efecto del tráfico, reduce el riesgo de accidentes, el tiempo de traslado y el costo de operación.

La mitigación de la afectación a la población por la operación de la vía, la reducción de riesgos de accidentes, el tiempo de traslado y costo de operación que representa la alternativa que incluye la construcción del libramiento fueron decisivos para seleccionar esta alternativa.

VII.6 CONCLUSIONES

El proyecto **"Carretera Acapulco-Zihuatanejo, tramo Coyuca de Benítez-Pie de la Cuesta, del cadenamiento 9+200 al 20+700"** generará, como cualquier otro proyecto de esta naturaleza, impactos ambientales adversos y benéficos en el medio ambiente y región en el que se inserta. La magnitud de los impactos está en relación con la intensidad de las obras y actividades a ejecutarse y el grado de conservación de los componentes ambientales.

La mayor parte de los impactos adversos serán prevenidos y mitigados, siendo algunas de las medidas más importantes, los controles para disminuir las emisiones de polvo y ruido, la contaminación de los cuerpos de agua superficiales, la construcción de un conjunto de obras para la conservación de los flujos hídricos que interceptan el trazo del proyecto. Además, resalta el control y manejo que se tendrá con los residuos generados durante las diferentes etapas de desarrollo del proyecto para mitigar la contaminación al suelo y cuerpos de agua.

De la valoración realizada a los impactos ambientales potenciales a generarse, se estimó que existirán impactos positivos de los que, dadas las condiciones socioeconómicas de la zona, han de ser potenciados. Los negativos, al ser prevenidos, mitigados y compensados, se tendrían impactos residuales y acumulativos de ligera a moderada magnitud y significancia.

Partiendo de lo anteriormente expuesto, se tiene como escenario que:

- El proyecto incorpora las mejores tecnologías y prácticas para lograr sus objetivos técnicos y ambientales, así como para dejar la menor huella ecológica posible.
- El proyecto no representa riesgos a poblaciones de especies protegidas, no se prevé la generación de afectaciones significativas que pudieran desencadenar un desequilibrio ecológico. Tampoco implica la fragmentación

mayor de algún ecosistema prístino y no conlleva riesgos para las poblaciones aledañas.

- El proyecto incorpora medidas de prevención y mitigación para la mayor parte de los impactos ambientales que causa, incluyendo los sociales, a excepción de los que por su naturaleza son persistentes (residuales), sin embargo, no representan repercusiones graves en el SAR. En éstos se tienen principalmente el impacto permanente sobre la geomorfología, en cuanto a la modificación del relieve, lo que a su vez se refleja en el paisaje y la fragmentación de un área que previamente ha sido sometida a cambio de uso de suelo para la práctica de actividades agropecuarias.
- Las medidas y estrategias tendientes a la prevención y mitigación de los impactos ambientales identificados, propuestas en este documento, son técnicamente posibles, financieramente viables y admiten seguimiento, registro y análisis.
- La magnitud de los daños que se pudieran generar con el desarrollo del proyecto no rebasa los beneficios esperados; es decir, son de mayor relevancia los beneficios a la sociedad que los perjuicios al ambiente, ya que éstos serán prevenidos o mitigados a través de las medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas.
- El planeamiento del proyecto mitiga la afectación a los pobladores de las localidades asentadas a la orilla del trazo actual del tramo carretero por efecto del tráfico vehicular. Además, reduce los riesgos de accidentes, el tiempo y costos de traslado.
- Los elementos proporcionados a la autoridad ambiental a lo largo de la presente MIA-R permiten determinar que la aplicación de las medidas ambientales propuestas favorecerá la conservación de los recursos abióticos y bióticos de los ecosistemas insertos en el polígono del SAR. Además, la implementación del proyecto representa un beneficio económico y social

para la población de los municipios que conforman la región bajo influencia directa e indirecta del proyecto.

En virtud de lo anteriormente expuesto, se tiene que el proyecto se considera como ambientalmente viable, compatible con la naturaleza y vocación del SAR en el que se ve inserto, así como congruente con los ordenamientos jurídicos vigentes y aplicables para el sitio del proyecto.

Comunicaciones
Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes

PROYECTO: "CARRETERA ACAPULCO-ZIHUATANEJO, TRAMO COYUCA DE BENÍTEZ - PIE DE LA CUESTA, DEL CADENAMIENTO 9+200 AL 20+700"



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

Capítulo VIII:
Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan los resultados de la manifestación de impacto ambiental

ÍNDICE

VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN PRESENTADA EN LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL 6

VIII.1 DELIMITACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) DONDE PRETENDE ESTABLECERSE EL PROYECTO 8

VIII.1.1 Procedimiento para la evaluación del Sistema Ambiental Regional 8

VIII.2 CÁLCULO DE LA EROSIÓN 18

VIII.3 MÉTODO PARA LA DELIMITACIÓN DEL MEDIO BIÓTICO 36

VIII.3.1 Análisis de usos de suelo y/o vegetación 36

VIII.3.2 Caracterización de atributos ecológicos de la asociación vegetal 45

VIII.3.3 Caracterización de la Fauna silvestre en el SAR y en el AP 48

VIII.4 BIBLIOGRAFÍA 60

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA VIII-1. ECUACIONES PARA ESTIMAR LA EROSIVIDAD DE LA LLUVIA (R) EN EL PAÍS..... 21

TABLA VIII-2. CLASIFICACIÓN DE LOS RANGOS DE EROSIÓN HÍDRICA, APLICANDO LA ECUACIÓN RUSLE, PARA LA INTERPRETACIÓN DE LOS MAPAS..... 22

TABLA VIII-3. FACTOR C DE ACUERDO EL TIPO DE USO DE SUELO Y VEGETACIÓN. 27

TABLA VIII-4. CLASIFICACIÓN DE LOS RANGOS DE EROSIÓN HÍDRICA, APLICANDO LA ECUACIÓN RUSLE, PARA LA INTERPRETACIÓN DE LOS MAPAS..... 32

TABLA VIII-5. EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL ESTIMADA PARA EL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y ÁREA DEL PROYECTO..... 35

TABLA VIII-6. COORDENADAS UTM DE LOS TRANSECTOS DE MUESTREO DONDE SE COLECTÓ LA INFORMACIÓN DE VEGETACIÓN EN EL SAR PARA EL PROYECTO. 39

TABLA VIII-7. COORDENADAS UTM DE LOS TRANSECTOS EN LA SUPERFICIE QUE SE SOLICITA PARA CUSTF..... 42

TABLA VIII-8. PARÁMETROS PARA CARACTERIZAR LA ASOCIACIÓN VEGETAL QUE SE DESARROLLA A NIVEL SAR..... 45

TABLA VIII-9. UBICACIÓN DE LOS TRANSECTOS IMPLEMENTADOS EN EL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL PARA EL MUESTREO DE FAUNA SILVESTRE. 56

TABLA VIII-10. UBICACIÓN DE LOS TRANSECTOS IMPLEMENTADOS EN EL ÁREA DEL PROYECTO PARA EL MUESTREO DE FAUNA SILVESTRE..... 56

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA VIII-1. UBICACIÓN DEL PROYECTO "CARRETERA ACAPULCO-ZIHUATANEJO, TRAMO COYUCA DE BENÍTEZ - PIE DE LA CUESTA DEL CADENAMIENTO 9+200 AL 20+700". 7

FIGURA VIII-2. CUENCA EN EL ÁREA DEL PROYECTO. 11

FIGURA VIII-3. SUBCUENCAS EN EL ÁREA DEL PROYECTO. 12

FIGURA VIII-4. HIDRO-PROCESAMIENTO 13

FIGURA VIII-5. DELIMITACIÓN DEL SAR MEDIANTE HIDRO-PROCESAMIENTO. 14

FIGURA VIII-6. DELIMITACIÓN DEL SAR MEDIANTE BARRERAS FÍSICAS. 15

FIGURA VIII-7. SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL DELIMITADO PARA EL PROYECTO 17

FIGURA VIII-8. MAPA DE EROSIVIDAD POR LLUVIAS DIVIDIDO EN REGIONES (SAGARPA 2005).. 20

FIGURA VIII-9. MAPAS PARA LOS FACTORES GENERADOS CON LA HERRAMIENTA "ANÁLISIS DE EROSIÓN HÍDRICA" PARA ESTIMAR LA EROSIÓN POTENCIAL EN SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL DEL PROYECTO. 33

FIGURA VIII-10. MAPA DE LA PÉRDIDA DE SUELO HÍDRICA POTENCIAL EN EL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y ÁREA DEL PROYECTO. 34

FIGURA VIII-11. UBICACIÓN DE LOS TRANSECTOS DE MUESTREO AL INTERIOR DEL SAR DEFINIDO PARA EL PROYECTO. 41

FIGURA VIII-12. UBICACIÓN DE LOS TRANSECTOS DE MUESTREO EN LA SUPERFICIE QUE SE SOLICITA PARA CUSTF. 44

FIGURA VIII-13. ESQUEMA DONDE SE EJEMPLIFICA UN TRANSECTO EN FRANJA. 50

FIGURA VIII-14. MÉTODOS Y TÉCNICAS UTILIZADAS EN EL MONITOREO DE FAUNA 55

FIGURA VIII-15. UBICACIÓN DE LOS TRANSECTOS UTILIZADOS DURANTE LOS MUESTREOS DE FAUNA, EN EL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y ÁREA DEL PROYECTO. 57

FUNDAMENTO JURÍDICO

La integración de este Capítulo tiene como objetivo el dar cumplimiento a lo dispuesto por la Fracción VIII del Artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (DOF: 31/10/2014), el cual establece que las Manifestaciones de Impacto Ambiental en su modalidad Regional (MIA-R) deberán contener la siguiente información:

Artículo 13.- La manifestación de impacto ambiental, en su modalidad regional, deberá contener la siguiente información:

…

> *VIII. Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan los resultados de la manifestación de impacto ambiental.*

…

De conformidad con el artículo anterior del Reglamento de la LGEEPA, en este apartado se presentan las distintas metodologías y elemento técnicos comúnmente utilizados por la comunidad científica del país, para sustentar los resultados de la presente MIA-R, tales como:

- Delimitación del SAR: a través del método de hidroprocesamiento.
- Inventario ambiental de flora y fauna.
- Identificación de usos de suelo y vegetación.
- Ecuación universal de pérdida de suelo por erosión hídrica.
- Determinación de la fragilidad ambiental en el SAR.

VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN PRESENTADA EN LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

El proyecto **"Carretera Acapulco-Zihuatanejo, tramo Coyuca de Benítez-Pie de la Cuesta del cadenamiento 9+200 al 20+700"** que se somete al procedimiento de evaluación y dictaminación en materia de impacto ambiental a través de la presente manifestación de impacto ambiental, modalidad regional (MIA-R), pretenden llevar a cabo la construcción y modernización del tramo de carretera federal libre "Acapulco – Coyuca de Benítez", como se muestra en la siguiente figura:

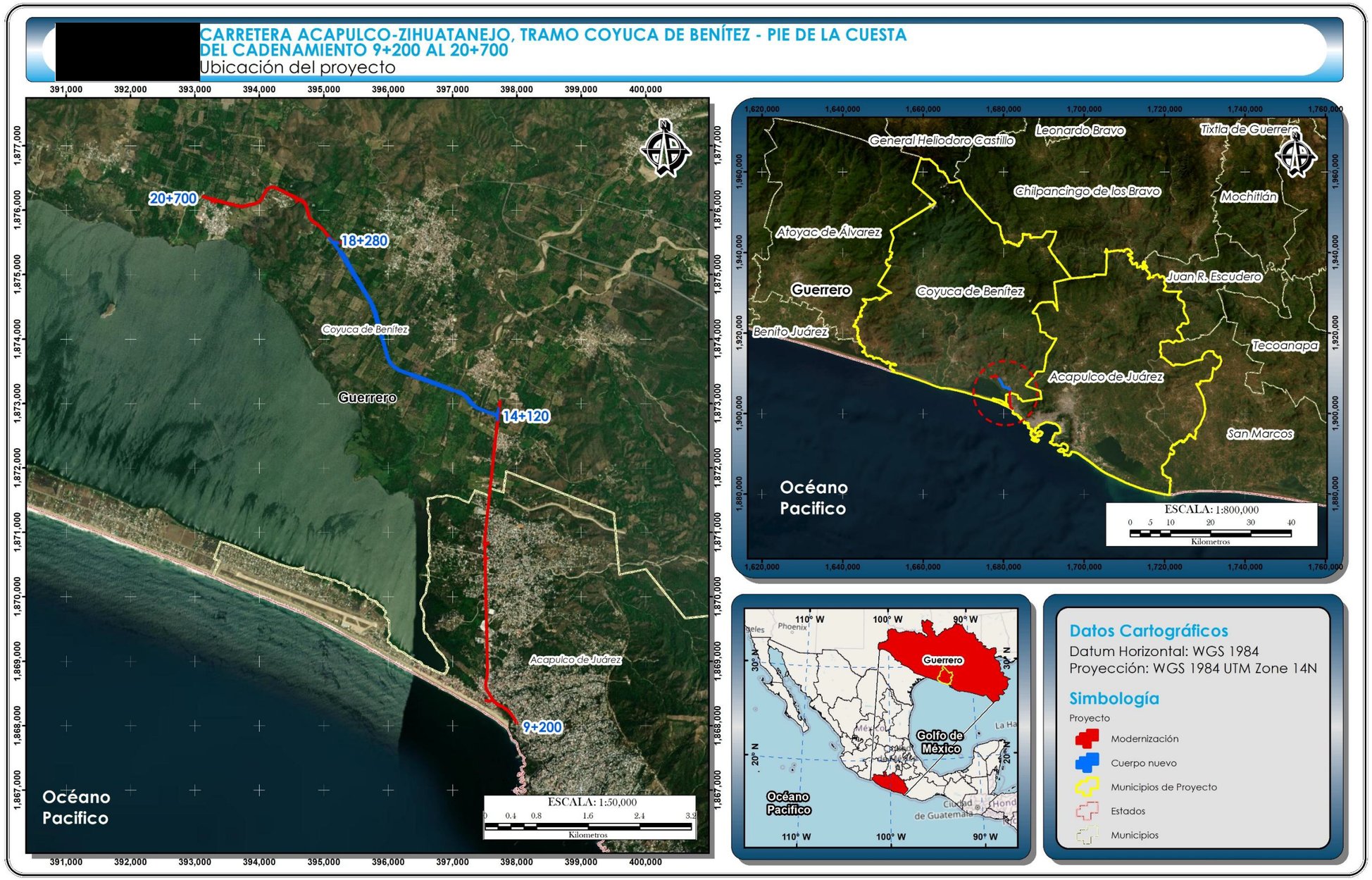


Figura VIII-1. Ubicación del proyecto "Carretera Acapulco-Zihuatanejo, Tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta del cadenamiento 9+200 al 20+700".

VIII.1 DELIMITACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) DONDE PRETENDE ESTABLECERSE EL PROYECTO

El concepto de Sistema Ambiental Regional (SAR) puede tener diversas connotaciones. Sin embargo, desde el punto de vista ambiental, éste puede definirse como "*El espacio geográfico conformado por un ecosistema o conjunto de ecosistemas, comprendidos como unidades funcionales, cuya interacción comprende los subsistemas culturales, económicos y sociales*" (SEGA, 2010).

El SAR debe delimitarse de conformidad con lo que señala el Artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, que indica que "*La Manifestación de Impacto Ambiental, en su modalidad regional, deberá contener la siguiente información: IV. Descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región"*. De igual manera, la delimitación del SAR es importante para que la SEMARNAT evalúe las manifestaciones de impacto ambiental de conformidad con el Artículo 44 del mismo Reglamento que indica: "*Al evaluar las manifestaciones de impacto ambiental la Secretaría deberá considerar: I. Los posibles efectos de las obras o actividades a desarrollarse en el o los ecosistemas de que se trate, tomando en cuenta el conjunto de elementos que los conforman, y no únicamente los recursos que fuesen objeto de aprovechamiento o afectación*".

VIII.1.1 Procedimiento para la evaluación del Sistema Ambiental Regional

La delimitación del SAR para el proyecto se realizó con criterios explícitos utilizando una metodología conocida como "Regionalización". Esta metodología actúa a través de la delimitación de unidades territoriales relativamente homogéneas, considerando el análisis de uno o más criterios (INECC), con el objetivo de facilitar

la utilización sustentable de dicha región y con ello la protección de sus recursos y ecosistemas. La regionalización ayuda a construir una visión espacial que, cuando es compartida y aceptada, facilita desarrollar criterios para establecer usos, resolver y anticipar conflictos y facilitar el proceso de toma de decisiones.

Para determinar el Sistema Ambiental Regional (SAR) existen diversos criterios y metodologías que se utilizan comúnmente en este tipo de ejercicios

1. Por el comportamiento del patrón hidrológico superficial en la conformación de Cuencas, Subcuencas y Microcuencas.
2. Por los límites naturales existentes (sierras, ríos, fallas, entro otros).
3. Por la perturbación antrópica existente debido a los caminos y brechas en el proyecto.

En el caso específico del presente proyecto, y debido a la extensión territorial de las Cuencas y Subcuencas (Figura VIII-2 y VIII-3), así como de la orografía y el relieve, el método de regionalización para la delimitación del SAR se simplificó de la siguiente manera:

Número 1: Se buscaron límites naturales existentes o alguna perturbación antrópica existente en la ubicación del proyecto que pudiera ayudar a la delimitación del SAR.

Número 2: Para analizar los patrones de escorrentía y la delimitación de las Microcuencas presentes en la zona del proyecto, se utilizó el método conocido como Hidro-procesamiento (Figura VIII-4), con el objeto de definir algunos de los límites del Sistema Ambiental Regional siguiendo una perspectiva hidrológica natural (Figura VIII-5). Existen zonas donde se consideraron perturbaciones antrópicas ya que debido a las condiciones del terreno los limites considerado por el hidro procesamiento no eran claros.

Por consiguiente, para la delimitación final del SAR, se consideró esencialmente la información del Hidro-procesamiento (Microcuencas e información hidrológica), y se

utilizaron algunos límites antrópicos y barreras físicas (Figura VIII-6), mismos que proporcionaron elementos suficientes para poder establecer una unidad ambiental funcional (caminos existentes como límites antrópicos y cauces de ríos como límites naturales).

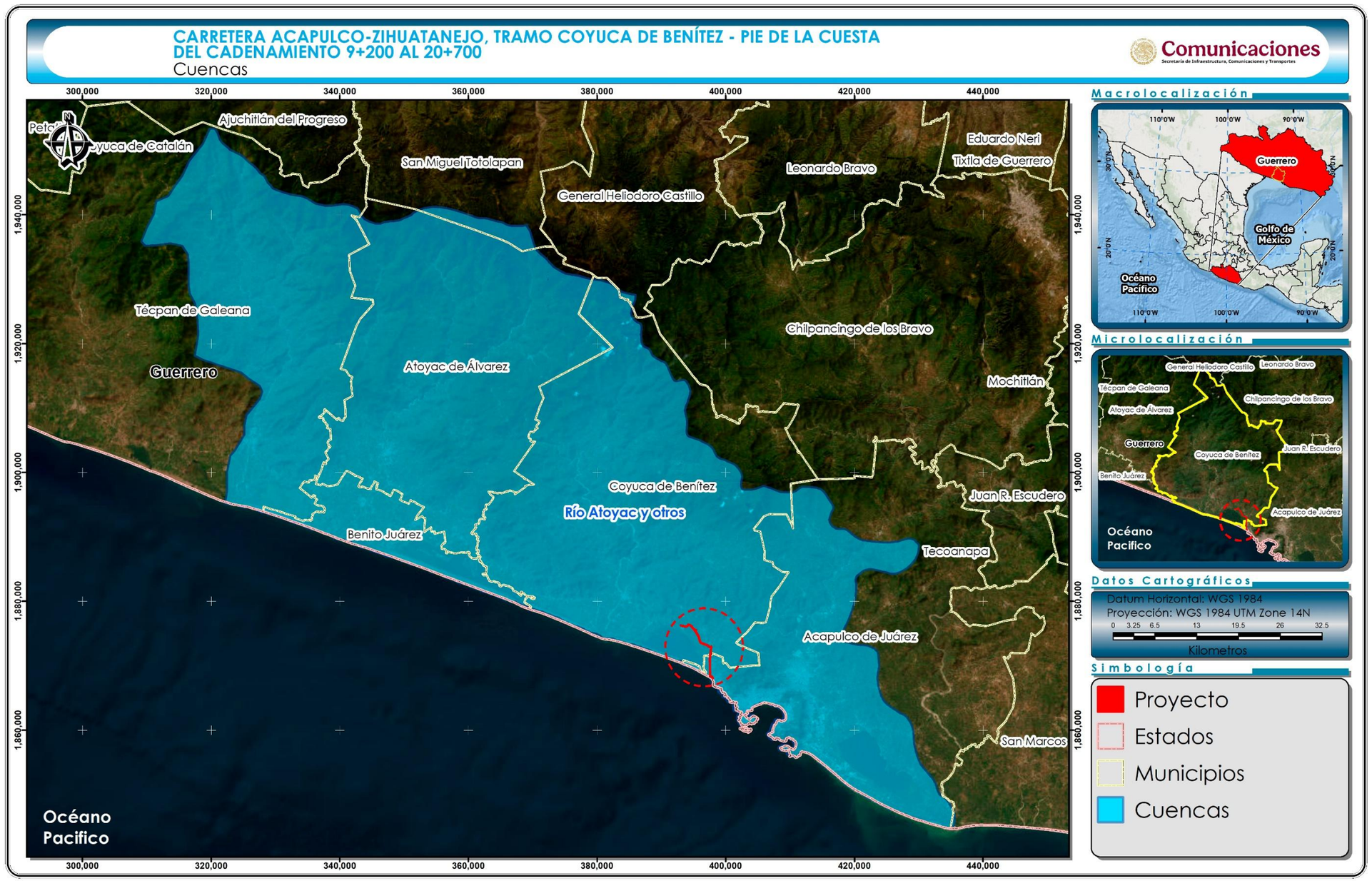


Figura VIII-2. Cuenca en el Área del Proyecto.

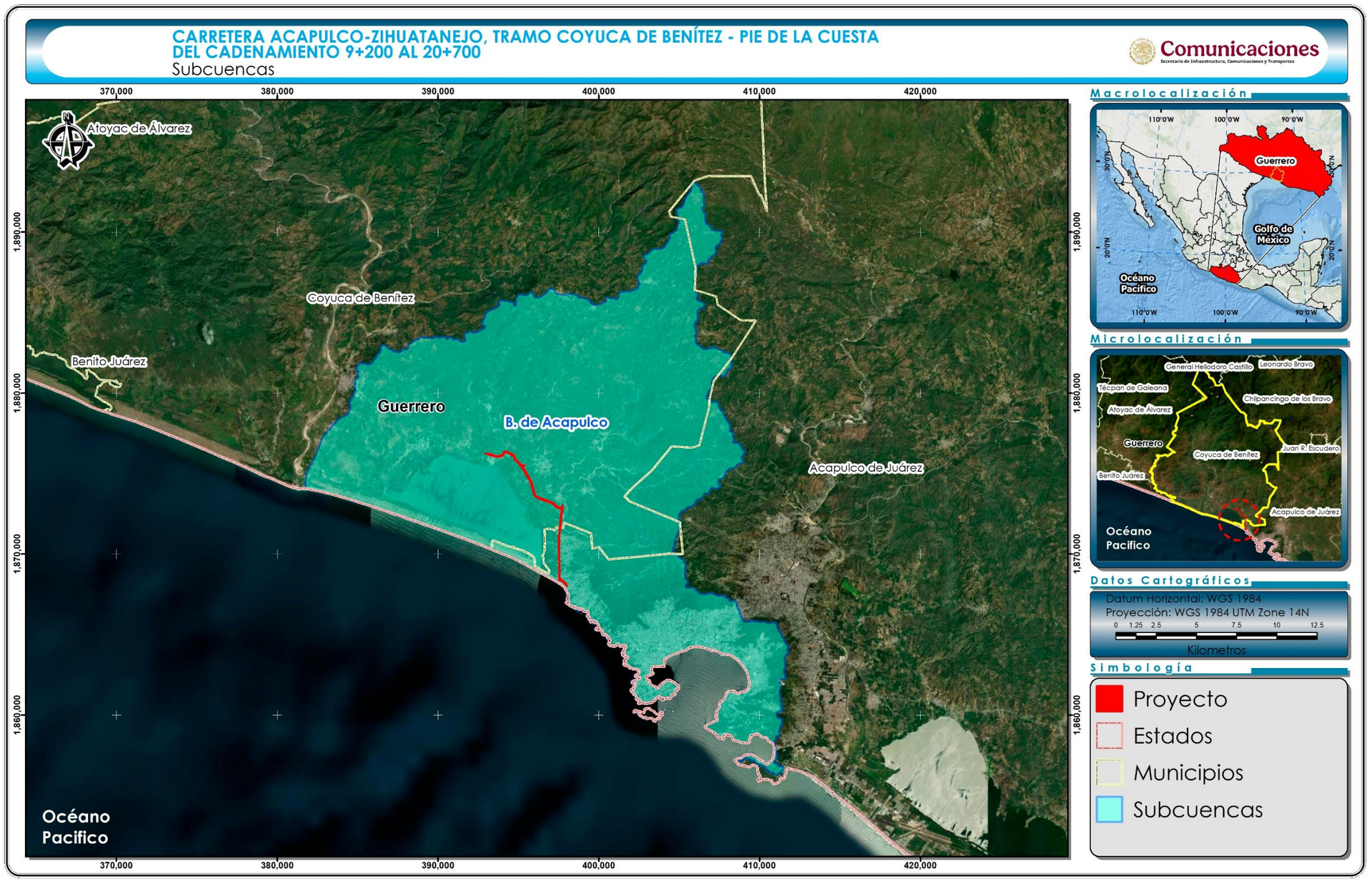


Figura VIII-3. Subcuencas en el Área del Proyecto.

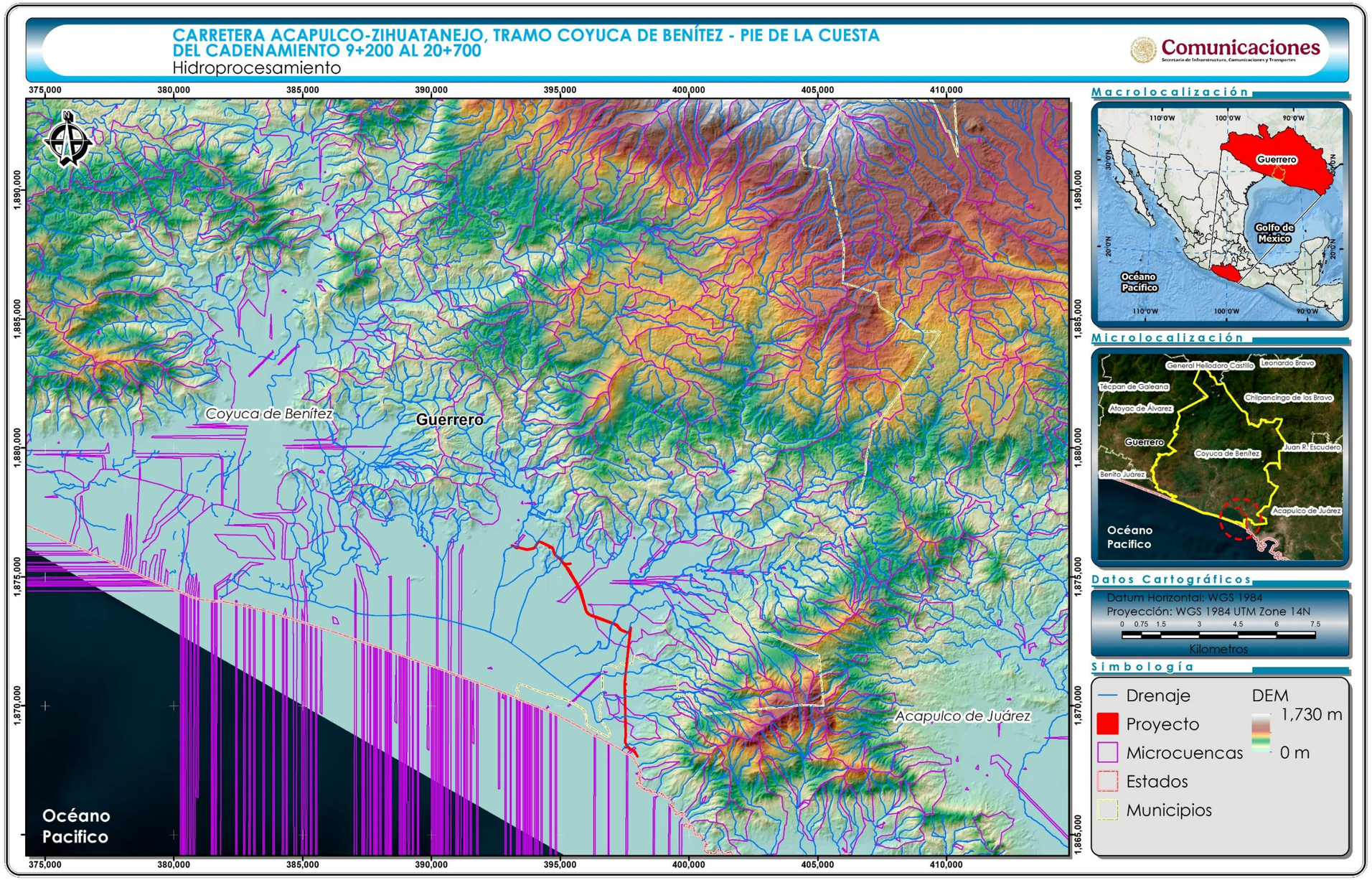


Figura VIII-4. Hidro-procesamiento.

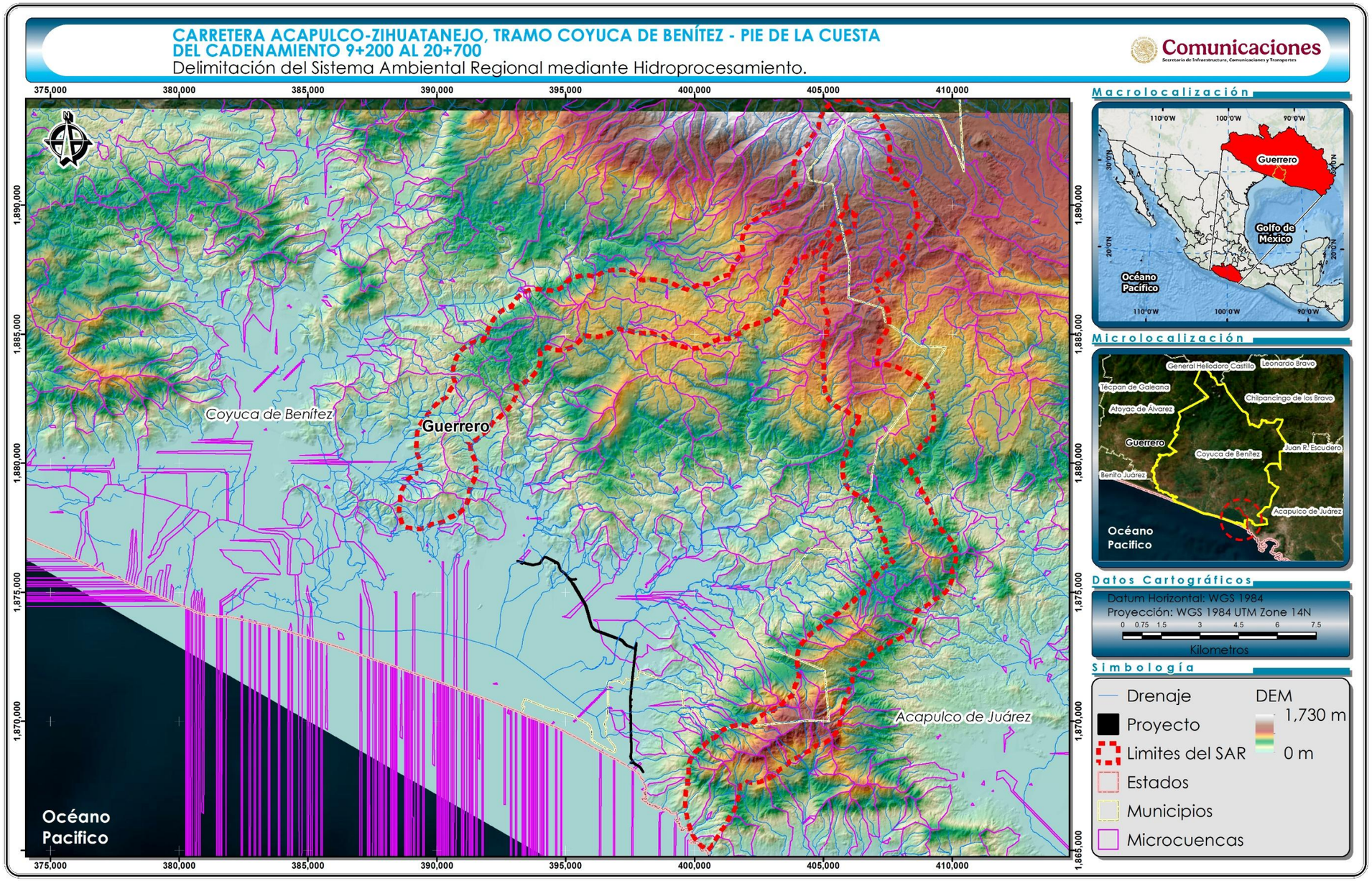


Figura VIII-5. Delimitación del SAR mediante Hidro-procesamiento.

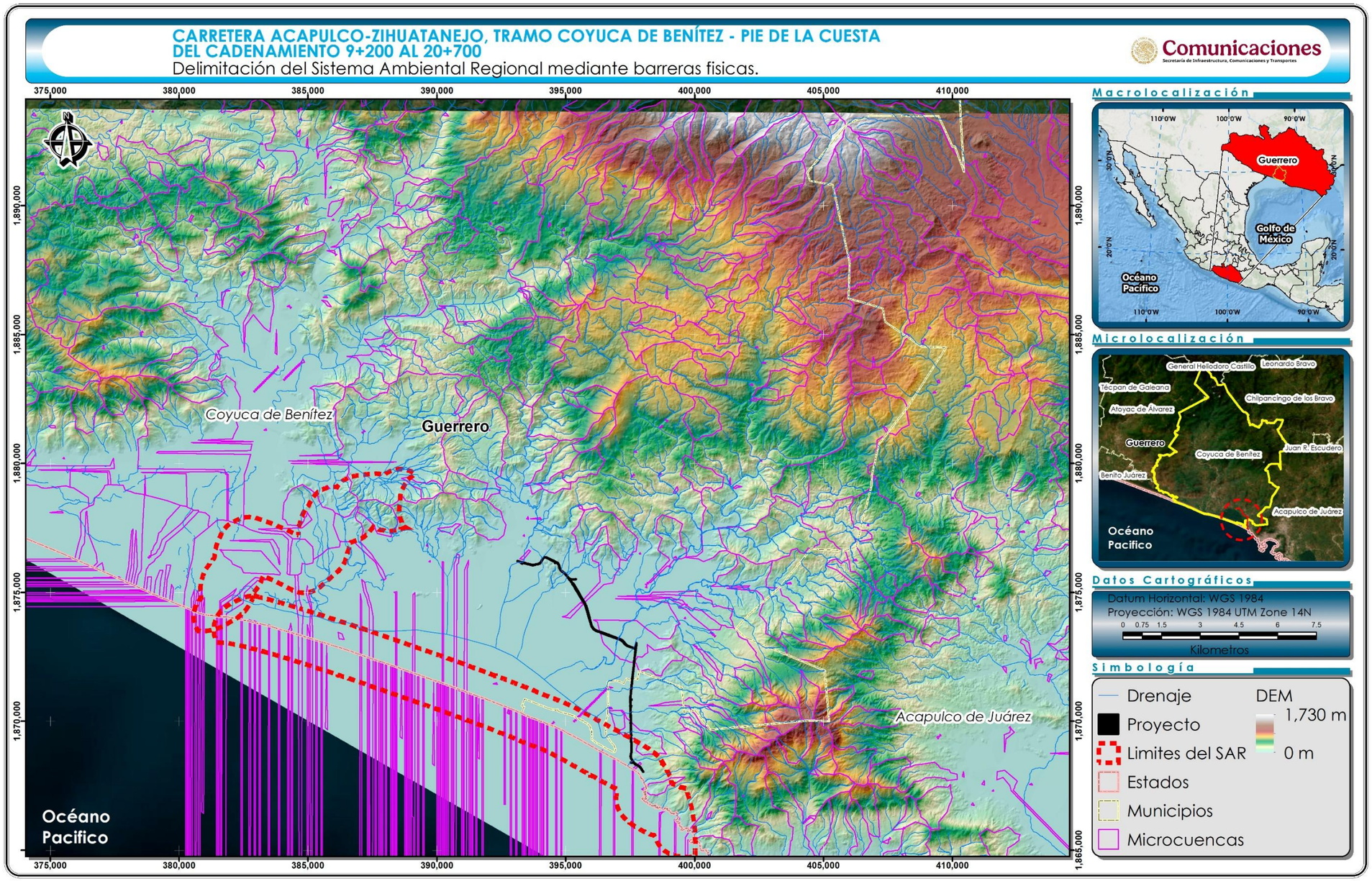


Figura VIII-6. Delimitación del SAR mediante barreras físicas.

En conclusión, para la definición del SAR del proyecto que nos ocupa se tomaron en cuenta las microcuencas, al ser las unidades funcionales que mejor reflejan el espacio de atención integral en el que se presentan los procesos naturales que permiten el funcionamiento de la zona de pretendida ubicación del proyecto, y en las que se contendría el área de influencia de los potenciales impactos ambientales atribuibles a este proyecto.

Derivado de lo anterior, el SAR delimitado para el proyecto se muestra en la siguiente figura, y la superficie que lo conforma es de **32,885.19 ha**.

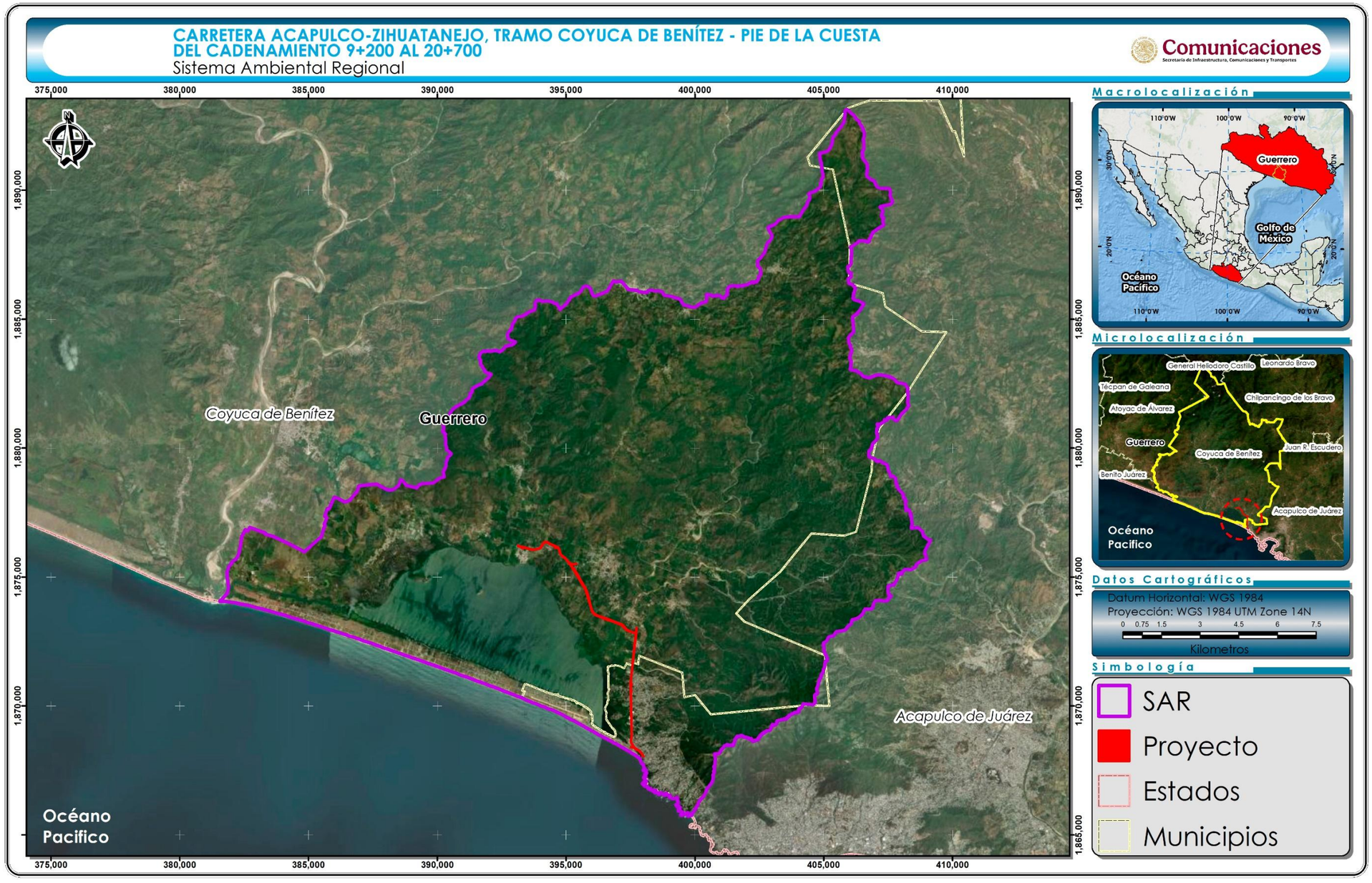


Figura VIII-7. Sistema Ambiental Regional delimitado para el proyecto.

VIII.2 CÁLCULO DE LA EROSIÓN

La pérdida de suelo por erosión hídrica deriva en un grave problema medioambiental a nivel global ya que contribuye intensamente a la pérdida de productividad y biodiversidad de los suelos en todo el planeta. Los territorios mexicanos debido al relieve, climatología y tipos y manejo de suelos se ven, en su mayoría, afectados por este proceso. En el presente apartado se analiza mediante la implementación de la ecuación universal de pérdida de suelo, RUSLE por sus siglas en inglés (The Revised Universal Soil Loss Equation), y a través de un SIG, los niveles de erosión potencial en nuestra área de estudio. Para este ejercicio se tomó como base el trabajo realizado por Martínez (2005), Montes-León *et al*. (2011), así como el publicado por Bolaños *et al*. (2016).

De acuerdo con Renard *et al*. (1997), la ecuación RUSLE puede ser usada apropiadamente para:

- Predecir pérdida de suelo promedio a largo plazo de condiciones de campo específicas, usando un sistema específico de manejo.
- Para predecir erosión en sistemas agropecuarios y sitios en construcción.
- La pérdida de suelo calculado por el modelo es la cantidad de sedimento perdido en el perfil arrastrados por la escorrentía.
- El perfil del paisaje es definido por una longitud de la pendiente, la cual es la longitud del origen del flujo superficial hasta el punto donde el flujo alcanza una mayor concentración o área de deposición como en las pendientes cóncavas y cerca de los límites del terreno.

La ecuación universal de pérdida de suelo revisada (RUSLE) tiene la siguiente expresión matemática (Renard et al., 1997):

$$A = R*K*LS*C*P$$

A = Pérdida de suelo promedio anual en (t ha^{-1} $año^{-1}$).
R = Erosividad de las lluvias en (MJ ha*mm^{-1} h^{-1}).

K = Erodabilidad del suelo en (t ha^{-1} MJ*ha^{-1} mm*h^{-1}).
LS= Topografía (función de longitud-inclinación-forma de la pendiente, adimensional).
C = Ordenación de los cultivos (cubierta vegetal, adimensional).
P = Prácticas de conservación de suelos (prácticas agropecuarias, adimensional).

No existe información específica sobre el grado de erosión a nivel del SAR, sin embargo, la información con la que se cuenta sobre los tipos de suelo, pendiente y precipitación media anual fueron incorporadas como variables para realizar en este documento técnico unificado, modalidad B-Regional, un modelo con base en la ecuación RUSLE representadas gráficamente en un SIG.

El método para determinar la pérdida de suelo requirió de la preparación de cuatro mapas intermedios (uno por cada factor) que se mencionan a continuación, mismos que son multiplicados mediante un SIG para obtener un mapa final de las áreas potenciales con riesgo de erosión hídrica.

- **Factor R:** Mapa de erosividad de las lluvias.
- **Factor K:** Mapa de erodabilidad del suelo.
- **Factor LS:** Mapa topográfico.
- **Factor C:** Mapa de uso de suelo y vegetación.

Factor R

Es el potencial erosivo de la lluvia que afecta el proceso de erosión del suelo. La erosión por gotas de lluvia incrementa con la intensidad de la lluvia. Una suave y prolongada lluvia puede tener la misma energía total que una lluvia de corta duración y más intensa.

La erosividad (R) se puede estimar utilizando la precipitación media anual de la región bajo estudio.

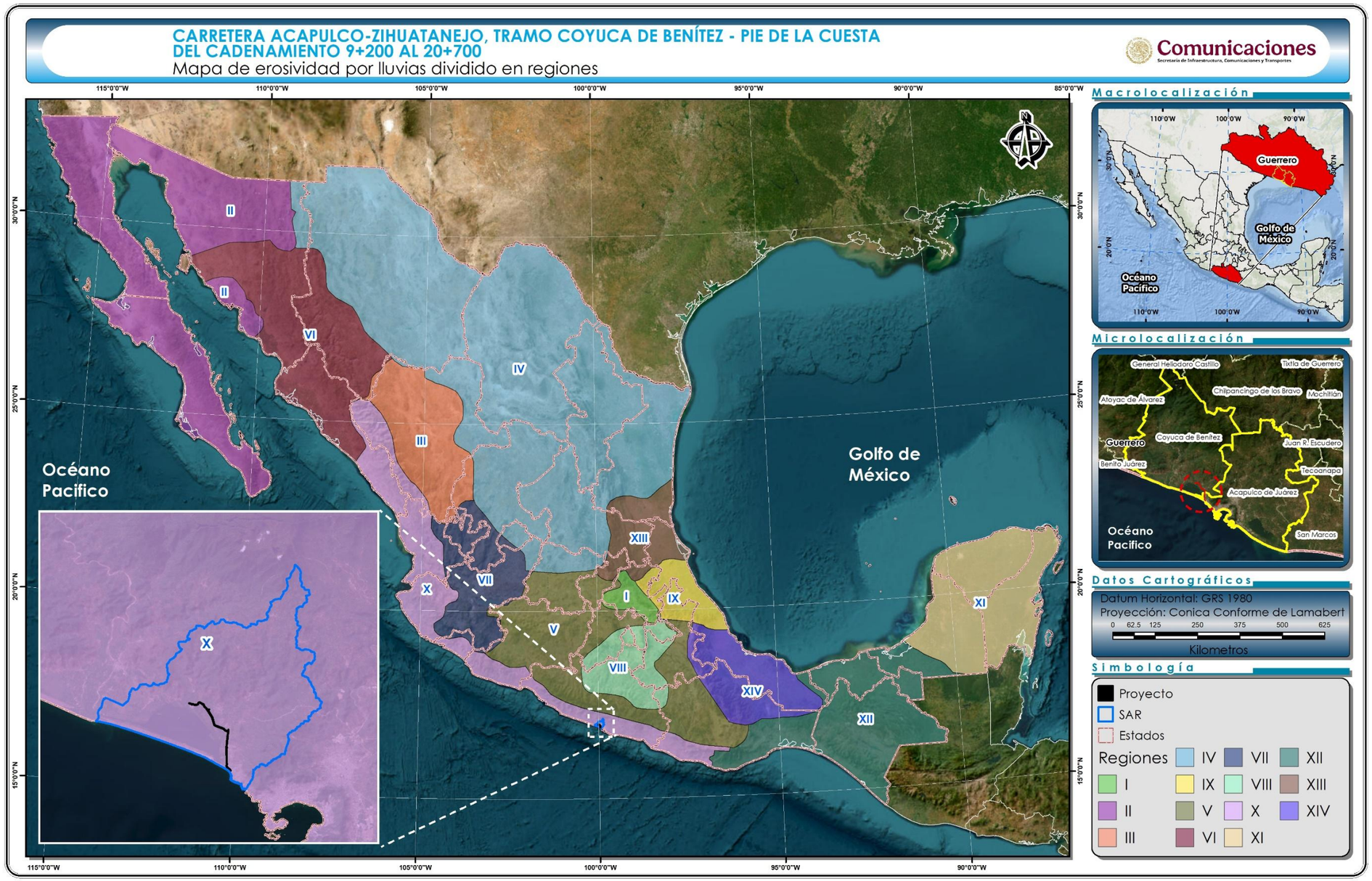


Figura VIII-8. Mapa de erosividad por lluvias dividido en regiones (SAGARPA 2005)..

Las zonas se asocian a un número de región y se consulta una ecuación cuadrática donde a partir de datos de precipitación anual (P) se puede estimar el valor de R, tal como se observa en la siguiente tabla:

Tabla VIII-1. Ecuaciones para estimar la erosividad de la lluvia (R) en el país.

Región	Ecuación	R^2
I	$R = 1.2078P + 0.002276P^2$	0.92
II	$R = 3.4555P + 0.006470P^2$	0.93
III	$R = 3.6752P - 0.001720P^2$	0.94
IV	$R = 2.8559P + 0.002983P^2$	0.92
V	$R = 3.4880P - 0.00088P^2$	0.94
VI	$R = 6.6847P + 0.001680P^2$	0.90
VII	$R = -0.0334P + 0.006661P^2$	0.98
VIII	$R = 1.9967P + 0.003270P^2$	0.98
IX	$R = 7.0458P - 0.002096P^2$	0.97
X	$R = 6.8938P + 0.000442P^2$	0.95
XI	$R = 3.7745P + 0.004540P^2$	0.98
XII	$R = 2.4619P + 0.006067P^2$	0.96
XIII	$R = 10.7427P - 0.00108P^2$	0.97
XIV	$R = 1.5005P + 0.002640P^2$	0.95

Para estimar el valor de erosividad de los municipios de Coyuca de Benítez y Acapulco de Juárez, Guerrero se puede aplicar la ecuación de la región X:

El Factor R se calcula con la siguiente fórmula (Región X):

$$R = 6.8938\mathrm{P} + 0.000442\mathrm{P}^2$$

Dónde:

R= Erosividad de la lluvia ((MJ ha*mm-1 h-1)

P= Precipitación media anual de la región.

Si la precipitación media de la región es de 1,087.3 mm anuales, entonces el valor de R es:

$$R = 6.8938(1{,}087.3) + 0.000442(1{,}087.3)^2$$

$$\boldsymbol{R = 8{,}018.17}$$

Factor K

La susceptibilidad de los suelos a erosionarse depende del tamaño de las partículas del suelo, del contenido de materia orgánica, de la estructura del suelo en especial del tamaño de los agregados y de la permeabilidad.

En la Metodología Provisional para la Evaluación de la Degradación de Suelos (FAO, 1980), El Factor K se extrae de una tabla de doble entrada donde se usa la unidad de suelo según la clasificación y la textura superficial del suelo, ver tabla siguiente:

Tabla VIII-2. Clasificación de los rangos de erosión hídrica, aplicando la ecuación RUSLE, para la interpretación de los mapas.

Clasificación	Textura	FACTOR K	Clasificación	Textura	Factor K
Acrisol ferrico	Media	0.013	Cambisol gleyico	Media	0.013
Acrisol humico	Fina	0.027	Cambisol humico	Fina	0.027
Acrisol humico	Media	0.013	Cambisol humico	Gruesa	0.005
Acrisol ortico	Fina	0.027	Cambisol humico	Media	0.013
Acrisol ortico	Media	0.013	Cambisol vertico	Fina	0.027
Acrisol plintico	Fina	0.027	Cambisol vertico	Gruesa	0.005
Acrisol plintico	Gruesa	0.005	Cambisol vertico	Media	0.013
Acrisol plintico	Media	0.013	Castañosem haplico	Fina	0.027
Andosol humico	Gruesa	0.005	Castañosem haplico	Media	0.013
Andosol humico	Media	0.013	Castañozem calcico	Fina	0.027
Andosol molico	Fina	0.027	Castañozem calcico	Gruesa	0.005
Andosol molico	Gruesa	0.005	Castañozem calcico	Media	0.013
Andosol molico	Media	0.013	Castañozem luvico	Fina	0.027
Andosol ocrico	Fina	0.027	Castañozem luvico	Media	0.013
Andosol ocrico	Gruesa	0.005	Chernozem calcico	Fina	0.027

Clasificación	Textura	FACTOR K	Clasificación	Textura	Factor K
Andosol ocrico	Media	0.013	Chernozem calcico	Media	0.013
Andosol vitrico	Gruesa	0.005	Chernozem haplico	Fina	0.027
Andosol vitrico	Media	0.013	Chernozem haplico	Media	0.013
Arenosol cambico	Gruesa	0.005	Chernozem luvico	Media	0.013
Cambisol calcico	Fina	0.027	Feozem calcarico	Fina	0.027
Cambisol calcico	Gruesa	0.005	Feozem calcarico	Gruesa	0.005
Cambisol calcico	Media	0.013	Feozem calcarico	Media	0.013
Cambisol cromico	Fina	0.027	Feozem gleyico	Media	0.013
Cambisol cromico	Gruesa	0.005	Feozem haplico	Fina	0.027
Cambisol cromico	Media	0.013	Feozem haplico	Gruesa	0.005
Cambisol districo	Fina	0.027	Feozem haplico	Media	0.013
Cambisol districo	Gruesa	0.005	Feozem luvico	Fina	0.027
Cambisol districo	Media	0.013	Feozem luvico	Gruesa	0.005
Cambisol eutrico	Fina	0.027	Feozem luvico	Media	0.013
Cambisol eutrico	Gruesa	0.005	Fluvisol calcarico	Fina	0.027
Cambisol eutrico	Media	0.013	Fluvisol calcarico	Gruesa	0.005
Cambisol ferralico	Fina	0.027	Fluvisol calcarico	Media	0.013
Cambisol ferralico	Gruesa	0.005	Fluvisol districo	Gruesa	0.005
Cambisol ferralico	Media	0.013	Fluvisol eutrico	Fina	0.027
Cambisol gleyico	Gruesa	0.005	Fluvisol eutrico	Gruesa	0.005
Fluvisol eutrico	Media	0.013	Luvisol plintico	Gruesa	0.005
Fluvisol gleyico	Fina	0.027	Luvisol plintico	Media	0.013
Fluvisol gleyico	Gruesa	0.005	Luvisol vertico	Fina	0.027
Fluvisol gleyico	Media	0.013	Luvisol vertico	Media	0.013
Gleysol calcarico	Fina	0.027	Nitosol districo	Fina	0.027
Gleysol calcarico	Media	0.013	Nitosol districo	Media	0.013
Gleysol eutrico	Fina	0.027	Nitosol eutrico	Fina	0.027
Gleysol eutrico	Gruesa	0.005	Nitosol eutrico	Gruesa	0.005
Gleysol eutrico	Media	0.013	Planosol districo	Gruesa	0.005
Gleysol humico	Fina	0.027	Planosol eutrico	Fina	0.027
Gleysol humico	Media	0.013	Planosol eutrico	Gruesa	0.005
Gleysol molico	Fina	0.027	Planosol eutrico	Media	0.013
Gleysol molico	Gruesa	0.005	Planosol humico	Media	0.013
Gleysol molico	Media	0.013	Planosol molico	Fina	0.027
Gleysol plintico	Fina	0.027	Planosol molico	Gruesa	0.005
Gleysol plintico	Gruesa	0.005	Planosol molico	Media	0.013

Clasificación	Textura	FACTOR K	Clasificación	Textura	Factor K
Gleysol plintico	Media	0.013	Planosol solodico	Fina	0.027
Gleysol vertico	Fina	0.027	Planosol solodico	Media	0.013
Gleysol vertico	Media	0.013	Ranker	Fina	0.027
Histosol eutrico	Media	0.013	Ranker	Media	0.013
Litosol	Fina	0.027	Regosol calcarico	Fina	0.027
Litosol	Gruesa	0.005	Regosol calcarico	Gruesa	0.005
Litosol	Media	0.013	Regosol calcarico	Media	0.013
Luvisol albico	Media	0.013	Regosol districo	Fina	0.027
Luvisol calcico	Fina	0.027	Regosol districo	Gruesa	0.005
Luvisol calcico	Media	0.013	Regosol districo	Media	0.013
Luvisol cromico	Fina	0.027	Regosol eutrico	Fina	0.027
Luvisol cromico	Media	0.013	Regosol eutrico	Gruesa	0.005
Luvisol ferrico	Fina	0.027	Regosol eutrico	Media	0.013
Luvisol ferrico	Media	0.013	Rendzina	Fina	0.027
Luvisol gleyico	Fina	0.027	Rendzina	Gruesa	0.005
Luvisol gleyico	Gruesa	0.005	Rendzina	Media	0.013
Luvisol gleyico	Media	0.013	Solonchak gleyico	Fina	0.027
Luvisol ortico	Fina	0.027	Solonchak gleyico	Gruesa	0.005
Luvisol ortico	Media	0.013	Solonchak gleyico	Media	0.013
Luvisol plintico	Fina	0.027	Solonchak molico	Fina	0.027
Solonchak molico	Gruesa	0.005	Yermosol luvico	Fina	0.027
Solonchak molico	Media	0.013	Yermosol luvico	Gruesa	0.005
Solonchak ortico	Fina	0.027	Yermosol luvico	Media	0.013
Solonchak ortico	Gruesa	0.005	Yermosol takirico	Gruesa	0.005
Solonchak ortico	Media	0.013			
Solonchak takirico	Fina	0.027			
Solonchak takirico	Gruesa	0.005			
Solonchak takirico	Media	0.013			
Solonetz albico	Fina	0.027			
Solonetz albico	Gruesa	0.005			
Solonetz albico	Media	0.013			
Solonetz ortico	Fina	0.027			
Solonetz ortico	Media	0.013			
Vertisol cromico	Fina	0.027			
Vertisol cromico	Gruesa	0.005			
Vertisol cromico	Media	0.013			

Clasificación	Textura	FACTOR K	Clasificación	Textura	Factor K
Vertisol pelico	Fina	0.027			
Vertisol pelico	Media	0.013			
Xerosol calcico	Fina	0.027			
Xerosol calcico	Gruesa	0.005			
Xerosol calcico	Media	0.013			
Xerosol gypsico	Gruesa	0.005			
Xerosol gypsico	Media	0.013			
Xerosol haplico	Fina	0.027			
Xerosol haplico	Gruesa	0.005			
Xerosol haplico	Media	0.013			
Xerosol luvico	Fina	0.027			
Xerosol luvico	Gruesa	0.005			
Xerosol luvico	Media	0.013			
Yermosol calcico	Fina	0.027			
Yermosol calcico	Gruesa	0.005			
Yermosol calcico	Media	0.013			
Yermosol gypsico	Media	0.013			
Yermosol haplico	Fina	0.027			
Yermosol haplico	Gruesa	0.005			
Yermosol haplico	Media	0.013			

Factor LS

Este factor representa el efecto de la topografía sobre la erosión del suelo. La erosión aumenta conforme se incrementa la longitud del terreno (L) en el sentido de la pendiente y la inclinación de la superficie (S) se hace mayor (Figueroa et al., 1991). Los dos efectos se evalúan en campo por separado y son considerados en la RUSLE también en forma separada como L y S, aunque se recomienda considerarla como un solo factor LS. El factor L es definido como la distancia del punto de origen del flujo superficial al punto donde la pendiente decrece hasta que ocurre sedimentación o el escurrimiento entra a una red de drenaje o a un canal construido. El factor S indica el grado de inclinación de

la pendiente. La pérdida de suelo se aumenta más rápidamente con la inclinación de la pendiente que con la longitud (Wischmeier y Smith, 1978).

Cuando se utilizan los SIG's para evaluar la erosión de los suelos a escala de cuenca, se ha tenido dificultades para obtener el valor del factor topográfico LS, en particular al atender la definición del factor L, por lo que han hecho esfuerzos para calcularlo con algoritmos de programación y el uso de modelos digitales de elevación (MDE), aunque en la mayoría de los casos se ha optado por la aplicación directa de las funciones antes mencionadas para el cálculo de LS en MDE manejado en un SIG.

Para generar los cálculos de estos 2 parámetros se utilizó una propuesta dada para ingresar a la calculadora raster del algebra de mapas en ArcMap, en la cual se consideran los siguientes cálculos:

El factor L: Donde λ es la longitud de la pendiente (m), m es el exponente de la longitud de la pendiente y β es el ángulo de la pendiente. La longitud de la pendiente se define como la distancia horizontal desde donde se origina el flujo superficial al punto donde comienza la deposición o donde la escorrentía fluye a un canal definido (Foster et al., 1977, citado por BARRIOS y QUIÑONEZ, 2000)

$$L = \left(\frac{\lambda}{22.13}\right)^{m} \qquad m = \frac{F}{(1+F)} \qquad F = \frac{\sin\beta/_{0.0896}}{3(\sin\beta)^{0.8}+0.56}$$

El factor S: El ángulo β se toma como el ángulo medio a todos los subgrids en la dirección de mayor pendiente (McCOOL et al., 1987,1989, citado por BARRIOS y QUINONEZ, 2000).

$$S_{(i,j)} = \begin{cases} 10{,}8\sin\beta_{(i,j)} + 0{,}03 & \tan\beta_{(i,j)} < 0{,}09 \\ 16{,}8\sin\beta_{(i,j)} - 0{,}5 & \tan\beta_{(i,j)} \geq 0{,}09 \end{cases}$$

Factor C

El factor C es usado para reflejar el efecto del uso de suelo y prácticas de manejo en las tasas de erosión. Este factor mide como el potencial de pérdida de suelo será distribuido en el tiempo durante la construcción de actividades, rotación de cultivos, y otros esquemas de manejo.

El Factor C se calcula tomando en cuenta valores del uso de suelo, como se muestra en la siguiente Tabla, a partir de la cual se genera un mapa vectorial para este factor.

Tabla VIII-3. Factor C de acuerdo el tipo de uso de suelo y vegetación.

Uso de suelo y vegetación	Factor C
Acuícola	0
Agricultura de humedad anual	0.8
Agricultura de humedad anual y permanente	0.8
Agricultura de humedad anual y semipermanente	0.8
Agricultura de humedad permanente	0.8
Agricultura de humedad semipermanente	0.8
Agricultura de humedad semipermanente y permanente	0.8
Agricultura de riego anual	0.8
Agricultura de riego anual y permanente	0.8
Agricultura de riego anual y semipermanente	0.8
Agricultura de riego permanente	0.8
Agricultura de riego semipermanente	0.8
Agricultura de riego semipermanente y permanente	0.8
Agricultura de temporal anual	0.8
Agricultura de temporal anual y permanente	0.8
Agricultura de temporal anual y semipermanente	0.8
Agricultura de temporal permanente	0.8
Agricultura de temporal semipermanente	0.8
Agricultura de temporal semipermanente y permanente	0.8
Asentamientos humanos	0
Bosque cultivado	0.11
Bosque de ayarín	0.11
Bosque de cedro	0.11

Uso de suelo y vegetación	Factor C
Bosque de encino	0.1
Bosque de encino-pino	0.1
Bosque de galería	0.11
Bosque de mezquite	0.11
Bosque de oyamel	0.1
Bosque de pino	0.11
Bosque de pino-encino	0.1
Bosque de táscate	0.11
Bosque inducido	0.11
Bosque mesófilo de montaña	0.1
Chaparral	0.16
Cuerpo de agua	0
Desprovisto de vegetación	0.7
Manglar	0
Matorral crasicaule	0.15
Matorral desértico micrófilo	0.15
Matorral espinoso tamaulipeco	0.15
Matorral rosetófilo costero	0.15
Matorral sarco-crasicaule	0.15
Matorral sarco-crasicaule de neblina	0.15
Matorral sarcocaule	0.15
Matorral submontano	0.15
Matorral subtropical	0.15
Mezquital tropical	0.16
Mezquital xerófilo	0.16
País extranjero	0
Palmar inducido	0.14
Palmar natural	0.14
Pastizal cultivado	0.7
Pastizal gipsófilo	0.14
Pastizal halófilo	0.7
Pastizal inducido	0.7
Pastizal natural	0.7
Popal	0.16
Pradera de alta montaña	0.6
Sabana	0.15
Sabanoide	0.01

Uso de suelo y vegetación	Factor C
Selva alta perennifolia	0.08
Selva alta subperennifolia	0.08
Selva baja caducifolia	0.08
Selva baja espinosa caducifolia	0.08
Selva baja espinosa subperennifolia	0.08
Selva baja perennifolia	0.08
Selva baja subcaducifolia	0.08
Selva baja subperennifolia	0.08
Selva de galería	0.08
Selva mediana caducifolia	0.08
Selva mediana perennifolia	0.08
Selva mediana subcaducifolia	0.08
Selva mediana subperennifolia	0.08
Sin vegetación aparente	0.15
Tular	0.01
Vegetación de desiertos arenosos	0.95
Vegetación de dunas costeras	0.9
Vegetación de petén	0.09
Vegetación gipsófila	0.35
Vegetación halófila hidrófila	0.23
Vegetación halófila xerófila	0.21
Vegetación secundaria arbórea de bosque de ayarín	0.11
Vegetación secundaria arbórea de bosque de cedro	0.11
Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino	0.11
Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino-pino	0.11
Vegetación secundaria arbórea de bosque de galería	0.11
Vegetación secundaria arbórea de bosque de mezquite	0.11
Vegetación secundaria arbórea de bosque de oyamel	0.11
Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino	0.11
Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino	0.11
Vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate	0.11
Vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña	0.11
Vegetación secundaria arbórea de manglar	0.11
Vegetación secundaria arbórea de palmar natural	0.11
Vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia	0.11
Vegetación secundaria arbórea de selva alta subperennifolia	0.11

Uso de suelo y vegetación	Factor C
Vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia	0.11
Vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa caducifolia	0.11
Vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa subperennifolia	0.11
Vegetación secundaria arbórea de selva baja perennifolia	0.11
Vegetación secundaria arbórea de selva baja subcaducifolia	0.11
Vegetación secundaria arbórea de selva baja subperennifolia	0.11
Vegetación secundaria arbórea de selva de galería	0.11
Vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia	0.11
Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subcaducifolia	0.11
Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia	0.11
Vegetación secundaria arbórea de vegetación de petén	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de ayarín	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de cedro	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino-pino	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de galería	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de mezquite	0.11
Vegetacion secundaria arbustiva de bosque de oyamel	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de bosque mesófilo de montaña	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de chaparral	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de manglar	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico rosetófilo	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de matorral espinoso tamaulipeco	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de matorral rosetófilo costero	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de matorral sarco-crasicaule	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de matorral sarco-crasicaule de nebli*	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de matorral sarcocaule	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de matorral submontano	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de matorral subtropical	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de mezquital tropical	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de palmar natural	0.11

Uso de suelo y vegetación	Factor C
Vegetación secundaria arbustiva de pastizal gipsófilo	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de pastizal halófilo	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de selva alta perennifolia	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de selva alta subperennifolia	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa subperennifolia	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja perennifolia	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja subcaducifolia	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana caducifolia	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana perennifolia	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subcaducifolia	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de vegetación de desiertos arenosos	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de vegetación de galería	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de vegetación halófila hidrófila	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de vegetación halófila xerófila	0.11
Zona urbana	0

Para el mapa de erosión hídrica se utilizaron siete rangos para clasificar el grado de pérdida de suelo, los cuales van desde una pérdida de suelo muy baja, menos de 10 t ha^{-1} a^{-1}, a extrema, más de 250 t ha^{-1} a^{-1}, tal y como se observa en la siguiente tabla. Esta escala de clasificación de la pérdida de suelo es una modificación que se hizo a la presentada por Montes–León *et al.* (2011). Esta modificación consistió en fraccionar la que ellos denominaron como baja (pérdida de suelo menor a 50 t ha^{-1} a^{-1}), en las clasificaciones baja (pérdida de suelo entre 10 y 50 t ha^{-1} a^{-1}) y muy baja (pérdida de suelo menor a 10 t ha^{-1} a^{-1}).

Tabla VIII-4. Clasificación de los rangos de erosión hídrica, aplicando la ecuación RUSLE, para la interpretación de los mapas.

Clasificación	Rango de pérdida de suelo (t ha^{-1} $año^{-1}$)
Muy baja	El rango equivale a una pérdida de suelo de menos de 10.
Baja	El rango equivale a una pérdida de suelo entre 10 y 50.
Media	El rango equivale a una pérdida de suelo entre 50 y 100.
Considerable	El rango equivale a una pérdida de suelo entre 100 y 150.
Alta	El rango equivale a una pérdida de suelo entre 150 y 200.
Muy alta	El rango equivale a una pérdida de suelo entre las 200 y 250.
Extrema	El rango equivale a una pérdida de suelo mayor a las 250.

A través de la aplicación de la metodología descrita anteriormente, se elaboraron los mapas para la estimación de cada uno de los factores de la ecuación RUSLE, mismos que se presentan a continuación (Figura VIII-9). Finalmente, mediante una multiplicación de los cuatro mapas resultantes, y a través de un SIG, se obtuvo una representación gráfica que expresa la erosión hídrica potencial en el área (Figura VIII-10).

Con base en los mapas generados, concluye que la erosión hídrica en la mayor parte del SAR, incluyendo el Área del Proyecto, presenta una erosión hídrica muy baja, con una pérdida de suelo menor a 10 toneladas por hectárea al año. Al norte del SAR, existen zonas con una pérdida de suelo baja, de entre 10 y 50 toneladas por hectárea al año, pero en ningún área del SAR la erosión hídrica es de alta a extrema.

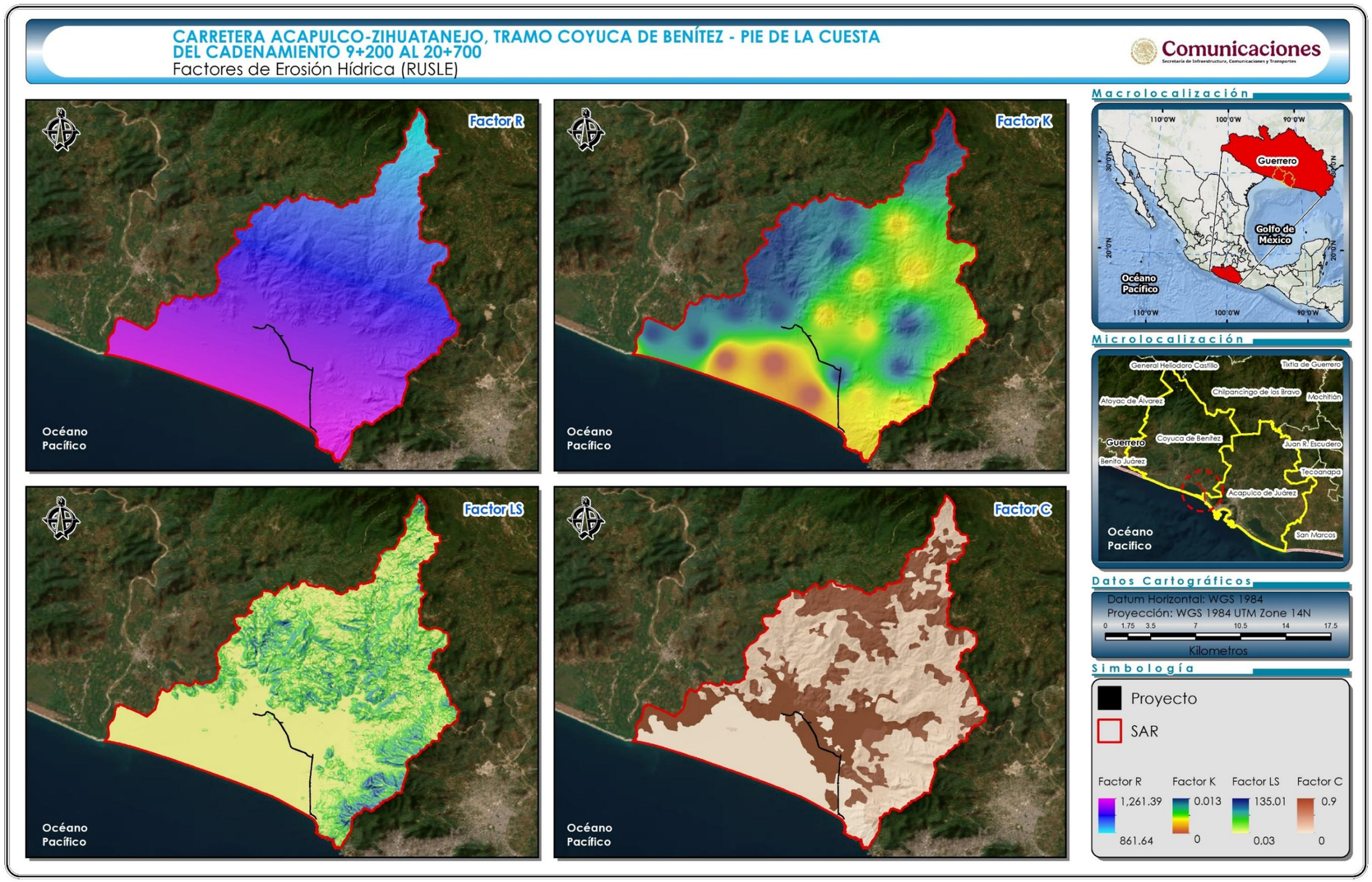


Figura VIII-9. Mapas para los factores generados con la herramienta "Análisis de Erosión Hídrica" para estimar la erosión potencial en Sistema Ambiental Regional del proyecto.

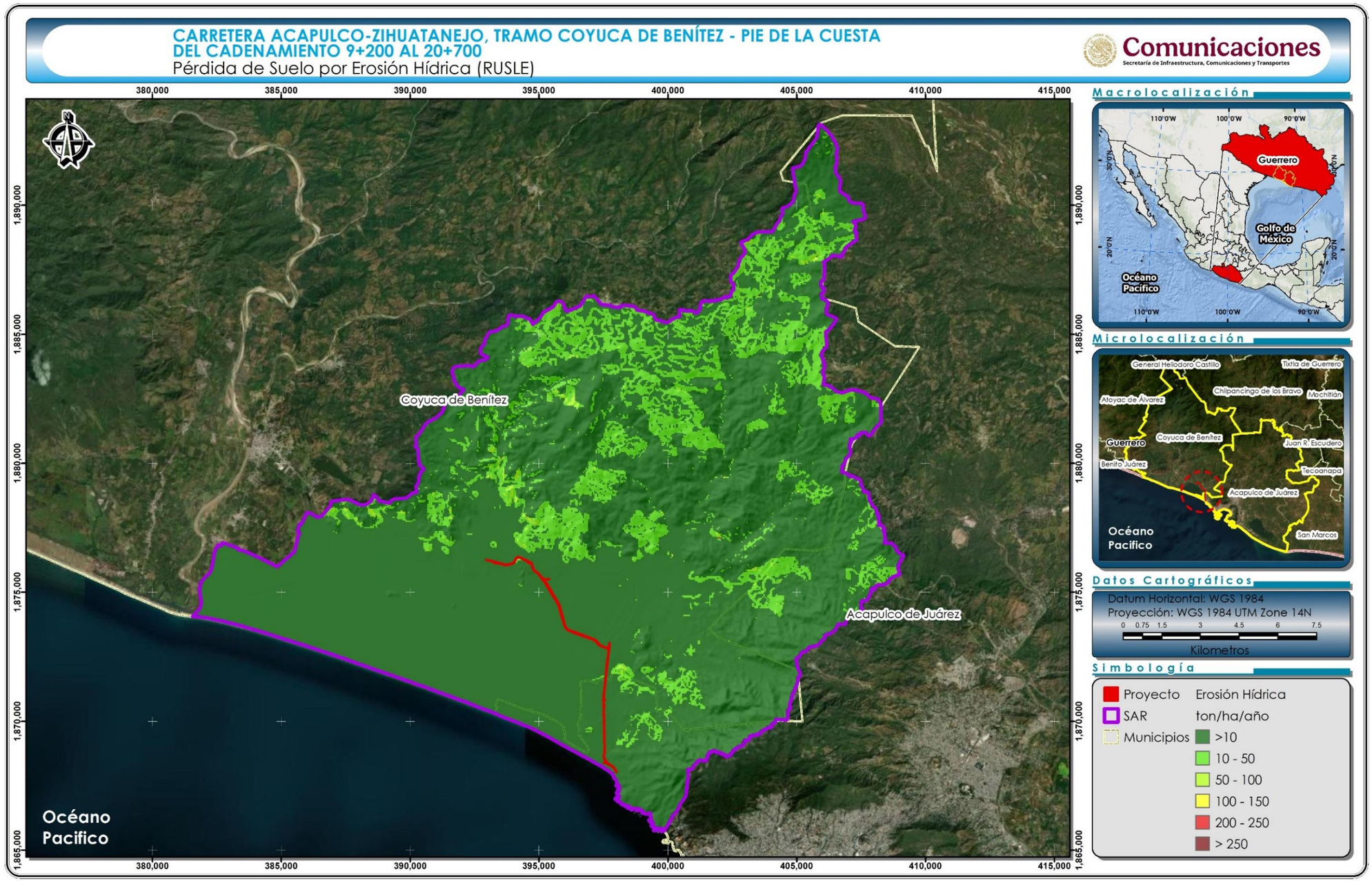


Figura VIII-10. Mapa de la pérdida de suelo hídrica potencial en el Sistema Ambiental Regional y área del proyecto.

De los resultados obtenidos a nivel del SAR, la erosión hídrica potencial "Muy baja" (< 10 t ha^{-1} a^{-1}) es la que predominó, representando el 84.183 % del área total (Tabla IV—xx). A esta le siguen la categoría "Baja" (entre 10 - 50 t ha^{-1} a^{-1}) con 15.424% y la categoría "Media" (50-100 t ha^{-1} a^{-1}) con 0.374 %. Es de resaltar que sólo 0.5 hectáreas, de las 32,885.19 ha del SAR, presentan un potencial de pérdida de suelo "Muy alta" por arriba de los 200 t ha^{-1} a^{-1}.

El área del proyecto también fue analizada en relación con la pérdida potencial de suelo, la cual presentó un orden similar al SAR. En este caso, el 99.54% de las 25.67 ha del área del proyecto resultó con una pérdida potencial de suelo "Muy baja", el 0.12 % con una categoría de "Baja", como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla VIII-5. Erosión hídrica potencial estimada para el Sistema Ambiental Regional y Área del Proyecto.

Rango	**Clasificación**	**SAR**		**Área del proyecto**	
Nivel Erosión, t/ha/año		Superficie (Ha)	Proporción (%)	Área (Ha)	Proporción (%)
< 10	Muy baja	27,683.861	84.183	25.548	99.545
10 - 50	Baja	5,072.093	15.424	0.117	0.455
50 - 100	Media	122.930	0.374	0.000	0.000
100 - 150	Considerable	2.901	0.009	0.000	0.000
150 - 200	Alta	2.901	0.009	0.000	0.000
200 - 250	Muy alta	0.500	0.002	0.000	0.000
> 250	Extrema	0.000	0.000	0.000	0.000
TOTAL		**32,885.185**	**100.000**	**25.665**	**100.000**

Aún y considerando que existen diversos factores que determinan la tasa de pérdida de suelo y que cada caso es específico, con base en esta información se puede considerar que la erosión estimada en la mayor parte del SAR delimitado y dentro del área del proyecto se encuentra en rangos menores a 50 t ha^{-1} a^{-1} (categorías de "Muy baja" a "Baja").

VIII.3 MÉTODO PARA LA DELIMITACIÓN DEL MEDIO BIÓTICO

VIII.3.1 Análisis de usos de suelo y/o vegetación

Metodología para la identificación de los usos de suelo y vegetación

Para la determinación de los diferentes usos de suelo y/o vegetación que se desarrollan al interior del SAR se tomaron en cuenta los siguientes puntos:

1. Revisión de información a nivel SAR. Teniendo como base el uso de suelo y/o vegetación, serie VII (continuo nacional), escala 1:250,000 (2021) y los límites del SAR, mediante la utilización de un Sistema de Información Geográfica (SIG); se realizó una primera clasificación del uso de suelo y/o vegetación a nivel SAR.

2. Recorridos de campo. Una vez obtenida la clasificación del uso de suelo y/o vegetación, utilizando equipo GPS Garmin Etrex 30, se realizaron recorridos al interior del SAR para confirmar y determinar la existencia o no de más usos de suelo.

3. Clasificación final. Sobreponiendo el uso de suelo y/o vegetación que se obtuvo en la primera clasificación con los recorridos de campo y apoyados con imágenes de satélite de alta resolución se realizó la clasificación final del uso de suelo y/o vegetación que se desarrollan al interior del SAR.

4. Levantamiento de información en campo: Una vez obtenido el uso de suelo y/o vegetación final se realizó la fase de campo (levantamiento de información ecológica), dirigiendo los sitios de muestreo sobre las superficies cubiertas con vegetación forestal y en las asociaciones de vegetación que se verán afectadas por el desarrollo del proyecto.

Se utilizó el diseño de muestreo denominado aleatorio estratificado; dirigido sobre las superficies cubiertas por vegetación forestal al interior del SAR, por las siguientes razones:

1) Previo a la elección del diseño de muestreo a utilizar, se contaba con la clasificación de uso de suelo y/o vegetación al interior del SAR.

2) Al tener una clasificación de los usos de suelo y/o vegetación, se facilita la implementación del diseño de muestreo dirigiéndolos solamente en las áreas cubiertas por vegetación forestal.

3) El hecho de ser aleatorio y considerar puntos de muestreo garantiza un menor error de muestreo, puesto que los sitios de muestreo están determinados previo al inicio de los trabajos de campo (inventario forestal).

Considerando que el proyecto consiste en un trazo carretero, se optó por utilizar transectos de forma rectangular, con la finalidad de poder tener el mismo tipo de sitio tanto en el SAR como en el Área del Proyecto; cuyas características se presentan a continuación:

→ Transectos de 150.00 m^2 (30 m de longitud por 5 m de ancho) para el muestreo de las especies de Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia del estrato arbóreo.

→ Transectos de 50.00 m^2 (10 m de longitud por 5 m de ancho) para el muestreo de las especies de Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia del estrato arbustivo.

Los atributos que se consideraron fueron: Nombre común, Diámetro normal, Diámetro de copa (Cobertura) y Altura total.

En las siguientes fotografías se puede observar parte de la metodología descrita para la ubicación y marcado físico de los transectos de muestreo.



Fotografía 1. Marcaje del centro de transecto de muestreo.



Fotografía 2. Toma de coordenadas del centro de transecto de muestreo.



Fotografía 3. Delimitación del transecto de muestreo.



Fotografía 4. Delimitación del transecto de muestreo.



Fotografía 3. Delimitación del transecto de muestreo Sur.



Fotografía 4. Levantamiento de información en el transecto de muestreo.

Distribución de los sitios de muestreo a nivel SAR

El muestreo se realizó sobre las áreas cubiertas por vegetación forestal del tipo Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, ya que, este tipo de vegetación será la que se verá afectada por las actividades de remoción de vegetación, y con el muestreo propuesto se hará un análisis de la riqueza que se desarrolla en esta asociación tanto en el SAR como en la superficie que se requiere para remoción de vegetación y de esta manera determinar que la diversidad de flora en el SAR se mantenga.

En la siguiente tabla se presentan las coordenadas UTM de los transectos de muestreo donde se colectó la información de campo, mientras que en la siguiente figura, se presenta su ubicación geográfica.

Tabla VIII-6. Coordenadas UTM de los transectos de muestreo donde se colectó la información de vegetación en el SAR para el proyecto.

Cuadro de construcción de los transectos de vegetación en el SAR		
Vértice	Coordenadas UTM, WGS84, Zona 14	
	X	Y
Transecto 1		
1	397469.0550	1872912.6855
2	397441.2809	1872924.0257
3	397443.1709	1872928.6547
4	397470.9450	1872917.3145
Superficie: 150.00 m²		
Transecto 2		
1	397430.8931	1872870.7584
2	397403.9937	1872884.0407
3	397406.2074	1872888.5239
4	397433.1069	1872875.2416
Superficie: 150.00 m²		
Transecto 3		
1	397345.6290	1872912.9095
2	397320.5428	1872929.3620
3	397323.2849	1872933.5431
4	397348.3710	1872917.0905
Superficie: 150.00 m²		
Transecto 4		
1	395876.6253	1873997.2184
2	395867.2466	1874025.7148
3	395871.9960	1874027.2779
4	395881.3747	1873998.7816
Superficie: 150.00 m²		
Transecto 5		
1	395916.5340	1874067.5889
2	395911.6006	1874097.1805
3	395916.5326	1874098.0027
4	395921.4660	1874068.4111
Superficie: 150.00 m²		

Cuadro de construcción de los transectos de vegetación en el SAR		
Vértice	Coordenadas UTM, WGS84, Zona 14	
	X	Y
Transecto 6		
1	395845.5945	1874110.3192
2	395837.4245	1874139.1853
3	395842.2355	1874140.5469
4	395850.4055	1874111.6808
Superficie: 150.00 m²		
Transecto 7		
1	395490.5013	1874891.9197
2	395489.5373	1874921.9042
3	395494.5347	1874922.0648
4	395495.4987	1874892.0803
Superficie: 150.00 m²		
Transecto 8		
1	395483.2505	1874925.7262
2	395469.8922	1874952.5880
3	395474.3692	1874954.8144
4	395487.7275	1874927.9526
Superficie: 150.00 m²		
Transecto 9		
1	395346.7972	1875129.8179
2	395332.6115	1875156.2520
3	395337.0171	1875158.6163
4	395351.2028	1875132.1821
Superficie: 150.00 m²		
Transecto 10		
1	394692.1073	1876247.6549
2	394687.8927	1876250.3451
3	394704.0333	1876275.6330
4	394708.2480	1876272.9429
Superficie: 150.00 m²		

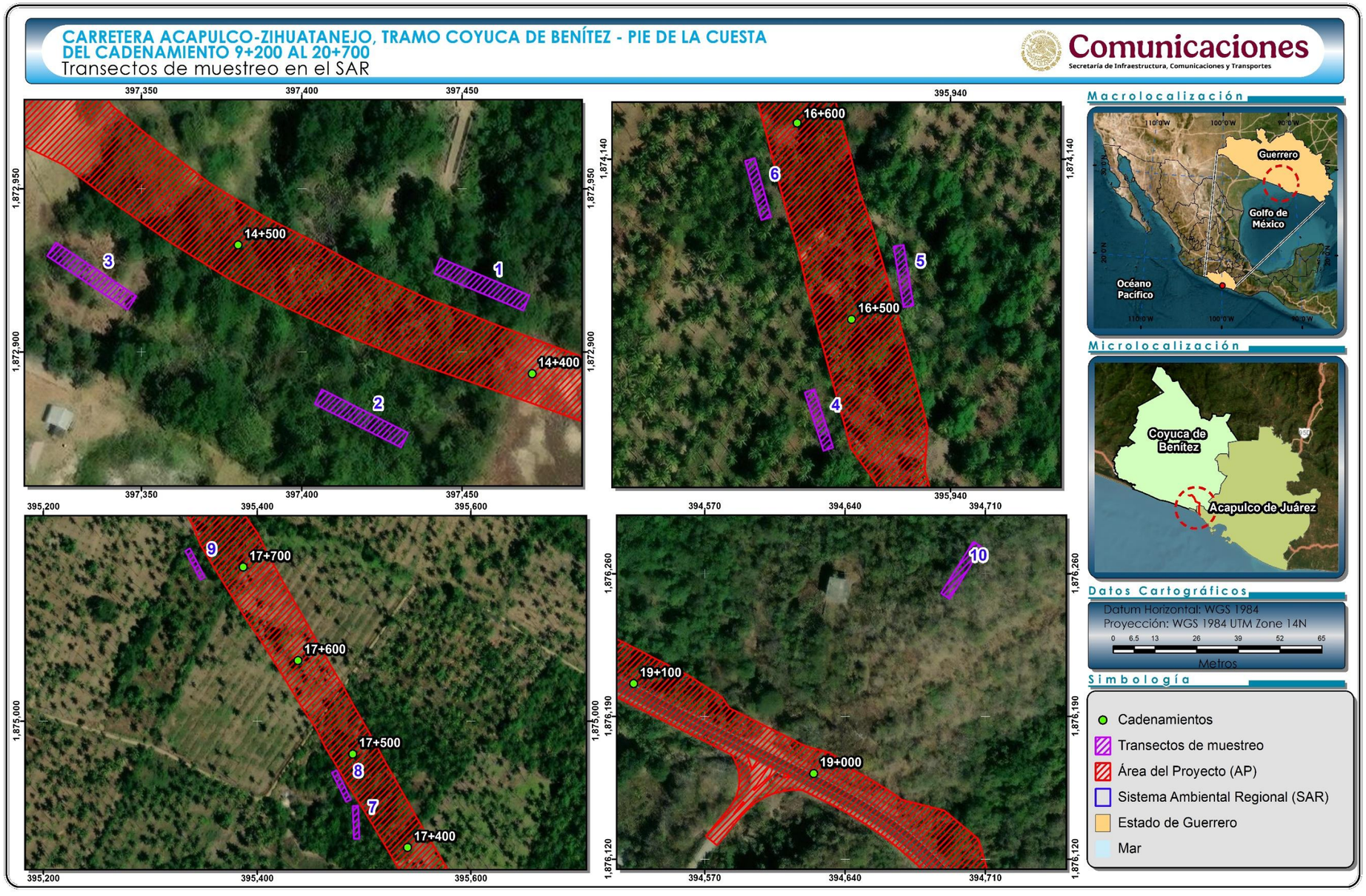


Figura VIII-11. **Ubicación de los transectos de muestreo al interior del SAR definido para el proyecto.**

Distribución de los sitios de muestreo a nivel AP

Los sitios de muestreo se dirigieron sobre el tipo de vegetación de Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, ya que este tipo de vegetación se desarrolla en la superficie que se solicita para CUSTF y con el muestreo realizado poder hacer un análisis de la riqueza de especies que se desarrollan en la misma, como en la superficie que se desarrolla en el SAR.

En la siguiente tabla se presentan las coordenadas UTM de los transectos de muestreo donde se obtuvo la información forestal, mientras que en la siguiente figura se presenta su distribución geográfica.

Tabla VIII-7. Coordenadas UTM de los transectos en la superficie que se solicita para CUSTF.

Cuadro de construcción de los transectos de vegetación en el área del proyecto		
Vértice	Coordenadas UTM, WGS84, Zona 14	
	X	Y
Transecto 1		
1	397441.0385	1872901.6923
2	397429.0187	1872906.7008
3	397413.4217	1872913.5177
4	397415.4241	1872918.0991
5	397430.9787	1872911.3005
6	397442.9615	1872906.3077
Superficie: 150.00 m²		
Transecto 2		
1	397380.7475	1872928.8364
2	397354.7843	1872943.8668
3	397357.2893	1872948.1940
4	397383.2525	1872933.1636
Superficie: 150.00 m²		
Transecto 3		
1	395904.5753	1874001.3912
2	395897.2694	1874030.4880
3	395902.1188	1874031.7056
4	395909.4247	1874002.6088

Cuadro de construcción de los transectos de vegetación en el área del proyecto		
Vértice	Coordenadas UTM, WGS84, Zona 14	
	X	Y
Superficie: 150.00 m²		
Transecto 4		
1	395891.6190	1874055.2378
2	395882.4728	1874083.8096
3	395887.2348	1874085.3340
4	395896.3810	1874056.7622
Superficie: 150.00 m²		
Transecto 5		
1	395869.6179	1874120.2412
2	395860.5121	1874148.8258
3	395865.2762	1874150.3435
4	395874.3821	1874121.7588
Superficie: 150.00 m²		
Transecto 6		
1	395859.6176	1874165.2424
2	395850.5265	1874193.8318
3	395855.2914	1874195.3470
4	395864.3824	1874166.7576
Superficie: 150.00 m²		

Cuadro de construcción de los transectos de vegetación en el área del proyecto		
Vértice	Coordenadas UTM, WGS84, Zona 14	
	X	Y
Transecto 7		
1	395526.8613	1874903.7054
2	395511.3266	1874929.3701
3	395515.6040	1874931.9592
4	395531.1387	1874906.2946
Superficie: 150.00 m²		
Transecto 8		
1	395492.8649	1874961.6995
2	395477.2587	1874987.3207
3	395481.5289	1874989.9217
4	395497.1351	1874964.3005
Superficie: 150.00 m²		
Transecto 9		
1	395380.8387	1875149.7435
2	395365.7609	1875175.6792
3	395370.0835	1875178.1922
4	395385.1613	1875152.2565
Superficie: 150.00 m²		
Transecto 10		
1	394653.3301	1876151.6579
2	394608.5938	1876173.9887
3	394609.9336	1876176.6728
4	394654.6699	1876154.3421
Superficie: 150.00 m²		

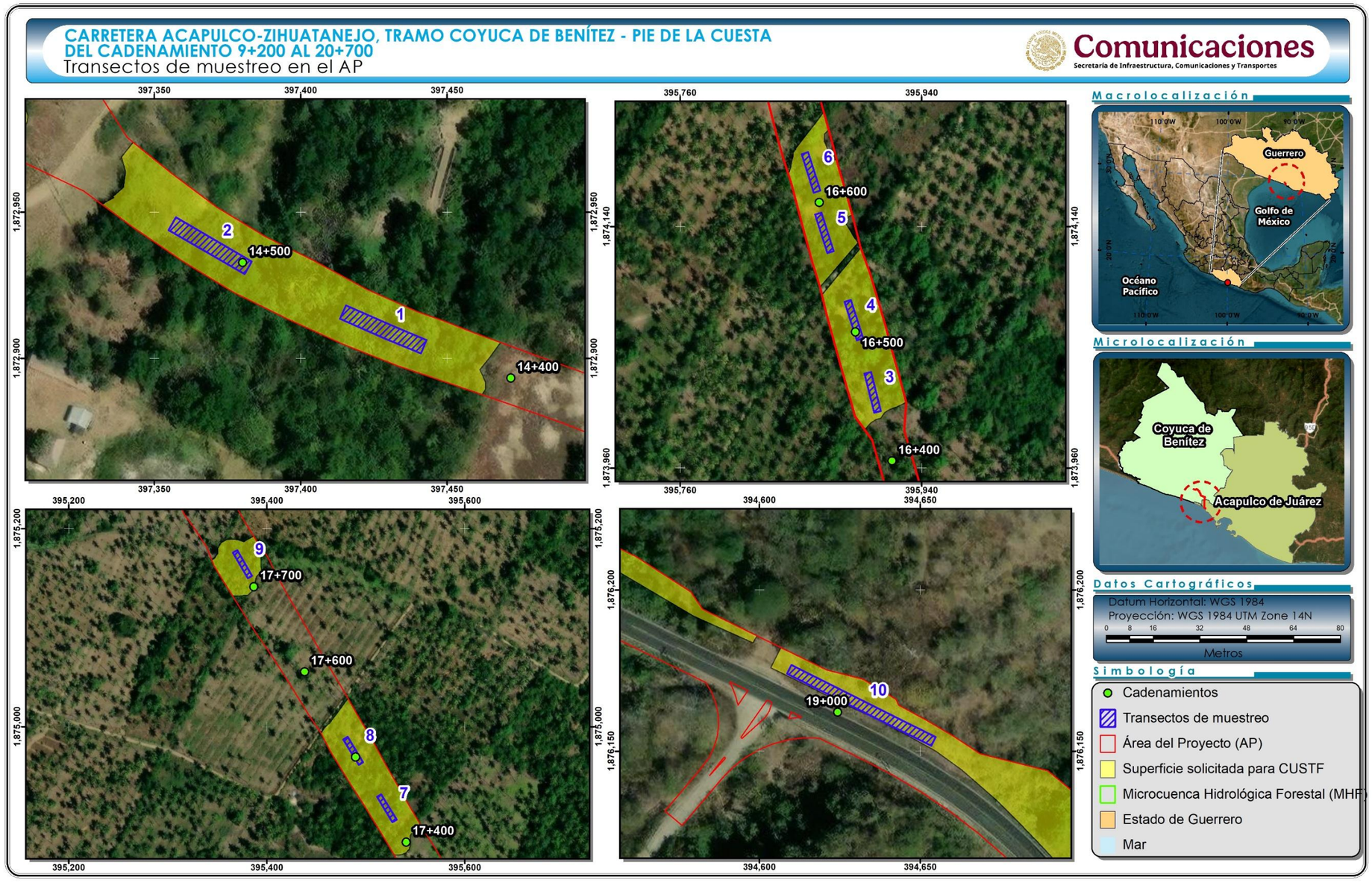


Figura VIII-12. Ubicación de los transectos de muestreo en la superficie que se solicita para CUSTF.

VIII.3.2 Caracterización de atributos ecológicos de la asociación vegetal

Para caracterizar la asociación vegetal identificada se utilizaron los siguientes parámetros ecológicos:

Tabla VIII-8. Parámetros para caracterizar la asociación vegetal que se desarrolla a nivel SAR.

Medidas de abundancia	Descripción	Fórmula
Índice de Chao1	Estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies representadas por un individuo (singletons) y el número de especies representadas por dos individuos en las muestras (doubletons).	$SChao1 = Sobs + \frac{n_1^2}{2n_2}$ Dónde: Sobs: Número de especies registradas. n_1: Especies que solo registran 1 solo individuo. n_2: Especies que registraron 2 individuos.
Índice de Chao2	Estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies únicas (que sólo aparecen en una muestra) y el número de especies duplicadas (que aparecen compartidas en dos muestras).	$SChao2 = Sobs + \frac{n_1^2}{2n_2}$ Dónde: Sobs: Número de especies registradas. n_1: Especies que solo se registran en un solo sitio de muestreo. n_2: Especies que se registraron en dos sitios de muestreo.
Curvas de acumulación de especies	Las curvas de acumulación nos permiten calcular el número (teórico esperado) de especies que existe en un área determinada,	Aplicación del programa estadístico Species Accumulation vers. β.

Medidas de abundancia	Descripción	Fórmula
	considerando la riqueza observada mediante los censos de campo y la tasa de encuentro de las mismas, bajo una medida de esfuerzo estandarizada.	
Riqueza de especies	Contabilizada como el número total de taxa registrados en los sitios de muestreo sumado a los identificados durante los recorridos de campo (S).	S = Riqueza por especie / ∑ de la riqueza total de especies *100
Densidad absoluta y relativa (De y Dr)	La densidad es un parámetro que permite conocer la abundancia de una especie o una clase de plantas, principalmente cuando las formas de vida permiten el conteo independiente de cada individuo. La densidad absoluta es el número de individuos de una especie "X" presente en un área determinada, para este caso se consideró al nivel de hectárea tipo. La densidad relativa se refiere a la proporción en número de individuos de una especie con relación al resto, expresada en porcentaje.	Dr = Densidad por especie / ∑ Densidad total * 100
Dominancia relativa (Dr)	Considerada como el área que ocupa una especie, la Dominancia relativa (Dor) es el área que ocupa una especie con relación al resto de las especies. Es una medida que se expresa en porcentaje y se calculó a partir de la estimación del área basal.	Dr = Dominancia estimada de la especie / área basal total * 100

Medidas de abundancia	Descripción	Fórmula
Frecuencia (F)	La frecuencia se define como la probabilidad de encontrar una especie en una unidad de muestreo, es decir, es el número de unidades de muestreo en la que una especie está presente, por tanto, la Frecuencia relativa (Fr), pondera el número de veces en que es encontrada una especie en relación al resto de las especies y es una medida porcentual.	Fr = Frecuencia estimada por especie / ∑ de la frecuencia absoluta * 100
Índice de Valor de importancia (IVI)	Representa la cobertura del área basal de cada especie y su proporción con respecto a la sumatoria de las áreas basales de todas las especies (Lamperch, 1990), permitiendo estimar el grado de espacio horizontal que ocupa la especie en el bosque. El IVI revela la importancia ecológica relativa de cada especie en una comunidad vegetal (Mostacedo y Fredericksen, 2000), y se obtiene a partir de la suma de la abundancia relativa, frecuencia relativa y dominancia relativa para cada especie.	IVI = Dominancia relativa + Densidad relativa + Frecuencia relativa
Índice de Shannon - Wiener (H')	El índice de Shannon–Wiener (H') mide la diversidad natural teniendo en cuenta a) el número de especies presentes; y b) cómo se reparten esas especies. El H' para cada uno de los estratos fue calculado con los registros de cada especie (riqueza).	H' = ∑ pi/log(pi), donde p es la proporción relativa de las i especies.

Medidas de abundancia	Descripción	Fórmula
Índice de Pielou (*J´*)	Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes y el 0 señala la ausencia de uniformidad (Magurran, 1988).	J´=H´/H´ max. Donde H´ max = ln (S) y H´ es el índice de Shannon-Wiener y S es el número total de especies presentes. J´=H'/ln(S).

VIII.3.3 Caracterización de la Fauna silvestre en el SAR y en el AP

VIII.3.3.1 Trabajo de campo

El trabajo de campo se llevó a cabo en el Sistema Ambiental Regional (SAR) y en el área del proyecto denominado "*Carretera Acapulco-Zihuatanejo, Tramo Coyuca de Benítez - Pie de la Cuesta del Cadenamiento 9+200 al 20+700"*. El esfuerzo de muestreo fue de diez días efectivos, del 9 al 18 de marzo de 2026, y el criterio principal para la selección y ubicación de los sitios de muestreo se fundamentó en el conocimiento práctico de los expertos en diferentes grupos taxonómicos, bajo la primicia de asegurar la completa representatividad de los tipos de vegetación presentes y de tener una duración estandarizada de los esfuerzos de muestreo en cada una de ellas.

Para la determinación de los vertebrados terrestres se realizaron transectos en franja, con el apoyo de binoculares, lámparas y guías de campo especializadas sobre los distintos grupos de vertebrados. También se realizaron recorridos diurnos y nocturnos a pie, para la obtención de registros directos (visuales y capturas) e indirectos (cantos, rastros de huellas, excretas, huesos, madrigueras, entre otros) de las especies de fauna silvestre presentes. De manera simultánea se preparó un

catálogo fotográfico para la posterior verificación, o en su caso, identificación de los registros visuales obtenidos en el campo. Por otra parte, mediante el uso de GPS Etrex Garmin, se georreferenció (en UTM) la ubicación de las especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Transecto en franja

El método de transecto de franja es una unidad de muestreo rectangular muy larga y estrecha que debe recorrerse a través de la línea central, tratando de registrar a todos los individuos dentro de la franja muestral de anchura 2W que representa el ancho efectivo en ambos lados de la línea del transecto. De acuerdo con Mandujano-Rodríguez (2011), la visibilidad es el principal factor que determina este ancho y, a su vez, la visibilidad es afectada por la cobertura vegetal, el relieve local, la hora (día, noche) y la técnica de muestreo empleada (a pie, caballo, vehículo terrestre o aéreo).

En la siguiente figura se ejemplifica un transecto en franja de 1 km de largo y 20 m de ancho (L=1000 m; 2w= 20m). En el esquema, los círculos negros representan los animales que no deben ser contabilizados y los asteriscos representan los animales que se deben contar.

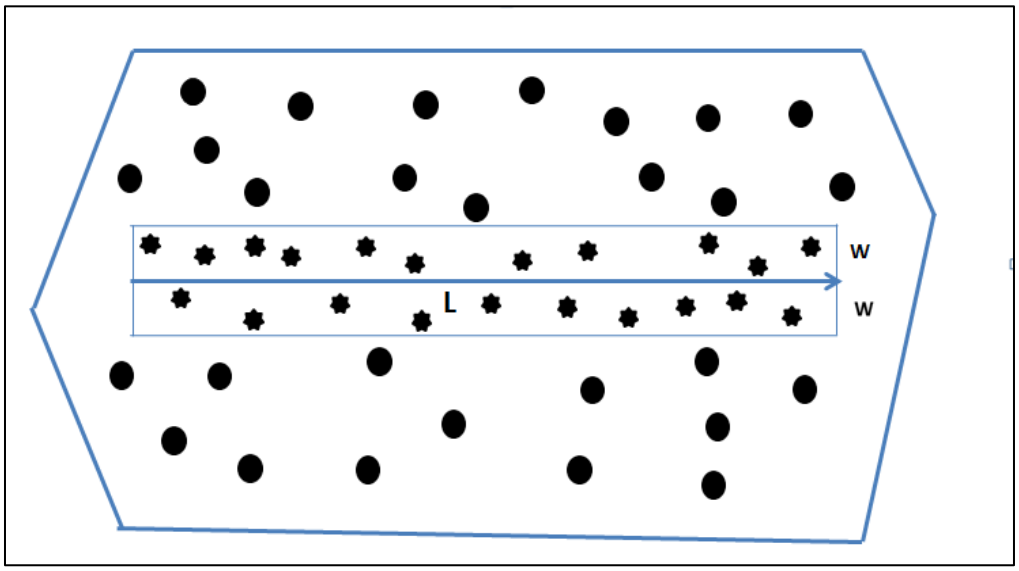


Figura VIII-13. Esquema donde se ejemplifica un transecto en franja.

Las consideraciones usadas para este tipo de muestreo son las siguientes:

- Todos los individuos contenidos en el área muestreada tienen la misma probabilidad de ser detectados (p = 1.0).
- Cualquiera de los individuos está aleatoriamente distribuido sobre el área muestreada, o el transecto fue ubicado de manera aleatoria en el área.
- Todos los individuos (ambos sexos y todas las edades) son igualmente probables de ser ahuyentados. El avistamiento de un organismo no influye en el avistamiento de otros organismos.
- Ningún animal es contado más de una vez.

Este procedimiento de muestreo puede ser aplicado a animales de todos tamaños, en una gran variedad de hábitats, incluso a animales que ordinariamente están ocultos pueden ser contados si son ahuyentados por el observador. Este método aporta información confiable y puede ser utilizado para estimar índices de densidad poblacional.

No obstante, los principales factores que pueden afectar la aplicación de esta metodología son los siguientes:

- Qué tan conspicuos o visibles son los individuos.
- Condiciones meteorológicas.
- Actividad de la especie en relación con la hora del día o estación del año.
- Conteos duplicados de individuos que se desplazan hacia adelante durante el recorrido del transecto después de ser ahuyentados.
- Variación en el efecto de la cobertura del hábitat para la detección de los individuos.

A continuación, se describen los métodos de campo empleados para el registro de los distintos grupos de vertebrados considerados en este estudio.

A) Herpetofauna

La búsqueda de anfibios y reptiles en el AP y en el SAR se realizó empleando un método de muestreo consistente en transectos en franja a pie, utilizando las técnicas convencionales de recolecta descritas por Casas-Andreu *et al.* (1991). Dichas técnicas consisten en realizar una búsqueda en todos los microhábitats en los que se pueden encontrar estos organismos: debajo de rocas, troncos secos, dentro de agujeros en la tierra, sobre el suelo, arbustos y árboles. Dado que a medio día las condiciones de temperatura en la zona provocan una disminución de la actividad de estas especies, los recorridos de búsqueda se realizaron en dos horarios, de 7:00 a 11:00 horas y de 16:00 a 20:00 horas.

Para llevar a cabo una adecuada determinación taxonómica de las especies, así como para obtener fotografías de los individuos observados, fue necesaria la captura de algunos organismos. El método de captura dependió esencialmente del organismo a recolectar, pudiéndose tomar directamente con la mano o con ayuda de materiales como ganchos herpetológicos, ligas de plástico, pinzas de disección

de 30 cm, sacos de manta y bolsas de plástico. Para cada uno de los ejemplares observados se tomaron los siguientes datos: nombre de la especie, fecha, coordenadas geográficas y tipo de vegetación en la que se encontró; además se fotografiaron algunas de las especies observadas en la zona de estudio.

La determinación taxonómica de todas las especies observadas en el sitio de muestreo se realizó con la ayuda de literatura especializada y utilizando las claves taxonómicas de Flores-Villela *et al*. (1995).

B) Mastofauna

El muestreo de mamíferos se realizó mediante transectos en franja, en los cuales se obtuvieron registros directos de algunas especies, así como huellas y rastros que posteriormente fueron identificados con ayuda de literatura especializada (Aranda, 2000, Ceballos y Oliva, 2005).

Se utilizaron trampas tipo Sherman para la captura de roedores siguiendo los métodos convencionales de colecta científica descritos por Romero-Almaraz *et al.* (2007), y para mamíferos medianos se ocuparon trampas Tomahawk. Las trampas Sherman fueron cebadas con avena y vainilla, en tanto que las Tomahawk fueron cebadas con pan, crema de cacahuate y vainilla. A los individuos capturados se les toman medidas morfométricas convencionales, tales como: Largo total (LT), Largo de cola (LC), Largo de oreja (LO), Largo de pata (LP) y Peso (P), y fueron identificados con ayuda de claves especializadas (Hall, 1981; Ceballos y Oliva, 2005) para posteriormente ser liberados en el mismo lugar de su captura.

Para el registro de mamíferos medianos y grandes, se utilizaron los mismos transectos en franja dentro del SAR, con el fin de colectar e identificar rastros (huellas, excretas, pelo y cráneos), además de observaciones directas.

El arreglo taxonómico de los ejemplares registrados se realizó con base en la propuesta de Ramírez-Pulido *et al.* (2005), mientras que los nombres comunes de

los mamíferos se tomaron del libro de Ceballos y Oliva (2005). Para los roedores, se utilizaron los trabajos de Hall (1981) y Ceballos y Oliva (2005), en tanto que, para la identificación de los rastros de mamíferos medianos y grandes, se empleó la guía de Aranda (2000).

C) Avifauna

El muestreo de la avifauna se llevó a cabo mediante registros visuales y auditivos; además, se obtuvieron registros fotográficos (Nikon D3000 con telefoto Sigma 150-500 mm) que permitieron confirmar la identificación de algunas especies. Para la obtención de los datos de diversidad, se emplearon puntos de conteo intensivos (Ralph *et al.* 1995), mismos que se llevaron a cabo a lo largo de caminos. Las observaciones se realizaron con ayuda de binoculares (10 x 42 Bushnell).

Para la identificación de las aves, así como para determinar su estatus de residencia, se utilizaron las guías de campo de Howell y Webb (1995), Sibley (2000) y la National Geographic Society (2008). Por su parte, los registros auditivos para identificar algunas especies de aves fueron cotejados en la base de datos de Xenocanto (http://www.xeno-canto.org/).

El endemismo se determinó con base en el trabajo de González-García y Gómez de Silva (2003), y las especies registradas fueron catalogadas de acuerdo con la última actualización de la American Ornithologist Union (2024).

A continuación, se muestran algunas fotografías de los métodos de campo descritos en páginas previas, a través de los cuales se obtuvo el inventario de fauna silvestre.



Avistamiento de aves mediante binoculares.



Personal de SEGA durante la búsqueda de fauna silvestre.



Trampas Sherman y cebo utilizado para pequeños mamíferos.



Personal de SEGA instalando trampa Tomahawk.



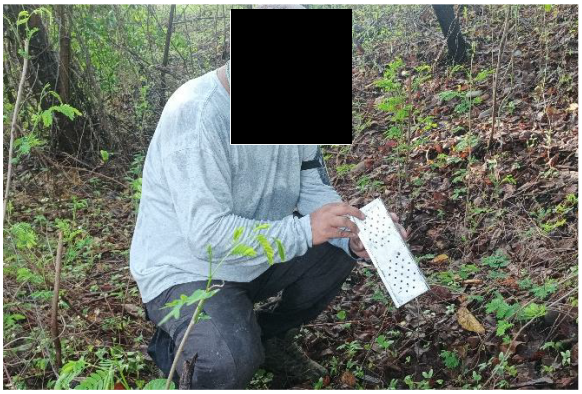
Colocación y georreferenciación de trampas Sherman.



Manipulación de lagartija para su identificación.



Registro de mamífero mediante huella.



Revisión de trampa Sherman.



Registro de mamífero a través de la excreta.



Manipulación de serpiente para su identificación.

Figura VIII-14. Métodos y técnicas utilizadas en el monitoreo de fauna.

Tamaño de muestra para el área del proyecto.

El muestreo de fauna silvestre se realizó mediante la implementación de 10 transectos en el SAR y 10 en el Área del Proyecto, cada uno de ellos con longitud de 250 metros (L) tal y como se observa en las siguientes tablas y figuras.

Tabla VIII-9. Ubicación de los transectos implementados en el Sistema Ambiental Regional para el muestreo de fauna silvestre.

Transectos SAR (Coordenadas UTM)				
Número	Inicio		Fin	
	X	Y	X	Y
1	393,469.76	1,876,702.05	393,578.84	1,876,900.22
2	394,810.51	1,876,442.67	394,641.63	1,876,513.90
3	393,480.88	1,875,543.98	393,247.15	1,875,612.40
4	395,367.24	1,875,119.12	395,287.64	1,874,889.55
5	394,816.37	1,873,652.03	394,810.78	1,873,850.20
6	395,878.91	1,874,016.54	395,721.31	1,873,838.37
7	397,085.09	1,873,225.08	397,206.71	1,873,436.40
8	395,633.74	1,872,743.94	395,534.69	1,872,948.07
9	398,849.73	1,871,781.56	398,792.94	1,872,017.99
10	397,270.26	1,877,152.07	397,402.19	1,876,995.77

Tabla VIII-10. Ubicación de los transectos implementados en el Área del Proyecto para el muestreo de fauna silvestre.

Transectos AP (Coordenadas UTM)				
Número	Inicio		Fin	
	X	Y	X	Y
1	393,132.53	1,876,213.65	393,356.68	1,876,196.46
2	394,215.85	1,876,370.04	394,422.43	1,876,275.89
3	394,553.68	1,876,210.25	394,714.37	1,876,089.29
4	395,389.03	1,875,141.05	395,231.29	1,875,325.34
5	395,463.52	1,875,011.86	395,540.17	1,874,815.71
6	395,852.04	1,874,204.72	395,907.48	1,873,998.90
7	397,464.59	1,872,904.02	397,273.19	1,873,039.46
8	397,617.44	1,872,095.74	397,575.94	1,871,875.00
9	397,487.88	1,869,094.34	397,474.78	1,868,911.89
10	397,715.40	1,868,306.34	397,873.06	1,868,178.39

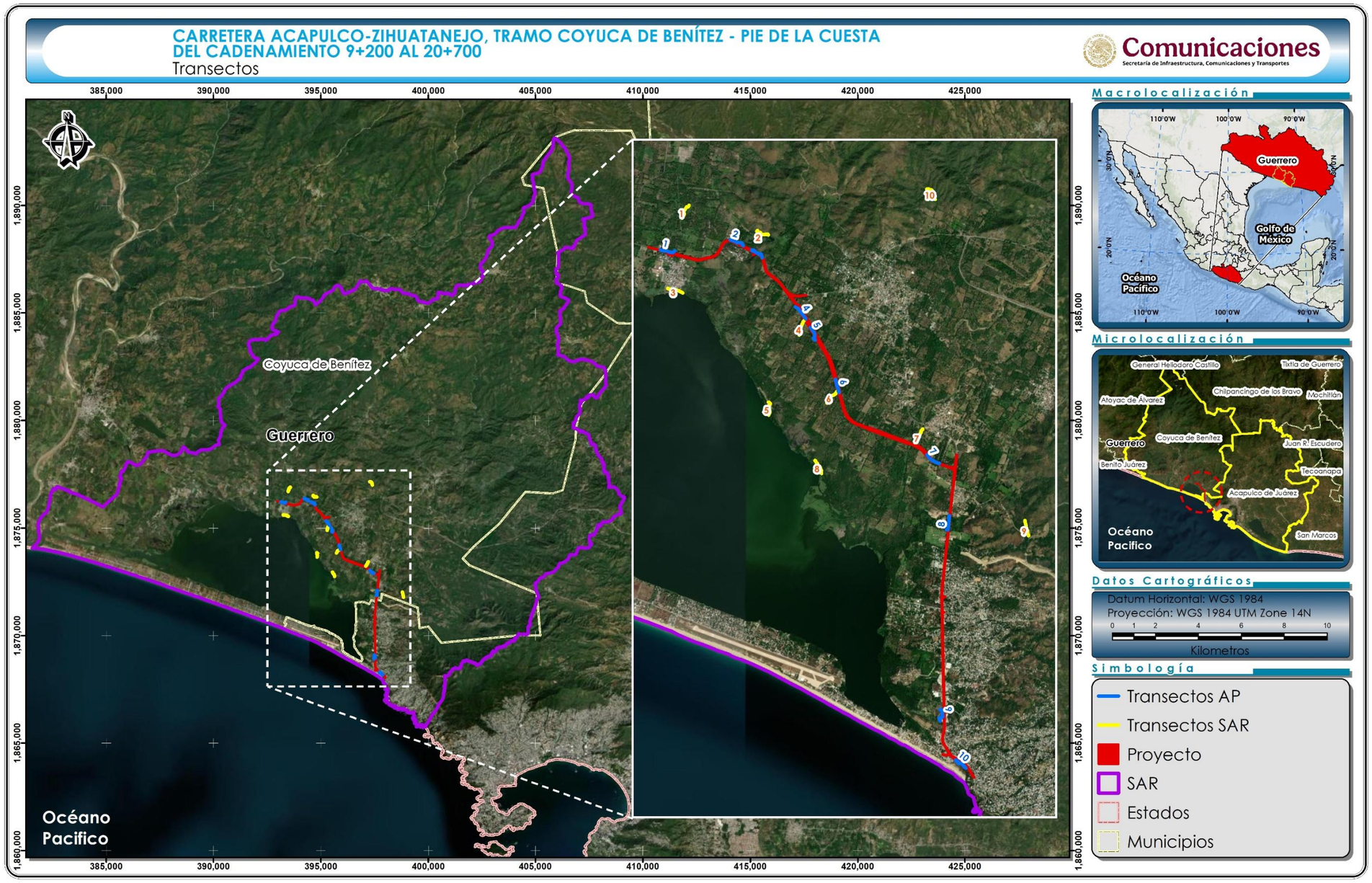


Figura VIII-15. Ubicación de los transectos utilizados durante los muestreos de fauna, en el Sistema Ambiental Regional y Área del proyecto.

VIII.3.3.2 Trabajo de gabinete

La información obtenida en campo se sistematizó en hojas de cálculo, siguiendo un orden sistemático y diferenciando entre las especies e individuos observados en cada día de trabajo.

Posteriormente, para determinar la riqueza de especies esperadas en el SAR y en el AP, se emplearon estimadores de riqueza que permiten cuantificar el número aproximado de especies que existe en un área determinada basándose en el número de especies detectadas en unidades de esfuerzo estandarizadas (transectos). También se realizaron curvas de acumulación para determinar qué tanto se aproximaba el número de especies registradas al número de especies esperadas según la cantidad de esfuerzo dentro de la unidad espacial de análisis delimitada. Los análisis se ejecutaron por medio del programa *Stimates S vers. 9.1.0* (Colwell R. K., 2013) a partir de los datos obtenidos por cada transecto de trabajo de campo.

Para determinar la abundancia de las especies, se cuantificó el número de registros independientes de cada especie observada en los distintos días del trabajo de campo, y se implementó un índice de frecuencia relativa, que consiste en determinar el número promedio de individuos de cada especie observados en un día de trabajo de campo y que se representa de manera porcentual con respecto al total de individuos de las diferentes especies observado durante el total invertido en el trabajo de campo (10 días).

Para establecer cuáles de las especies de fauna silvestre registradas durante los muestreos de campo corresponden con especies protegidas por la legislación nacional, se contrastó el listado sistemático elaborado, con la lista de especies en riesgo que se presenta en el Anexo normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su actualización de 2019. Dado que las autoridades taxonómicas (a nivel mundial) realizan actualizaciones periódicas en sus sistemas de clasificación y nomenclatura,

mismas que no pueden ser actualizadas con la misma agilidad en la citada Norma, fue necesario rastrear los cambios taxonómicos recientes de un elevado número de especies para poder determinar si éstas poseían de algún estatus de protección oficial.

Adicionalmente, se determinó si las especies de vertebrados registradas durante los muestreos de campo eran endémicas o no. Es importante recordar que las especies endémicas son aquéllas cuya distribución se encuentra restringida a una región geográfica determinada —y no se encuentra en ningún otro lugar—, que, en el caso del presente estudio, se refiere a los límites geopolíticos de la República Mexicana. La importancia del reconocimiento de las especies endémicas se debe a que su sobrevivencia en estado silvestre dependerá de las estrategias de conservación que se implementen específicamente en la región geográfica a la que están restringidas.

Finalmente, se determinó la estacionalidad de las especies, indicando si eran residentes, migratorias de invierno o migratorias de verano.

VIII.4 BIBLIOGRAFÍA

ACUERDO por el que se dan a conocer los resultados del estudio técnico de las aguas nacionales superficiales en las cuencas hidrológicas Río Ixtapa 1, Río Ixtapa 2, Río San Jeronimito, Río Petatlán 1, Río Petatlán 2, Río Coyuquilla 1, Río Coyuquilla 2, Río San Luis 1, Río San Luis 2, Río Tecpan 1, Río Tecpan 2, Río Atoyac 1, Río Atoyac 2, Río Coyuca 1, Río Coyuca 2, Río La Sabana 1 y Río La Sabana 2, pertenecientes a la Región Hidrológica número 19 Costa Grande de Guerrero.

Aguilera P., A. M., Cruz A., M., Hernández B., D. A., Ojeda P., A. P., Ramírez R., J. F., Villalpando V., O., Zapien G., J., y Vázquez N., E., 2021. Estimación de la dispersión de contaminantes atmosféricos empleando el modelo de dispersión Gaussiano, ocasionado en Salamanca, Guanajuato y sus efectos sobre la salud humana. XXVI Verano de la Ciencia 10.

Alanís R., E., Mora O., A., y Marroquín de la F., J. S., 2020. Muestreo ecológico de la vegetación. Universidad Autónoma de Nuevo León. Editorial Universitaria UANL. 252 p.

Almazán, C. R. 2012. Avifauna del bosque tropical seco de la porción central del Cañón del Zopilote en el estado de Guerrero. Memorias del XI Congreso XVII Simposio Nacionales de Ornitología 13-14 p.

Almazán-Catalán, J. A., A. Taboada-Salgado, C. Sánchez-Hernández, M de L. Romero-Almaraz, Y. Q. Jiménez-Salmerón y E. Guerrero I. 2009. Registros de murciélagos para el estado de Guerrero, México. Acta Zoológica Mexicana (n. s.) 25 (1): 177-185.

Almazán-Catalán, J. A., C. Sánchez-Hernández, F. Ruíz-Gutiérrez, M. de L. Romero-Almaraz, A. Taboada-Salgado, E. Beltrán-Sánchez y L. Sánchez-Vázquez. 2013. Registros adicionales de los felinos del estado de Guerrero, México. Revista Mexicana de Biodiversidad. 84: 347-359.

Almazán-Núñez, R. C. 2009. Información adicional sobre la avifauna de la Sierra Norte de Guerrero, México. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie) 25(3):537-550.

Almazán-Núñez, R. C. 2014. Nuevos registros de la paloma turca (Streptopelia decaocto) en el estado de Guerrero, México. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie) 30(3):701-706.

Almazán-Núñez, R. C. y A. G. Navarro. 2006. Avifauna de la subcuenca del río San Juan, Guerrero, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 77:103-114.

Almazán-Núñez, R. C. y O. Nova-Muñoz. 2006. La guacamaya verde (Ara militaris) en la Sierra Madre del Sur, Guerrero, México. Huitzil 7:20-22.

Almazán-Núñez, R. C., O. Nova-Muñoz y A. Almazán-Juárez. 2007. Avifauna de Petatlán en la Sierra Madre del Sur, Guerrero, México. Universidad y Ciencia 23(2):141-149.

Almazán-Núñez, R. C., P. Sierra-Morales y A. Méndez-Bahena. 2015. Primer registro de la cotorra argentina (Myiopsitta monachus) en Guerrero, México. Huitzil 16(1): 48-51.

Aranda, M. 2000. Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México. Instituto de Ecología, A.C. México. 212 p.

Argote, A. 2009. Nueva localidad para el trepatroncos gigante (Xiphocolaptes promeropirhynchus) en el estado de Guerrero, México. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie) 25(1):207-209.

Arpacik, A., Sari, A., Gündogdu, E., y Baskaya, S., 2016. Effects of roads on wildlife in Azdavay / Kartdag wildlife reserve area. 1st International Symposium of forest Engineering and Technologies (FETEC2016). Bursa, Turquía.

Arriaga Cabrera, L., Vázquez Domínguez, E. González Cano, J., Jiménez Rosenberg, R., Muñoz López, E. 1998. Aguilar Sierra, V. (coordinadores).

Regiones marinas prioritarias de México. 1a ed., Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

Arriaga, L., Aguilar, V., Alcocer, J. 2002. Aguas continentales y diversidad biológica de México. CONABIO, México. https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/regiones-hidrologicas-prioritarias-de-mexico

Avibase. 2025. Mexico bird checklist. https://avibase.bsc-eoc.org/checklist.jsp?region=MX

Ávila, N. D. M. 2006. Patrones de distribución de la mastofauna del estado de Guerrero, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 292 p.

Ayuntamiento de Coyuca de Benítez. 2023. Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Coyuca de Benítez, Guerrero, 2023. Coyuca de Benítez, Guerrero: H. Ayuntamiento Municipal.

Baev, P. V., y Penev, L. D. 1995. BIODIV: program for calculating biological diversity parameters, similarity, niche overlap, and cluster analysis. Version 5.1, 2nd edition. Pensoft, Sofia, Bulgaria

Banco de México. s.f. https://www.gob.mx/se

Banks, R. 1990. Taxonomic status of the Coquette Hummingbird of Guerrero, Mexico. Auk 107:191-192.

Barragán-Rocha, A. R., Tavera-Rivera, A., Ocampo-Olvera, E., y Sarti-Martínez, A. L. 2003. Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar: Playa Tortuguera Cahuitán. https://conanp.gob.mx/conanp/dominios/ramsar/docs/sitios/FIR_RAMSAR/Oaxaca/Playa_Tortuguera_Cahuitan/Playa%20Tortuguera%20Cahuit%C3%A1n.pdf

Benítez T., J. A., Plasencia-Vázquez, A. H., Amábilis-Sosa, L., E., Cú-Vizcarra, J. D., Samarrón, D., Puch, Á., y Ehúan, M. L., 2021. Contaminación por ruido de fuentes fijas y móviles en el área de protección de flora y fauna Laguna de Términos. En: Impactos de las vías de comunicación sobre la fauna silvestre en áreas protegidas: Estudio de caso para el sureste de México. Editores Jorge A. Benítez, Griselda Escalona-Segura. El Colegio de la Frontera Sur. P. 235 – 252.

Benítez T., J. A., Plasencia-Vázquez, A. H., Amábilis-Sosa, L., E., Cú-Vizcarra, J. D., Samarrón, D., Puch, Á., y Ehúan, M. L., 2021c. Contaminación por ruido de fuentes fijas y móviles en el área de protección de flora y fauna Laguna de Términos. En: Impactos de las vías de comunicación sobre la fauna silvestre en áreas protegidas: Estudio de caso para el sureste de México. Editores Jorge A. Benítez, Griselda Escalona-Segura. El Colegio de la Frontera Sur. P. 235 – 252.

Benítez, J. A., Alexander, S. M., Pozo-Montuy, G., y Téllez T., G., 2021a. Vías de comunicación terrestre vs fauna: la experiencia global. En: Impactos de las vías de comunicación sobre la fauna silvestre en áreas protegidas: Estudio de caso para el sureste de México. Editores Jorge A. Benítez, Griselda Escalona-Segura. El Colegio de la Frontera Sur. P. 23 – 60.

Benítez, J. A., Alexander, S. M., Pozo-Montuy, G., y Téllez T., G., 2021b. Factores que modifican el nivel de impacto de las vías de comunicación terrestres sobre la fauna. En: Impactos de las vías de comunicación sobre la fauna silvestre en áreas protegidas: Estudio de caso para el sureste de México. Editores Jorge A. Benítez, Griselda Escalona-Segura. El Colegio de la Frontera Sur. P. 61 – 93.

Berlanga, H., Rodríguez-Contreras, V., Oliveras de Ita, A., Escobar, M., Rodríguez, L., Vieyra, J., Vargas, V. 2008. Red de Conocimientos sobre las Aves de México (AVESMX). CONABIO.

http://avesmx.conabio.gob.mx/index.html. Consultada el 20 de marzo de 2015.

Blancas, E. 2006. Patrones biogeográficos de la avifauna de la Sierra Madre del Sur. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 68 pp.

Blancas-Calva, E., J. C. Blancas-Hernández, M. Castro-Torreblanca y J. F. Villaseñor-Gómez. 2012. El mielero pata roja (Cyanerpes cyaneus) en la Sierra Madre del Sur, Guerrero, México. Huitzil 13(2):87-90.

Blancas-Calva, E., M. Castro-Torreblanca, J. C. Blancas-Hernández. 2014. Presencia de las palomas turcas (Streptopelia decaocto) y africana de collar (Streptopelia roseogrisea) en el estado de Guerrero, México. Huitzil 15(1):10-16.

Botello L., F. J., Vázquez C., C., Mayani P., F., Vega O., M. E., y Morales D., S. P., 2022b. Protocolo para el monitoreo ecosistémico de manglares en áreas naturales protegidas. En. https://simec.conanp.gob.mx/m_ecosistemico.php. Consultado: Noviembre, 2025.

Botello, F., Sánchez-Cordero, V. y Ortega-Huerta, M. A. 2015. Disponibilidad de hábitats adecuados para especies de mamíferos a escalas regional (estado de Guerrero) y nacional (México). Revista mexicana de biodiversidad, 86(1), 226-237. https://doi.org/10.7550/rmb.43353

Campbell, J. A., Blancas-Hernández J. C. and E. N. Smith 2009. A new species of stream-breeding treefrog of the genus Charadrahyla (Hylidae) from the Sierra Madre del Sur of Guerrero, Mexico. Copeia. 2009: 287–295.

Campbell, J. A., E. D. Brodie, Jr., O. Flores-Villela, and E. N. Smith. 2014. A fourth species of minutes salamander (Thorius: Plethodontidae) from the Sierra

Madre del Sur of Guerrero, Mexico. South American Journal of Herpetology 9: 46–51.

Campbell, J.A. y Flores-Villela, O. 2008. A new long-tailed rattlesnake (Viperidae) from Guerrero, Mexico. Herpetologica.

Campbell, J.A., Brodie Jr. E. D., Blancas-Hernández J. C., and E.N. Smith. 2013. Another new salamander of the genus Pseudoeurycea from the state of Guerrero, Mexico. South American J Herpetology 8:198-202.

Canter, L. W., 1998. Manual de evaluación de impacto ambiental: técnica para la elaboración de estudios de impacto. 2ª. Edición. Edt. McGraw-Hill – Interamericana. Madrid, España. 841 p.

Casas-Andreu, G., G. Valenzuela-López y A. Ramírez-Bautista. 1991. Cómo hacer una colección de anfi bios y reptiles. Cuadernos del Instituto de Biología, UNAM, México, D.F. 68 p.

Castro-Torreblanca, M. y E. Blancas. 2014. Aves de Ciudad Universitaria campus Sur de la Universidad Autónoma de Guerrero, Chilpancingo, Guerrero, México. Huitzil 15(2):82-92.

Ceballos, G. y Oliva, G. (Coords.), 2005. Los mamíferos silvestres de México. Conabio/Fondo de Cultura Económica, México D. F. 988 p.

Ceballos, G., y G. Oliva (coords). 2005. Los mamíferos silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. Fondo de Cultura Económica. México. 988 p.

Cerdà, A., y Jordán, A., 2010. Métodos para la cuantificación de la pérdida de suelo y aguas tras incendios forestales, con especial referencia a las parcelas experimentales. En: https://www.researchgate.net/publication/230683032_Metodos_para_la_cuantificacion_de_la_perdida_de_suelo_y_aguas_tras_incendios_fore

stales_con_especial_referencia_a_las_parcelas_experimentales. Consutaldo: Marzo, 2026.

Cervantes Zamora, Y. et al. 1990. Clasificación de regiones naturales de México. Atlas Nacional de México, Instituto de Geografía, UNAM, México.

Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: Pasado, presente y futuro. CONABIO-Instituto de Biología, UNAM Agrupación Sierra Madre, México.

Chesser, R. T., et al. 2024. Sixty-fifth supplement to the American Ornithological Society's Check-list of North American birds.

Colwell, R. K. 2013. Estimates Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. Version 9.

Colwell, R. K. y Coddington, J. A. 1994 . Estimación de la biodiversidad terrestre mediante extrapolación . Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Serie B: Ciencias Biológicas , 345 (1311), 101-118.

CONABIO. (2015). AICA. https://avesmx.conabio.gob.mx/AICA.html

CONABIO. (2026). Conjunto de datos vectoriales edafológico, escala 1:250000 Serie II. (Continuo Nacional): http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/edafo/tsuelo/eda250s2gw

CONABIO. 2024. Aves de México. https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/aves-de-mexico

CONABIO. s.f.a. Sierra del Sur de Guerrero. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rtp_117.pdf

CONABIO. s.f.b.. 28. Río Atoyac - Laguna de Coyuca. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_028.html

CONABIO. s.f.c.. 29. Río Papagayo – Acapulco. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_029.html

CONABIO. s.f.d. 32. Coyuca-Tres Palos. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rmp_032.html

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua), 2012. Estimación de los factores y funciones de la demanda de agua potable en el sector doméstico en México: Informe final. En: www.researchgate.net/profile/Gloria_Soto2/publication/274053633. Consultado: Marzo, 2026.

CONAGUA. 2012. Regiones Hidrológicas. https://gisviewer.semarnat.gob.mx/aplicaciones/atlas2015/agua_rh.html

CONAGUA. 2015. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero San Luis (1221), Estado de Guerrero. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/103684/DR_1221.pdf#page=10&zoom=100,72,577

CONAGUA. 2018. Atlas del Agua en México. https://files.conagua.gob.mx/conagua/publicaciones/Publicaciones/AAM2018.pdf

CONAGUA. 2022. Programa Hídrico Regional 2021-2024 Región Hidrológico-Administrativa V Pacífico Sur. https://files.conagua.gob.mx/conagua/generico/PNH/PHR_2021-2024_RHA_V_Pac%C3%ADfico_Sur.pdf

CONAGUA. 2024. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Pinotepa Nacional (2018), Estado de Oaxaca. https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/oaxaca/DR_2018.pdf

CONAGUA. 2024a. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el Acuífero Conchero (1225), Estado de Guerrero. https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/guerrero/DR_1225.pdf

CONAGUA. 2024b. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el Acuífero Coyuca (1224), Estado de Guerrero. https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/guerrero/DR_1224.pdf

CONAGUA. 2024c. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el Acuífero Bahía de Acapulco (1226), Estado de Guerrero. https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/guerrero/DR_1226.pdf

CONAGUA. 2024d. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el Acuífero La Sabana (1227), Estado de Guerrero. https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/guerrero/DR_1227.pdf

CONAGUA. s.f.. Normales climatológicas por estado: Guerrero. https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/normales-climatologicas-por-estado?estado=gro

CONANP. 2020. Humedales mexicanos inscritos en la Convención de Ramsar. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio_2020/dgeiawf.semarnat.gob.mx_8080/ibi_apps/WFServletef04.html

CONANP. 2025. El Veladero. https://simec.conanp.gob.mx/ficha.php?anp=74&reg=7

CONANP. 2026. A 30 años de su descubrimiento, Playa Cahuitán, prioritaria para la anidación de tortuga laúd. https://www.gob.mx/conanp/articulos/a-30-anos-de-su-descubrimiento-playa-cahuitan-prioritaria-para-la-anidacion-de-tortuga-laud?idiom=es

CONEVAL. 2020. Medición de la pobreza: La cohesión social. https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/Cohesion_Social.aspx

Coria, I. D., 2008. El estudio de impacto ambiental: Características y metodología. INVENIO 11 (20): 125 – 135.

Cotler, H., 2020. Manual para evaluar la erosión de los suelos en zonas forestales. Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, México. 37 p.

Cruz-Palacios, M. T., R. C. Almazán-Núñez y R. Bahena-Toribio. 2011. Distribución geográfica y ecológica de la familia Tyrannidae (Aves: Passeriformes) en Guerrero, México. Mesoamericana 15(1):15-24.

Cuanalo de la C., H., 1981. Manual para la descripción de perfiles de suelo en el campo. 2ª edición. Colegio de Posgraduados. Chapingo, Edo. de México. 40 p.

Davis, W. B. y J. R. Dixon. 1959. Snakes of the Chilpancingo Region, Mexico. Proceding of the Biological Society of Washington, 72:79-92.

Davis, W. B. y J. R. Dixon. 1961. Reptiles (exclusive of snakes) of the Chilpancingo Region Mexico. Proceding of the Biological Society of Washington, 74:37-56.

Davis, W. B. y J. R. Dixon. 1965. Amphibians of the Chilpancingo Region, Mexico. Herpetologica, 20(4):225-233.

Dee N, Baker, J., Drobny, N., Duke, K., Whitman, I., Fahringer, D., 1973. An environmental evaluation system for water resource planning. Water Resour Res 9: 523–535. https:// doi. org/ 10. 1029/ WR009i003p00523.

Diaz-Frances, E., y Soberon, J. 2005. Estimación estadística y selección de modelos de funciones de acumulación de especies. Conservation Biology 19:567-573.

Donnelly, M. (s.f.). Igneous Rocks. https://geologyglasgow.org.uk/minerals-rocks-fossils/igneous-rocks/

Dragovic, N., y Vulevic, T., 2020. Soil degradation processes, causes, and assessment approaches. En: Life on land. 1- 12.

Dunn, J. L. 2008. National Geographic Field Guide to the Birds of [Eastern/Western] North America. Washington, D.C.: National Geographic Society.

Enriquez M., R. y Candia V., F., Variabilidad del albedo en asfalto, concreto, Grass y su influencia en el calentamiento de la atmósfera en la ciudad del Cusco, 2023. 2025. Tesis profesional, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Facultad de Ciencias Químicas, Físicas y Matemáticas. En: https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/11221/253T20250432_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Consultada: Febrero, 2026.

Escobar I., J. F. y MacGregor F., I., 2016. Consecuencias de la urbanización: El caso de las aves. En: https://www.uv.mx/cienciauv/blog/consecuenciasdelaurbanizacionaves/. Consultado: Diciembre, 2025.

FAO y Unesco. (1970–1978). FAO-Unesco soil map of the world (18 sheets). París: Unesco.

FAO, 2020. Soil testing methods – Global Soil Doctors Programme - A farmer-to-farmer training programme. En: https://www.fao.org/3/ca2796en/ca2796en.pdf. Consultado: Marzo, 2026.

FAO, 2020. Soil testing methods – Global Soil Doctors Programme - A farmer-to-farmer training programme. En: https://www.fao.org/3/ca2796en/ca2796en.pdf. Consultado: Marzo, 2026.

FAO. 2009. Guide to Soil Description. 4ta Edición, FAO, Roma.

Feria-Ortiz, M. y U. O. García-Vázquez. 2012. A new species of Plestiodon (Squamata: Scincidae) from Sierra Madre del Sur of Guerrero, México. Zootaxa 3339: 57–68.

Fernández, J., Salinas-Jasso, J., y Alva, E. 2023. Otis, octubre 2023:crónica de un huracán no anunciado.

Ferro-Díaz, J., 2015. Manual revisado de métodos útiles en el muestreo y análisis de la vegetación. ECOVIDA 5(1): 139 – 186.

Flores-Villela, O. y E. Hernández-García. 2006. Herpetofauna de la Sierra de Taxco, Guerrero. Publicaciones de la Sociedad Herpetológica Mexicana (3):266-282.

Flores-Villela, O. y O. Sánchez-H. 2003. A new species of Abronia (squamata: anguidae) from the Sierra Madre del Sur of Guerrero, Mexico, with comments on Abronia deppii. Herpetologica 59(4), 524–531

Flores-Villela, O., F. Mendoza y G. Porter (comps.). 1995. Recopilación de claves para la determinación de anfibios y reptiles de México. Publicaciones Especiales del Museo de Zoología 10. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Ciudad de México, México.

Flores-Villela, O., y García–Vázquez, U. O. 2014. Biodiversidad de reptiles en México. Revista Mexicana de Biodiversidad. Supl. 85:S467-S475.

Flores-Villela, O., y García-Vázquez, U. O., 2014. Biodiversidad de reptiles en México. Revista Mexicana de Biodiversidad, Supl. 85: S467 – S475.

FMCN, CONAFOR, USAID, y USFS, 2018. Manual para trazar la unidad de muestreo en bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, BIOCOMUNI – Monitoreo Comunitario de la Biodiversidad, una guía para núcleos agrarios, Comisión Nacional Forestal – Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. En: https://www.fmcn.org/uploads/publication/file/pdf/BIOCOMUNI_v2.0_Trazo.pdf. Consultado: Marzo, 2026.

Forcada D., E., 2000. El impacto ambiental en la agricultura: metodologías y procedimientos. Edt. Analistas Económicos de Andalucía. 323 p.

Francis, C. D., Ortega, C. P., y Cruz, A., 2009. Noise pollution changes avian communities and species interactions. Current Biology 19: 1415 – 1419.

Francis, C. D., y Barber, J. R., 2013. A framework for understanding noise impacts on wildlife: an urgent conservation priority. Front Ecol Environ 11 (6): 305 – 313.

Fricovsky, B., Jagercikova, L., y Bodis, D., 2016. Rapid Impact Assessment Matrix: Case study for the Sliac Spa. Slovak Geol Mag., 16 (2): 71 – 90.

Gil, J. S., W. S. Castañón, J. Violante, A. A. Rojas y S. Monks. 2012. Primer registro de Aramides cajaneus Statius Muller, 1776 (rascón cuello gris), en el canal meándrico de Barra Vieja en la Laguna de Tres Palos, Guerrero, México. Tlamati sabiduría 4(1):35-39.

Gill, F. y D. Donsker (eds.). 2013. IOC World Bird Names (versión 3.4). http://www.worldbirdnames.org/.

Gobierno de Acapulco de Juárez. s.f. Conoce Acapulco. https://acapulco.gob.mx/conoce-acapulco/

Gobierno de México. s.f. Acapulco de Juárez. https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/acapulco-de-juarez?timeNetTradeSelector=Year

Gobierno de México. s.f. Coyuca de Benítez. https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/coyuca-de-benitez

Gobierno del Estado de Guerrero. 2022. Parque Estatal, "El Nanchal", San Miguel, Municipio de Chilpancingo de los Bravo, Guerrero. https://transparencia.guerrero.gob.mx/wp-content/uploads/2022/08/El-Nanchal-San-Miguel-Formato-con-informacion-ANP-Reserva-Estatal.pdf

Gobierno del Estado de Guerrero. s.f. Contexto del Estado de Guerrero. https://seed.guerrero.gob.mx/wp-content/uploads/2024/01/Contexto-del-Estado-de-Guerrero-GOB-2022-2027.pdf

Gómez – Orea., D., 1999. Evaluación de impacto ambiental: Un instrumento preventivo para la gestión ambiental. 1ª. Edición. Edt. Mundi – prensa. Madrid, España. 718 p.

González-García, F y H. Gómez de Silva. 2002. Especies endémicas: riqueza, patrones de distribución y retos para su conservación. Pp. 150-194. En: Gómez de Silva, H. y A. Oliveras de Ita (Eds.). Conservación de aves, experiencias en México. Sociedad para el Estudio y Conservación de las Aves en México A. C., National Fish and Wildlife Foundation, México.

González-García, F., y Gómez de Silva, H. 2003. Especies endémicas: riqueza, patrones de distribución y retos para su conservación. pp 150-154. En: H. Gomez de Silva y A. Oliveras de Ita (Eds.). Conservación de aves. Experiencias en México. CIPAMEX, CONABIO, NFWF, México D.F.

Guichard, C. A. 1986. Contribución al conocimiento de la avifauna asociada a los sistemas agropecuarios en el Municipio de Apaxtla de Castrejón, estado de Guerrero. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

Güney, E., y Demirel, N., 2021. Water Footprint Assessment of Carbon in Pulp Gold Processing in Turkey. 27th International Mining Congress and Exhibition of Turkey, IMCET 2022, Antalya, Türkiye. Sustainability 13 (8497): 2 - 16.

Hall, C. W. 1951. Notes on a small herpetological collection from Guerrero. University of Kansas Science Bulletin 34:201-212.

Hall, E.R. 1981. The Mammals of North America. John Wiley and Sons, New York, 2 vols., National Geographic Society. 1979. Wild Animals of North America.

Hernández, B. E. 1990. Hábitos alimenticios y descripción de las comunidades de aves de bosque de encino y bosque de Juniperus en Ixcateopan, Guerrero. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

Hernández, J. V. J. 2009. Diversidad y biogeografía ecológica de la avifauna de un área de la cuenca del Río Papagayo, Guerrero, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 41 pp.

Howell, S.N.G. y Webb, S. 1995. A Guide to the Birds of México and Northern Central America. Oxford Universidad Press, Oxford, 851 p.

Ijäs, A., Kuitunen, M. T., y Jalva., K., 2010. Developing the RIAM method (rapid impact assessment matrix) in the context of impact significance assessment. Environmental Impact Assessment Review 30: 82 – 89.

INECC. 2021. Informe nacional de Calidad del Aire México 2021. https://sinaica.inecc.gob.mx/archivo/informes/Informe2021.pdf

INECC. 2026. Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire, SINAICA. https://sinaica.inecc.gob.mx/

INEGI. 2001a. Síntesis de Información geográfica del estado de México.

INEGI. 2001b. Diccionario de datos fisiográficos. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825223892/702825223892_2.pdf

INEGI. 2002-2007. Datos Vectoriales de Edafología escala 1:250,000 Serie II.

INEGI. 2004. Síntesis de Información geográfica del estado de Oaxaca. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825224394/702825224394_6.pdf

INEGI. 2005. Guía para la interpretación de cartografía climatológica. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/1329/702825231781/702825231781_1.pdf

INEGI. 2006. Conjunto de datos vectoriales escala 1:1 000 000. Precipitación media anual. https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825267544

INEGI. 2007. Conjunto de datos vectoriales escala 1:1 000 000. Temperatura media anual. https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825267551

INEGI. 2008. Conjunto de datos vectoriales escala 1:1 000 000. Unidades climáticas. https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825267568

INEGI. 2017. Información Topográfica a diferentes escalas (TOPO). https://www.inegi.org.mx/programas/topografia/topo/

INEGI. 2019. Estudio de información integrada de la Cuenca Río Carrizo y Otras. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825188320.pdf

INEGI. 2020. Censo de Población y Vivienda (CPV) 2020. https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Microdatos

INEGI. 2021. Aspectos Geográficos: Guerrero 2021. https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/areasgeograficas/resumen/resumen_12.pdf

INEGI. 2023. Ingresos y Gastos de los Hogares. https://www.inegi.org.mx/temas/ingresoshog/default.html

INEGI. 2025. Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE), población de 15 años y más de edad. https://www.inegi.org.mx/programas/enoe/15ymas/

INEGI. 2026. México en cifras. Coyuca de Benítez, Guerrero (12021). https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=12021#collapse-Resumen

Inostroza, L., Baur, R., y Csalplovics, E., 2010. Urban Sprawl and Fragmentation in Latin America: A Comparison with European Cities. The myth of the diffuse Latin American city. Lincon Institute of Land Policy.

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. (s.f.). Los huracanes en México. https://www.icmyl.unam.mx/CulturaOceanica/assets/imgs/pupitre/ClimaLosHuracanes.pdf

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2014. Factores de emisión para los diferentes tipos de combustibles fósiles y alternativos que se consumen en México: Tercer informe técnico. En: https://www.gob.mx/inecc/documentos/factores-de-emision-para-los-diferentes-tipos-de-combustible-fosiles-que-se-consumen-en-mexico. Consultado: Noviembre, 2025.

IUSS Working Group WRB, 2015. Base referencial mundial del recurso suelo 2014, Actualización 2015. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Informes sobre recursos mundiales de suelos 106. FAO, Roma. 205 p.

Jenny, H. 1941. Factors of Soil Formation: A System of Quantitative Pedology. Dover Publications, New York, 281 p.

Jensen, A., y Laursen, K., 1998. Use of the Rapid Impact Assessment Method (RIAM) on the fly ash landfill at the power station Vestkraft I/S in Esbjerg. Danish Envivironmental Protection Agency, 24p.

Jiménez-Arcos, V. H., S. A. Santa Cruz-Padilla, A. Escalona-López, M. C. Arizmendi y L. Vázquez. 2012. Ampliación de la distribución y presencia de una colonia reproductiva de la guacamaya verde (Ara militaris) en el alto Balsas de Guerrero, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 83:864-867.

Karami, M., Ahmadi., H., y Karami, K., 2016. Environmental impacts assessment of construction and utilization phases of tourism projects in Karum Dam IV, Iran. Caspian J. Envrion. Sci 14(2): 165 – 175.

Kuitunen, M., Jalava, K., y Hirvonen K., 2008. Testing the usability of the Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM) method for comparison of EIA and SEA results. Environmental Impact Assessment Review 28: 312 - 320.

Kumar, A., Dhar, H., Nair, V. V., Rena, R., Govani, J., Arya, S., Bhattacharya, J. K., Vaidya, A. N., y Akolkar, A. B., 2019. Environmental quality monitoring and impact assessment of solid waste dumpsites in high altitude sub-tropical regions. Journal of Environmental Management 252. 109681.

Leopold, A. S. y L. Hernández. 1944. Los recursos biológicos de Guerrero con referencia especial a los mamíferos y aves de caza. Comisión Impulsora y Coordinadora de la Investigación Científica. México, D. F. 390 pp.

Leopold, L. B., Clarke, F. E., Hanshaw, B. B., y Balsley, J. E., 1971. A procedure for evaluating environmental impact. U. S. Geological Survey Circular 645, Washington, D.C. En: https://pubs.usgs.gov/circ/1971/0645/report.pdf. Consultada: Noviembre, 2025.

Luna, I. y J. Llorente (comps.). 1993. Historia natural del Parque Ecológico Estatal Omiltemi, Chilpancingo, Guerrero, México. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 588 pp.

Magurran, A.E. 1988. Diversity Indices and Species Abundance Models. In: Ecological Diversity and Its Measurement, Springer, Dordrecht, 7-45.

Mahiny, A. S., Momeni, I, y Karimi, S., 2011. Towards improvements of environmental impact assessment methods – A case study in Golestan Province, Iran. World Applied Sciences Journal 15 (1): 151 – 159.

Maldonado González, N. 2008. Revisión bibliográfica de los estudios mamíferos terrestres en Michoacán, México. Tesina de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Mandujano, R.S. 2011. Ecología de poblaciones aplicada al manejo de fauna silvestre: Cuatro conceptos (N, λ, MSY, PE). Colección manejo de fauna silvestre. Instituto Literario de Veracruz. Veracruz, México. 102p.

Marcano, J. E. (2005). Educación Ambiental.

Martín del Campo, R. 1948. Contribución para el conocimiento de la fauna ornitológica del estado de Guerrero. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México 19(1): 241–266.

Martínez-García, E., Govaere-Vicarioli, G., y Silva-Casarín, R. 2002. Análisis histórico de huracanes en la costa de Guerrero. XVII Congreso Nacional de Hidráulica. Monterrey, N.L

Matías Ramírez, L. G. 1998. Algunos efectos de la precipitación del huracán Paulina en Acapulco, Guerrero. Investigaciones Geográficas, 1(37). https://doi.org/10.14350/rig.59066

Merchán B., J. G., y Muñoz L., J. F., 2017. Aplicación del modelo de dispersión de contaminantes atmosféricos para el dióxido de azufre producido por las plantas termoeléctricas que operan don diésel en la ciudad de Guayaquil. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. Informe Profesional. En: https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/42560/1/D-CD102902.pdf. Consultada: Diciembre, 2025.

Mihaiescu, R., Pop, A. I., Muntean, O.L., Mihaiescu, T., Malos, C., Oprea, M. G., Dezsi, S., Ozunu, A., Arguhius, V., Baciu, N., Rosian, G., y Macicasan, V., 2015. The use of rapid impact assessment matrix (RIAM) in assessing the environmental impacts in protected areas: Case study: Mountain glacial lakes areas in Romania. ProEnvironment 8: 629 – 636.

Momeni, I., Mahini, A. S., y Karimi, A., 2011. An introduction to improvement of environmental impact assessment methods in Iran. World Applied Sciences Jorunal 12 (9): 1536 – 1543.

Montenegro, A. L, Álvarez, J. P., Bastián-Monarca, N. A., y Pereira, T. A., 2020. Evaluación de impacto acústico por ruido sobre la fauna nativa terrestre en el marco del sistema de evaluación de impacto ambiental (SEIA) en Chile. En: INGEACUS 2020 Congreso Internacional de Acústica y Audio Presional. En: https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/adjuntos/noticias/08_dt_ruido_fauna_nativa.pdf. Consultada: Noviembre, 2025.

Montes-León, M. A. L., Uribe-Alcántara, E. M., y García-Celis, E., 2011. Mapa nacional de erosión potencial. Tecnología y Ciencia del Agua 11(1): 5 – 17.

Morales, J. E. y A. G. Navarro. 1991. Análisis de distribución de las aves en la Sierra Norte del estado de Guerrero, México. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología 62(3):497-510.

Morláns, M. C., S/F. Estructura del paisaje (matriz, parches, bordes, corredores), sus funciones. Fragmentación del hábitat y su efecto de borde, Catamarca, Argentina, Ed. Científica Universitaria, S. F. del V. En: http://www.editorial.unca.edu.ar/Publicacione on line/Ecologia/imagenes/pdf/004-estructuradepaisaje.pdf. Consultado: Diciembre, 2025.

Müller, F., y Lenz, R., 2006. Ecological indicators: Theoretical fundamentals of consistent aplications in environmental management. Ecological Indicators 6: 1 – 5.

Muñoz-Pedreros, A., 2004. La evaluación del paisaje: una herramienta de gestión ambiental. Revista Chilena de Historia Natural 77: 139 – 156.

Murphy, R. W., C. Blair, y Mendez De La Cruz, F. R. 2009. A New Species of Leaf-Toed Gecko, Genus Phyllodactylus (Squamata: Gekkota: Phyllodactylidae) from Guerrero, Mexico. South American Journal of Herpetology 4 (1): 17-24.

Navarro R., M. del C., González G., L. F., Flores V., R., y Amparán S., R. T., 2015. Fragmentación y sus implicaciones: Análisis y reflexión documental. En: http://www.cuc.udg.mx/es/fragmentacion-y-sus-implicaciones-analisis-y-reflexion-documental. Consultado: Marzo, 2026.

Navarro, A. G. 1992. Altitudinal distribution of bird in the Sierra Madre del Sur, Guerrero, Mexico. The Condor 94:29-39.

Navarro, A. G. 1998. Distribución geográfica y ecológica de la avifauna del estado de Guerrero, México . Tesis doctoral. México, D. F.: Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.

Navarro, A. G. y A. T. Peterson. 1999. Extensión del área de distribución de aves en el oeste de Guerrero, México. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología 70(1):41-50.

Navarro, A. G., A. T. Peterson y P. Escalante. 1992b. New distributional information on mexican birds. I. The Sierra de Atoyac, Guerrero. Bulletin of the British Ornithologists' Club 112(1):6-11.

Navarro, A. G., A. T. Peterson, B. P. Escalante y H. Benítez. 1992a. Cypseloides storeri, a new species of swift from Mexico. Wilson Bulletin 104(1):55-64.

Navarro-Sigüenza, A. G., Rebón-Gallardo, M. F., Gordillo-Martínez, A. Townsend-Peterson, A., Berlanga-García, H., y L. A. Sánchez-González., 2014. Biodiversidad de aves en México. Revista Mexicana de Biodiversidad. Supl. 85:S476-S495.

Nieto-Montes de Oca, A., D. Arenas-Moreno, E. Beltrán-Sánchez, and A. D. Leaché. 2014. A new species of horned lizard (Genus Phrynosoma) from Guerrero, México, with an updated multilocus phylogeny. Herpetologica, 70:241-257

Nova-Muñoz, O., R. C. Almazán-Núñez, R. Bahena-Toribio, M. T. Cruz-Palacios y F. Puebla-Olivares. 2011. Riqueza y abundancia de aves de la subcuenca de Tuxpan, Guerrero, México. Universidad y Ciencia 27(3):299-313.

Oldeman, L. R., Hakkeling, R. T. A., y Sombroek, W. G., 1991. World map of the status of human-induced soil degradation: An explanatory note. Global Assessment of Soil Degradation (GLASOD). En: http://www.the-

eis.com/data/literature/Worldmapofthestatusofhuman-inducedsoildegradation_1991.pdf. Consultado: Marzo, 2026.

OMS, 2006. Guías para la calidad del agua potable: Primer apéndice a la Tercera Edición. En: http://who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_fulll_lowsres.pdf?ua=1.

Ordoñez-Sánchez, Y. C., Reinosa-Valladares, M., Hernández-Garces, A., y Canciano-Fernández, J., 2018. Aplicación de modelos simplificados para la dispersión de contaminantes atmosféricos. Caso de estudio. Rev. Cubana Quím., 30 (1): 90 – 103.

Pacheco F., C. J., Luna R., R. Del C., Valdez L., J. de D., Saenz, J. C., Gordillo Ch., E. J., Moguel O., E., Gama C., L. M., Mata Z., E. E., Ruiz J., L. J. R., y Santiago P., V. M., 2021. Puntos de alta siniestralidad de vertebrados en la carretera costera de Tabasco. En: Impactos de las vías de comunicación sobre la fauna silvestre en áreas protegidas: Estudio de caso para el sureste de México. Editores Jorge A. Benítez, Griselda Escalona-Segura. El Colegio de la Frontera Sur. P. 348 – 367.

Parra-Olea, G., Flores-Villela, O., y Mendoza-Almeralla, C. 2014. Biodiversidad de anfibios en México. Revista Mexicana de Biodiversidad. Supl. 85:S460-S466.

Pastakia, C.K., y Madsen, A., 1998. Rapid assessment matrix for use in water related projects. Environmental Impact Assessment Review 18: 461-482.

Pastakia, C.M.R., 1998. The Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM)- A New Tool for Environmental Impact Assessment. K Jensen Olsen & O Fredensborg (eds.), Denmark, pp. 8-19.

Pastakia, C.M.R., y Jensen, A., 1998. The Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM) for EIA. Environment Impact Asses Rev Review 18: 461 – 482.

Peet, R. K. 1974. The measurement of species diversity. Annual Review of Ecology and Systematics, 5(1), 285-307.

Pereira-Peláez, D., 2017. Simulación de la dispersión de contaminantes en la atmósfera de una planta de generación de electricidad a biomasa. Acta Nova 8 (3): 376 – 396.

Perevochtchikova, M., 2013. La evaluación del impacto ambiental y la importancia de los indicadores ambientales. Gestión y Política Pública, XXII (2): 283 – 312.

Perevochtchikova, M., 2013. La evaluación del impacto ambiental y la importancia de los indicadores ambientales. Gestión y Política Pública, XXII (2): 283 – 312.

Perez-Ramos y Saldana-de La Riva. 2008. Morphological revision of lizards of the formosus group, genus Sceloporus (Squamata: Sauria) of southern Mexico, with description of a new species. Bull. Maryland Herp. Soc. 44(3): 77-98

Pérez-Ramos, E. y L. Saldaña-de la Riva. 2003. Nueva especie de salamandra del género Pseudoeurycea (Amphibia: Caudata: Plethodontidae) de la región Amuzga, al sureste de Guerrero, México. Acta Zoologica Mexicana (n.s.) 89: 55-68.

Pérez-Ramos, E., L. Saldaña de la Riva y Z. Uribe-Peña. 2000. A checklist of the reptiles and amphibians of Guerrero, México. Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Serie zoología 7 (1): 21-40.

Peris, S. J., y Pescador, M., 2004. Effects of traffic noise on passerine populations in mediterranean wooden pastures. Applied Acoustics 65: 357 – 366 p.

Pozo-Montuy, G., Guzmán A., C. C., Téllez T., G., y Peralta M., R., 2021. Atropellamiento de fauna silvestre en la carretera Villahermosa-Zacatal,

subtramo Atasta, dentro del APFF Laguna de Términos. En: Impactos de las vías de comunicación sobre la fauna silvestre en áreas protegidas: Estudio de caso para el sureste de México. Editores Jorge A. Benítez, Griselda Escalona-Segura. El Colegio de la Frontera Sur. P. 304 – 319.

Priego, A., Bocco, G., Mendoza, M., y Garrido, A., 2010. Propuesta para la generación semiautomatizada de unidades de paisaje. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología y Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental. 107 p.

ProAire. 2019. Programa de gestión para mejorar la calidad del aire del Estado de Guerrero 2018-2027. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/310366/29_ProAire_Guerrero.pdf

Ralph, C. J.; Droege, S.; Sauer, J.R. 1995. Managing and monitoring birds using point counts: Standards and applications, en Ralph, C. John; Sauer, John R.; Droege, Sam, editores, Monitoring landbirds with point counts. Gen. Tech. Rep. PSW.GTR149 Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture.

Ramamoorthy, T.P., R. Bye, A. Lot y J. 1998. Fa (Eds.). Diversidad biológica de México: orígenes y distribución. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. p. 129- 145.

Ramírez-Pulido, J., Arroyo-Cabrales, J., y Castro-Campillo, A., 2005. Estado actual y relación nomenclatural de los mamíferos terrestres de México. Acta Zool. Mex, 21 (1): 21 - 82.

Ramírez-Pulido, José, Arroyo-Cabrales, Joaquín, y Castro-Campillo, Alondra. 2005. Estado actual y relación nomenclatural de los mamíferos terrestres de México. Acta zoológica mexicana, 21(1), 21-82. Recuperado en 25 de marzo de 2026, de

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372005000100002&lng=es&tlng=es.

Ramos, T. B., Caeiro, S., y de Melo, J. J., 2004. Environmental indicator frameworks to design and assess environmental monitoring programs. Impact Assessment and Project Appraisal 22 (1): 47 – 62.

RAMSAR. 2004. Playa Tortuguera Cahuitán. https://rsis.ramsar.org/es/ris/1347?__goaway_challenge=meta-refresh&__goaway_id=55b46948404083fdc884f7bab67eb21e&__goaway_referer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F

RAMSAR. 2026a. México. https://www.ramsar.org/es/country-profile/mexico

RAMSAR. 2026b. Playa Tortuguera Tierra Colorada. https://rsis.ramsar.org/es/ris/1327?__goaway_challenge=meta-refresh&__goaway_id=cc4fecce5f546c6a98c7aa384d956862&__goaway_referer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F

Renard, K. G., Foster, G. R., Weesies, G. A., McCool, D. K., y Yoder, D. C., 1997. Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). USDA, Agriculture Handbook Number 703. 384 p.

Rodríguez-Esteves, J. M. 2017. Los desastres recurrentes en México: El huracán Pauline y la tormenta Manuel en Acapulco, Guerrero Anuario Electrónico de Estudios en Comunicación Social "Disertaciones", vol. 10, núm. 2, Universidad del Rosario, Colombia

Rojas, C., Barrera de la, F, Aranguíz, T., Munizaga, J., y Pino, J., 2017. Efectos de la urbanización sobre la conectividad ecológica de paisajes metropolitanos. Revista Universitaria de Geografía 26(2): 155 – 182.

Rojas-Soto, O. R., A. Oliveras de Ita, R. C. Almazán-Núñez, A. G. Navarro-Sigüenza y L. A. Sánchez-González. 2009. Avifauna de Campo Morado, Guerrero, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 80:741-749.

Romero-Almaraz, M. de L., Sánchez Hernández, C., García Estrada, C., y Owen, R. D. 2007. Mamíferos pequeños. Manual de técnicas de captura, preparación y estudio.

Sánchez, O. y W. López-Forment C. 1987. Anfibios y reptiles de la región de Acapulco, Guerrero, México. Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología 58(2): 735-750.

Sánchez-Acuña, M., y Benítez, A. A., 2021. Mortalidad de fauna por atropellamiento sobre la carretera 186, en las reservas de Calakmul y Balam-kú, Campeche, México. En: Impacto de las vías de comunicación sobre la fauna silvestre en áreas protegidas: Estudios de caso para el sureste de México / Edit. Jorge A. Benítez y Griselda Escalona-Segura. Colegio de la Frontera Sur. 273 – 303.

Secretaría de Economía. s.f. https://www.gob.mx/se

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, Segunda Sección. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, D.F.

Secretaría de Salud. 2023. Dirección General de Información en Salud. https://www.gob.mx/salud/acciones-y-programas/direccion-general-de-informacion-en-salud-dgis

Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente del Gobierno del Estado de Michoacán. 2013. Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire en el Estado

de Michoacán 2015–2024. https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD002177.pdf

SEMARNAT. 2015. ACUERDO por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de aguas nacionales subterráneas del acuífero Huatulco, clave 2011, en el Estado de Oaxaca, Región Hidrológico-Administrativa Pacífico Sur. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5426919

SEMARNAT. 2016. El Veladero. https://www.gob.mx/semarnat/articulos/el-veladero?idiom=es

Servicio Geológico Mexicano. 2017a. Rocas sedimentarias. https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Rocas/Rocas-sedimentarias.html

Servicio Geológico Mexicano. 2017b. Rocas ígneas. https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Rocas/Rocas-igneas.html

SGM. 2025. Riesgos Geológicos: Causas, Características e Impactos. https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Riesgos-geologicos/Causas-caracteristicas-e-impactos.html

Sibley, D. A. 2000. The Sibley guide to birds. New York: Alfred A. Knopf.

Sivaramanan, S., 2015. Degradation of soil conservation and remediation. En: https://www.researchgate.net/publication/273771667_DEGRADATION_OF_SOIL_CONSERVATION_AND_REMEDIATION. Consultado: Marzo, 2024.

Smith, H. M. y E. H. Taylor. 1966. Herpetology of Mexico. Annotated checklist and Keys to the amphibians and reptiles. A reprint of bulletins 187, 194 and 199 of the U. S. National Museum with a list of subsequent taxonomic inovations. Ashton. Maryland. Eric Lundberg. 207, 103, 221 pp.

USDA, 1999. Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. Washington, D.C. 82 p.

Valizadeh, S., y Hakimian, H., 2018, Evaluation of waste management options using rapid impact assessment matrix and Iranian Leopold matrix in Birjand, Iran. International Journal of Environmental Science and Technology. Doi.org/10.1007/s13762-018-1713-z.

Vidal-Daza, O. A., y Pérez-Vidal, A., 2017. Estimación de la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por una industria papelera mediante el modelo AERMOD. Ingeniería, 23 (1). 31 – 47.

Villaseñor, E. y F. Botello. 2012. Registros notables de la guacamaya verde (Ara militaris) en el norte del estado de Guerrero, México. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie) 28(2):465-470.

Violante-González, J., S. Monks, S. Gil-Guerrero, A. A. Rojas-Herrera y P. Flores-Rodríguez. 2012. Helminth communities of two species of piscivorous birds, Ardea alba (Linnaeus) and Nyctanassa violacea (Gmelin) (Ciconiifornes: Ardeidae), in two coastal lagoons from Guerrero state, Mexico. Parasitology Research 111(1):309-315.

Violante-González, J., S. Monks, S. Gil-Guerrero, A. Rojas-Herrera, R. Flores-Garza y E. Larumbe-Morán. 2011. Parasite communities of the neotropical cormorant Phalacrocorax brasilianus (Gmelin) (Aves, Phalacrocoracidae) from two coastal lagoons in Guerrero state, Mexico. Parasitology Research 109(5):1303-1309.

Von Schiller C., D., S. Ballester E., J. Martínez D., A. Delgado N., M.L. Vivas N. y S. Fernández B. 2003. Indicadores ambientales en el contexto europeo. El portal de biología y ciencias de la salud "biologia.org", La revista, No. 12.

Weather Spark. 2026. El clima y el tiempo promedio en todo el año en Acapulco. https://es.weatherspark.com/y/5326/Clima-promedio-en-Acapulco-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B1o

Weather Spark. 2026. El clima y el tiempo promedio en todo el año en Coyuca de Benítez. https://es.weatherspark.com/y/4820/Clima-promedio-en-Coyuca-de-Ben%C3%ADtez-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B1o

WHO, 1999. Guidelines for community noise. Geneva. En: http://whqlibdoc.who.int/hq/1999/a68672.pdf. Consultado: Marzo, 2026.

Wilson, L. D. y J. A. Campbell. 2000. A new species of the Calamarina group of the colubrid snake genus Tantilla (Reptilia: Squamata) from Guerrero, Mexico. With a review of and key to members of the group. Proceedings of The Biological Society of Washington 113:820-827

Xenocanto. http://www.xeno-canto.org/

Yokoyama, A. M. 1981. La comunidad de aves acuáticas nidificantes de la Laguna de Tres Palos, Guerrero; un ejemplo de la problemática del uso de recursos naturales en México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

Zand, A. D., y Heir, A. V., 2022. Integration of rapid impact assessment matrix method and sustainability modeling for management of municipal solid waste transfer stations in cold regions. Modeling Earth Systems and Environment 8: 2539 – 2550.

Comunicaciones
Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes

PROYECTO: "CARRETERA ACAPULCO-ZIHUATANEJO, TRAMO COYUCA DE BENÍTEZ - PIE DE LA CUESTA, DEL CADENAMIENTO 9+200 AL 20+700"



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

ANEXO FOTOGRÁFICO DE FLORA SILVESTRE

I. FLORA



Figura 1. Sanate *(Bravaisia integerrima)*



Figura 2. Sanate (*Bravaisia integérrima) (juvenil)*



Figura 3. Sanate *(Bravaisia integerrima)*



Figura 4. Palo mulato *(Bursera simaruba)*



Figura 5. Cocotero *(Cocos nucifera) (juvenil)*



Figura 6. Cocotero *(Cocos nucifera)*



Figura 7. Palo noble *(Cordia dentata)*



Figura 8. Palo colorado (*Coulteria platyloba)*



Figura 9. Guaje *(Leucaena leucocephala)*

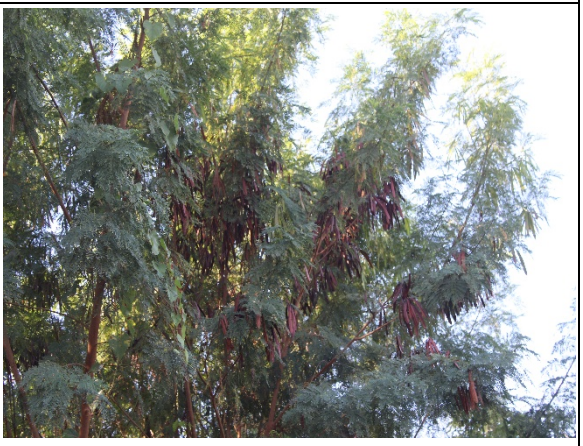


Figura 10. Guaje *(Leucaena leucocephala)*



Figura 11. Altea *(Malvaviscus arboreus)*



Figura 12. Mango *(Mangifera indica)*



Figura 13. Huizache *(Neltuma juliflora)*



Figura 14. Guamúchil (*Pithecellobium dulce)*



Figura 15. Hoja de lagarto *(Salpianthus arenarius)*



Figura 16. Candelilla chica *(Senna occidentalis)*



Figura 17. Apamate rosa *(Tabebuia rosea)*



Figura 18. Carretadera *(Vachellia hindsii)*



Figura 19. Carretadera *(Vachellia hindsii)*

Comunicaciones
Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes

PROYECTO: "CARRETERA ACAPULCO-ZIHUATANEJO, TRAMO COYUCA DE BENÍTEZ - PIE DE LA CUESTA, DEL CADENAMIENTO 9+200 AL 20+700"



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

ANEXO FOTOGRÁFICO DE FAUNA SILVESTRE

ÍNDICE

I. ANFIBIOS Y REPTILES 3

II. MAMÍFEROS 7

III. AVES 11

I. ANFIBIOS Y REPTILES



Figura 1. Sapo gigante *(Rhinella marina)*



Figura 2. Pipilo (*Eleutherodactylus pipilans)*



Figura 3. Ranita enana mexicana *(Tlalocohyla smithii)*



Figura 4. Ranita de hojarasca *(Leptodactylus fragilis)*



Figura 5. Rana del sabinal *(Leptodactylus melanonotus)*



Figura 6. Rana leopardo de Forrer *(Lithobates forreri)*



Figura 7. Pasa ríos *(Basiliscus vittatus)*



Figura 8. Abaniquillo del Pacífico (*Anolis subocularis)*



Figura 9. Garrobo de roca *(Ctenosaura pectinata)*



Figura 10. Iguana de ribera *(Iguana iguana)*



Figura 11. Besucona *(Hemidactylus frenatus)*



Figura 12. Chintete gris *(Sceloporus horridus)*



Figura 13. Espinosa de cola larga *(Sceloporus siniferus)*



Figura 14. Roñito arborícola (*Urosaurus bicarinatus)*



Figura 15. Geco panza amarilla *(Phyllodactylus tuberculosus)*



Figura 16. Escinco *(Marisora brachypoda)*



Figura 17. Cuiji panza negra *(Aspidoscelis deppei)*



Figura 18. Ticuiliche mexicano *(Aspidoscelis guttata)*



Figura 19. Lagartija metalica *(Holcosus undulatus)*



Figura 20. Palancacóatl (*Drymarchon melanurus)*



Figura 21. Petatillo *(Drymobius margaritiferus)*



Figura 22. Bejuquilla parda *(Oxybelis aeneus)*



Figura 23. Casco rojo *(Rhinoclemmys pulcherrima)*

II. MAMÍFEROS



Figura 24. Tlacuache *(Didelphis virginiana)*



Figura 25. Tlacuache *(Didelphis virginiana)*



Figura 26. Tlacuache *(Didelphis virginiana)* (Huella)



Figura 27. Armadillo (*Dasypus novemcinctus)*



Figura 28. Zorra gris *(Urocyon cinereoargenteus)* (Excreta)



Figura 29. Zorra gris *(Urocyon cinereoargenteus)* (Huella)



Figura 30. Cacomixtle *(Bassariscus sumichrasti)*



Figura 31. Tejón, Coatí *(Nasua narica)*



Figura 32. Mapache *(Procyon lotor)*



Figura 33. Mapache *(Procyon lotor)* (Huellas)



Figura 34. Ratón espinoso (*Heteromys pictus)*



Figura 35. Ratón pigmeo *(Baiomys musculus)*

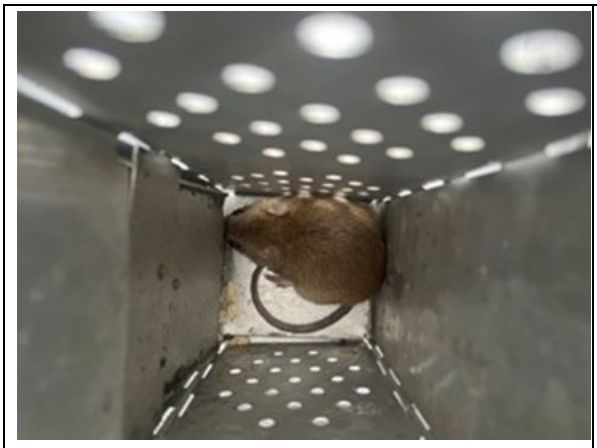


Figura 36. Rata arrocera (*Oryzomys couesi*)



Figura 37. Individuo adulto de Rata arrocera (*Oryzomys couesi*)



Figura 38. Rata algodonera (*Sigmodon hispidus*)



Figura 39. Individuo adulto de Rata algodonera (*Sigmodon hispidus*)



Figura 40. Ardilla gris (*Sciurus aureogaster*)



Figura 41. Conejo (*Sylvilagus cunicularius*)



Figura 42. Conejo (*Sylvilagus cunicularius)*

III. AVES



Figura 43. Pijije ala blanca *(Dendrocygna autumnalis)*



Figura 44. Cerceta Ala Azul (*Spatula discors)*



Figura 45. Chachalaca pálida *(Ortalis poliocephala)*



Figura 46. Zambullidor menor *(Tachybaptus dominicus)*



Figura 47. Cigüeña americana *(Mycteria americana)*



Figura 48. Fragata magnífica *(Fregata magnificens)*



Figura 49. Anhinga americana *(Anhinga anhinga)*



Figura 50. Cormorán oliváceo (*Nannopterum brasilianum)*



Figura 51. Pelícano pardo *(Pelecanus occidentalis)*



Figura 52. Garza tigre mexicana *(Tigrisoma mexicanum)*



Figura 53. Garza morena *(Ardea herodias)*



Figura 54. Garza blanca *(Ardea alba)*



Figura 55. Garceta pie dorado *(Egretta thula)*



Figura 56. Garza ganadera (*Bubulcus ibis)*



Figura 57. Garceta verde *(Butorides virescens)*



Figura 58. Pedrete corona negra *(Nycticorax nycticorax)*



Figura 59. Ibis blanco *(Eudocimus albus)*



Figura 60. Zopilote común *(Coragyps atratus)*



Figura 61. Zopilote aura *(Cathartes aura)*



Figura 62. Aguililla caminera (*Rupornis magnirostris)*

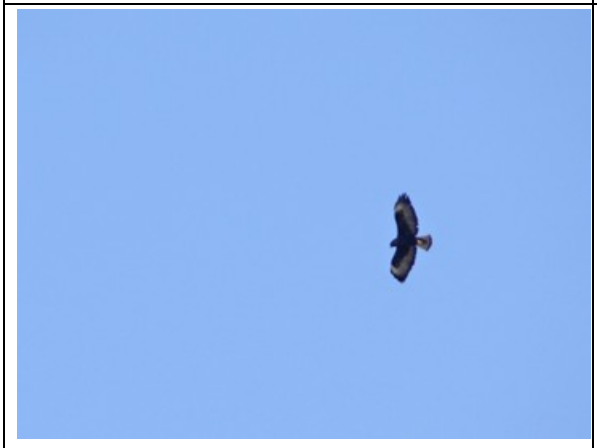


Figura 63. Aguililla cola corta *(Buteo brachyurus)*



Figura 64. Candelero Americano *(Himantopus mexicanus)*



Figura 65. Chorlo tildío *(Charadrius vociferus)*



Figura 66. Patamarilla Menor *(Tringa flavipes)*



Figura 67. Paloma doméstica *(Columba livia)*



Figura 68. Paloma morada (*Patagioenas flavirostris)*



Figura 69. Tórtola cola larga *(Columbina inca)*



Figura 70. Tórtola coquita *(Columbina passerina)*



Figura 71. Tórtola rojiza *(Columbina talpacoti)*



Figura 72. Paloma turca *(Streptopelia decaocto)*



Figura 73. Paloma arroyera *(Leptotila verreauxi)*



Figura 74. Paloma ala blanca (*Zenaida asiatica)*



Figura 75. Paloma huilota *(Zenaida macroura)*



Figura 76. Cuclillo canela *(Piaya cayana)*



Figura 77. Garrapatero pijuy *(Crotophaga sulcirostris)*



Figura 78. Vencejo de Vaux *(Chaetura vauxi)*

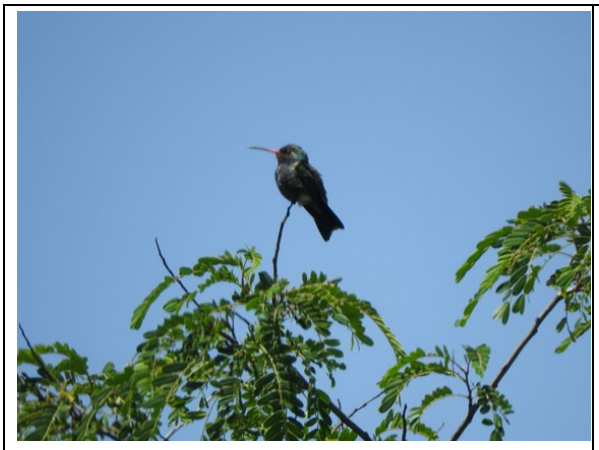


Figura 79. Colibrí pico ancho *(Cynanthus latirostris)*



Figura 80. Trogón citrino (*Trogon citreolus)*



Figura 81. Momoto corona café *(Momotus mexicanus)*



Figura 82. Martín pescador verde *(Chloroceryle americana)*



Figura 83. Carpintero enmascarado *(Melanerpes chrysogenys)*



Figura 84. Cernícalo americano *(Falco sparverius)*



Figura 85. Perico frente naranja *(Eupsittula canicularis)*



Figura 86. Mosquero lampiño (*Camptostoma imberbe)*



Figura 87. Mosquero mínimo *(Empidonax minimus)*



Figura 88. Mosquero oscuro *(Empidonax oberholseri)*



Figura 89. Mosquero cardenal *(Pyrocephalus rubinus)*



Figura 90. Papamoscas de Nutting *(Myiarchus nuttingi)*



Figura 91. Papamoscas tirano *(Myiarchus tyrannulus)*



Figura 92. Luis bien te veo (*Pitangus sulphuratus)*



Figura 93. Luis gregario *(Myiozetetes similis)*



Figura 94. Papamoscas atigrado *(Myiodynastes luteiventris)*



Figura 95. Tirano tropical *(Tyrannus melancholicus)*



Figura 96. Tirano gritón *(Tyrannus vociferans)*



Figura 97. Vireo de Bell *(Vireo bellii)*



Figura 98. Vireo gorjeador (*Vireo gilvus)*



Figura 99. Golondrina acerada *(Progne chalybea)*

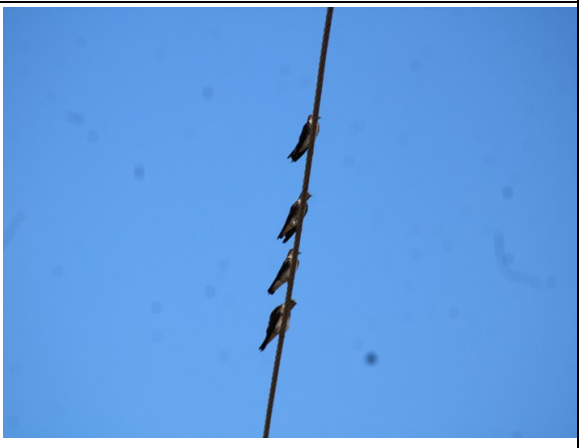


Figura 100. Golondrina risquera *(Petrochelidon pyrrhonota)*



Figura 101. Golondrina tijereta *(Hirundo rustica)*



Figura 102. Matraca nuca rufa *(Campylorhynchus rufinucha)*



Figura 103. Chivirín barrado *(Thryophilus pleurostictus)*



Figura 104. Perlita azul gris (*Polioptila caerulea)*



Figura 105. Mirlo dorso rufo *(Turdus rufopalliatus)*



Figura 106. Centzontle norteño *(Mimus polyglottos)*



Figura 107. Chipe de coronilla *(Oreothlypis ruficapilla)*



Figura 108. Mascarita común *(Geothlypis trichas)*



Figura 109. Chipe coronado *(Setophaga coronata)*



Figura 110. Chipe corona negra (*Cardellina pusilla)*



Figura 111. Semillero brincador *(Volatinia jacarina)*



Figura 112. Semillero de collar *(Sporophila torqueola)*



Figura 113. Zacatonero corona rayada *(Peucaea ruficauda)*



Figura 114. Gorrión arlequín *(Chondestes grammacus)*



Figura 115. Tángara roja *(Piranga rubra)*



Figura 116. Cardenal rojo (*Cardinalis cardinalis)*



Figura 117. Picogordo azul *(Passerina caerulea)*



Figura 118. Tordo sargento *(Agelaius phoeniceus)*



Figura 119. Zanate mexicano *(Quiscalus mexicanus)*



Figura 120. Tordo ojo rojo *(Molothrus aeneus)*



Figura 121. Bolsero castaño *(Icterus spurius)*



Figura 122. Bolsero encapuchado (*Icterus cucullatus)*



Figura 123. Bolsero dorso rayado *(Icterus pustulatus)*



Figura 124. Bolsero de Altamira *(Icterus gularis)*



Figura 125. Cacique mexicano *(Cacicus melanicterus)*



Figura 126. Eufonia garganta negra *(Euphonia affinis)*



Figura 127. Jilguero dominico *(Spinus psaltria)*



Figura 128. Gorrión casero (*Passer domesticus)*

1.3.5.- ESTUDIO DE PAVIMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7.0 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX - 200 SALINA CRUZ – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.0 KM; INCLUYE 3 ENTRONQUES A NIVEL Y 6 PARADEROS.

TRABAJOS DE CAMPO

Con la finalidad de conocer las condiciones que presenta el pavimento tanto desde el punto de vista superficial como estructural, se realizaron diversas actividades que comprendieron recorridos a pie; evaluación de la superficie de rodamiento mediante el levantamiento de daños; exploración directa con pozos a cielo abierto; donde de los pozos se extrajeron muestras alteradas representativas de cada capa y/o estrato detectado durante la campaña de exploración, las cuales fueron trasladadas al laboratorio central, donde se les realizaron pruebas para determinar las propiedades índice, principales propiedades mecánicas y clasificación de suelos en base al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos adaptado por la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SUCS – SICT), con la finalidad de determinar su factibilidad para el uso en la construcción de la obra.

FORMA EN QUE SE EFECTUÓ EL ESTUDIO

De inicio se realizó una recopilación y análisis de la información existente en el área en estudio y un recorrido general para llevar a cabo una zonificación previa del mismo, con la finalidad de definir tramos homogéneos en características físicas.

Una vez llevado a cabo lo anterior, se procedió a la ubicación de los Pozos a Cielo Abierto (PCA´S) sobre la superficie del pavimento de la carretera en estudio, basándose primordialmente en observaciones superficiales de los materiales existentes en la zona en estudio, realizándose un total de 9 Pozos a Cielo Abierto a una profundidad que va de 1.80 a 2.70 metros y cuyos perfiles estratigráficos en el Anexo 1.2.2 de este documento; en cada uno de los pozos, se obtuvieron muestras alteradas de los distintos estratos y/o capas detectadas y se determinaron los pesos volumétricos secos para la determinación de los coeficientes de variación volumétrica, así como establecer los lineamientos del proceso constructivo, mientras que en la cala solo se realizó una descripción visual y al tacto.

Los sondeos fueron ubicados de la siguiente manera indicada en la tabla 01:

Sondeos	Ubicación (km)	Coordenadas (X; Y)	Profundidad (m)	Fecha de Exploración
PCA01-MSZ	9+500 L/DER.	0397829; 1868277	1.80	24-MAY-2025
PCA03-MSZ	10+500 L/IZQ.	0397535; 1869140	2.10	25-MAY-2025
PCA05-MSZ	11+500 L/DER.	0397519; 1870136	2.70	26-MAY-2025
PCA07-MSZ	12+500 L/IZQ.	0397523; 1871135	2.50	27-MAY-2025
PCA09-MSZ	13+500 L/DER.	0397640; 1872129	2.90	27-MAY-2025
PCA10-MSZ	14+035 L/IZQ.	0397684; 1872663	2.80	28-MAY-2025
PCA19-MSZ	18+600 L/IZQ.	0394789; 1875859	2.90	29-MAY-2025
PCA21-MSZ	19+500 L/IZQ.	0394158; 1876353	1.60	30-MAY-2025
PCA23-MSZ	20+500 L/DER.	0393333; 1876155	2.60	30-MAY-2025

Dentro de los trabajos de exploración en campo se llevó a cabo la ubicación de bancos de material para la construcción de las capas que integrarán la sección del pavimento y cuya localización se observa en el Anexo 1.3.1 de este escrito, procediendo una vez localizados, a su muestreo.

1.3.5.1- EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO EXISTENTE:

LEVANTAMIENTO DE DAÑOS

Sobre la carretera en estudio, se efectuó un recorrido de detalle para la inspección visual de la superficie de rodamiento, con la finalidad de detectar el tipo de daños que presenta, así como su severidad, clasificada de acuerdo a la siguiente escala: “muy ligera”, “ligera”, “moderada”, “severa” y “muy severa”. De dicho recorrido se concluye que el pavimento presenta daños del tipo deformaciones principalmente de tipo longitudinal o roderas, algunos baches de tipo superficial y grietas de tipo piel de cocodrilo en tramos muy específicos, en grado ligero, cuya profundidad máxima llega a 20 mm; mientras que algunas grietas también ligeras que se tienen en zonas deformadas, están asociadas a las roderas, y van también de muy ligero a ligero, predominando las de tipo longitudinal. En término general el pavimento existente de la carretera en estudio, se puede calificar como regular, la cual se requiere de su pronta reparación.



ESTRUCTURA DE PAVIMENTO EXISTENTE Y CALIDAD DE LOS MATERIALES

La estructura del pavimento existente de la carretera Mex - 200 Salina Cruz – Zihuatanejo: tramo Pie de La Cuesta - El Embarcadero, y en especial en el tramo comprendido del km 9+260 al km 20+700, se puede observar en las siguientes tablas 02 y 03, así como en el Anexo 1.2.2 de este documento:

LARGUILLO DE ZONAS HOMOGENEAS, ESPESORES Y CLASIFICACIÓN SUCS

Sondeo	PCA01-MSZ		PCA03-MSZ		PCA05-MSZ		PCA07-MSZ		PCA09-MSZ		PCA10-MSZ		PCA19-MSZ	
Km	KM 9+500		KM 10+500		KM 11+500		KM 12+500		KM 13+500		KM 14+035		KM 18+600	
Cuerpo	AMBOS		AMBOS		AMBOS		AMBOS		AMBOS		AMBOS		AMBOS	
Lado	L/DER.		L/IZQ.		L/DER.		L/IZQ.		L/DER.		L/IZQ.		L/IZQ.	
CAPA	Esp. cm	C. SUCS	Esp. cm	C. SUCS	Esp. cm	C. SUCS	Esp. cm	C. SUCS	Esp. cm	C. SUCS	Esp. cm	C. SUCS	Esp. cm	C. SUCS
DESPALME.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CARPETA ASF.	14.0	C A	18.0	CA	14.0	CA	13.0	CA	15.0	CA	15.0	C.A.	10.0	C.A.
BASE ASFALTICA	25.0	B.A	-	-	19.0	B.A.	15.0	B.A	18.0	B.A	17.0	B.A.	10.0	C.A
BASE HCA.	-	-	20.0	SP-SC	16.0	SP-SC	15.0	SP-SC	30.0	SP-SC	25.0	SP-SC	25.0	GP-GC
SUB-RASANTE.	30.0	GP	25.0	GP-GM	30.0	SP-SC	30.0	SP-SC	30.0	GP-GC	30.0	GP-GC	30.0	GP-GC
TERRENO NAT. 1	91.0	GP	147.0	SP-SM	191.0	SP-SC	177.0	SC	197.0	CL	110.0	SP-SM	215.0	SC
TERRENO NAT. 2	20.0	ROCA	-	-							83.0	CL		
ESP. TOTAL	180.0		210.0		270.0		250.0		290.0		280.0		290.0	

ZONA RELATIVAMNETE HOMOGENEA EN CUANTO A CAPAS DE PAVIMENTO Y TERRENO NATURAL

LARGUILLO DE ZONAS HOMOGENEAS, ESPESORES Y CLASIFICACIÓN SUCS

Sondeo	PCA21-MSZ		PCA23-MSZ											
Km	KM 19+500		KM 20+500											
Cuerpo	AMBOS		AMBOS											
Lado	L/IZQ.		L/DER.											
CAPA	Esp. cm	C. SUCS	Esp. cm	C. SUCS	Esp. cm	C. SUCS	Esp. cm	C. SUCS	Esp. cm	C. SUCS	Esp. cm	C. SUCS	Esp. cm	C. SUCS
DESPALME.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CARPETA ASF.	5.0	C.A.	10.0	C.A.										
BASE ASFALTICA	18.0	B.A	15.0	B.A.										
BASE HCA.	20.0	GP-GC	20.0	GP-GM										
SUB-RASANTE.	30.0	SP-SC	30.0	SC										
TERRENO NAT. 1	87.0	ROCA	185.0	SC										
TERRENO NAT. 2	-	-	-	-										
ESP. TOTAL	160.0		260.0											

ZONA RELATIVAMNETE HOMOGENEA EN CUANTO A CAPAS DE PAVIMENTO Y TERRENO NATURAL





En el anexo 1.2.2, se presentan los perfiles estratigráficos, donde se describe a detalle la clasificación de acuerdo al SUCS de los materiales detectados en cada una de las capas y/o estratos detectados durante la campaña de exploración, así mismo se presentan los resultados obtenidos en laboratorio.

Como se puede observar en el larguillo de zonas homogéneas, y de acuerdo a la exploración superficial realizada con fines geotécnicos, en combinación con los ensayes de laboratorio de los materiales muestreados, se puede concluir lo siguiente:

Del km 9+260 al km 14+100 y del km 18+200 al km 20+700, existe una carpeta asfáltica en caliente en espesores que varían desde 0.05 hasta 0.18 m, y que en valores promedio se considera de 0.13 m de espesor, en condiciones de grado ligero; de acuerdo a resultados obtenidos en laboratorio, presenta desde 50.0% hasta 52.9%, de gravas, desde 44.2% hasta 45.9% de arenas, desde 2.7% hasta 5.0% de finos y desde 4.9% hasta 5.2% de contenido de asfalto.

Subyace a la carpeta asfáltica, una base asfáltica en espesores que varían desde 0.10 hasta 0.25 m, y que en valores promedio se considera de 0.17 m de espesor; de acuerdo a resultados obtenidos en laboratorio, presenta desde 52.5% hasta 59.0%, de gravas, desde 38.0% hasta 44.8% de arenas, desde 2.7% hasta 3.0% de finos y desde 4.0% hasta 4.8% de contenido de asfalto.

Cabe mencionarse que solo en el sondeo PCA03-MSZ, ubicado en el km 10+500, no fue detectada dicha capa.

Subyace a la base asfáltica, una capa de base hidráulica de 0.21 m de espesor, y que en valores promedio se considera de 0.15 a 0.30 m, constituida por arenas y gravas, producto de trituración parcial y cribada, mal graduada, con pocos finos limosos y arcillosos de nula a baja plasticidad (SP-SC; GP-GC; GP-GM), color café a crema con tonos a gris y amarillento, compacta a muy compacta, húmeda. Los resultados de laboratorio se presentan en la siguiente Tabla 04:

Características geotécnicas.
$39.9 \leq \mathbf{G}\ (\%) \leq 52.6$
$40.8 \leq \mathbf{A}\ (\%) \leq 54.1$
$4.4 \leq F\ (\%) \leq 8.8$
$18.1 \leq L.\ L\ (\%) \leq 21.4$
$INAPRECIABLE \leq I.\ P\ (\%) \leq 7.7$
$0.0 \leq C.L\ (\%) \leq 1.5$
$82.6 \leq CBR\ (\%) \leq 96.3$



$EXP\ (\%) = 0.0$
$2.5 \leq W.\ N\ (\%) \leq 4.0$
$5.0 \leq W.\ O\ (\%) \leq 7.2$
$96.3 \leq COMP.\ (\%) \leq 99.3$
$53.0 \leq \mathbf{EQUIV.\ A}\ (\%) \leq 58.7$
$11.7 \leq \mathbf{PART.\ A}\ (\%) \leq 16.0$
$27.4 \leq \mathbf{PART.\ L}\ (\%) \leq 31.9$
$26.5 \leq \mathbf{DESG.\ A}\ (\%) \leq 29.0$

Simbología: W. N- Contenido de humedad natural, W. O- Contenido de humedad optima, G.- Porcentaje de gravas, F.- Porcentaje de finos, A- Porcentaje de arenas, L.L.- Limite líquido, I.P.- Índice plástico, C.L.- contracción Lineal, CBR- Valor Relativo de California, Exp- expansión, Comp.- grado de compactación, Equiv. A.- Equivalente de arena, Part. A y L.- Partículas alargadas y lajeadas y Desg. A.- Desgaste de los Ángeles.

De acuerdo con la norma especificada por la Secretaria de Infraestructura, Comunicaciones de Transporte (N-CMT-4-02-002/22), presenta valores de CBR e Índice Plástico ligeramente por debajo del especificado por dicha norma.

Cabe hacer mención que solo en el sondeo PCA01-MSZ, ubicado en el km 9+500, no fue detectada dicha capa.

Bajo la capa de base hidráulica, se observa una capa de subrasante de 0.29 m de espesor y que en valores promedio se considera de 0.25 a 0.30 m, constituida por gravas y arenas, mal graduada, con pocos finos arcillosos y limosos de nula a baja plasticidad (GP; GP-GM; SP-SC; GP-GC y SC), color café amarillento con tonos grisáceos y crema, compacta a muy compacta, húmeda. Los resultados de laboratorio se presentan en la siguiente Tabla 05:

Características geotécnicas.
$24.0 \leq \mathbf{G}\ (\%) \leq 57.2$
$36.3 \leq \mathbf{A}\ (\%) \leq 60.7$
$3.8 \leq F\ (\%) \leq 15.3$
$19.9 \leq L.\ L\ (\%) \leq 31.4$
$INAPRECIABLE \leq I.\ P\ (\%) \leq 11.2$
$0.0 \leq C.L\ (\%) \leq 4.8$
$25.9 \leq CBR\ (\%) \leq 41.2$
$EXP\ (\%) = 0.0$
$\mathbf{2.8} \leq W.\ N\ (\%) \leq 4.0$
$7.0 \leq W.\ O\ (\%) \leq 9.3$
$97.6 \leq COMP.\ (\%) \leq 99.4$

Simbología: W. N- Contenido de humedad natural, W. O- Contenido de humedad optima, G.- Porcentaje de gravas, F.- Porcentaje de finos, A- Porcentaje de arenas, L.L.- Limite líquido, I.P.- Índice plástico, C.L.- contracción Lineal, CBR- Valor Relativo de California, Exp- expansión, Comp.- grado de compactación.

De acuerdo con la norma especificada por la Secretaria de Infraestructura, Comunicaciones de Transporte (N-CMT-1-03/21), la capa de subrasante presenta valores dentro de lo especificado por dicha norma.

Finalmente subyace a la subrasante, y hasta la máxima profundidad explorada, el terreno natural, constituido por gravas y arena, mal graduada, con pocos finos limosos y arcillosos de nula a baja plasticidad, color café amarillento y crema con tono gris, medianamente compacta a compacta, húmeda, con presencia de fragmentos chicos de roca de tamaño máximo desde 6 hasta 10", y arcilla arenosa, de plasticidad media, color café grisáceo, de consistencia blanda a media, húmeda, en ocasiones en roca fracturada, sana, color café con tono crema, que al atacarse con equipo de construcción se obtendrán gravas y arenas y fragmentos medianos a chicos. Las propiedades índices y mecánicas del terreno natural, se mencionan en el capítulo 2 de este documento.

En el interior del Anexo 1.2.6, se presentan las características mecánicas de los materiales de las capas del pavimento (carpeta asfáltica, base asfáltica, base hidráulica), así también unas tablas de informe de terracerías de los materiales del terreno natural y capa de subrasante, en tanto que en el Anexo 1.2.2, se presentan los perfiles estratigráficos donde se muestran los espesores de cada capa existente en la estructura del pavimento y de las terracerías.

El nivel de aguas freáticas no se detectó en ninguno de los sondeos exploratorios.

Para ligar el pavimento asfáltico existente con el pavimento flexible nuevo, se deberá realizar por medio de escalones de liga, considerando que la capa de subrasante deberá ligarse a partir de los ceros de la carpeta existente, y se deberá considerar el mismo talud del cuerpo existente.

DISEÑO DE PAVIMENTOS

MÉTODO AASHTO

Los procedimientos involucrados en al actual método de diseño, versión 1993, esta basados en las ecuaciones originales de la AASHTO que datan de 1961, producto de las pruebas en Ottawa, Illinois, con tramos a escala natural y para todo tipo de pavimentos. La versión de 1986 y la actual de 1993 se han modificado para incluir factores o parámetros de diseño que no habían sido considerados y que son producto de la experiencia adquirida por ese

organismo entre el método original y su versión más moderna, además de incluir experiencias de otras dependencias y consultores independientes.

El diseño está basado primordialmente en identificar o encontrar un “número estructural SN” para el pavimento flexible que pueda soportar el nivel de carga solicitada. Para determinar el número estructural SN requerido, el método proporciona la siguiente ecuación:

Expresión AASHTO

$$log_{10}(ESAL) = Z_R S_0 + 9.36\, log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{log_{10}\left[\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right]}{0.40+\frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 log_{10}\, MR - 8.07$$

Donde:

Z_R = Desviación estándar normal Zr y So ⟶ Confiabilidad R

S_o = Desviación estándar

SN = Número estructural

ΔPSI = Pérdida de servicio, cambio de serviciabilidad.

MR = Módulo de resiliencia terreno apoyo.

Así como la gráfica de la figura 4.1, que involucra los siguientes parámetros:

El tránsito en ejes equivalentes acumulados para el período de diseño seleccionado, “W18”.

El parámetro de confiabilidad, “R”.

La desviación estándar global, “So”.

El módulo de resiliencia efectivo, “Mr” del material usado para la subrasante.

La pérdida o diferencia entre los índices de servicios inicial y final deseados, “ΔPSI”.

Tránsito.

Para el cálculo del tránsito, el método actual contempla los ejes equivalentes sencillos de 18,000 lb (8.2 ton) acumulados durante el período de diseño, por lo que no ha habido grandes cambios con respecto a la metodología original de AASHTO. Solamente se aconseja que para fines de diseño en “etapas o fases” se dibuje una gráfica donde se muestre año con año, el crecimiento de los ejes acumulados (ESAL) vs tiempo, en años, hasta llegar al fin del período de diseño o primera vida útil del pavimento. La ecuación siguiente puede ser usada para calcular el parámetro del tránsito W18 en el carril de diseño.

$$W_{18} = D_D * D_L * W_{18} \quad (4.1)$$

Donde:

W_{18} = Tránsito acumulado en el primer año, en ejes equivalentes sencillos de 8.2 ton, en el carril de diseño.

D_D = Factor de distribución direccional; se recomienda 50% para la mayoría de las carreteras, pudiendo variar de 0.3 a 0.7, dependiendo de en qué dirección va el tránsito con mayor porcentaje de vehículos pesados.

W_{18} = Ejes equivalentes acumulados en ambas direcciones.

D_L = Factor de distribución por carril, cuando se tengan dos o más carriles por sentido. Se recomiendan los siguientes valores:

Tabla 4.1. FACTOR DE DISTRIBUCIÓN POR CARRIL.

Nº CARRILES EN CADA SENTIDO		PORCENTAJE DE W_{18} EN EL CARRIL DE DISEÑO
1		100
2		80 - 100
3		60 - 80
4 o más		50 - 75

Una vez calculados los ejes equivalentes acumulados en el primer año, el diseñador deberá estimar con base en la tasa de crecimiento anual y el período de diseño en años, el total de ejes equivalentes acumulados y así contar con un parámetro de entrada para la ecuación general o para el nomograma de la Figura 4.1.

Es importante hacer notar que la metodología original de AASHTO usualmente consideraba períodos de diseño de 20 años; en la versión actual de 1993, recomienda los siguientes períodos de diseño en función del tipo de carretera:

TIPO DE CARRETERA:	PERÍODO DE DISEÑO
Urbana con altos volúmenes de tránsito.	30 - 50 años
Interurbana con altos volúmenes de tránsito.	20 - 50 años
Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito.	15 - 25 años
Revestidas con bajos volúmenes de tránsito.	10 - 20 años

CONFIABILIDAD “R”

El actual método AASHTO para el diseño de la sección estructural de pavimentos flexibles, recomienda valores desde 50 y hasta 99.9 para el parámetro “R” de confiabilidad, con diferentes clasificaciones funcionales, notándose que los niveles más altos corresponden a obras que estarán sujetas a un uso intensivo, mientras que los niveles más bajos corresponden a obras o caminos locales y secundarios.

VALORES DE "R" DE CONFIABILIDAD, CON DIFERENTES CLASIFICACIONES FUNCIONALES.

* NIVELES DE CONFIABILIDAD	
CLASIFICACIÓN FUNCIONAL:	**NIVEL RECOMENDADO POR AASHTO PARA CARRETERAS**
Carretera Interestatal o Autopista.	80 - 99.9
Red Principal o Federal.	75 - 95
Red Secundaria o Estatal.	75 - 95
Red Rural o Local.	50 - 80

DESVIACIÓN ESTÁNDAR GLOBAL "SO".

Para un nivel de confianza dado, el factor de confiabilidad es función de la desviación estándar general (SO), que cuenta para las variaciones en la predicción del tráfico y de la predicción del comportamiento estructural del pavimento. La desviación estándar general que se determinó durante la prueba de carretera fue de 0.45 para pavimentos flexibles y de 0.35 para pavimentos rígidos.

$$S_O = S_W^2 + S_N^2$$

S_O = Desviación estándar general

S_W^2 = Variancia con relación al tránsito de diseño, W_{18}

S_N^2=Variancia con relación al comportamiento estructural, SN

$$\text{Log } F_R = Z_R \times S_O$$

F_R= Factor de confiabilidad

Z_R= Abscisa de la distribución normal estandarizada, correspondiente al nivel de confianza seleccionado (R)

El factor de confiabilidad afecta al tránsito de diseño y al SN, por lo que no es necesario usar criterios conservadores en la selección de los diferentes parámetros que intervienen en el diseño, ya que se tendrían estructuras sobrediseñadas, los valores que se recomienda usar son los promedios.

Valores de confiabilidad R

Confiabilidad R	Desviación Estándar normal Z_R
50	0
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95*	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327

- *Muchos de los diseños se realizan para una confiabilidad del 95 %

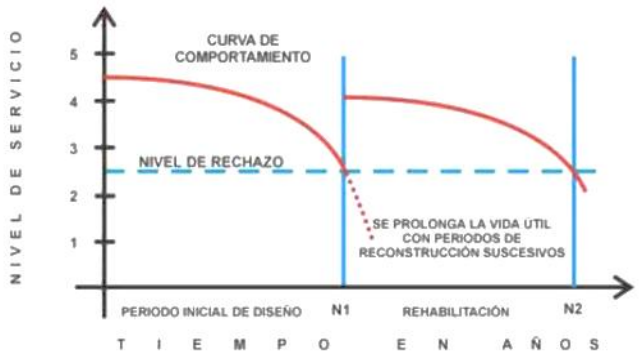
La confiabilidad en el diseño (R), puede ser definida como la probabilidad de que la estructura tenga un comportamiento real igual o mejor que el previsto durante la vida de diseño adopta.

ÍNDICE SE SERVICIABILIDAD

El comportamiento funcional de un pavimento se refiere a la manera de cómo sirve éste al usuario, en este aspecto la calidad del viaje o confort y seguridad del mismo son las características dominantes a considerar para valorar ese servicio. Para evaluar el comportamiento funcional de un pavimento fue desarrollado el concepto serviciabilidad – comportamiento, que asume los siguientes cinco aspectos:

Escala para evaluar el nivel de servicio.

Escala	Calificación
5	Excelente, perfecto
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Malo
1	Muy malo
0	Pésimo, intransitable



Serviciabilidad - comportamiento

NIVEL DE RECHAZO.

En la figura anterior se observa una línea recta horizontal que marca un nivel de rechazo y representa el comportamiento o estado de deterioro al que teóricamente debe llegar un pavimento, al final de la vida de diseño o cuando se cumplan las repeticiones de las cargas consideradas para dicho diseño. Lo anterior considera que el pavimento (más bien todo el camino) fue bien diseñado, bien construido, con los materiales de calidad y con conservación adecuada. Si alguno de estos aspectos no se cumplió el pavimento llegará a su nivel de rechazo en un periodo menor al de diseño o con un número menor de repeticiones de cargas que las esperadas. El nivel de rechazo se fija para cada proyecto dependiendo de la importancia de la carretera, aunque no existe un criterio definido, la siguiente puede ser una guía para la selección.

Tipo de carretera	Nivel de rechazo
Autopistas	3.5
Carreteras de altas especificaciones	3.0
Carreteras con especificaciones normales	2.5
Carreteras con especificaciones modestas	2.0

El nivel de rechazo de alguna manera está involucrado con el factor de seguridad (nivel de confianza) que se toma en el diseño y lógico, los diseños más conservadores serán para carreteras importantes y los más limitados para carreteras modestas que permiten fallas más severas y en mayor extensión.

[redacted]



CALIFICACIÓN ACTUAL.

Evaluación realizada por un grupo de calificadores entrenados para estimar subjetivamente el nivel de servicio de un tramo de pavimento en un momento dado, desde el punto de vista de la comodidad y seguridad como usuarios.

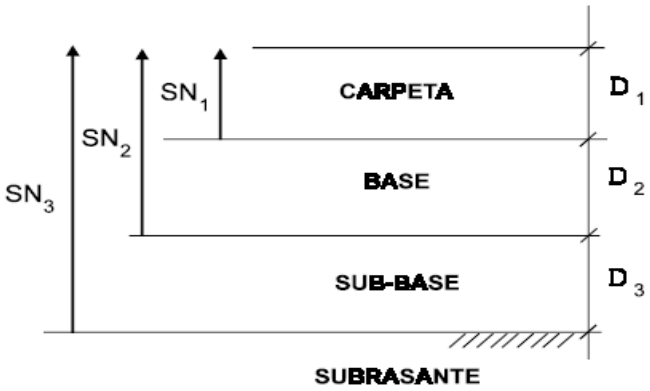
ÍNDICE DE SERVICIO.

Decir lo anterior es más fácil que hacerlo, para evitar la subjetividad es preferible usar equipos para medirlo. La gestión, administración o manejo de los pavimentos requiere de sistemas de evaluación más confiables repetibles y precisos. Existen algunos aparatos o equipos para realizar evaluaciones de las condiciones superficiales del pavimento y sus mediciones pueden correlacionarse con la escala del 0 al 5 ya descrita, en el caso de que se usen equipos se obtiene un Índice de Servicio Actual o ISA.

CONCEPTO DE NÚMERO ESTRUCTURAL

La ecuación de diseño o su nomograma proporciona el espesor en pulgadas de cada una de las capas de pavimento en términos de un número estructural (SN). El espesor total del pavimento requerido arriba de la capa subrasante corresponde a la suma de los espesores reales de las capas (Di), multiplicados por coeficientes de equivalencia estructural (ai) obtenidos de la experimentación en la prueba de carretera para diferentes tipos de materiales y que depende básicamente de su módulo de elasticidad, pero existen correlaciones con otros índices como CBR, R, etc. El coeficiente de equivalencia estructural para las capas de suelos estabilizados por compactación cuya resistencia puede variar en función de su contenido de agua, se multiplica a la vez por un coeficiente de ajuste por eficiencia en cuanto a facilidad de drenaje del material (mi), una capa con gran capacidad de drenaje tendrá un coeficiente muy alto, del orden de 1.4, mientras que en una pobremente drenada será bajo, del orden de 0.45. Las capas de carpeta de concreto asfáltico no se multiplican por el coeficiente de drenaje (m=1), ya que se supone que no son afectadas por el agua. La siguiente ecuación expresa lo anterior:





$$D^*_1 \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

$$SN^*_1 = a_1 D_1 \geq SN_1$$

$$D^*_2 \geq \frac{SN_2 - SN^*_1}{a_2 \; m_2}$$

$$SN^*_1 + SN^*_2 \geq SN_2$$

$$D^*_3 \geq \frac{SN_3 - (SN^*_1 + SN^*_2)}{a3 \; m3}$$

NOTAS: 1) a, D, m, y SN corresponden a valores mínimos requeridos.

2) D* y SN* representan los valores finales de diseño.

Con todo lo anterior queda configurada la sección estructural de proyecto para pavimento flexible.

Rangos de variación comunes para los coeficientes estructurales, a_i	
Carpeta de concreto asfáltico	0.2 a 0.45
Base hidráulica	0.06 a 0.14
Subbase	0.06 a 0.14

El manual para diseño incluye algunas correlaciones para obtener los coeficientes estructurales (ai) a partir de diferentes parámetros de resistencia y para varios tipos de materiales, que se presentan enseguida:

Figura 4.2. GRÁFICA PARA DETERMINAR EL COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE CAPA "a_1" EN FUNCIÓN DEL MÓDULO ELÁSTICO DEL CONCRETO ASFÁLTICO.

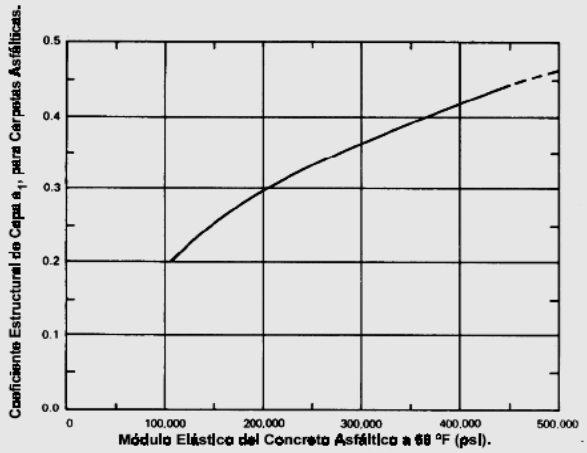
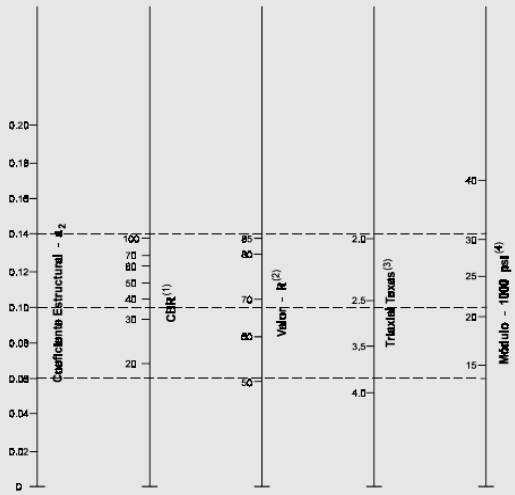


Figura 4.3.- VARIACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE CAPA "a_2", EN BASES GRANULARES.



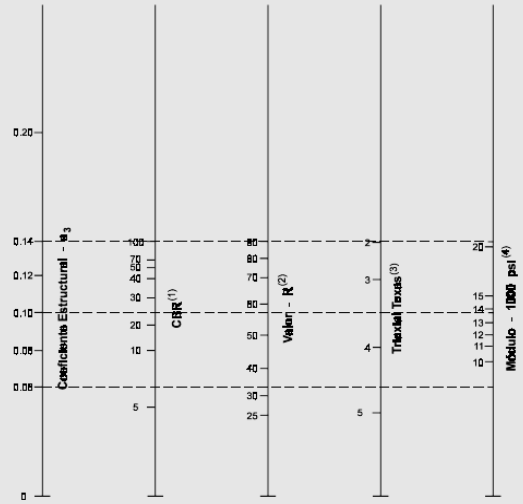
(1) Escala derivada por correlaciones promedio obtenidas de Illinois.

(2) Escala derivada por correlaciones promedio obtenidas de California, Nuevo México y Wyoming.

(3) Escala derivada por correlaciones promedio obtenidas de Texas.

(4) Escala derivada del proyecto (3) del NCHRP.

Figura 4.4.- VARIACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE CAPA "a_3", EN SUBBASES GRANULARES.



(1) Escala derivada de correlaciones de Illinois.

(2) Escala derivada de correlaciones obtenidas del Instituto del Asfalto, California, Nuevo México y Wyoming.

(3) Escala derivada de correlaciones obtenidas de Texas.

(4) Escala derivada del proyecto (3) del NCHRP.

Los coeficientes de drenaje m1 dependen de la capacidad drenante de la capa, la tabla que se muestra enseguida presenta algunos criterios para evaluar dicha capacidad.

CALIDAD DEL DRENAJE:	AGUA REMOVIDA EN:
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Malo	agua no drena

En la siguiente tabla, se presentan los valores recomendados para m_2 y m_3 (bases y sub-bases granulares sin estabilizar) en función de la calidad del drenaje y el porcentaje del tiempo a lo largo de un año, en el cual la estructura del pavimento pueda estar expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación.

[redacted]



Tabla 4.5.- VALORES m_i RECOMENDADOS PARA MODIFICAR LOS COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA DE BASES Y SUBBASES SIN TRATAMIENTO, EN PAVIMENTOS FLEXIBLES.

Calidad del Drenaje	Porcentaje de Tiempo al cual está Expuesta la Estructura del Pavimento a Niveles de Humedad Próxima a la Saturación			
	Menor del 1%	1 - 5%	5 - 25%	Mayor del 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy Pobre	1.05 - 0.95	0-95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

DETERMINACIÓN DEL TRÁNSITO PARA DISEÑO.

El tránsito de diseño se expresa en número de ejes sencillos equivalentes acumulados esperados durante el periodo de diseño en el carril de diseño, (el carril de diseño es el que lleva el mayor número de vehículos de carga) las cargas de ejes reales se transforman a ejes sencillos equivalentes de 18 mil libras (ESAL) multiplicándolos por sus respectivos factores de equivalencia de carga. En el manual de 1993 los factores de equivalencia son en función del tipo de eje (sencillo, doble o triple), del ISA terminal (pt) y del SN. Para calcular el número de ejes equivalentes para diseño se tiene que suponer un SN (alrededor de SN= 5.0) y obtener los factores de equivalencia para cada tipo de eje en las que se presentan los coeficientes para valores de SN del 1 al 6, e ISA terminal de 2.0, 2.5 y 3.0. Si el SN, resultante del análisis estructural es muy diferente del supuesto, se podrá hacer otro cálculo entrando a las tablas con el SN resultante, normalmente con esta operación se obtienen resultados bastante aproximados. Si los aforos de tráfico se realizan en términos del TDPA considerando los dos sentidos y la clasificación vehicular en por ciento como es usual en nuestro país, el tránsito en el carril de diseño tendrá que calcularse usando factores de distribución por sentido de circulación y en el carril de diseño, utilizando una hoja de cálculo usando los coeficientes de carga por eje AASHTO mencionados, con los que se obtienen los Truck Factor (daño unitario por vehículo) para cada tipo de vehículo a considerar. El número total de ejes equivalentes deberá afectarse por los coeficientes de distribución del tránsito por sentido y para el del carril de diseño.

Para obtener el número de ejes equivalentes en el carril de diseño se puede usar la forma siguiente:



$$ESAL = D_D \times D_L \times W_{18}$$

D_D = Factor de distribución por sentido

W_{18} = Número de ejes esperados en toda la carretera durante el periodo de diseño.

D_L = Factor de distribución en el carril de diseño.

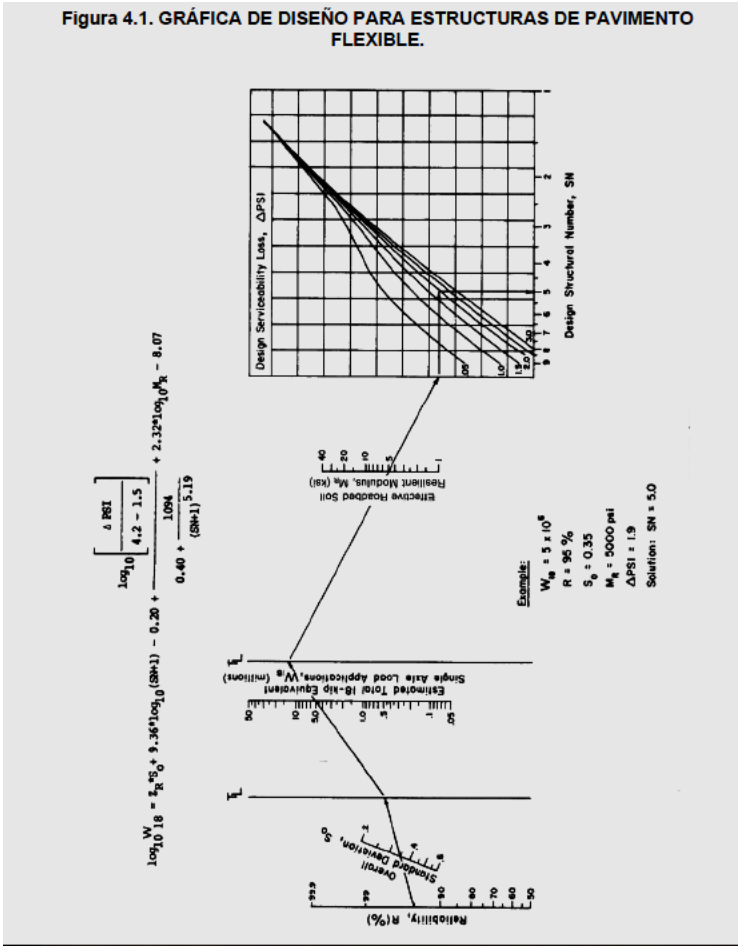
Algunas agencias estatales de caminos de los estados Unidos han desarrollado los factores de distribución para el carril de diseño que se muestran en la siguiente tabla para distintos tipos de camino:

Nº CARRILES EN CADA SENTIDO		PORCENTAJE DE W_{18} EN EL CARRIL DE DISEÑO
1		100
2		80 - 100
3		60 - 80
4 o más		50 - 75

Para nuestro país se tendrán que hacer otras consideraciones para el tránsito, ya que los arreglos vehiculares y sus pesos brutos son diferentes a los que se consideran en la hoja de cálculo del ejemplo, es recomendable que se calculen los Truck Factor para los vehículos permitidos en las carreteras mexicanas y que se consideren para vehículos cargados y vacíos, cosa que no contempla la hoja del ejemplo, ya que en las carreteras mexicanas si bien es cierto que circulan vehículos sobrecargados, al mismo tiempo muchos viajan vacíos y otros parcialmente cargados.

Obtención de los espesores de diseño de las capas. Este valor se obtiene usando el nomograma que se presenta en la siguiente figura o la ecuación que se muestra en el nomograma para diseño estructural.

Figura 4.1. GRÁFICA DE DISEÑO PARA ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE.



Nomograma para el diseño estructural de pavimentos flexibles.

Para obtener el SN se requieren los datos siguientes:

1 El tráfico de diseño estimado en número de ejes sencillos equivalentes acumulados para el carril de diseño (ESAL), para un periodo de años N y tasa de crecimiento r.

2 El nivel de confianza para diseño (R) que asume que todos los valores de las variables que intervienen son promedios.

3 La desviación estándar general del proyecto (SO). Este valor oscila en pavimentos construidos con un buen control de calidad entre 0.4 y 0.5. Cuando se usa la ecuación se requiere además ZR.

4 El módulo de elasticidad “efectivo” de la subrasante.

5 La pérdida de serviciabilidad de diseño.

Δ Psi = Po - Pt

Po es el nivel de servicio inicial, ISA promedio que se obtiene normalmente en carreteras recién construidas en la localidad.

Pt es el nivel de servicio final, que se espera tenga la carretera al final del periodo de diseño, éste se selecciona en base a la satisfacción que se desee proporcionar a los usuarios. Selección del valor para el ISA.

Selección del valor para el ISA Terminal (p_t)	
ISA terminal (p_t)	**Usuarios insatisfechos, %**
3.0	12
2.5	55
2.0	85

Para tomar en cuenta el factor de confiabilidad, al utilizar el nomograma para diseño estructural se entra con el nivel de confianza (R) y la desviación estándar general (SO), mientras que al usar la ecuación se requiere la abscisa de la curva de distribución normal estandarizada (ZR), asociada al nivel de confianza (R) seleccionado. El espesor Di calculado puede resultar muy pequeño, pero está limitado a ciertos espesores mínimos que conviene respetar por razones de procedimiento constructivo y en base a observaciones experimentales de acuerdo con la tabla siguiente:



Tráfico, Ejes Sencillos Equivalentes para Diseño	Espesor, en pulgadas	
	Concreto asfáltico	Base granular
Menos de 50 mil	1.0 ó tratamiento superficial	4
50 mil – 150 mil	2.0	4
150 mil – 500 mil	2.5	4
500 mil – 2 millones	3.0	6
2 millones – 7 millones	3.5	6
Más de 7 millones	4.0	6

Sin embargo, para este estudio, se decidió utilizar una tabla de cálculo para la obtención del SN, donde intervienen los datos mencionados anteriormente.

CÁLCULO DE EJES EQUIVALENTES.

Para la realización del diseño de pavimento, se tomó información proporcionada por la contratante y del libro de aforo vehicular que proporciona la Secretaria de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes en la estación aforada y cercana al km 9+200 de la carretera (Méx. 200) denominada Salina Cruz – Zihuatanejo, en el tramo Pie de La Cuesta - El Embarcadero, donde arroja un Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) actualizado al 2025 de 20,628 vehículos por sentido, una tasa de crecimiento anual de 3.5%, con la siguiente clasificación vehicular:

TIPO DE VEHÍCULO	PORCENTAJE
A2	84.20
A´2	12.00
B2	0.70
C2	1.80
C3	0.70
T3-S2	0.30
T3-S3	0.10
T3-S2-R4	0.20



CÁLCULO DE EJES EQUIVALENTES PARA EL PERIODO DE DISEÑO.

$$EEA = TDPA \times Fs \times Fc \times Fdaño \times 365 \times Fcrecimiento$$

Donde: EEA: ejes equivalentes acumulados

TDPA: Transito Diario Promedio Anual

Fs : Factor de distribución del tránsito por sentido circulación

Fc : Factor de carril de diseño

F daño: Factor de daño

F crecimiento, en el tiempo de vida útil.

El factor de distribución por sentido

- Si el aforo es en un sentido, el factor de distribución es 1.0
- Si el aforo es en dos sentidos, el factor de distribución es de 0.50

El factor por carril de diseño

- Para efectos de diseño, sólo interesa el tránsito que pasa por el carril de diseño.
- Carril de diseño: Es aquel por el que circulará el mayor número de vehículos pesados



Número de carriles en cada dirección	Fc
1	1.0
2	0.90
3	0.80

FACTOR DE CRECIMIENTO

Por las condiciones actuales que se viven en cuanto a transporte de bienes y servicios el tránsito necesariamente crece. EL factor de crecimiento se determina con la expresión:

$$F_{crecimiento} = \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

N= periodo de diseño, años

i= tasa de crecimiento

Las tasas de crecimiento normalmente son entre el 2 y el 4%, en caminos nuevos pueden presentarse tasas de crecimiento mayores en los primeros años y después se estabilizan. En carreteras muy congestionadas las tasas de crecimiento son realmente bajas. Sin embargo, para el diseño de pavimento se empleo una tasa del 4%, de acuerdo a lo proporcionado y derivado del estudio de tránsito.



REVISIÓN DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE -METODO UNAM

Para la revisión estructural del pavimento existente, se utilizó el método propuesto por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, en el que se consideran antecedentes de tránsito para determinar el número de ejes equivalentes de 8.2 ton.

De acuerdo a los coeficientes de daño que presenta este método, se determinó la suma de ejes equivalentes (ΣL) de 8.2 ton, para las profundidades (z) de 15 y 60 cm, para una vida útil (n) de 15 años, obteniéndose los siguientes valores de ejes sencillos equivalentes:

- Vida de diseño 15 años.
- Factor de distribución 0.90 Adimensional
- Tasa de crecimiento anual 4.00 %
- Nivel de confianza 90.0 %
- Tipo de camino A B

Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) en el año 2025, de la carretera en estudio, donde se obtiene de 20,628 vehículos en ambos sentidos.

DISTRIBUCIÓN VEHICULAR

TDPA	A	B	C2	C3	T3-S2	T3-S3	T3-S2-R4
20,628	96.20	0.70	1.80	0.70	0.30	0.10	0.20

[redacted]



CALCULO DE EJES EQUIVALENTES

OBRA: ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 SALINA CRUZ – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.0 KM; INCLUYE 3 ENTRONQUES A NIVEL Y 6 PARADEROS.

TRAMO: DEL KM 9+500 AL KM 20+500
SUBTRAMO: MISMO

CALCULO DEL TRANSITO EQUIVALENTE ACUMULADO

TIPO DE VEHICULO	COMPOSICION DEL TRANSITO	COEFICIENTE DE DISTRIBUCIÓN DE VEHICULOS CARGADOS O VACIOS		COMPOSICION DEL TRANSITO CARGADO Y VACIO	COEFICIENTES DE DAÑO		NUMERO DE EJES SENCILLOS	
					CARPETA Y BASE z = 15	SUB-BASE Y TERRACERIAS z = 60	CARPETA Y BASE	SUB-BASE Y TERRACERIAS
A2	0.842	CARGADOS	1	0.842	0.000	0.000	0.0000	0.0000
		VACIOS	0	0.000	0.000	0.000	0.0000	0.0000
A´2	0.120	CARGADOS	1	0.120	0.064	0.015	0.0077	0.0018
		VACIOS	0	0.000	0.002	0.000	0.0000	0.0000
B2	0.007	CARGADOS	1	0.007	1.890	2.939	0.0132	0.0206
		VACIOS	0	0.000	0.757	0.443	0.0000	0.0000
C2	0.018	CARGADOS	1	0.018	1.890	2.939	0.0340	0.0529
		VACIOS	0	0.000	0.123	0.014	0.0000	0.0000
C3	0.007	CARGADOS	1	0.007	2.817	2.94	0.0197	0.0206
		VACIOS	0	0.000	0.154	0.023	0.0000	0.0000
T3-S2	0.003	CARGADOS	1	0.003	5.285	5.761	0.0159	0.0173
		VACIOS	0	0.000	0.160	0.023	0.0000	0.0000
T3-S3	0.001	CARGADOS	1	0.001	5.239	5.758	0.0052	0.0058
		VACIOS	0	0.000	0.154	0.023	0.0000	0.0000
T3-S2-R4	0.002	CARGADOS	1	0.002	10.221	11.403	0.0204	0.0228
		VACIOS	0	0.000	0.165	0.022	0.0000	0.0000
	1.000				EJES EQUIVALENTES PARA TRANSITO UNITARIO		0.1162	0.1417

$$C_T = \left[\frac{(1+r)^n - 1}{r} \right] 365$$

				TDPA INICIAL EN EL CARRIL DE PROYECTO	9282.6	9282.6
n = AÑOS DE SERVICIO =	15			C_T	7,308.61	7,308.61
r = TASA DE CREC. ANUAL DEL TRANSITO =	4.0					
TDPA = TRANSITO DIARIO MEDIO ANUAL =	20,628	CD CARRIL PROY. =	0.45	ΣL	7,882,327	9,613,474



[redacted]



FACTOR DE CRECIMIENTO

Por las condiciones actuales que se viven en cuanto a transporte de bienes y servicios el tránsito necesariamente crece. EL factor de crecimiento se determina con la expresión:

$$F_{crecimiento} = \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

N= periodo de diseño, años

i= tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento calculada en el estudio de tránsito resulto de 4%, valor que se considera normal para este tipo de carretera.

En el Anexo 1.3.3, de este estudio, se presenta el estudio de transito.



CONTENIDO

1.0 ANTECEDENTES 3

2.0 OBJETIVOS Y ALCANCES. 4

3.0 NORMATIVA 5

4.0 ZONA DE ESTUDIO 5

5.0 ESTUDIO HIDRÁULICO..... 8

6.0 ANÁLISIS HIDRÁULICO EN CONDICIONES ACTUALES..... 9

7.0 MODELO HIDRÁULICO EN CONDICIONES ACTUALES. 13

8.0 CONCLUSIONES..... 19

Introducción

El presente estudio se utilizó para identificar las condiciones hidráulicas del puente existente "Conchero II", ubicado en el Km. 14+430 del tramo en estudio.

El diseño hidráulico del puente, proporcionara al proyectista los datos requeridos para la revisión y funcionamiento hidráulico de la estructura, y es el conjunto de trabajos de campo y gabinete, lo que permitirá establecer para este caso en particular si la infraestructura existente es adecuada o se deberá diseñar una obra con las características necesarias para el paso del gasto calculado.

Previo a este estudio se obtuvieron los gastos de diseño los cuales serán la base para el diseño y revisión hidráulica. El mismo se analizó con ayuda de información de mediciones en campo, mediante la realización de trabajos de topografía y aforos de niveles. Esta información a su vez se utilizó para realizar el modelo matemático y obtener los datos necesarios que caracterizaran la zona de estudio y el funcionamiento presente en la actualidad.

Durante los análisis realizados en el modelo generado en el software HEC-RAS se modelaron varios escenarios, obteniendo diversos datos de la zona, operando en condiciones variables, quedando establecido que para las condiciones de operación del modelo se debería identificar el gasto de operación del sistema a diferentes periodos de retorno del estudio hidrológico realizado en la cuenca.

1.0 Antecedentes

Para dar cumplimiento con la ejecución de los Estudios y Proyectos Constructivos correspondientes al Programa de Construcción y Modernización de Carreteras en nuestro país, las cuales permitan contar con un amplio sistema carretero eficiente, seguro, de buena calidad, y el cual permita activar la economía a lo largo y ancho del país, la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, a través de la Dirección General de Carreteras, llevará a cabo la **ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 SALINA CRUZ – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO**, como parte de estos trabajos se presenta el siguiente apartado el cual corresponde a la elaboración del Estudio Hidráulico.

2.0 Objetivos y Alcances.

Realizar el estudio topohidráulico del puente Concheros 2 mediante un modelo hidráulico bidimensional con el programa HEC-RAS, y determinar los niveles de agua y velocidad alcanzadas con el tránsito de los gastos de diseño en la condición natural y proponer las dimensiones requeridas del nuevo puente de proyecto.

3.0 Normativa

N-PRY-CAR-1-06-004/18, Estudio Hidráulico – Hidrológico para puentes
MPRY-CAR-1-06-004, Análisis Hidrológicos. Secretaria de Comunicaciones y Transportes.
NPRY-CAR-1-06-001, Ejecución de Estudios Hidráulicos – Hidrológicos para Puentes. Secretaria de Comunicaciones y Transportes.
M-PRY-CAR-1-06-003-00, Estudios Hidráulico-Hidrológicos para Puentes.

4.0 Zona de estudio

Localización

El estado de Guerrero está ubicado en la región suroeste del país, limitando al norte con el Estado de México, Morelos y Puebla, al sureste con Oaxaca, al suroeste con el océano Pacífico y al noroeste con el río Balsas que lo separa de Michoacán.



Figura 1. *Estado de Guerrero.*

El tramo de estudio se encuentra localizado entre los municipios de Coyuca de Benítez y Acapulco de Juárez, para el caso de Coyuca de Benítez tenemos que se ubica entre los paralelos 16° 54' y 17° 28' de latitud norte; los meridianos 99° 48' y 100° 19' de longitud

oeste; altitud entre 0 y 3 400 m. Colinda al norte con los municipios de Atoyac de Álvarez, General Heliodoro Castillo y Chilpancingo de los Bravo; al este con los municipios de Chilpancingo de los Bravo y Acapulco de Juárez; al sur con el municipio de Acapulco de Juárez, con el Océano Pacífico y con el municipio de Benito Juárez; al oeste con el Océano Pacífico y los municipios de Benito Juárez y Atoyac de Álvarez.

Por otro lado, tenemos que Acapulco de Juárez se ubica entre los paralelos 16° 41' y 17° 14' de latitud norte; los meridianos 99° 28' y 101° 00' de longitud oeste; altitud entre 0 y 2 000 m. Colindando al norte con los municipios de Coyuca de Benítez, Chilpancingo de los Bravo y Juan R. Escudero; al este con los municipios de Juan R. Escudero y San Marcos; al sur con el municipio de San Marcos y el Océano Pacífico, al oeste con el Océano Pacífico y el municipio de Coyuca de Benítez.



Figura 2. ***Ubicación del proyecto Municipio de Coyuca de Benítez y Acapulco de Juárez, en el Estado de Guerrero.***

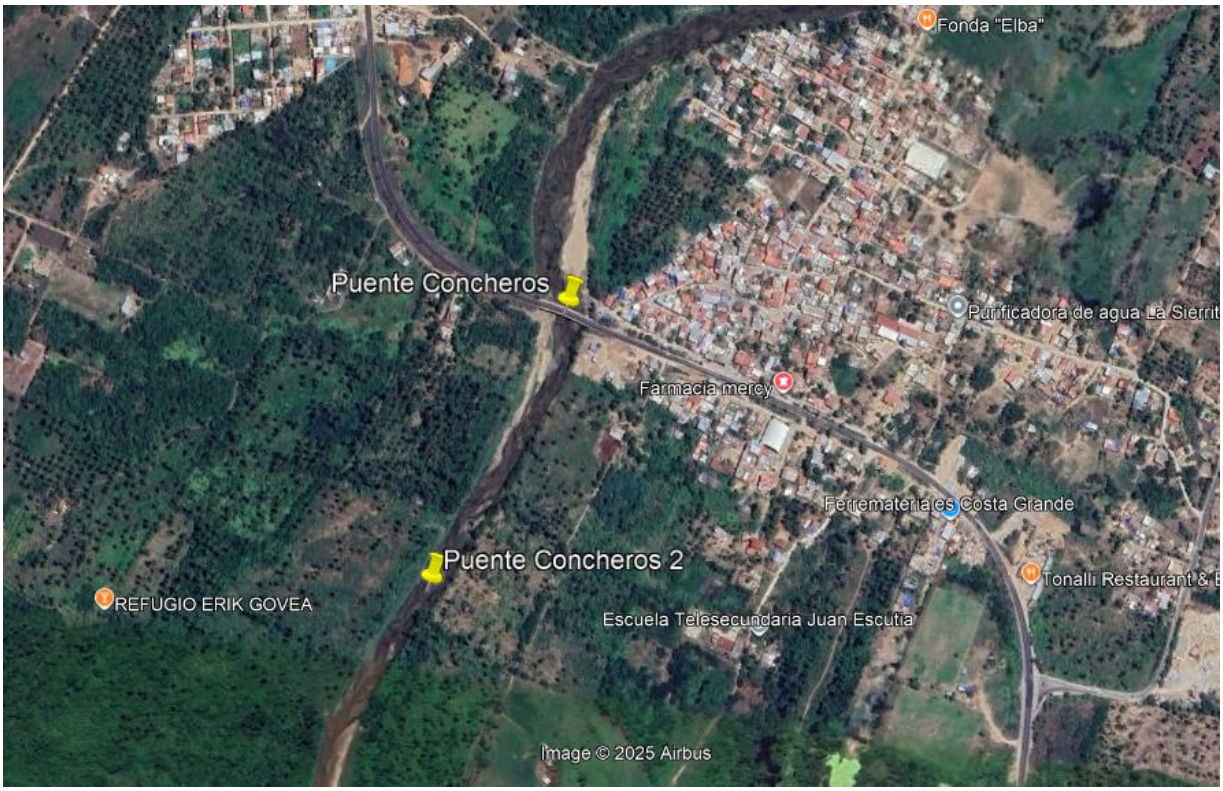


Figura 3. ***Localización Puente Concheros 2.***

5.0 Estudio Hidráulico.

5.1 Metodología

Con la información de los trabajos de topografía se desarrollaron los modelos hidraulicos, estos sirvieron para determinar las características hidráulicas de la zona en estudio en condiciones actuales a su vez éste modeló sirve para determinar los niveles de rasante del puente.

En las Figuras siguientes se muestra la información de campo utilizada para armar los modelos del tramo en estudio. La planta se utilizó para identificar la forma y el eje de proyecto, determinando la separación de las secciones, mismas que no tendrían intersección alguna al momento de procesar dicha información. Y finalmente armar el modelo georreferenciado con dicha información. (Figura 2 y 3).

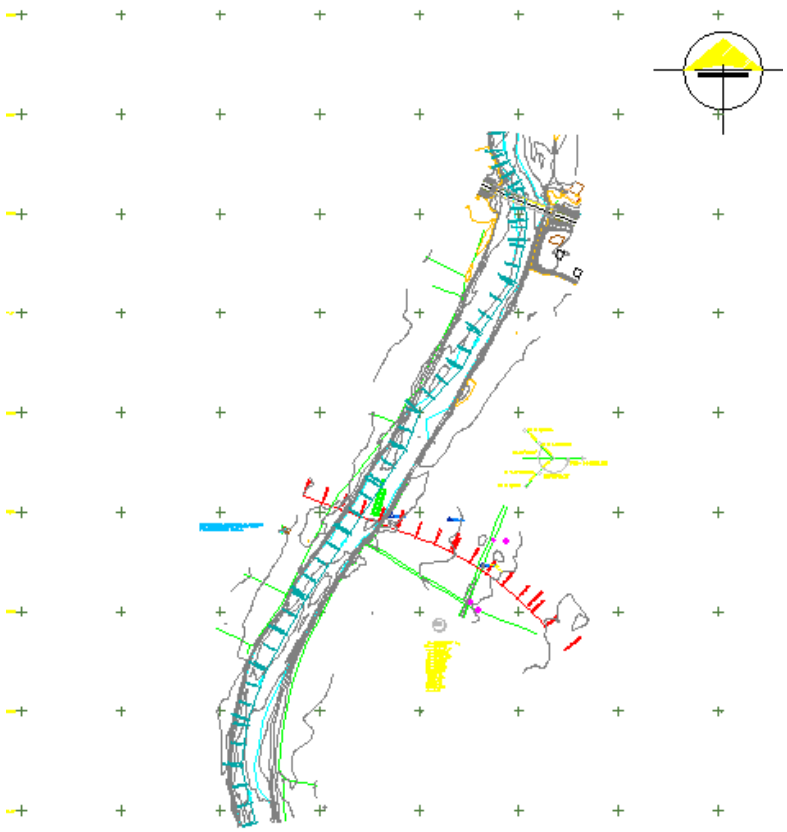


Figura 3. Planta topográfica de la zona de estudio.

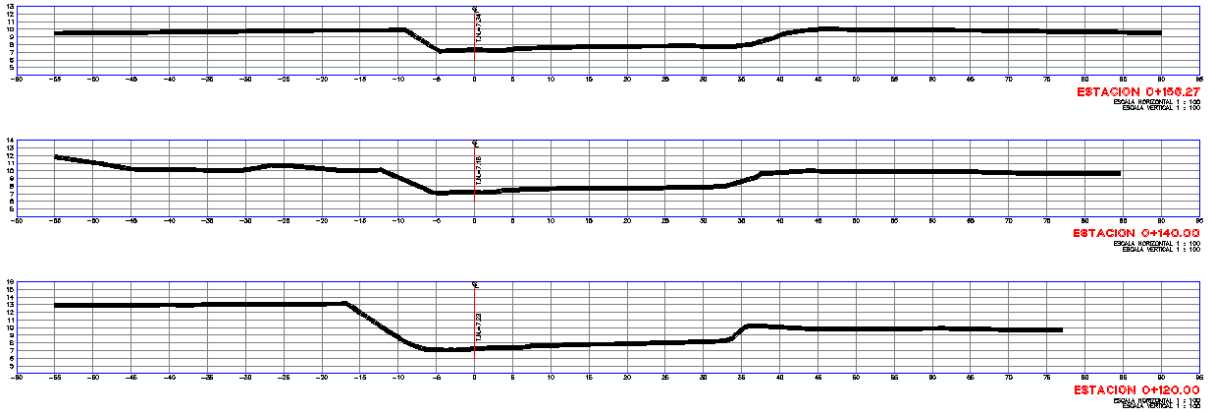


Figura 4. Secciones del cauce de la zona de estudio

6.0 Análisis Hidráulico en condiciones actuales.

6.1 Generalidades

Actualmente, aguas arriba del nuevo cruce del eje de proyecto existe el puente Concheros I con la carretera Mex-200 Acapulco – Zihuatanejo en el Km 14+430, esta resuelto mediante un puente de tres claros con una longitud total de 67.00 m y ancho de corona de 9.00 m



Figura 6. Puente Concheros I, carretera Mex-200 Acapulco – Zihuatanejo.



Figura 7. Con vista guas abajo del puente Concheros I, la sección del cauce esta delimitada por las llanuras de inundación cubiertas con vegetación.

Para determinar el coeficiente de rugosidad se utilizó el criterio mencionado por manning donde de acuerdo a al tipo de vegetación existente se le asigna un valor característico. Los Coeficientes de rugosidad de Manning se tomaron de la clasificación hecha por Ven Te Chow (ver tabla 2). Para el caso de este estudio se consideró de acuerdo a la vegetación existente, teniendo un cauce es de fondo regular con piedras y maleza alta.



Figura 8. Con vista aguas arriba del puente Concheros I.

Tabla 1. Valores de rugosidad del coeficiente de Manning (n)

Descripción de la corriente	Mínimo	Normal	Máximo
A *Cauces naturales*			
A.1 Cursos secundarios (ancho de la superficie libre en crecida < 30 m)			
A.1.1 Cursos en planicies			
- Limpios, rectos, sin fallas ni pozos	0,025	0,030	0,033
- Rectos con algunas piedras y pastos	0,030	0,035	0,040
- Limpios con meandros, con algunos pozos y bancos	0,033	0,040	0,045
- Meandros con algunas piedras y pastos	0,035	0,045	0,050
- Meandros con muchas piedras	0,045	0,050	0,060
- Tramos sucios, con pastos y pozos profundos	0,050	0,070	0,080
- Tramo con mucho pasto, pozos profundos y cauce en crecida con muchos arbustos y matorral	0,075	0,100	0,150
A.1.2 Cursos montañosos, carentes de vegetación en el fondo, laderas con pendientes pronunciadas y árboles y arbustos en las laderas que se sumergen en niveles de crecida			
- Cauce de grava, cantos rodados y algunas rocas	0,030	0,040	0,050
- Cauce de cantos rodados, con grandes rocas	0,040	0,050	0,070
A.2 Cursos en planicies inundadas			
A..2.1 Zonas de pastos, sin arbustos			
- Pasto corto	0,025	0,030	0,035
- Pasto alto	0,030	0,035	0,050
A.2.2 Zonas cultivadas			
- Sin cultivo	0,020	0,030	0,030
- Cultivos sembrados en línea en fase de madurez fisiológica	0,025	0,035	0,045
- Cultivos sembrados a voleo en fase de madurez fisiológica	0,030	0,040	0,050
A.2.3 Zonas arbustivas			
- Escasos arbustos y pasto abundante	0,035	0,050	0,070
- Pequeños árboles y arbustos sin follaje (parada invernal)	0,035	0,050	0,060
- Pequeños árboles y arbustos con follaje (fase vegetativa)	0,040	0,060	0,080
- Arbustos medianos a densos durante la parada invernal	0,045	0,070	0,110
- Arbustos medianos a densos durante la fase vegetativa	0,070	0,100	0,160
A.2.4 Zonas arbóreas			
- Sauces densos, temporada invernal	0,110	0,150	0,200
- Terreno claro con ramas sin brotes	0,030	0,040	0,050
- Terreno claro con ramas con gran crecimiento de brotes	0,050	0,060	0,080
-Zonas de explotación maderera con árboles caídos, poco crecimiento en las zonas bajas y nivel de inundación por debajo de las ramas	0,080	0,100	0,120
-Zonas de explotación maderera con árboles caídos, poco crecimiento en las zonas bajas y nivel de inundación que alcanza a las ramas	0,100	0,120	0,160
A.3 Cursos importantes (ancho de la superficie libre en crecida > 30 m)			
En este caso, los valores del coeficiente *n* son inferiores a los correspondientes de cauces secundarios análogos, ya que los bancos ofrecen una resistencia efectiva menor,			
- Sección regular sin rocas ni arbustos	0,025		0,060
- Sección irregular y rugosa	0,035		0,100

Gasto de Diseño y Gasto de Construcción

Del estudio hidrológico realizado en subcuenca en estudio se determinaron los gastos de diseño y de construccion con los cuales se evaluó el funcionamiento del cauce, estos se muestran a continuación.

Tabla 2. Gastos obtenidos del estudio hidrológico

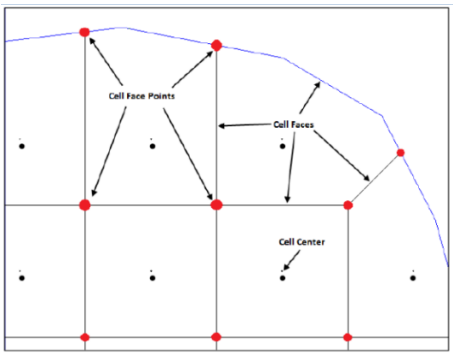
Tr (años)	Q m3/s
5	82.97
1000	653.14

7.0 Modelo Hidráulico 2D en condiciones actuales.

Una vez analizada la topográfica, identificado los sentidos naturales de escurrimiento y los gastos de operación a diferentes periodos de retorno, se realizó el hidráulico de la zona de estudio, mismo que incluye los gastos del estudio hidrológico, las condiciones iniciales y de frontera, siendo esto para la evaluación y determinación de las características hidráulicas principales, mismas que se muestran a continuación.

HEC-RAS en su función 2D, fue diseñado para trabajar con mallas no estructuradas, pero también puede trabajar con mallas estructuradas. Las celdas computacionales de una determinada malla pueden ser triángulos, cuadrados, rectángulos o polígonos de hasta 8 lados como máximo. La malla computacional no necesita ser ortogonal, sin embargo, si fuera así la discretización numérica es más simplificada y eficiente.

La celda que compone una malla computacional tiene las siguientes propiedades: Centro de Celda, Contorno de Celda y Puntos en Contorno de Celda. El siguiente gráfico muestra los elementos que componen la malla:



HEC-RAS realiza el proceso de mallado computacional siguiendo la técnica de triangulación de Delaunay y luego construye un diagrama de Voronoi. El proceso es análogo a cuando se construye el polígono de Thiessen para atribuir un área de cuenca a un pluviómetro específico. La elección del tamaño de malla es uno de los pasos importantes a considerar. En general debe optarse por elegir una malla que mejor se adecue al terreno que controlará el movimiento del flujo. Las variaciones del tamaño de malla deben hacerse de forma gradual de manera para mejorar la precisión de cálculo.

Para este caso el modelo fue generado a partir de un mallado con resolución de **2.5 x 2.5**, con lo cual el modelo digital de terreno se define y se apoyó de un breakline en la zona del camino de **1.5 x 1.5** para una mejor definición en la zona de interés. El terreno contiene el

modelo lidar proveniende INEGI para la zona de estudio y se complementó en la zona del camino con información obtenida en campo, tanto del camino como de los escurrimientos naturales, y las estructuras de cruce tal y como se encuentran actualmente.

Cada celda y contorno de celda es pre-procesada con la finalidad de obtener tablas de propiedades hidráulicas basadas en el terreno subyacente empleado en la modelización. Básicamente el pre-proceso, calcula una relación detallada de Elevación-Volumen para cada celda; y para cada contorno de celda calcula la relación Elevación Perímetro Mojado, Elevación-Área, Elevación-Rugosidad, y demás propiedades hidráulicas. La elección del tamaño de celda se basa en el nivel de detalle que se quiere obtener.

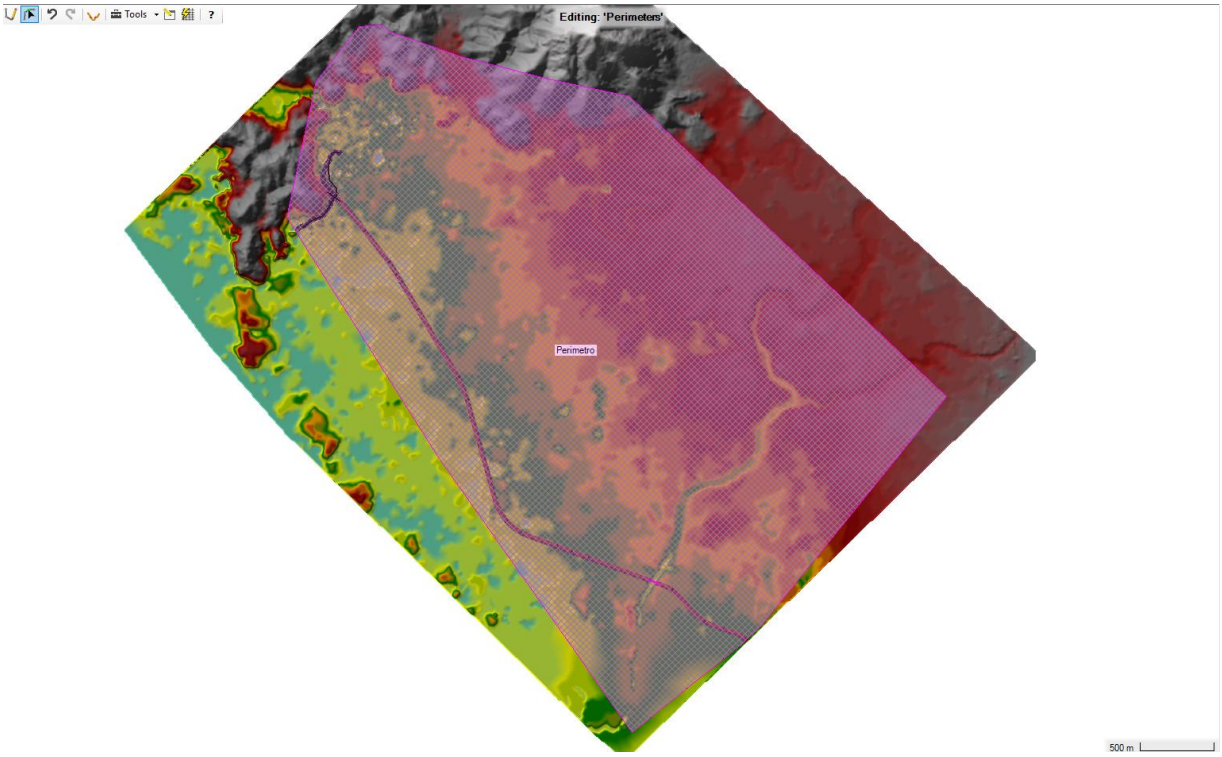


Figura 9. Modelo digital de Terreno realizado con base en información del levantamiento topográfico con resolución de 2.5 x 2.5 m.

Tabla 3. Consideraciones finales cargadas en el modelo hidraulico

Select Location in table then select Boundary Condition Type

	River	Reach	RS	Boundary Condition
Storage/2D Flow Areas				**Boundary Condition**
1	Perimetro	BCLine: Entrada Concheros II		Flow Hydrograph
2	Perimetro	BCLine: Entrada La Loma		Flow Hydrograph
3	Perimetro	BCLine: Entrada la Loma 2		Flow Hydrograph
4	Perimetro	BCLine: Salida		Normal Depth

Para las condiciones de entrada del modelo se asignó la función Flow Hydrograph donde se introdujo el gasto de diseño de 5 y 1000 años mediante un hidrograma, así mismo ahí se le asignó el inició de la simulación y el intervalo correspondiente a cada 10 minutos.

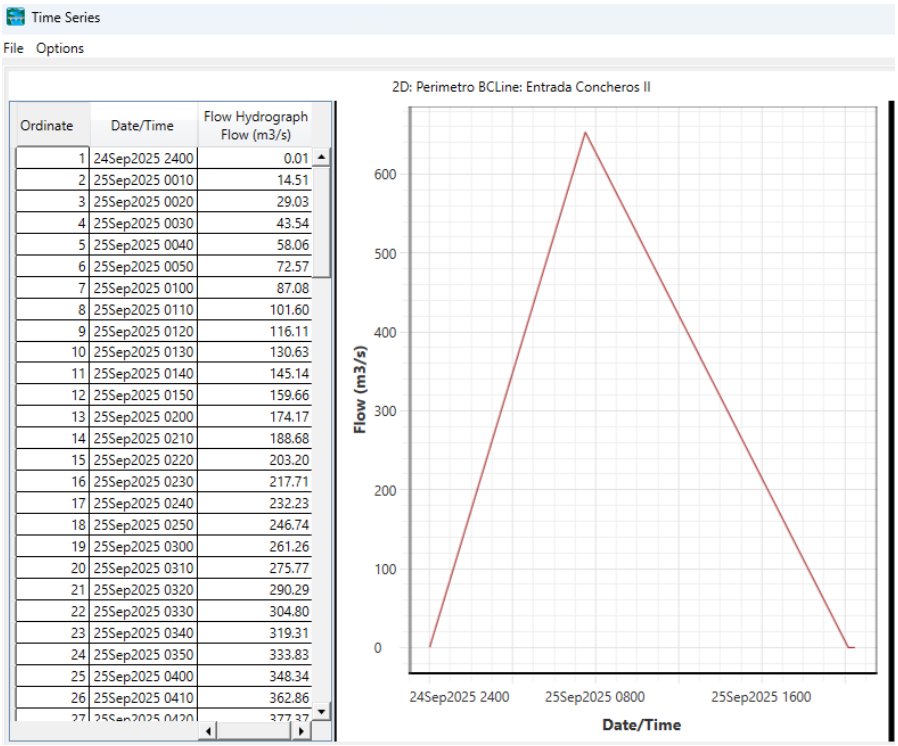


Figura 9. Hidrograma de Entrada considerado en el modelo hidraulico 2D.

Mediante este software se determinó la velocidad y niveles de agua a las condiciones hidráulicas de la corriente para el gasto de diseño con periodo de retorno de 1000 y 5 años años obtenido con el estudio hidrológico.

7.1 Resultados condiciones actuales

A) PLANTA DE LA TRAZA DEL NADI TR 1000

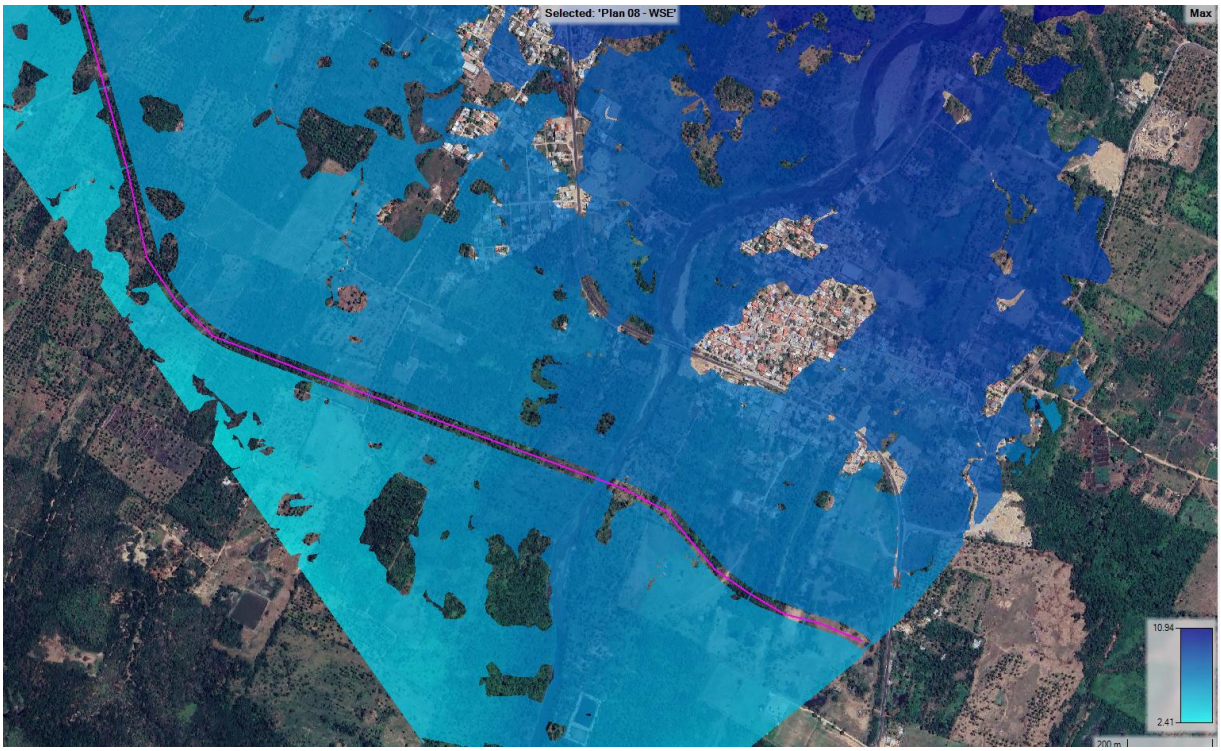


Figura 10. Planta NADI del modelo Hidraulico, TR 1000 años.

B) PLANTA DISTRIBUCION DE VELOCIDAD

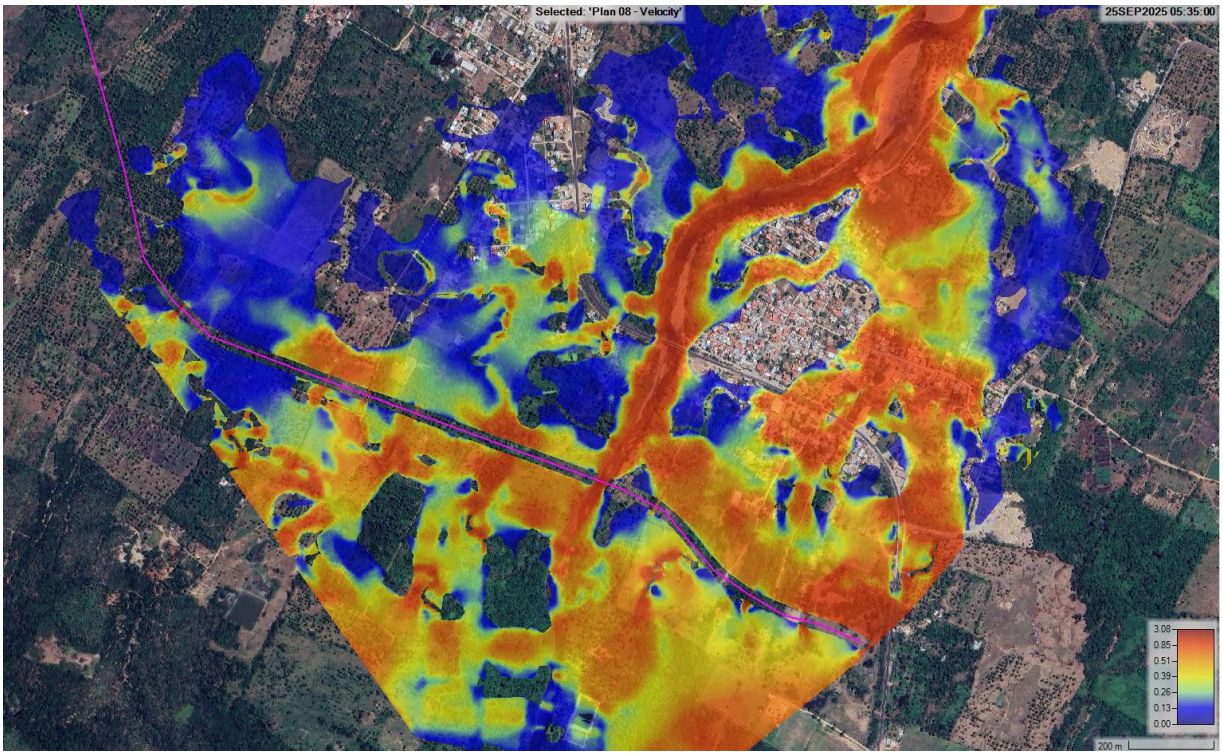


Figura 11. Planta Modelo Hidraulico, velocidad Tr 1000 años.

C) SECCION HIDRAULICA EN EL CRUCE

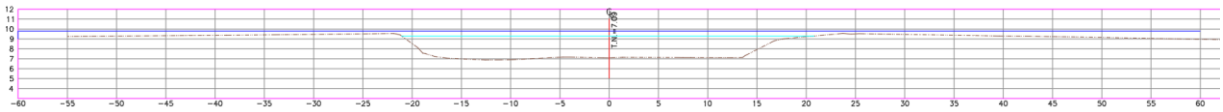


Figura 13. NADI Tr 1000 años, en la sección hidráulica en el cruce con el nuevo puente.

De acuerdo con los resultados para la condición actual, con el tránsito de la avenida de diseño el puente existente es hidráulicamente insuficiente, teniendo una elevación del agua de 6.35 m y un Bordo Libre demás de 2.0 m, hasta el nivel bajo trabe de la superestructura.

7.2 Resumene de Resultados condición actual y alternativa de proyecto

Efectuado el análisis del tránsito de las diferentes avenidas máximas consideradas, en la siguiente tabla se muestra los resultados obtenidos del modelo hidraulico HEC-RAS.

Tabla 10. Resultados Hidraulicos puente de proyecto.

RESULTADOS HECRAS				
GASTO	Q	NADI	V	BL
	(m^3/s)	(m)	(m/s)	m
TR 1000	653.14	9.80	2.24	+2.00

8.0 Conclusiones

De los resultados del estudio Hidráulico, se concluye que, para drenar el gasto de diseño, se propone un puente del orden de 60 m de longitud, el cual podrá estar ubicado entre los Km 14+910 al Km 14+970.

Al transitarse la avenida de diseño cuya magnitud correspondió a 653.14 m^3/s, asociada al periodo de retorno de 1000 años. Se obtuvo un Nivel de Aguas de Diseño, NADI de elevación 9.80 m, con una velocidad máxima del agua de 2.24 m/s. En cuanto al bordo libre, deberá ser como mínimo de 2.0 m, para el paso de cuerpos flotantes. La rasante sugerida podrá esta en la elevación 13.40 m.

Los datos de diseño hidráulico para el puente nuevo correspondientes al gasto de diseño de 653.14 m^3/s, NADI = 9.80 m y velocidad del agua de 2.24 m/s deberán de considerarse para los análisis de socavación correspondiente.

Los apoyos del puente deberán estar orientados conforme a la trayectoria de la corriente.

Los datos de diseño hidráulico deberán ser considerados para los análisis de socavación correspondientes.

CONTENIDO

1.0 ANTECEDENTES 2

2.0 OBJETIVOS Y ALCANCES. 3

3.0 DATOS GENERALES. 4

4.0 ESTUDIO HIDROLÓGICO. 8

4.1 CONDICIONES NATURALES DE LA CUENCA 9
4.1.1 FISIOGRAFÍA 11
4.1.2 GEOLOGÍA 13
4.1.3 ÁREA DE CUENCA 16
4.1.4 PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL 17
4.1.5 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN 18
4.1.6 COEFICIENTE C Y NÚMERO DE ESCURRIMIENTO N 20
4.2 ANÁLISIS DE LLUVIAS 24
4.2.1 INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA 24
4.3 CURVA I-D-TR A PARTIR DE LA FORMULA CHENG LUNG CHEN 41
4.4 PERIODO DE RETORNO 45
4.5 MÉTODOS LLUVIA - ESCURRIMIENTO 47
Resumen de Gastos obtenidos 50

5.0 GASTO DE DISEÑO 51

6.0 ANEXOS 52

1.0 Antecedentes

Durante décadas se ha venido realizando la explotación desmedida de los bosques, además de la ampliación de las áreas agrícolas y urbanas, lo cual se traduce en un gran daño ecológico irreversible para el planeta, debido a estas acciones, uno de los principales factores afectados es el ciclo natural de agua, esto puede observarse en el incremento de volumen de cualquier escurrimiento natural y a su vez en la disminución del tiempo de respuesta de una avenida, este fenomeo puede observarse fácilmente en los escurrimientos que cruzan zonas urbanas, que en la mayoría de los casos han sufrido modificaciones en su cauce natural principalmente por rectificaciones, enbovedameinto, estrangulación, etc., lo que reduce la capacidad de conducción y el tiempo de recorrido de l as corrientes de forma natural.

Dentro de las acciones del Gobierno Federal, en este caso la *Secretaria de Infraestructura Comunicaciones y Transporte* a travez de la *Direccion General de Carreteras* a encomendado la "ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 ACAPULCO – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO, donde se realizaran los trabajos necesarios para garantizar el correcto funcionamiento de las obras de drenaje menor existentes y en su caso proyectar la infraestructura requerida.

El estudio consiste en la realización de los trabajos de gabinete necesarios, como son la recopilación y el análisis de la información existente en los diferentes organismos que cuentan con información oficial de: datos climatológicos, compendios de información geográfica municipal, cartografia y mapas digitales, etc.

2.0 Objetivos y Alcances.

Obtener los gastos de diseño para periodos de retorno de 5 Y 1000 años en el cruce con el puente "Conchero II" km 14+430 de la Carretera Mex-200 Acapulco – Zihuatanejo: Tramo Pie de la Cuesta - El Embarcadero.

Para alcanzar los objetivos descritos se requiere ejecutar trabajos de gabinete, utilizando para ello los métodos y técnicas más actualizadas con que se disponga, empleando las teorías y procedimientos comunes en la práctica, así como softwares o modelos matemáticos sin contravenir las normas utilizadas por la Comisión Nacional del Agua, debiendo para estos casos indicar la bibliografía y/o condiciones bajo las cuales operan los mismos.

Con la elaboración del presente estudio se determinarán los gastos que transitaran en los cruces de las obras de drenaje menor de la vialidad, lo cual permitirá realizar la revisión hidrulica de las mismas para garantizar su correcto funcionamiento.

3.0 Datos Generales.

Localización

El estado de Guerrero esta ubicado en la región suroeste del país, limitando al norte con el Estado de México, Morelos y Puebla, al sureste con Oaxaca, al suroeste con el océano Pacífico y al noroeste con el río Balsas que lo separa de Michoacán.



Imagen 1. *Estado de Guerrero.*

El tramo de estudio se encuentra localizado entre los municipios de Coyuca de Benitez y Acapulco de Juárez, para el caso de Coyuca de Benitez tenemos que se ubica entre los paralelos 16° 54' y 17° 28' de latitud norte; los meridianos 99° 48' y 100° 19' de longitud oeste; altitud entre 0 y 3 400 m. Colinda al norte con los municipios de Atoyac de Álvarez, General Heliodoro Castillo y Chilpancingo de los Bravo; al este con los municipios de Chilpancingo de los Bravo y Acapulco de Juárez; al sur con el municipio de Acapulco de Juárez, con el Océano Pacífico y con el municipio de Benito Juárez; al oeste con el Océano Pacífico y los municipios de Benito Juárez y Atoyac de Álvarez.

Por otro lado, tenemos que Acapulco de Juárez se ubica entre los paralelos 16° 41' y 17° 14' de latitud norte; los meridianos 99° 28' y 101° 00' de longitud oeste; altitud entre 0 y 2 000 m. Colindando al norte con los municipios de Coyuca de Benítez, Chilpancingo de los Bravo y Juan R. Escudero; al este con los municipios de Juan R. Escudero y San Marcos; al sur con el municipio de San Marcos y el Océano Pacífico, al oeste con el Océano Pacífico y el municipio de Coyuca de Benítez.



Imagen 2. Municipios de Coyuca de Benitez y Acapulco de Juárez, en el Estado de Guerrero.



Imagen 3. Municipios de Coyuca de Benitez y Acapulco de Juárez, en el Estado de Guerrero.

Extensión Teritorial

Ambos municipios representan el 5.57% del total del territorio estatal.

Orografía

El estado de Guerrero es sumamente montañoso, tiene serranías, además de ser muy irregular por sus sierras madres. Es atravesado por la Sierra Madre del Sur. El Eje Volcánico Transversal origina las sierras de Sultepec y Taxco. Junto con Oaxaca, extiende su territorio por la llamada Depresión Austral, y es recorrido por la sección sureste de la Sierra Madre del Sur. El Eje Volcánico Transversal atraviesa parte de Guerrero, principalmente la Región Norte.

Hidrografía

El estado de Guerrero es cruzado por el Río Balsas, que es uno de los ríos más importantes de México. El territorio del estado se encuentra sobre tres regiones hidrológicas. La región 18 del río Balsas, de la que Guerrero ocupa el 31 % de la superficie. Tiene como presas más importantes a la Valerio Trujano en Tepecoacuilco, que surte de energía eléctrica a gran parte de la Región Norte. La región 19 de la Costa Grande ocupa el 20 % del territorio estatal, y sus ríos más importantes son el Ixtapa, Tecpan, Coyuca, La Sabana, Coyuquilla y Petatlán, además del Atoyac. Por último, la región 20 de la Costa Chica, de la que el 26,4 % de la superficie pertenece a Guerrero. No tiene muchos ríos, pero destacan el Nexpa, Ometepec y Papagayo. Los lagos y lagunas más importantes son Potosí, Mitla, Nuxco, Coyuca, Tres Palos, San Marcos (Tecomate), Chautengo, Tila, Huamuxtitlán, Tuxpan, Tixtla, Tecomate.

Clima

Más del 60 % de la superficie estatal disfruta de clima cálido subhúmedo con precipitaciones en verano, en segundo lugar tenemos el clima semicálido con lluvias en verano, en casi la quinta parte del territorio. El resto lo ocupan climas menores, entre los que destacan semicálidos y templados, todos con lluvias moderadas.

Para los Municipios de Coyuca y Acapulco se tiene un rango de temperatura de 20 a 28° C.

Flora

La flora está compuesta principalmente por árboles de amate copal, cuagiote, organeras, huizache y palmeras.

Fauna

Entre los animales más característicos de la fauna guerrerense están las iguanas, las serpientes, las lagartijas, las liebres, los conejos y los coyotes. Los animales en peligro de extinción en el Estado de Guerrero son el venado, el jaguar, el águila, la tortuga, la iguana, así como el conejo de Omiltemi, la nauyaca guerrerense de montaña, la coqueta de Atoyac y el tlaconete de Teotepec, estos últimos, de suma importancia biológica por tratarse de endemismos.

Uso de Suelo y Vegetación

En la zona se cuenta con áreas de agricultura, grandes extensiones de zonas urbanas, predominando principalmente la Selva caducifolia y selva subcaducifolia.

4.0 Estudio Hidrológico.

Antecedentes

Para dar cumplimiento con la ejecución de los Estudios y Proyectos Constructivos correspondientes al Programa de Construcción y Modernización de Carreteras en nuestro país, las cuales permitan contar con un amplio sistema carretero eficiente, seguro, de buena calidad, y el cual permita activar la economía a lo largo y ancho del país, la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, a través de la Dirección General de Carreteras, llevará a cabo la **ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 SALINA CRUZ – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO**, como parte de estos trabajos se presenta el siguiente apartado el cual corresponde a la elaboración del estudio Hidrologico.

Objeto del estudio

El estudio Hidrológico tiene como objetivo analizar las condiciones hidrográficas de la cuenca de aportación y patrones de lluvia en la zona de estudio para determinar los gastos máximos para distintos periodos de retorno y definir la magnitud de la avenida considerada como de diseño.

4.1 Condiciones naturales de la cuenca

La zona donde se proyecta la realización de la obra se ubica dentro de la zona sur del estado de Guerrero, se trata de la Carretera Mex-200 Salina Cruz – Zihuatanejo: Tramo Pie de la Cuesta - El Embarcadero, esta vía conecta la ciudad de Acapulco con Coyuca de Benitez, prácticamente es una zona urbana. La subcuenca de estudio pertenece a la Región Hidrologica 19 (RH19) denominada Costa Grande de Guerrero, también se le conoce como cuenca del Rio Atoyac. La subcuenca que analizaremos corresponde a la Bahia de Acapulco la cual drena a la Laguna de Coyuca y posteriormente desemboca al mar.

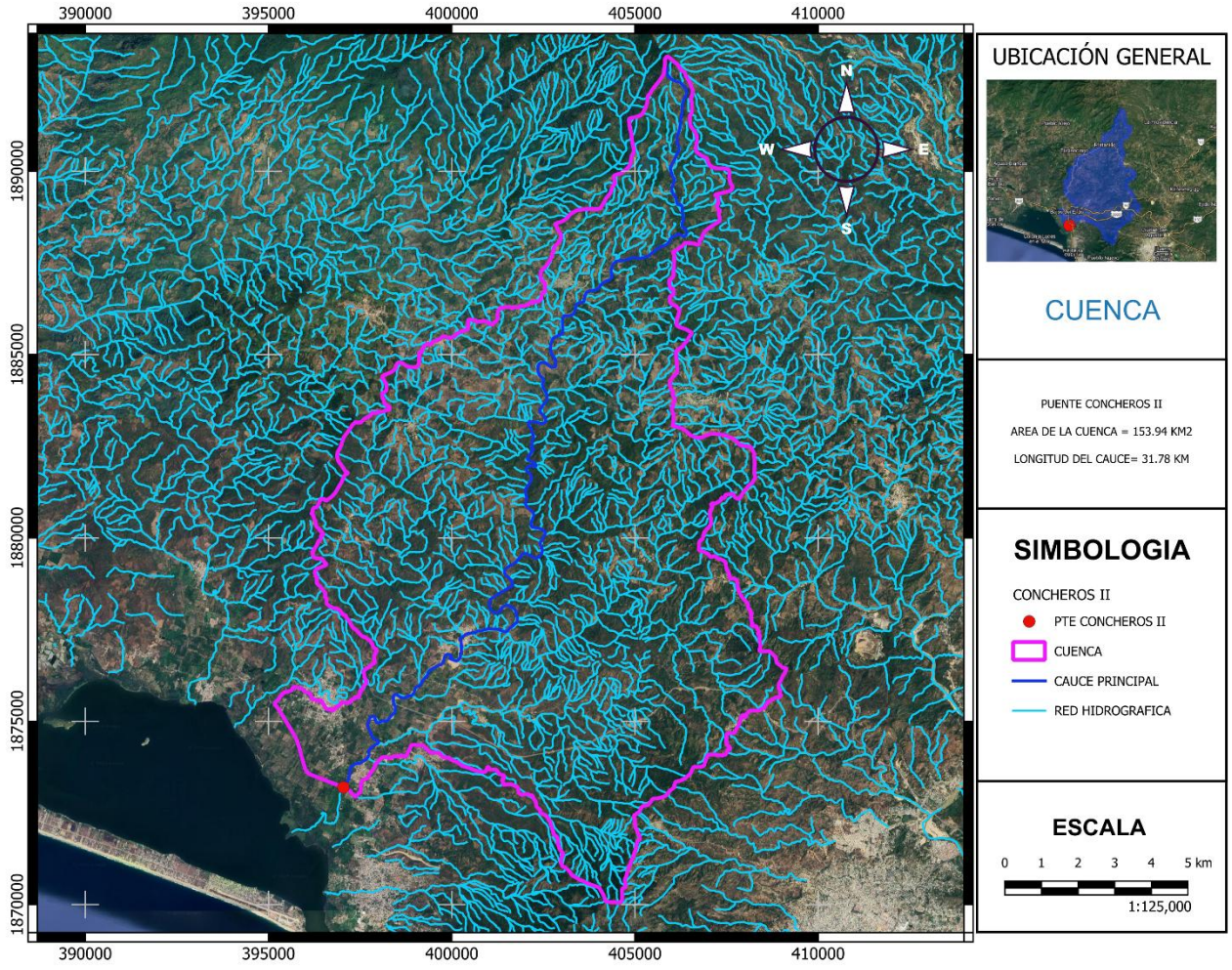


Imagen 4.- *Cuenca de estudio y su Red Hidrografica RH19.*

La topografía de la zona en la parte alta es con pendientes pronuciadas con elevaiones que van de la 1,600 hasta 0 al desembocar al mar, el desarrollo de los escurrimientos tiene muchas curvas, en general se considera un área de la cuenca en análisis de 0.83 km2, como se puede observar en el esquema de la cuenca, de igual forma como se ha descrito la zona baja de la cuenca está urbanizada, lo cual genera un escurrimiento medio.

En la siguiente imagen podemos observar de forma esquemática en color rojo la línea del tramo carretero Pie de la Cuesta - El Embarcadero



Imagen 5.- *Tramo de estudio sobre la carretera Mex-200 Salina Cruz – Zihuatanejo: Tramo Pie de la Cuesta - El Embarcadero, Fuente INEGI*

El estudio hidrológico se realiza hacia aguas arriba de cada uno de los puntos identificados como cruce del escurrimiento con la vialidad, con el fin de establecer el gasto pico en el punto de interés.

A continuación, se hara una descripción general de las características de la "Cuenca de aportacion", se ha realizado el análisis fisiográfico e hidrologico de la cuenca, de esta forma se obtendrán los gastos para la obra, al concluir con las generalidades se procedra a presentar el calculo de los gastos asociados a periodos de retorno para 5 y 1000 años, de acuerdo con su kilometraje ubicado en 20+075 de la carretera Mex-200 Salina Cruz – Zihuatanejo, Tramo Pie de la cuesta – Embarcadero.

4.1.1 Fisiografía

El relieve es la forma en que se presenta la superficie de la Tierra, En México es extraordinariamente variado, podemos encontrar desde cadenas montañosas hasta grandes planicies costeras pasando por valles, cañones, planicies y depresiones entre otras formaciones.

La Sierra Madre Occidental, con sus mesetas y cañones es uno de los rasgos más sobresalientes de este relieve, así como la Sierra Madre Oriental formada principalmente por rocas sedimentarias plegadas y el Eje Neovolcánico, al centro del país en donde encontramos las montañas más altas, con más de 5 mil metros de altitud.

Sin embargo, el conocimiento fisiográfico de una región implica, además de la identificación de los principales rasgos del relieve, la explicación de los procesos que intervinieron en su modelado y que le han dado su aspecto actual.

Las provincias fisiográficas son regiones en el que el relieve es el resultado de la acción de un mismo conjunto de agentes modeladores del terreno, así como de un mismo origen geológico, lo mismo que un mismo o muy semejante tipo de suelo y de la vegetación que sustenta.

La mayor parte de la República Mexicana está situada al sur del paralelo 30° N, es decir en la región en la que América de Norte empieza a estrecharse considerablemente; el estrechamiento se acentúa al sur del paralelo 20° N, presentándose en el istmo de Tehuantepec la primera de las depresiones orográficas inter-oceánicas que son uno de los rasgos estructurales del relieve de América Central.

El paralelo 20° N, marca cambios en la dirección de los principales accidentes del relieve del país, al norte de este paralelo los rasgos esenciales del relieve se orientan casi de oeste a este. Esta diferencia en orientación indica que en la formación del relieve de la República Mexicana intervinieron dos unidades orogénicas diferentes, de manera que estructuralmente la parte

norte pertenece a la América del Norte, en tanto que el sur pertenece a la América Central. Esto explica la enorme complejidad del relieve en la parte Central del país.

Para una mejor comprensión y estudio de esta diversidad estructural, la Dirección General de Geografía del INEGI determinó una división en 15 regiones fisiográficas que son:

1. Península de Baja California
2. Llanura Sonorense
3. Sierra Madre Occidental
4. Sierras y Llanuras del Norte
5. Sierra Madre Oriental
6. Grandes Llanuras de Norteamérica
7. Llanura Costera del Pacífico
8. Llanura Costera del Golfo Norte
9. Mesa del Centro
10. Eje Neovolcánico
11. Península de Yucatán
12. Sierra Madre del Sur
13. Llanura Costera del Golfo Sur
14. Sierras de Chiapas y Guatemala
15. Cordillera Centroamericana

La zona de estudio se ubica dentro de la zona número 12 que corresponde a la Sierra Madre del Sur, en las subprovincias Costas del Sur y Cordillera Costera del Sur, con un sistema de topoformas correspondiente en su mayoría a sierras y llanuras.



Imagen 6.- *Zonas Fisiograficas de Mexico, Fuente INEGI*

Las características fisiográficas condicionan el comportamiento hidrológico de una cuenca, ya que funciona como un colector que recibe y conduce las precipitaciones pluviales dentro de una cuenca de captación, existen pérdidas (infiltración, retención por la cubierta vegetal, etc.)

siendo una función bastante compleja que depende de numerosos factores, entre los que predominan el clima y la configuración del terreno en el que se desarrollan los fenómenos hidrológicos, los índices y magnitudes físicas de la cuenca expresan en términos simples los valores medios de ciertas características del terreno, ya que juegan un papel muy importante y rigen las condiciones de su régimen hidrológico.

Las principales características fisiográficas de una cuenca hidrográfica son:

- Área de la cuenca de aportación,
- Pendiente media del cauce principal, y
- El coeficiente de escurrimiento.

4.1.2 Geología

El estado de Guerrero se ubica en la región suroeste de México, sobre la costa del Océano Pacífico, su territorio es sumamente montañoso y uno de los más complejos de México

La estratigrafía está formada por rocas metamórficas del Precámbrico y Paleozoico que ocupan el centro y norte de la entidad. También, existen rocas metamórficas y volcánicas del Paleozoico y Mesozoico que se localizan al centro y sur del estado. Las rocas sedimentarias y volcánicas del Mesozoico y Cenozoico se localizan en el sureste del estado. Al noroeste del estado se identifican rocas sedimentarias y volcánicas del Paleozoico y Mesozoico. Los depósitos más recientes están conformados por rocas sedimentarias y volcánicas del Paleozoico y Mesozoico, además de rocas ígneas intrusivas y extrusivas del Cenozoico que se sitúan al noroeste del estado.

En los municipios de Coyuca de Benitez y Acapulco de Juarez predominan principalmente rocas metamórficas del Terciario, Jurásico, Cuaternario, Paleógeno, pudiendo encontrarse suelos de las siguientes características: Ígnea intrusiva: granitogranodiorita, granito, granodiorita y tonalita. Ígnea extrusiva: andesita. Sedimentaria: conglomerado. Metamórfica: gneis. Suelo: aluvial, litoral y lacustre.



Imagen 8.- *Provincias Geológicas Municipios de Coyuca de Benitez y Acapulco de Juarez. Fuente INEGI*

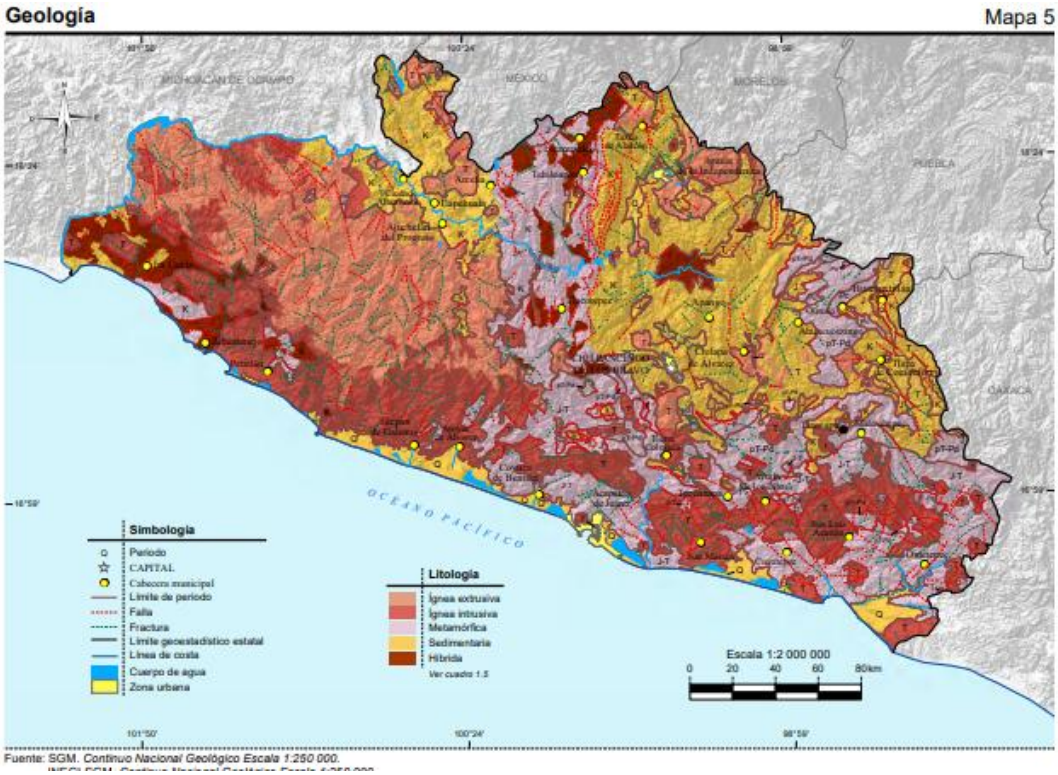


Imagen 9.- *Mapa Geológico de Guerrero*

Edafologia

Guerrero, uno de los estados más bellos de México, se caracteriza por su diversidad geográfica y suelos fértiles. La región cuenta con diferentes tipos de suelo que son propicios para distintos cultivos y actividades agrícolas.

La ubicación geográfica de Guerrero y su clima tropical lo convierten en un lugar ideal para el cultivo de diversos productos agrícolas. Sin embargo, cada tipo de suelo tiene características únicas que influyen en su potencial productivo. Conocer los tipos de suelo en Guerrero es fundamental para garantizar una agricultura sostenible y aprovechar al máximo los recursos naturales de la región.

En Guerrero, encontramos una gran diversidad de suelos, desde los más fértiles hasta los más áridos. La región donde se localizan los municipios de Coyuca de Benitez y Acapulco de Juarez se compone principalmente de los siguientes tipos de suelo: Regosol, Luvisol, Cambisol, Phaeozem, Leptosol, Solonchak, Arenosol.



Imagen 10.- *Suelos dominantes en los Municipios de Estudio. Fuente INEGI*

4.1.3 Área de cuenca

Con base en el empleo de Sistemas de Información geográfica (SIG), se localizó la coordenada del cruce del puente Embarcadero I sobre el cauce en estudio, para ello se tomaron datos la topografía obtenida a partir del modelo digital de elevación MDE del INEGI con resolución de 15 x 15 m, carta topográfica E14C57 e imágenes satelitales.

Del análisis de esta información cartográfica y topográfica, se obtuvieron los principales parámetros fisiográficos de la cuenca, mismos que se emplearán para realizar los análisis lluvia - escurrimiento.

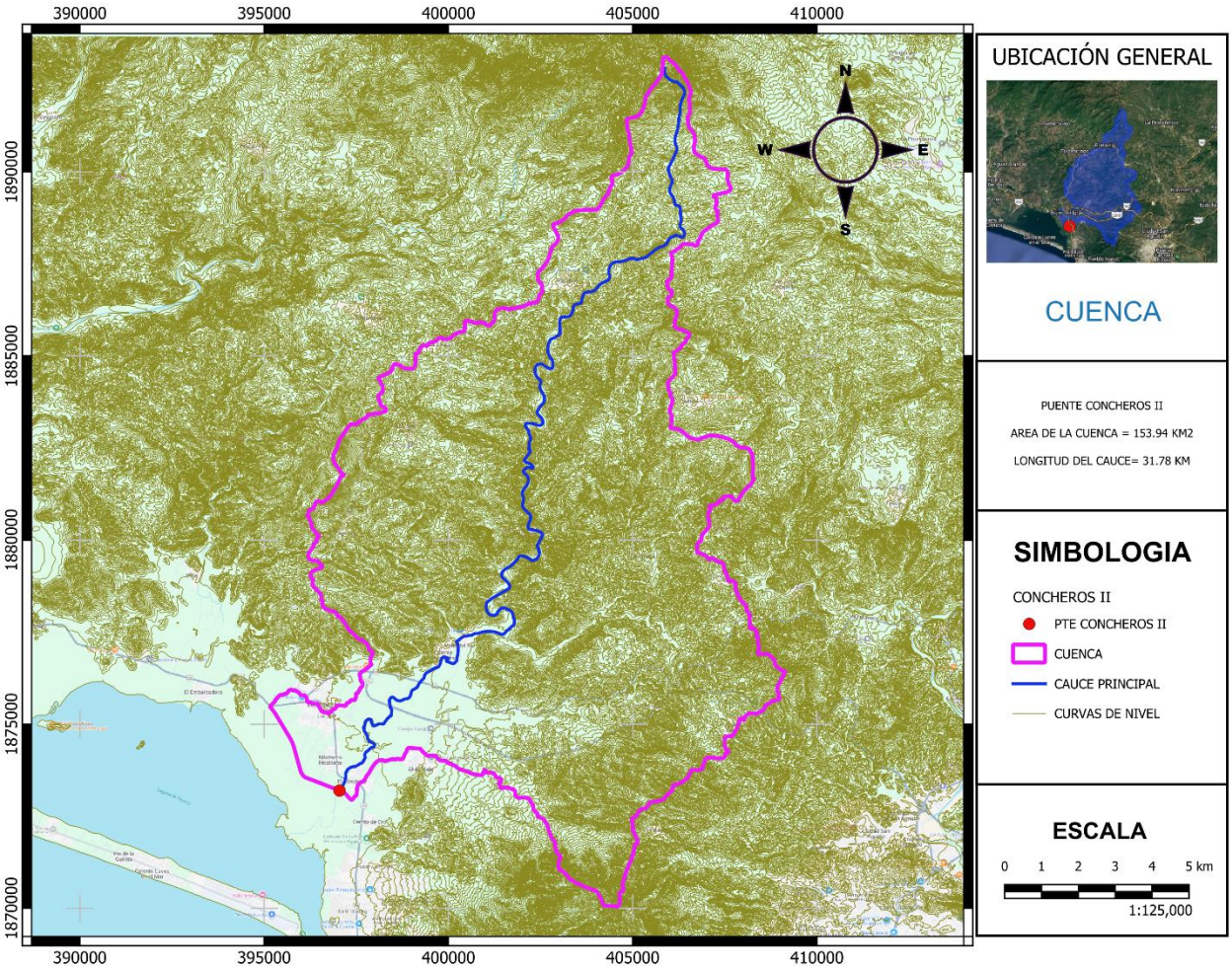


Imagen 7.- *Area de la Cuenca Concheros II, Trazo con LIDAR de INEGI*

Recordemos que para este caso en particular se están analizando los puntos particulares de las obras identificadas por los escurrimientos que cruzan el tramo carretero en estudio, por lo que, fue necesario identificar cada una de estas microcuencas formadas al interior de la cuenca principal que se muestra en la imagen anterior.

4.1.4 Pendiente del cauce principal

La pendiente de la cuenca tiene una importante correlación con la infiltración del escurrimiento superficial y la humedad del suelo. Es uno de los factores físicos que controla el flujo sobre el terreno y tiene una influencia directa en la magnitud de las avenidas y crecidas.

Dado que está pendiente varia a lo largo del cauce es necesario determinar una pendiente media, para el presente estudio se utilizo el método propuesto por Taylor y Schwarz.

La fórmula propuesta considera que un río está formado por n tramos de igual longitud, cada uno de ellos con pendiente uniforme, ésta tiene una mejor aproximación, cuanto más grande sea el número de tramos, en los cuales se subdivide el perfil longitudinal del río o arroyo a analizar.

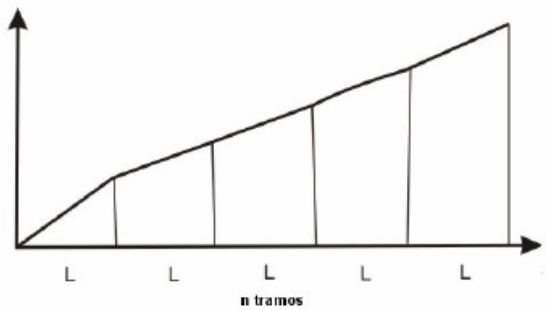
$$S = \left[\frac{n}{\frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + ... + \frac{1}{\sqrt{S_n}}} \right]^2 \quad ... (2.17)$$

donde:

n = número de tramos iguales, en los cuales se subdivide el perfil

$S_1, S_2, \ldots, S_n$ = pendiente de cada tramo, según $S = \frac{H}{L}$

S = pendiente media del cauce



N tramos de la longitud de un cauce

4.1.5 Tiempo de concentración

El tiempo de concentración (tc) se define como el tiempo teórico que tarda una partícula, gota de agua, en trasladarse por el cauce principal desde su nacimiento en la parte alta de la cuenca, hasta su salida en el sitio de estudio. Se calcula en función de la longitud y la pendiente media del cauce principal, su unidad de medida es en horas y se determinó mediante los siguientes métodos.

Como se indicó la condición para obtener el gasto máximo es que la duración, de la lluvia sea igual o mayor que el tiempo Tc de concentración de la cuenca. Si se logra determinar este último, se puede definir la lluvia en exceso y la intensidad para el tiempo de concentración seleccionado, que es uno de los elementos de la expresión del coeficiente de escurrimiento C.

Algunos autores han propuesto formulas empíricas para determinar de manera aproximada el tiempo de concentración, entre las cuales se presentan las siguientes:

Formula de Rowe:

$$Tc = \left(\frac{0.86\,L^2}{S}\right)^{0.385}$$

Donde:

Tc= Tiempo de concentración de la cuenca en horas
L = Longitud del colector principal en kilómetros
S = Pendiente del colector principal expresada al millar.

Formula de Kirpich:

$$Tc = 0.0003245\left(\frac{L}{\sqrt{S}}\right)^{0.77}$$

Donde:

Tc= Tiempo de concentración de la cuenca en horas
L = Longitud del colector principal en metros

S = Pendiente del colector principal (relación directa).

Formula del Servicio de Conservación del Suelo (SCS):

$$Tc = \left(\frac{L^{1.15}}{3085D^{0.38}}\right)$$

Donde:

Tc= Tiempo de concentración de la cuenca en horas
L = Longitud del colector principal en metros
D = Desnivel máximo sobre el colector principal en metros.

Formula de Chow:

La fórmula de Chow es aplicable a cuencas pequeñas, como el caso que se desarrolla en este proyecto, de igual forma al aplicar la fórmula para cuencas pequeñas se determina que TC = Tr (el tiempo de concentración es igual al tiempo de retraso), a continuación, se presenta la fórmula para cuencas pequeñas:

$$Tc \approx Tr = 0.00505\left(\frac{L}{\sqrt{S}}\right)^{0.64}$$

Donde:

Tc= Tiempo de concentración en horas o de retraso en cuencas pequeñas.
Tr = Tiempo de retraso en horas
L = Longitud del colector principal en metros
S = Pendiente del colecto principal en por ciento.

4.1.6 Coeficiente C y número de escurrimiento N

El coeficiente C representa la relación entre el volumen escurrido y el llovido, y depende del tipo de terreno o superficie de la cuenca en estudio.

Cuando el área de la cuenca está constituida por diferentes tipos de cubierta y superficies, el coeficiente de escurrimiento C puede obtenerse en función de las características de cada porción del área como un promedio ponderado, con el apoyo de la expresión:

$$C = \frac{C_1A_1 + C_2A_2 + \cdots + C_nA_n}{A_1 + A_2 + \cdots . + A_n}$$

donde: C = Coeficiente de escurrimiento.

Ai = Área parcial.

Ci = Coeficiente parcial.

Una estimación el coeficiente de escurrimiento C puede obtenerse con la tabla 3, indicada en el manual "M-PRY-CAR-1-06-003-00" de la Secretaría de Infraestructura de Comunicaciones y Transportes.

Tipo de superficie por drenar	Pendiente (%)	Coeficiente de escurrimiento (*C*)	
		Mínimo	Máximo
A) Praderas:			
1. Suelo arenoso plano	< 2	0,05	0,10
2. Suelo arenoso medio	2 a 7	0,10	0,15
3. Suelo arenoso empinado	> 7	0,15	0,20
4. Suelo arcilloso plano	< 2	0,13	0,17
5. Suelo arcilloso medio	2 a 7	0,18	0,22
6. Suelo arcilloso empinado	> 7	0,25	0,35
B) Zonas pavimentadas:			
1. Pavimento asfáltico	---	0,70	0,95
2. Pavimento de concreto hidráulico	---	0,80	0,95
3. Pavimento adoquinado	---	0,70	0,85
4. Estacionamientos	---	0,75	0,85
5. Patios de ferrocarril	---	0,20	0,40
C) Zonas residenciales:			
1. Unifamiliares	---	0,30	0,50
2. Multifamiliares, espaciados	---	0,40	0,60
3. Multifamiliares, juntos	---	0,60	0,75
4. Suburbanas	---	0,25	0,40
5. Casas habitación	---	0,50	0,70
D) Zonas comerciales:			
1. Zona comercial (áreas céntricas)	---	0,70	0,95
2. Areas vecinas	---	0,50	0,70
E) Zonas industriales:			
1. Construcciones espaciadas	---	0,50	0,80
2. Construcciones juntas	---	0,60	0,90
F) Campos cultivados	---	0,20	0,40
G) Zonas forestadas	---	0,10	0,30
H) Parques y cementerios	---	0,10	0,25
I) Areas de recreo y campos de juego	---	0,20	0,35
J) Azoteas y techados	---	0,75	0,95

Tabla 4. Valor del coeficiente de escurrimiento C.

Una variable importante dentro del análisis hidrológico es el **Número de escurrimiento N**, el cual depende del uso, tipo y composición del suelo y pendiente del terreno, es decir de las propiedades y condiciones hidrológicas de infiltración del suelo. El valor de N puede variar entre 0 y 100, siendo N = 0 cuando no hay escurrimiento y N = 100 cuando el volumen de escurrimiento es igual al de la precipitación.

Tabla 1. Selección del Número de escurrimiento.

Uso de la tierra o cobertura	Condición de la superficie	Tipo de suelo			
		A	B	C	D
Bosques sembrados y cultivados	Ralo, baja transpiración	45	66	77	83
	Normal, transpiración media	36	60	73	79
	Espeso o alta transpiración	25	55	70	77
Caminos	De tierra	72	82	87	89
	De superficie dura	72	84	90	92
Bosques naturales	Muy ralo o baja transpiración	56	75	86	91
	Ralo, baja transpiración	46	68	78	84
	Normal, transpiración media	36	60	70	76
	Espeso o alta transpiración	26	52	62	69
	Muy espeso o alta transpiración	15	44	54	61
Descanso (sin cultivo)	Surcos rectos	77	86	91	94
Cultivos de surco	Surcos rectos	70	80	87	90
	Surcos en curvas de nivel	67	77	83	87
	Terrazas	64	73	79	82
Cereales	Surcos rectos	64	76	84	88
	Surcos en curvas de nivel	62	74	82	85
	Terrazas	60	71	79	82
Leguminosas (sembradas con maquinaria al voleo) o potrero de rotación	Surcos rectos	62	75	83	87
	Surcos en curvas de nivel	60	72	81	84
	Terrazas	57	70	78	82
Pastizal	Pobre	68	79	86	89
	Normal	49	69	79	84
	Bueno	39	61	74	80
	Curvas de nivel, pobre	47	67	81	88
	Curvas de nivel, normal	25	59	75	83
	Curvas de nivel, bueno	6	35	70	79
Potreo (permanente)	Normal	30	58	71	78
Superficie impermeable		100	100	100	100

Este se pude determinar por medio de las cartas de tipo de suelo (edafología), uso de suelo y vegetación obtenida del INEGI.

Grupo de suelos	*Descripción de las características del suelo*
Tipo A	Suelos con potencial de escurrimiento mínimo. Incluye gravas y arenas de tamaño medio, limpias y mezcla de ambas.
Tipo B	Suelos con infiltración media inferior a la del grupo A. Incluye arenas finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezclas de arena y limo.
Tipo C	Suelos con infiltración media inferior a la del grupo B. Comprende arenas muy finas, arcillas de baja plasticidad, mezclas de arena, limo y arcilla.
Tipo D	Suelos con potencial de escurrimiento máximo. Incluye principalmente arcillas de alta plasticidad, suelos poco profundos con subhorizontes casi impermeables cerca de la superficie.

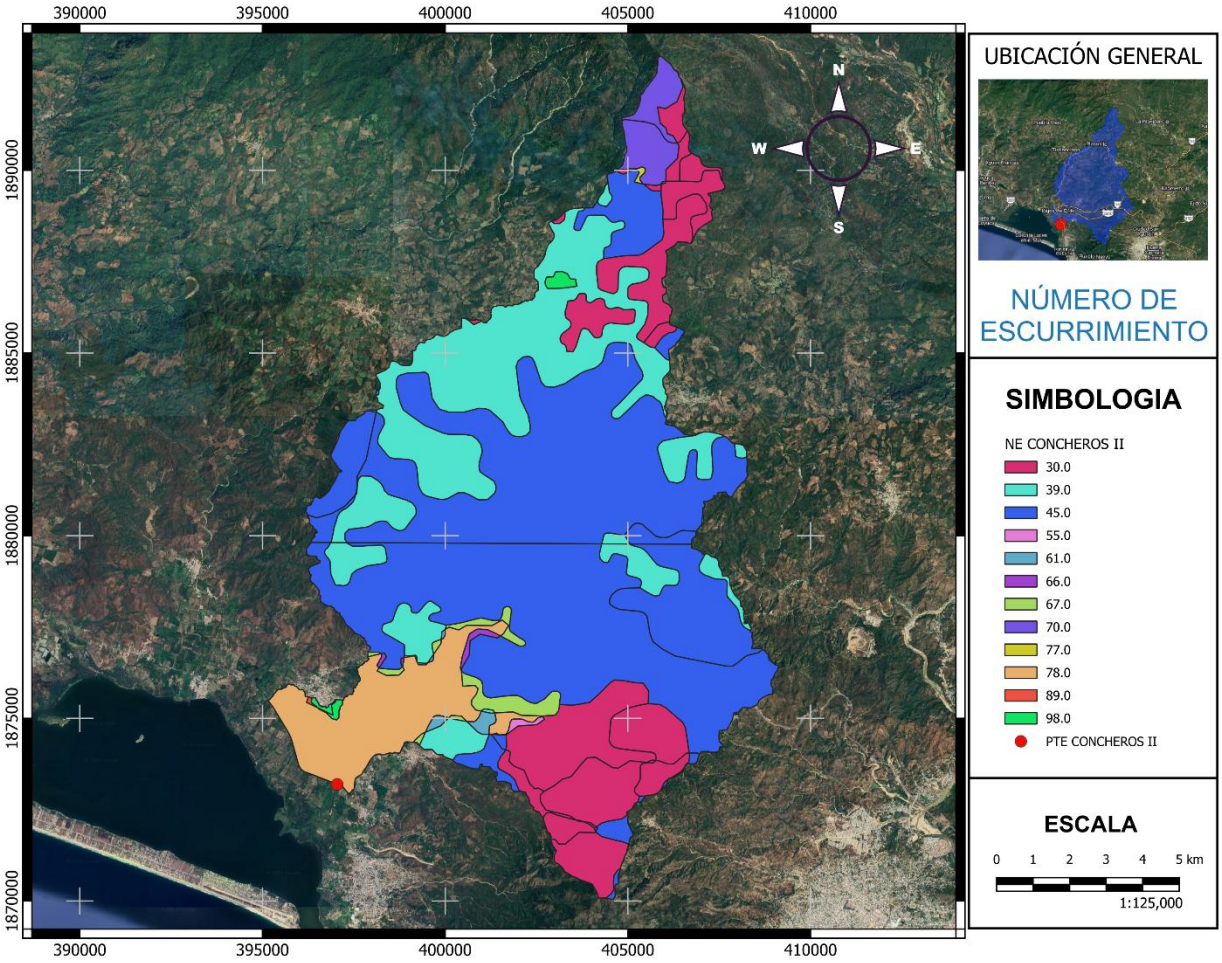


Imagen 13.- *Numero de escurrimiento en la zona de estudio*

A continuación, en la siguiente tabla se indican los valores de los principales parámetros fisiográficos calculados en la cuenca de estudio.

DATOS DE CUENCA		
Area	153.937	km^2
Longitud de cauce principal	30,476.40	m
	30.48	km
Elevación del punto mas alejado	1,500.23	msmn
Elevación del punto de salida	4.00	msnm
Diferencia de elevaciones de entrada y salida	1,496.23	m
Pendiente Taylor Schwarz	0.00375	
Tiempo de concentración (kirpich)	7.911	horas
	474.68	minutos

4.2 Análisis de Lluvias

Con la información de las estaciones climatológicas seleccionadas anteriormente, se procedió a efectuar un análisis probabilístico con el programa AFA, aplicando funciones de Probabilidad, de acuerdo con los métodos: Gumbel, Nash, Normal, Log Normal, Gamma 2, Pearson III, etc.

Aplicando a la muestra de lluvias de la Zona, las funciones de Probabilidad anteriores, se determinó la función con mejor ajuste probabilístico, de esta forma se podrá extrapolar con dicha función, los valores de lluvias correspondientes a diferentes períodos de retorno.

Esos valores puntuales obtenidos a partir de los registros históricos de cada estación son representativos de sólo el sitio donde se ubica dicha Estación Climatológica, a continuación, se presenta el procedimiento para obtener los resultados adecuados a toda la cuenca.

4.2.1 Información climatológica

La zona de estudio cuenta con varias estaciones climatológicas, por lo que se ubicaron cada una de las que podrían tener incidencia en la zona de proyecto y se establecieron los polígonos de Thiessen con el objetivo de determinar la influencia de cada una de las estaciones seleccionadas.

NOMBRE	CLAVE	PERIODO DE REGISTRO		LATITUD	LONGITUD
TEPETIXTLA	12086	01/12/1962	31/10/2022	17.2166667	-100.11222
CARRERA LARGA	12016	01/03/1953	31/12/2021	17.0416667	-100.11667
LAGUNA DE COYUCA	12219	01/09/1981	31/05/2023	17.0072222	-100.0875
ACAPULCO DE JUAREZ (SMN)	12142	01/08/1972	30/04/2023	16.8663889	-99.905556
LA SABANA	12183	01/06/1978	31/05/2023	16.8880556	-99.861944
LAGUNA TRES PALOS	12223	01/12/1981	31/12/2022	16.8297222	-99.778333

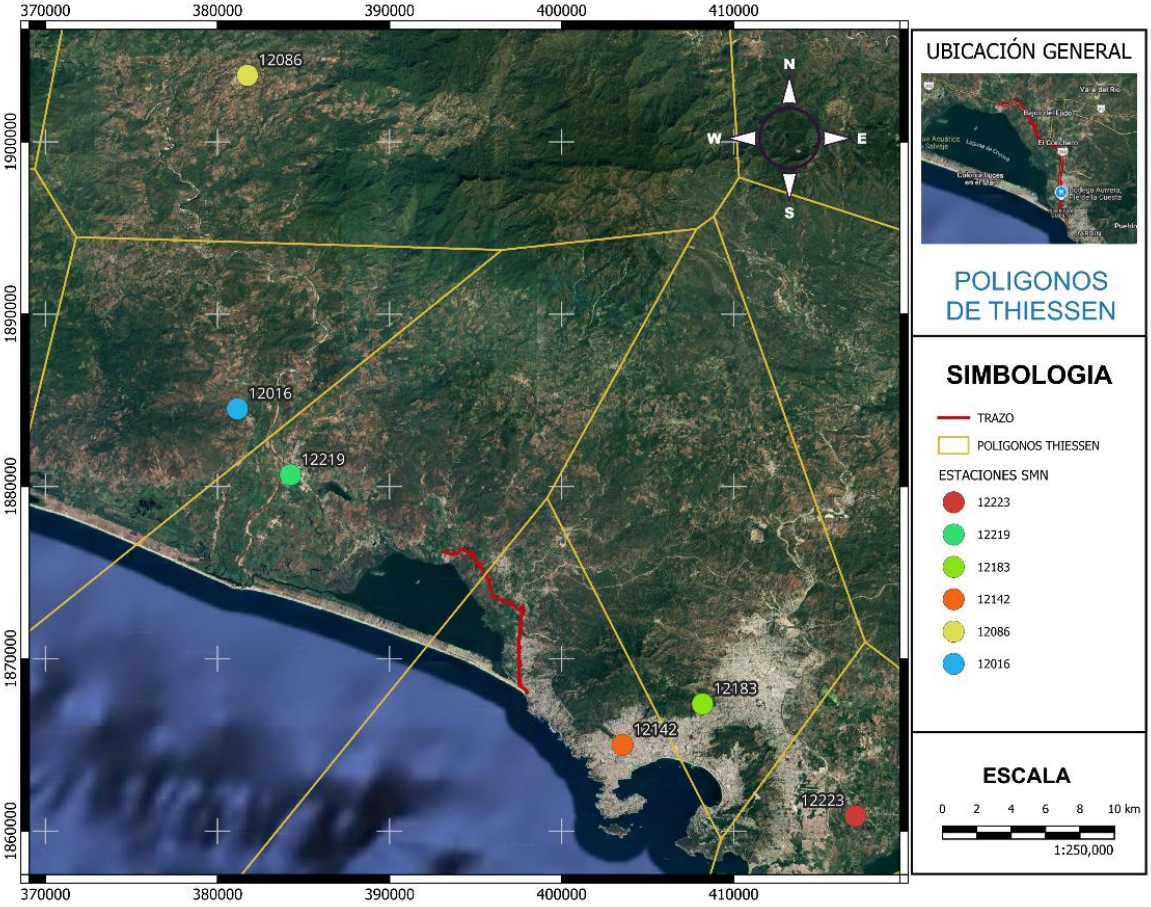


Imagen 11.- *Estaciones Climatologicas en el área de estudio.*

Como se puede observar en la siguiente imagen, al establecer los polígonos de Thiessen formados apartir de la ubicación de las estaciones climatológicas de la zona, se determina que hay 3 estaciónes con influencia en la zona de estudio que son: 12219 Coyuca de Benitez, 12183 la sabana y 12142 Acapulco de Juarez.

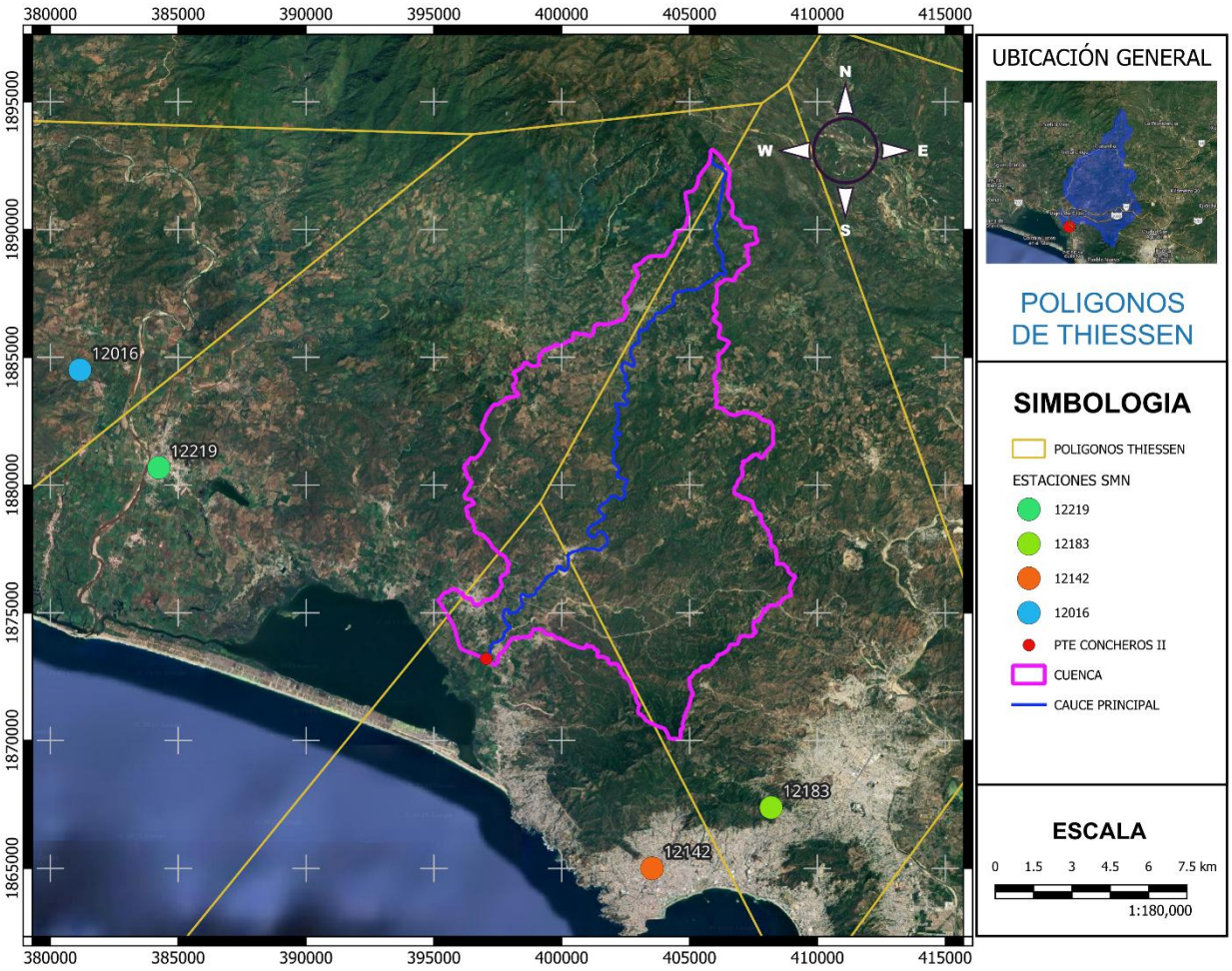


Imagen 12.- *Poligonos de Thiessen en el área de estudio.*

A continuación, se muestran los datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua, a través del Sistema Metereologico Nacional, mismos que corresponden a los registros de Precipitación Máxima en 24 horas

Gobierno de México | Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTE** **Dirección General de Carreteras** **Dirección Ejecutiva de Proyectos** **Dirección Técnica**
"ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 ACAPULCO – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO.	**ESTUDIO HIDROLOGICO**

NOMBRE : LAGUNA DE COYUCA
ESTADO : GUERRERO
MUNICIPIO : COYUCA DE BENÍTEZ
SITUACIÓN : OPERANDO
CLAVE: 12219
LATITUD : 17.00722222 °
LONGITUD : -100.0875 °
ALTITUD : 40 msnm

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MAXIMAS	DATOS
1981									10.5	105.7	8.8	0	105.7	100
1982	0	0	0	0	33.5	70.1	42.5	20	100	19.5	0	0	100	89
1983	3	0	0	0	0	89	82	43.5	42	70	2.5	4.5	89	280
1984	33.5	0	0	0	2.5	60	89.5	62.5	280	8	2.5	0	280	97
1985	6.5	0	0	0	0	98	67.5						98	77
1986	0	0	0	14	13	59	60	97	87	39.5	10	2	97	120
1987	0	2.5	16	2.5	25	67	40	65	31	3.5	77	0	77	157
1988	0	0	0	0	0	63.5	60	120	47	6	0	0	120	125
1989	0	0	0	0	0	80	52	78.5	157	20	1.5	0.4	157	62
1990	0	0	0	0	0	60	50	125	30	10	0	0	125	101.5
1991	0	0	0	0	0	53	62	19	52	35.5	20.2	21.5	62	141.5
1992	51	35	0	0.01	0.01	25	51.5	78	101.5	58	8.5	17.5	101.5	75
1993	0	0	0	0	0	141.5	101	35.5	60	21	1.5	0	141.5	138.5
1994	0	0	0	0	20.5	60	75	25	32.5	27	4.5	0	75	175
1995	0	8	0	2	17	32	52.5	138.5	60	67	3.5	28	138.5	342.5
1996	0	0	0	0	6	175	40	95	112.5	100	2	0	175	71.5
1997	0	0	0	0	42	50	14	17	93.5	342.5	23.5	8.5	342.5	180.5
1998	0	0	0	0	0	49.5	61	54.5	71.5	45	0.01	0	71.5	114.5
1999	0	0	0	0	0	180.5	54.5	60	90	38	45	0	180.5	83.5
2000	0												0	124
2001							76.5	40	53	0	0	15	76.5	80.5
2002	10.5	0	0	0	7	60.4	10	14.5	114.5	30.5	0	0	114.5	120.7
2003	0	0	0	0	0	67	20	40.5	83.5	18.4	0	0	83.5	84
2004	30	0	0	0	85.5	37	80	40	124	44	0	0	124	145.3
2005	10	0	0	0	0	22	80.4	60.8	80.5	80.5	0		80.5	105.3
2006			0	0	0	120	110	120.7	80.5	74.5	16.5	0	120.7	170.2
2007	0	0	0	0	15.5	70.7	20	84	20	22	0	0	84	125.2
2008	0	0	0	0	17	80	60.4	70.4	60.3	145.3	0	0	145.3	140.3
2009	0	0	0	0	5.5	105.3	85.2	90.2	85.2	60.2	0	0	105.3	90.2
2010	70.2	70.2	0	0	0	65	80.2	170.2	95.3	0	0	0	170.2	125
2011	0	0	0	0	10.2	125.2	110.2		75	110.2	0	0	125.2	90.3
2012	0	0	0	0	3	140.3	10.2	80.3	50.2	55.2	0	0	140.3	150
2013	10	0	0	0	0	25	65.3	15.2	30.2	90.2	10	0	90.2	85.2
2014	0	0	0	0	110.8	125	15.2	110	80	90	60	30	125	86
2015	0	0	15	0	15	65.2	60.3	40.3	90.3	50.2	50.3	0	90.3	120
2016	0	0	75	0	0	40.3	70	150	110	30.2	20.2	0	150	180.3
2017	0	0	0	0	70	60.3	85.2	65.2	60.2	50	0	0	85.2	110
2018	0	0	0	0	23.2	86	30	34	60.2	53	35	0	86	180
2019	0.6	6	0	0	15	120	40	80	72	50	45	0	120	80
2020	0	0	0	0	0	55	65	180.3	35	5	0	0	180.3	
2021	0	0	0	0	0	70	75	110	80	40	0	0	110	
2022	0	0	0	0	25	120	40	50	180	60	10	0	180	
2023	0	0	0	0	0								0	
2024	0	0	0	0		40	55	75	40	80	0		80	

Gobierno de México | Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTE** **Dirección General de Carreteras** **Dirección Ejecutiva de Proyectos** **Dirección Técnica**
"ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 ACAPULCO – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO.	**ESTUDIO HIDROLOGICO**

ESTACIÓN : 12183
NOMBRE : LA SABANA
ESTADO : GUERRERO
MUNICIPIO : ACAPULCO DE JUÁREZ
SITUACIÓN : OPERANDO
LATITUD : 16.88805556 °
LONGITUD : -99.86194444 °
ALTITUD : 460 msnm

MÁXIMA 24 H.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MAXIMO
1978						19.4	38.7	28.5	64.5	30	15.6	7	64.5
1979	0	0.8	0	0	1.9	119.5	110	95.3	79	43	0	0	119.5
1980	44.5	0	0	0	16.5	53	91.4	64.8	93.2	27.3	0	0	93.2
1981	22.5	0	0	0	0	43.5	146	208.5	30.5	78.5	0	0	208.5
1982	0	0	0	0	46.7	30.7	92.2	65	62.7	40	0	0	92.2
1983	0.6	37.8	20.5	0	4	61.7	52.4	67.1	42.4	55	3.8	3.2	67.1
1984	27	0	0	0	11.4	28.5	130.3	72.8	295	0.4	1.7	0	295
1985	29.5	0	0	0	7.7	39.7	85.2	94.7	92.8	120.5	0	0	120.5
1986	0	0	0			21	20.5	76	141.7	31	53.3		141.7
1987	0	0	0	0	26	28.5	65.5	59	34.5	22.5	56.5	0	65.5
1988	0	0	0	0	0	174	60	168	78	1	0	0	174
1989	0	0	0	0	0	84.5	71.5	95	134	7.6	3.5	16.5	134
1990	0	0	0	0	8.5	58.3	100	38	29.4	45.3	3	0	100
1991	0	0	0	0	0	105	45.3	7.8	62	33.7	8.8	1.5	105
1992	17	26.5	0	0	0.01	40	126	122	54	85.2	1.8	15	126
1993	0	0	0	0	0	161.5	197	85.3	119	55.5	0	0	197
1994	0	0	0	0	48	94.5	22.5	61.5	40	47	0.01	4.6	94.5
1995	0	9.5	0	25	9.8	40	55	258	90	8.5	0	25.5	258
1996	0	0	0	0	45	197	104	140	42	50	2.5	0.5	197
1997	1	0	0	0	20	21.2	58	8.5	48.5	316.3	11.5	16.5	316.3
1998	0	0	0	0	0	111.5	129.5	50.9	111.8	115	0	0	129.5
1999	0	0	0	0.01	0.01	135.9	129.5	56.5	63.3	25.5	0	0	135.9
2000	0	0	0	0	40	61.7	96.3	30.4	22.5	22.5	0	24.6	96.3
2001	0	0	27.5	0	26	75.5	159.5	58	19.5	0	0		159.5
2002	5	0	0	0	0	6	0	0	3.8	0	3.4	0	6
2003						10	20	20	12.5	5.3	0	0	20
2004	1.2	0	0	9.5	7.3	10.2	6.3	20.1	20	18	0	0	20.1
2005	0	0	0	0	0	0	12.3	6.5	10.2	0	0	0	12.3
2006	0	0	0	0	0	10.5		7.8	84.7	51.8	23.3	0	84.7
2007	0	0	0	0	16.8	0	58.9	285.3	79.6	110.1	0	31.3	285.3
2008	0	0	0	0	0	63.3	150.1	81.3	65.8	0	0	0	150.1
2009	0	0	0	0	43.5	31.5	53.7	82.1	71.3	0	0	0	82.1
2010	30.9	45.9	0	0	0	0	76.8	21.9	0	0	0	0	76.8
2011	0	0	0	0	0	25.9	30.1	33.1	23.9	0	0	0	33.1
2012	0	0	0	0	0	0	0	31.3	21.3	0	0	0	31.3
2013	0	0	0	0	0	36.9	56.8	23.3	40.8	27.1	0	0	56.8
2014	0	0	0	0	62.5			35.3	32.1	0	0	0	62.5
2015	0	0	0	0	33.7	40.3	21.5	29.8	32.9	25.2	0	0	40.3
2016	0	0	22.5									0	22.5
2017	0	0	0	0	62	53.7	38	77.8	120.3	68.6	0	0	120.3
2018	0	0	0	0	70.9	70.5	0	35	93.5	30.7	20.2	0	93.5
2019	0	0	0	0	3.5	4.6	5.7	9.5	11.9	4.3	2.8	0	11.9
2020	0		0	0	0	80.5	78.8	110	76.1	50.8	0	0	110
2021	0	0	0	0	0	0	0	70.9	80.9	70.9	0	0	80.9
2022	0	0	0	0	20.9	200	0	0	90.6	0	0	0	200
2023	23	0	0	0	0								23

ESTACIÓN : 12142
NOMBRE : ACAPULCO DE JUAREZ (SMN)
ESTADO : GUERRERO
MUNICIPIO : ACAPULCO DE JUÁREZ
SITUACIÓN : OPERANDO
LATITUD : 16.86638889 °
LONGITUD : -99.90555556 °
ALTITUD : 20 msnm

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MAX	DATOS
1972								46.5	102	20.5	33	0	102	193.8
1973	0	0	0	45.5	25	193.8	59	143.5	163.4	83	35.5	0	193.8	260
1974	0	0	0	0	0	260	98.4	69.2	129.5	27.8	2	10	260	186.5
1975	0.5	0	0	0	0.2	186.5	52.5	44	128.6	36.3	10.4	0	186.5	148.5
1976	0	0	0	0	0.8	148.5	2	43.5	19.7	144.1	59.2	0	148.5	102
1977	43	0	0	0	6	39.5	69	80.5	102	16.3	1.5	53	102	103.2
1978	0	9.5	1	0	103.2	59.9	51	33	40	21.2	5.7	0.4	103.2	115
1979	0	2	0	0	1.6	76.5	59.2	68	115	51.5	0	6.5	115	153.5
1980	44.8	7.9	0	1.2	8	19	79	91.5	153.5	41.4	14.4	0	153.5	267
1981	44	0	0	0	0.2	60	143.8	267	23.7	56.2	0.5	0	267	64.3
1982	0	0	0	1.3	44.3	60.5	30	43.5	45	64.3	0	0	64.3	79
1983	5	34.5	17.8	0	5	52	73	79	49.5	54.7	4.6	18.6	79	87
1984	33.2	0	0	0	38.1	49.6	71.1	41.5	87	0	2.8	0	87	98.2
1985	40.8	0	0	0	0.4	43.5	90.5	49.2	98.2	27.5	0.8	1	98.2	96.5
1986	0	0	0	2	27.2	27.5	24.5	96.5	69.2	72.5	18.1	0.5	96.5	63.5
1987	0	1.5	5.5	0	20.5	37.5	63.5	32	45	19	43.5	0	63.5	153.5
1988	0	0.01	0.01	0	0	113.5	37.2	153.5	55	12	0	0	153.5	256.5
1989	0	0	0	0	0.01	103	68	60.5	256.5	9	53	50	256.5	55
1990	0.01	0	0	0.5	25	55	39	49	36	41.5	0.01	0.01	55	86.5
1991	0	0	0.01	0	4.2	86.5	41	11.5	61	75	7.8	4.4	86.5	146
1992	20.7	19.3	0	2	0.01	52.8	146	87.7	57	87.5	9	10	146	186
1993	0	0	0	0	0.7	186	160.8	86.5	113	57.5	0.01	48.9	186	73
1994	0	0	0	0	29	45.4	65	73	24.5	52	0.01	4.5	73	186.5
1995	0	8.5	0	25	21	33.8	80	186.5	111	8	0	25.8	186.5	195
1996	0	0.01	0	0	26	168.2	195	190	87	57.5	2.3	7	195	360
1997	2.5	0	0.2	0	19	89.7	26.5	29	100	360	30	15.8	360	179.5
1998	0	0	0	0	0	46.5	179.5	32	130	130.4	0	0	179.5	135.1
1999	0	0	0	0.01	0.01	135.1	123.5	80.5	109.5	16.5	0.2	0.01	135.1	200
2000	0	0	0	0	22.8	64	200	46	82.5	26.5	0	8.4	200	161.7
2001	0	0	31.4	0	21.5	101.5	161.7	52	127.8	2.8	0	57.5	161.7	146.5
2002	40.5	21	0	0	41	69.7	36.5	18.6	120	37.6	146.5	0	146.5	117.8
2003	0.01	0	0	0	0	51.2	33.2	66.5	48.5	117.8	0.01	4.7	117.8	97.5
2004	86.6	0	0	0	97.5	80.5	37	89.5	48.5	58	0	21.9	97.5	182
2005	32.1	0	0.8	0	0	33	73.1	68.5	80	182	0	0	182	273.4
2006	0	0	0	0	20.4	273.4	125.3	70.2	121.3	49.2	18.5	0	273.4	213.5
2007	0	0	0	0	9.2	60.1	83.2	213.5	53	64.3	0	0	213.5	133.2
2008	0	0	0	0	9.7	74.8	107	80	48.1	133.2	20.1	0	133.2	113.7
2009	5.4	8	0	0.01	0.5	113.7	36	68	110.9	42	6.2	0	113.7	102.3
2010	0	84	0	0	0	51	86.2	102.3	100.4	10	0	0	102.3	165
2011	0	0	0	0	9.8	165	153.4	113.4	30	88.3	0	0	165	87.6
2012	0	0.3	0	0	34	87.6	24	70.3	61.2	33.8	0	0	87.6	226.5
2013	6.7	0	0	0	65	28.3	89.9	108.2	226.5	135.2	44.2	1	226.5	128.5
2014	0	0	0	0	126	128.5	27.2	90	84.7	52.7	10.3	0	128.5	80.6
2015	0	0.01	0	0	24	78.3	50.7	36	57.5	80.6	10	6	80.6	109.3
2016	2.8	0	80.1	6	0	50.6	73.3	109.3	56	81.4	18.2	0	109.3	89
2017	21	0	0	23.5	39.5	45	27.9	77.1	89	25.1	1.2	0	89	80
2018	0	0	0	0	51	80	22.6	42	75	70	35	0	80	86.1
2019	0	0	0	0	31.2	81.2	38.1	64.2	83.1	86.1	18	0	86.1	107.2
2022			0	0	67.5	107.2	47.2	52.3	67.9	107	0	0	107.2	266
2023	0	0	0	0									266	585.8

Asignación del periodo de retorno a los datos

El periodo de retorno se define como el número de años en que un evento puede ser igualado o excedido en promedio y a la larga. También es conocido intervalo de recurrencia.

Si se tienen n datos de una muestra de series máximas anuales, para asignar un periodo de retorno a cada evento se suele utilizar la fórmula de Weibull (Gumbel, 1985).

$$Tr = \frac{n+1}{m}$$

En donde

m número de orden del gasto máximo anual, en una lista de mayor a menor.

n años de registro, igual al número de gastos máximos anuales.

Tm periodo de retorno correspondiente, en años.

El periodo de retorno está asociado con la probabilidad de que un evento sea igualado o excedido en un año dado mediante la ecuación:

$$\boldsymbol{Tr = \frac{1}{P}}$$

Como el valor de la *fda* es la probabilidad de que una variable X tome un valor menor o igual a x, es decir $F(x) = P(X \leq x)$F(x), el, periodo de retorno se define en función de la *fda* como:

$$\boldsymbol{Tr = \frac{1}{1 - F(x)}}$$

Prueba de Homogeneidad

Las características estadísticas de las series hidrológicas, como la media, la desviación estándar y los coeficientes de correlación serial, se afectan cuando la serie presenta tendencia en la media o varianza, o cuando ocurren saltos negativos o positivos; tales anomalías son producidas por la pérdida de la homogeneidad o la inconsistencia.

La falta de homogeneidad es en general producida por actividades humanas, tales como la deforestación, apertura de nuevas áreas de cultivo, rectificación de cauces, construcción de embalses y reforestación. Las pruebas estadísticas que miden la homogeneidad de una serie de datos parten de una hipótesis nula y usan una regla para aceptarla o rechazarla. Se enlistan las siguientes:

- Método de Helmert
- Método de T de Student
- Método de Cramer

Independencia de Eventos

Para poder realizar el análisis de frecuencias se requiere que la muestra x_i de la serie de datos esté compuesta por variables aleatorias, es decir, los elementos de la muestra deben ser independientes entre sí. Para probarlo se puede aplicar la prueba de independencia de Anderson, la cual hace uso del coeficiente de autocorrelación serial r_k para diferentes tiempos de retraso k

La expresión para obtener el coeficiente de autocorrelación serial de retraso k es:

$$r_k = \frac{\sum_{i=1}^{n-k}(x_i - \bar{x})(x_{i+k} - \bar{x})}{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}, \text{ para } r_0 = 1 \text{ y } k = 1,2,\ldots,\frac{n}{3}$$

Demás, los límites al 95% (o 5% del nivel de significancia) de confianza para r_k se puede obtener como

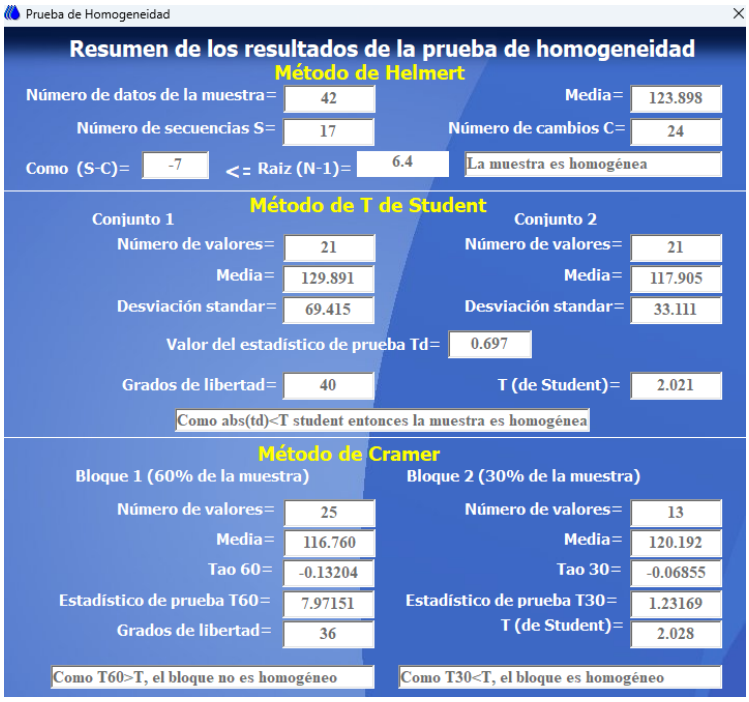
$$r_k(95\%) = \frac{-1 \pm 1.96\sqrt{n-k-1}}{n-k}$$

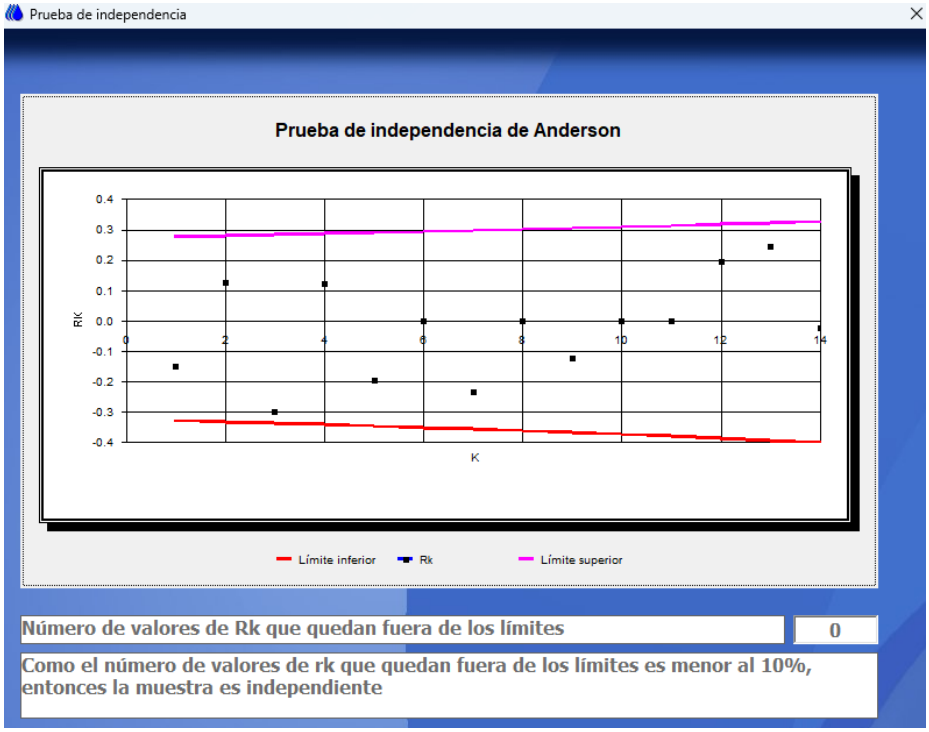
La gráfica de los valores estimados para (ordenadas) contra los tiempos de retraso k (abcisas), junto con sus correspondientes límites de confianza, se llama correlograma de la muestra.

Si sólo el 10% de los valores de r_k sobrepasan los límites de confianza se dice que la serie es independiente.

Análisis de Pruebas de homogeneidad e independenciacon los de Registros de lluvia máxima en 24 horas con el programa de Análisis de Frecuencias AFA V 1.1

Estación 12219





Estación 12142

Resumen de los resultados de la prueba de homogeneidad

Método de Helmert

Número de datos de la muestra=	50	Media=	155.676
Número de secuencias S=	31	Número de cambios C=	18
Como (S-C)=	13	> Raiz (N-1)= 7.0	La muestra no es homogénea

Método de T de Student

Conjunto 1		Conjunto 2	
Número de valores=	25	Número de valores=	25
Media=	148.640	Media=	162.712
Desviación standar=	77.249	Desviación standar=	104.577

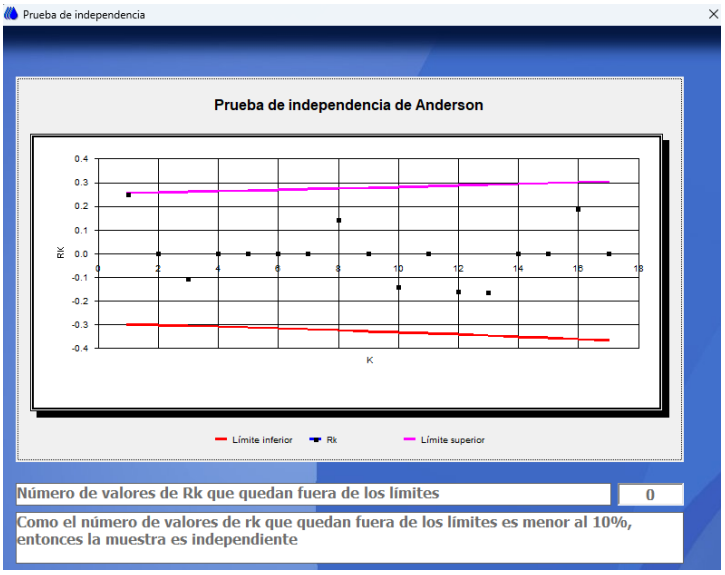
Valor del estadístico de prueba Td= -0.530

Grados de libertad=	48	T (de Student)=	2.011

Como abs(td)<T student entonces la muestra es homogénea

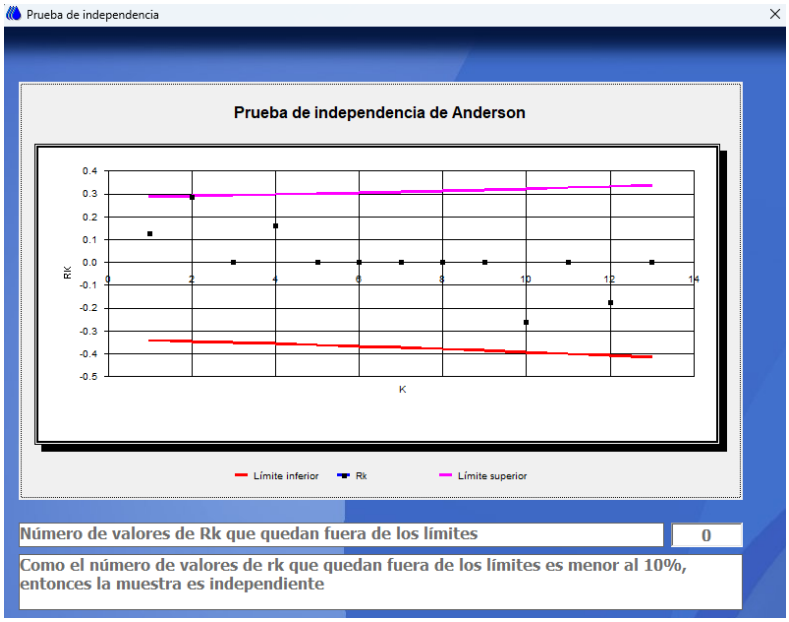
Método de Cramer

Bloque 1 (60% de la muestra)		Bloque 2 (30% de la muestra)	
Número de valores=	30	Número de valores=	15
Media=	168.943	Media=	157.387
Tao 60=	0.14537	Tao 30=	0.01874
Estadístico de prueba T60=	10.80894	Estadístico de prueba T30=	0.38563
Grados de libertad=	43	T (de Student)=	2.017
Como T60>T, el bloque no es homogéneo		Como T30<T, el bloque es homogéneo	



Estación 12183





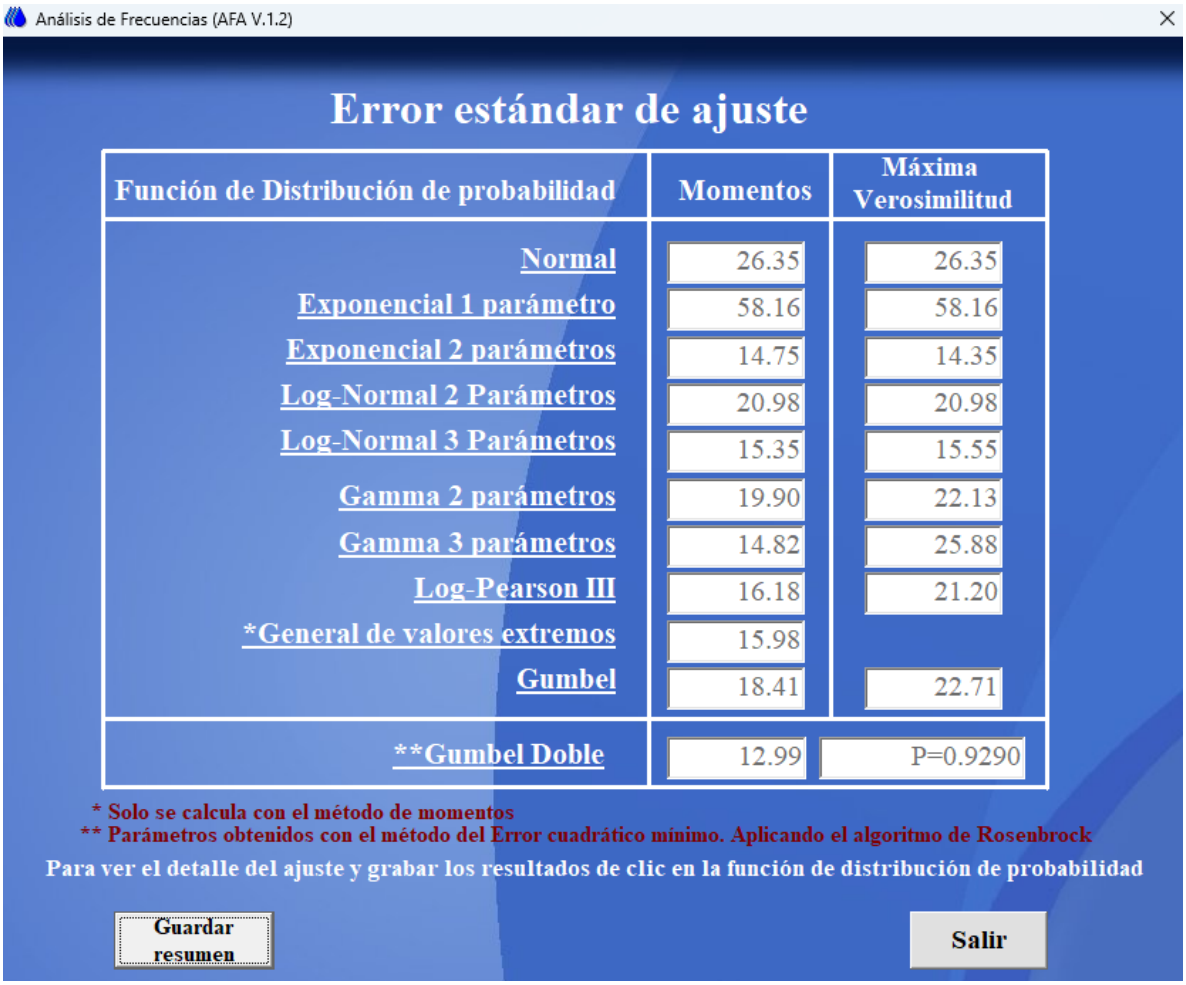
Análisis de frecuencia de Registros de lluvia máxima en 24 horas con el programa de Análisis de Frecuencias AFA V 1.1

Para los registros de gastos máximos de la estaciónes se realizará un análisis estadístico de los datos históricos con el fin de encontrar la distribución de frecuencia que mejor se adapte a los datos, para después encontrar los gastos máximos para los periodos de retorno considerados.

Las distribuciones de frecuencias más comunes a utilizar se presentan a continuación.

Para el ajuste de los datos de gastos máximos se utilizó el software AFA que involucra diversas funciones de distribución algunas como son: Normal, Exponencial, Log normal, Gumbel, Exponencial, Gamma, LogPearson III y doble Gumbel.

Estación 12219



Análisis de Frecuencias (AFA V.1.2)

DISTRIBUCIÓN GUMBEL DOBLE

========== DATOS ESTADÍSTICOS ==========

NÚMERO DE DATOS: 42

POBLACIÓN 1

MEDIA: 267.667

DESVIACIÓN ESTÁNDAR: 81.701

POBLACIÓN 2

MEDIA: 112.839

DESVIACIÓN ESTÁNDAR: 32.312

OPTIMIZACIÓN DE PROBABILIDAD (P)

PARÁMETROS:

MÉTODO DE ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO

P	0.929
ALFA 1	25.194
BETA 1	98.297
ALFA 2	63.702
BETA 2	230.898
ERROR ESTANDAR DE AJUSTE	12.99

No. Orden	Tr (años)	F (x)	Valor Registrado	Valor Ajustado
1	43	0.9767	342.5	291.264
2	21.5	0.9535	280	236.361
3	14.333	0.9302	180.5	203.652
4	10.75	0.907	180.3	183.745
5	8.6	0.8837	180	170.848
6	7.167	0.8605	175	161.651
7	6.143	0.8372	170.2	154.575
8	5.375	0.814	157	148.835
9	4.778	0.7907	150	144.001
10	4.3	0.7674	145.3	139.813
11	3.909	0.7442	141.5	136.107
12	3.583	0.7209	140.3	132.774
13	3.308	0.6977	138.5	129.735

Tr (años)	Valor Extrapolado
1.2	84.66
2	110.353
5	145.845
10	179.337
20	230.371
50	302.431
75	331.404
100	351.269
200	397.694
300	424.268
400	442.964
500	457.403
600	469.163

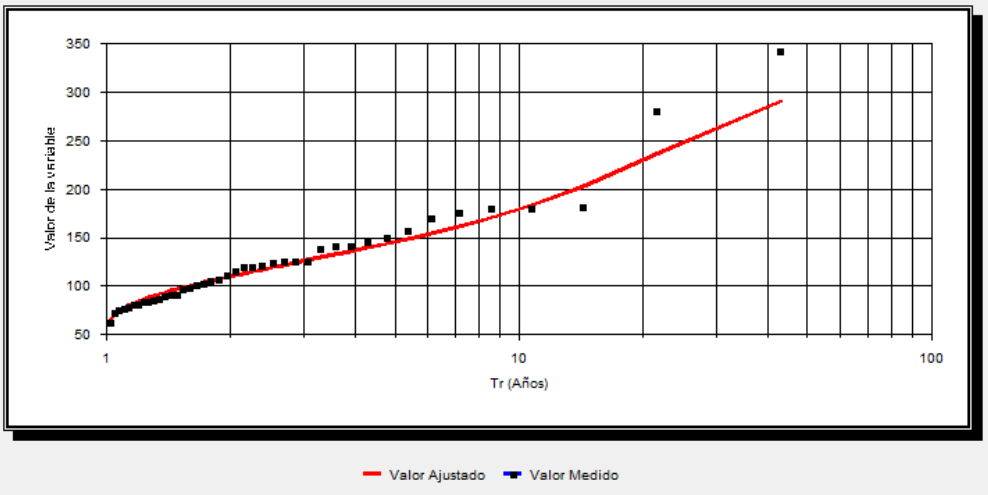
Graficar

Regresar

Análisis de Frecuencias (AFA V.1.2)

DISTRIBUCIÓN GUMBEL DOBLE

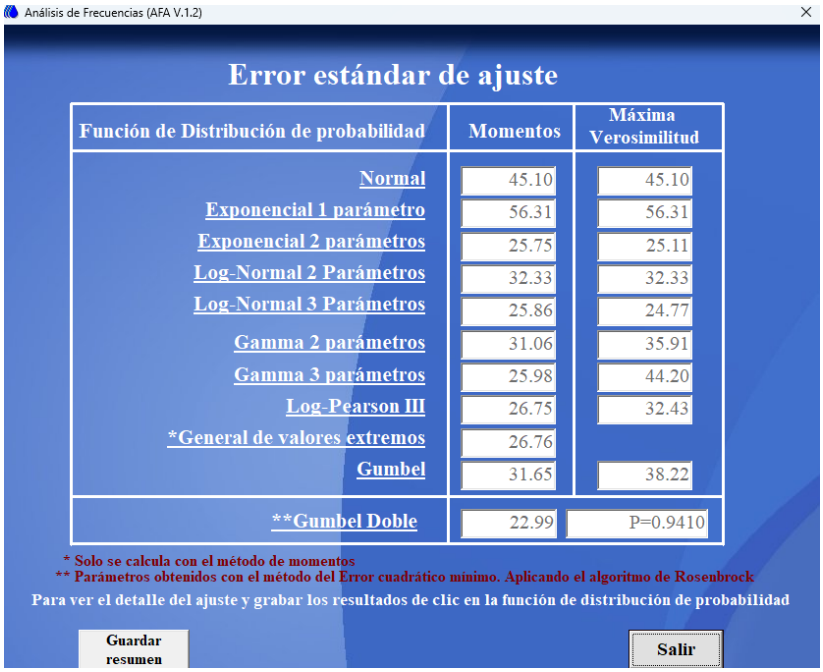
Distribución Doble Gumbel (Método de Error Cuadrático Mínimo)

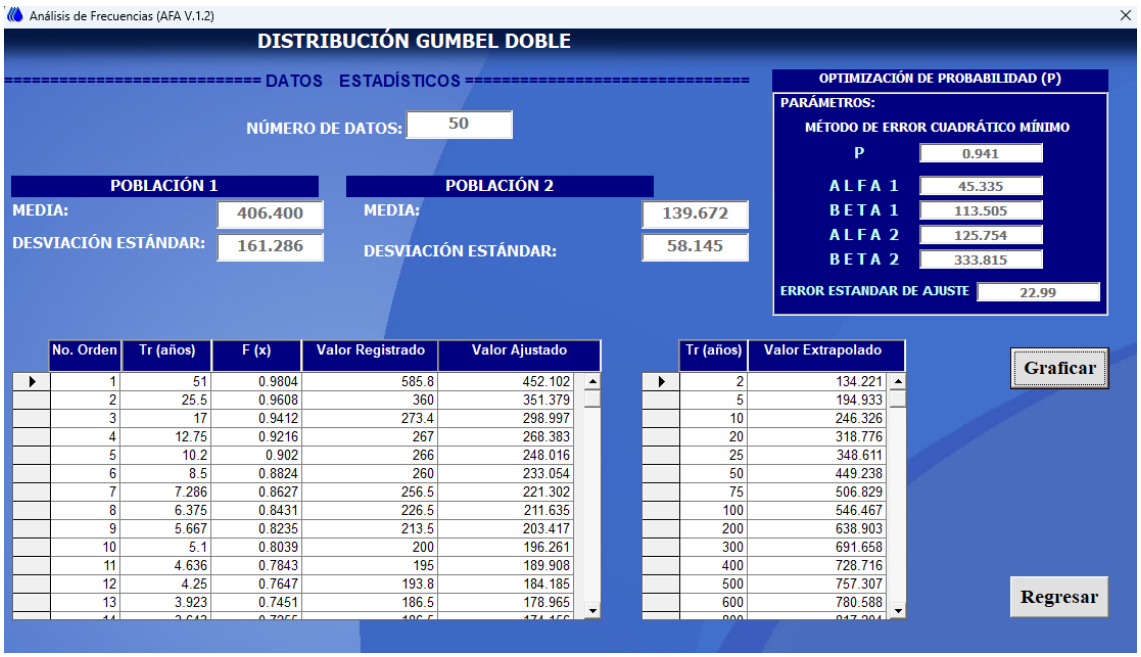


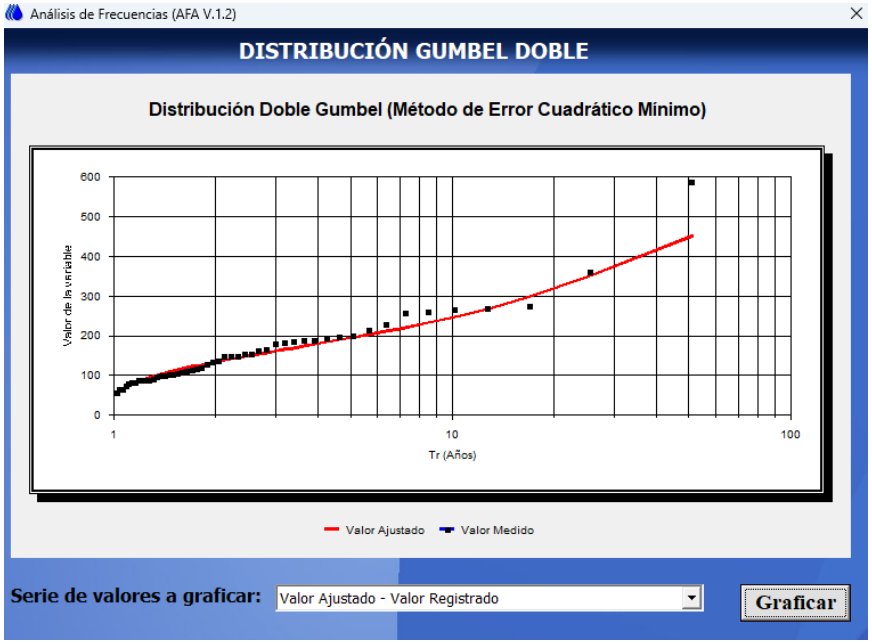
Serie de valores a graficar: Valor Ajustado - Valor Registrado

Graficar

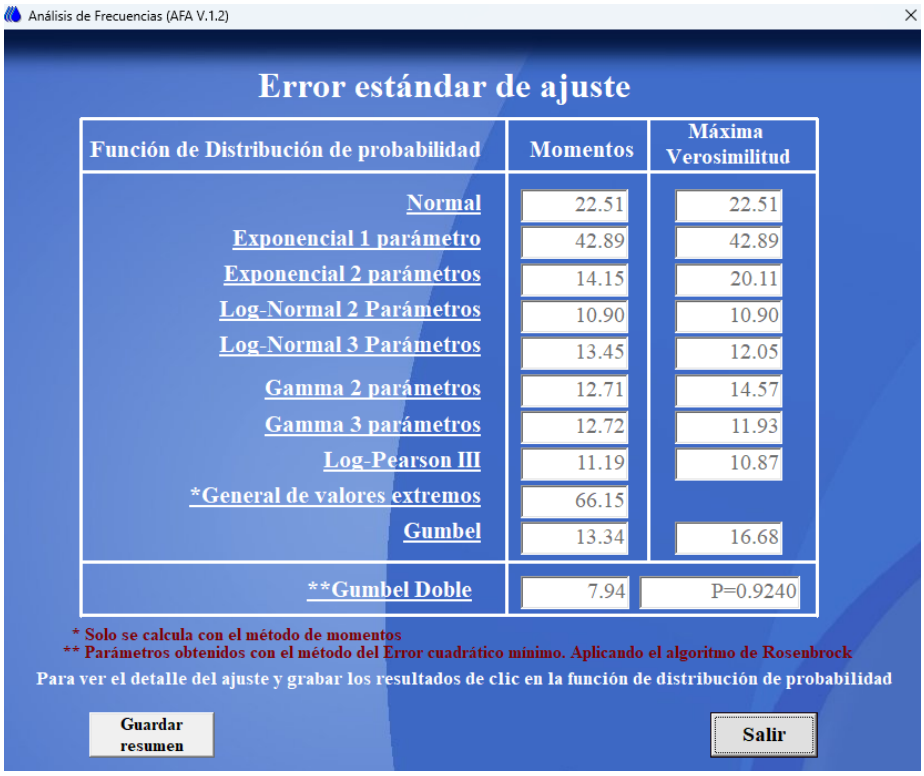
Estación 12142

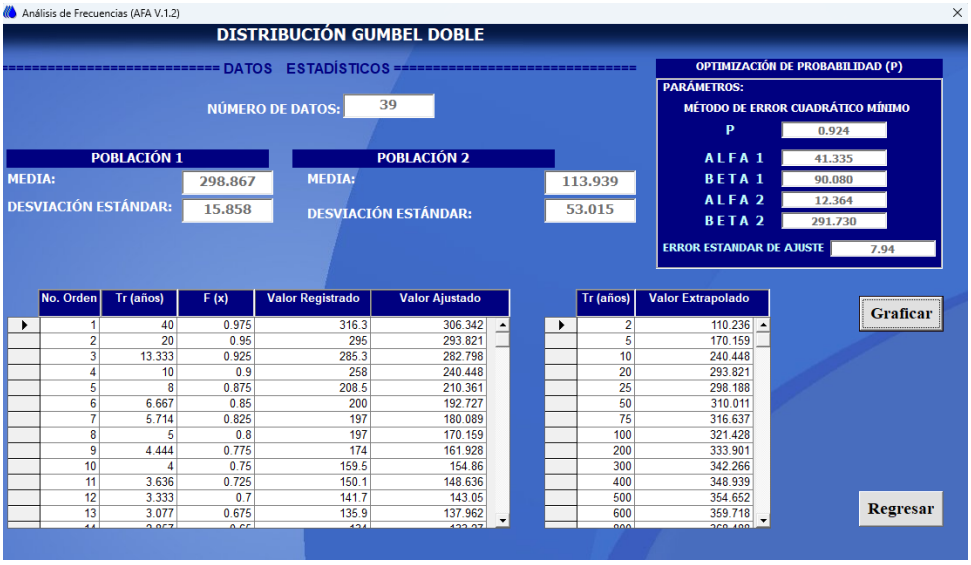






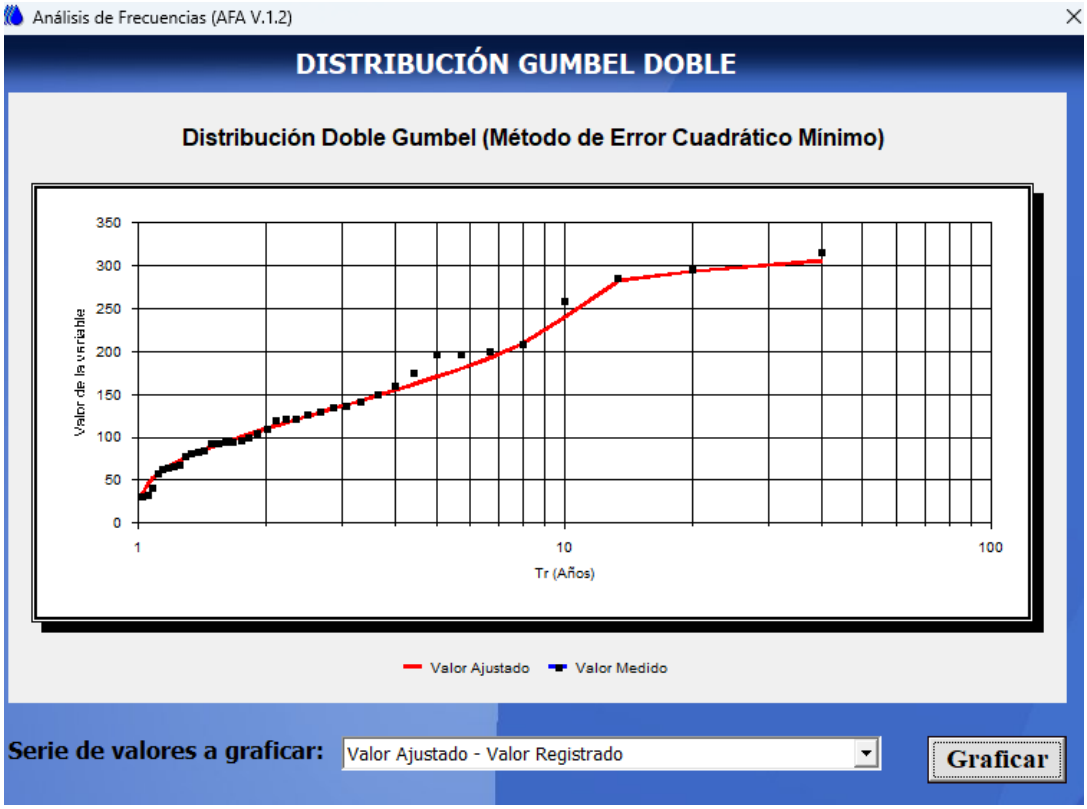
Estación 12183





No. Orden	Tr (años)	F (x)	Valor Registrado	Valor Ajustado
1	40	0.975	316.3	306.342
2	20	0.95	295	293.821
3	13.333	0.925	285.3	282.798
4	10	0.9	258	240.448
5	8	0.875	208.5	210.361
6	6.667	0.85	200	192.727
7	5.714	0.825	197	180.089
8	5	0.8	197	170.159
9	4.444	0.775	174	161.928
10	4	0.75	159.5	154.86
11	3.636	0.725	150.1	148.636
12	3.333	0.7	141.7	143.05
13	3.077	0.675	135.9	137.962

Tr (años)	Valor Extrapolado
2	110.236
5	170.159
10	240.448
20	293.821
25	298.188
50	310.011
75	316.637
100	321.428
200	333.901
300	342.266
400	348.939
500	354.652
600	359.718



Corrección por intervalo fijo de observación

Se realizó la corrección al valor de las lluvias máximas diarias para adecuar la lámina, lo mejor posible al valor real. L.L. Weiss, en base a estudio de miles de estaciones-año datos de lluvia, encontró que los resultados de un análisis probabilístico llevado a cabo con lluvias máximas anuales tomadas en un único y fijo intervalo de observación, para cualquier duración comprendida entre 1 y 24 horas, al ser incrementados en un 13 %, conducían a magnitudes más aproximadas a las obtenidas en el análisis de lluvias máximas verdaderas.

De acuerdo a lo anterior, el valor representativo adoptado para cada cuenca deberá ser multiplicado por 1.13, para ajustarlo por intervalo fijo y único de observación, pues los registros de lluvias diarias se toman de 8 AM de un día a 8 AM del día siguiente. Finalmente, el valor de corrección que deberá efectuarse a las lluvias es el resultado de multiplicar el factor de corrección por intervalo fijo de observación, quedando:

Estación 12219	
T (años)	P (mm)
2	124.70
5	164.80
10	202.65
25	168.12
50	341.74
75	374.48
100	396.93
500	516.86
1000	567.26

Estacion 12183	
T (años)	P (mm)
2	124.57
5	192.28
10	271.71
25	336.95
50	350.31
75	357.80
100	363.21
500	400.76
1000	424.81

Estacion 12142	
T (años)	P (mm)
2	151.67
5	220.27
10	278.35
25	393.93
50	507.64
75	572.72
100	617.51
500	855.76
1000	955.45

Ponderando los resultados en función de su área de influencia tenemos el resultado de nuestra lluvia de diseño;

Estacion	Nombre	Area km^2	%
12219	LAGUNA DE COYUCA GUERRERO	32.691	0.21
12183	LA SABANA	107.345	0.70
12142	ACAPULCO DE JUAREZ	13.902	0.09
Total		153.938	1.000

Quedando las lluvias de diseño como;

Evento de diseño	
T (años)	P (mm)
2	127.04
5	188.97
10	257.64
25	306.24
50	362.70
75	380.75
100	393.34
500	466.50
1000	502.98

4.3 CURVA I-D-Tr A PARTIR DE LA FORMULA CHENG LUNG CHEN

Para elaborar las Curvas I – D – Tr, necesarias para la determinación del gasto de diseño de las corrientes de agua que cruzan la zona en estudio, se aplicó la formula empírica propuesta por Cheng (1983), la cual utiliza las tres alturas de lluvia siguientes que de acuerdo al autor, describen adecuadamente su variación geográfica en la zona en estudio en términos de la relación altura-duración (R_1^T/R_{24}^T) para cualquier periodo de retorno T, y de la relación altura – periodo de retorno (R_d^{100}/R_d^{10}) para cualquier duración d.

Altura de lluvia R, para una duración de una hora y periodo de retorno de 10 años (R_1^{10}), altura de lluvia para 24 horas asociada a un periodo de retorno de 10 años (R_{24}^{10}) y altura de lluvia en una hora y periodo de retorno de 100 años (R_1^{100}).

Metodología utilizada para obtener las curvas I–D–Tr a partir de la información de pluviómetros, lluvia en 24 horas.

- Se Identificó y recopiló la información de lluvia en 24 horas de las estaciones pluviométricas representativas de la precipitación en la zona en estudio.

- Se consideró como datos las precipitaciones ocurridas en 24 horas con sus respectivos periodos de retorno, calculados estadísticamente cuyos resultados se presentan en el inciso "Distribuciones de Probabilidad" de la presente memoria.

Ecuación de Cheng

$$P_t^{Tr} = \frac{aP_1^{10} log(10^{2-F} * Tr^{F-1})t}{60(t+b)^c}$$

"La lluvia con duración de una hora y un periodo de retorno de dos años o más, se puede evaluar con una relación a la de 24 horas con igual periodo de retorno, denominada cociente lluvia/duración (R). Este cociente se calcula con la fórmula:

$$R = \frac{P_1^{Tr}}{P_{24}^{Tr}}$$

Donde:

P_1^{Tr} y P_{24}^{Tr} corresponden respectivamente a la lluvia de una hora y 24 horas con periodo de retorno (Tr) de dos o más años.

La metodología requiere también del cálculo del cociente lluvia/periodo de retorno

$$X = \frac{P_t^{100}}{P_t^{10}}$$

P_t^{100} P_t^{10} son la lluvia de 24 horas y periodo de retorno de 100 años y 10 años, respectivamente.

Con el valor promedio de los cocientes *R* (R_{prom}), se obtuvieron los parámetros *a, b y c* que se han expresado en forma de ecuaciones de regresión polinomial. Las siguientes expresiones que son válidas para el intervalo $0.20 \leq R \leq 0.70$.

$$a = 21.03453 - 186.4683R + 825.4915R^2 - 1084.846R^3 + 524.06R^4$$

$$b = 3.487775 - 68.13976R + 389.4625R^2 - 612.4041R^3 + 315.8721R^4$$

$$c = 0.2677553 + 0.9481759R + 2.109415R^2 - 4.827012R^3 + 2.459584R^4$$

a, b y c son parámetros regionales que depende del cociente (R).

En la figura siguiente, se muestran, para el caso de la República Mexicana, los valores del factor R, agrupados en 3 clases: R < 0.37; 0.37 < R < 0.55, y R > 0.55, siendo el primer caso, el de la zona del Proyecto, Cuenca del puente: R = 0.287

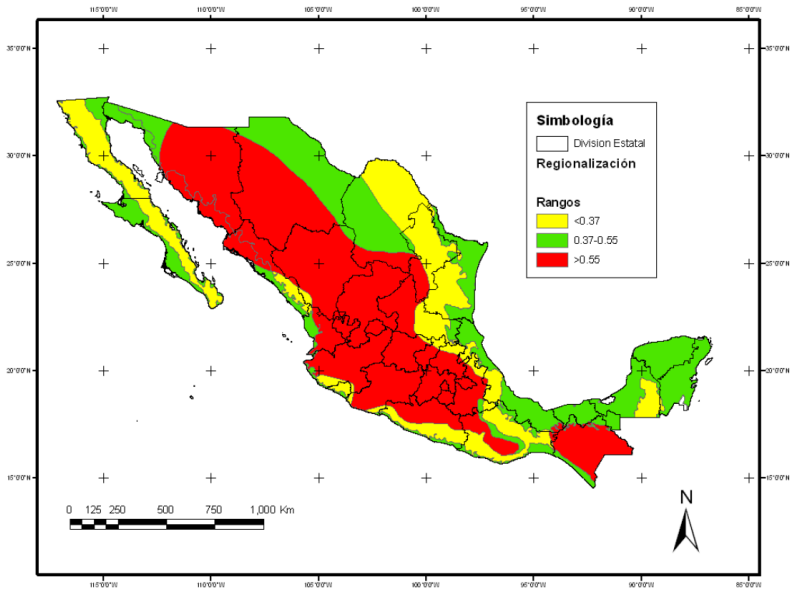


Imagen 13. Regionalización del factor de convectividad R.

CONSTANTES	VALORES
a	13.42
b	3.69

c	0.617
P10m	74.09

Tabla 2. Coeficientes para la ecuación de Chen

Curvas i-D-Tr						
Duración	**Tr, años**					
min	**5**	**10**	**50**	**100**	**500**	**1000**
5	221.02	262.66	359.36	401.00	497.70	539.34
10	167.01	198.47	271.54	303.01	376.08	407.54
15	137.83	163.81	224.11	250.08	310.39	336.36
30	95.84	113.90	155.83	173.89	215.82	233.88
45	76.36	90.75	124.16	138.55	171.96	186.35
60	64.71	76.90	105.21	117.40	145.71	157.91
90	51.00	60.61	82.92	92.53	114.84	124.45
120	42.97	51.06	69.86	77.96	96.76	104.85
180	33.67	40.01	54.74	61.08	75.81	82.16
240	28.28	33.61	45.98	51.31	63.68	69.01
360	22.09	26.25	35.92	40.08	49.74	53.91
720	14.45	17.17	23.49	26.22	32.54	35.26
1440	9.44	11.22	15.34	17.12	21.25	23.03

Tabla 15. Intensidades de Lluvia para distintas duraciones y periodos de retorno

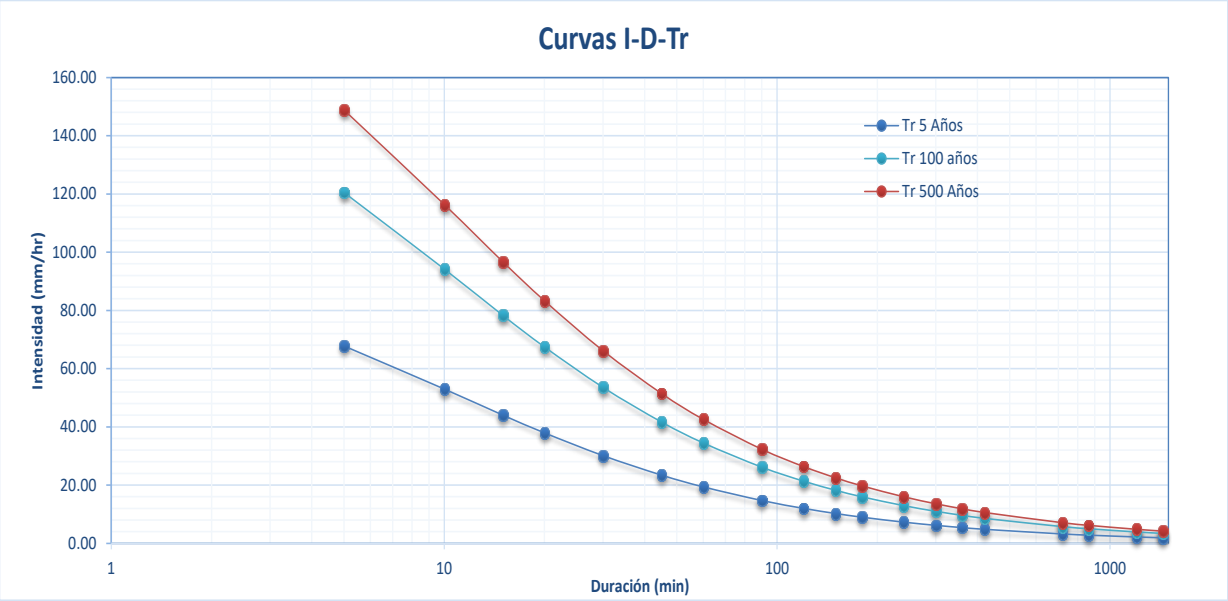


Imagen 14. Curvas I-d-Tr.

4.4 Periodo de Retorno

A partir del acuerdo establecido entre la SICT y la CONAGUA mediante el Oficio Núm. B00.7.-395 en el cual se establece el criterio para definir los periodos de retorno Tr que han de considerarse para el diseño de puentes carreteros que cruzan las corrientes de agua visualizadas en el Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas SIATL.

Puentes Carreteros para el paso de corrientes visualizadas en el simulador de flujos de agua de cuencas hidrográficas (SIATL).

A continuación, se presenta un extracto del contenido del Oficio Núm. B00.7.-395

Estructura	Tipo de viabilidad	Localización geográfica	Periodo de retorno Tr (años)
En caminos locales que comunican poblador de menos de 100,000 habitantes.	Carretera Estatal o municipal	1	25
		2	50
En caminos regionales que comunican poblados de más	Jurisdicción Federal ET. C. D	1	50
		2	100

de 100,000 habitantes y hasta 500,000 habitantes.			
En caminos primarios que comunican poblados de más de 500,000 habitantes.	Jurisdicción Federal ET. A. B	1	500
		2	1000
Cualquier tipo de camino localizado en una llanura de inundación en altiplanos o depresiones.		1	100
		2	500
Cualquier tipo de camino localizado en una llanura de inundación costera.		1	500
		2	1000

Nomenclatura (Clasificación conforme a la normativa de SCT y que son Jurisdicción Federal):

ET Ejes del Transporte. Cuyas características geométricas y estructurales permiten la operación de todos los vehículos autorizados con las máximas dimensiones, capacidad y peso.
A Carretera tipo A. Transito promedio diario anual de 1,500 a 3,000 vehículos, equivalente a un tránsito horario máximo anual de 180 a 360 vehículos. Se permite la operación de todos los vehículos excepto aquellos que por sus dimensiones y peso solo se permiten en las carreteras tipo ET.
B Carretera tipo B, red primaria. Transito promedio diario anual de 500 a 1500 equivalente a un tránsito horario máximo anual de 60 a 180 vehículos.
C Carretera tipo C, red secundaria. Transito promedio diario anual de 1,500 a 3,000 equivalente a un tránsito horario máximo anual de 180 a 360 vehículos.
D Carretera tipo D, red alimentadora. Transito promedio diario anual de 500 a 1,500 equivalente a un tránsito horario máximo anual de 60 a 180 vehículos.
1 zona de altiplano o Zona deshabitada.
2 zona costera o zona habitada.
Con base en el criterio establecido en el oficio arriba citado, se definió el periodo de retorno considerado como de diseño para este estudio de **Tr = 1000 años.**

4.5 Métodos lluvia - escurrimiento

METODO RACIONAL

El Método Racional es posiblemente el modelo más antiguo de la relación lluvia-escurrimiento. Su origen se remonta a 1851 ó 1889. Este modelo toma en cuenta, además del área de la cuenca, la altura o intensidad de la precipitación, y es hoy en día muy utilizado.
A pesar de estar basado este método en ciertas hipótesis que generalmente no se cumplen y que se apartan más de la realidad mientras mayor es el área de la cuenca considerada, su uso se ha extendido ampliamente en muchos países debido a su gran sencillez. En el sistema métrico la fórmula del método racional se puede escribir de la siguiente manera:

$Qp = 0.278\ C\ I\ A$

donde:
- Q_p = Gasto de pico, m^3/s.
- C = Coeficiente de escurrimiento, adimensional. Representa la relación entre el volumen escurrido y el llovido y depende de las características de la cuenca (Tabla 4).
- I = Intensidad de la lluvia para una duración igual al tiempode concentración, mm/hr.
- A = Área drenada, Km^2.
- 0.278 = Factor de homogeneidad de unidades.

METODO DE VEN TE CHOW

Este método considera que el gasto de pico del escurrimiento directo Qp de una cuenca puede calcularse como el producto de la altura de precipitación exceso Pe por el gasto de pico de un hidrograma unitario, qp o sea:

$Qp = qp\ Pe$

donde:
- Qp = Gasto de pico del hidrograma de escurrimiento directo, m3/s.
- qp = Gasto de pico del hidrograma unitario, en m3/s por cm de precipitación en exceso para una duración de t horas.
- Pe = Precipitación en exceso para la duración de tormenta seleccionada y el periodo de retorno establecido, cm.

Considerando una precipitación en exceso igual a 1 cm, con una duración de t horas sobre una cuenca de A Km2, el escurrimiento de equilibrio, o sea el escurrimiento producido por una

precipitación de intensidad constante continuando indefinidamente, será igual a 2.78 A/t. La relación del gasto de pico del hidrograma unitario qp a 2.78 A/t, se define como el factor de reducción del pico, Z:

$$Z = \frac{q_p t}{2.78\ A}$$

donde: Z = Factor de reducción del pico, adimensional.
A = Área de la cuenca, Km2.
t = Duración total de la tormenta, horas.
qp = Gasto de pico del hidrograma unitario, en m3/s por cm de precipitación en exceso para una duración de t horas.

entonces:

$$\boldsymbol{q_p = \frac{2.78\ AZ}{t}}$$

Llamando X al cociente de $\boldsymbol{P_e}$

$$\boldsymbol{X = \frac{P_e}{t}}$$

donde: X = Factor de escurrimiento, cm/h..
P_e = Precipitación en exceso para la duración de tormenta seleccionada y el periodo de retorno establecido, cm.
t = Duración total de la tormenta, horas.

por tanto la ecuación para obtener el gasto queda:

$$\boldsymbol{Q_p} = 2.78\ \boldsymbol{A\ X\ Z}$$

donde: Q_p = Gasto de pico del hidrograma de escurrimiento directo m^3/s.
A = Área de la cuenca, Km2.
X = Factor de escurrimiento, cm/h..
Z = Factor de reducción del pico, adimensional.

2.78 = Factor de homogeneidad de unidades.

METODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO TRINAGULAR

Mockus desarrollo un hidrograma unitario sintético de forma triangular.

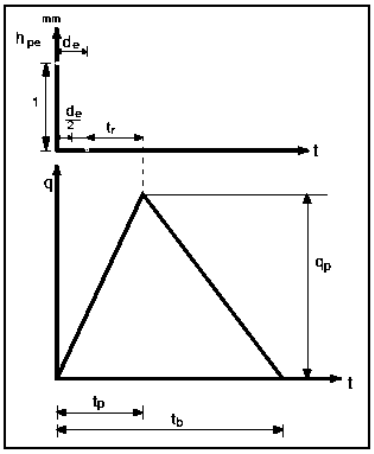


Figura 1. Hidrograma Unitario Triangular.

De la geometría del hidrograma unitario, se escribe el gasto de pico como:

$$q_p = \frac{0.555\,A}{t_b} \qquad (1)$$

donde: A = Área de la cuenca, Km2
t_p = Tiempo de pico, h.
q_p = Gasto de pico, m3/s/mm.

Del análisis de varios hidrogramas, Mockus concluye que el tiempo base y el tiempo de pico t_p se relacionan mediante la expresión:

$$t_b = 2.67\ t_p \qquad (2)$$

A su vez el tiempo de pico se expresa como:

$$t_p = \frac{de}{2} + tr \qquad (3)$$

Donde d_e es la duración en exceso y t_r el tiempo de retraso, el cual se estima mediante el tiempo de concentración t_c.

$t_r = 0.6\ t_c$ (4)

Además, la duración en exceso con la que se tiene mayor gasto de pico, a falta de mejores datos, se puede calcular aproximadamente como:

$d_e = 2\sqrt{t_c}$ (5)

Para cuencas grandes, o bien $d_e = t_c$ para las pequeñas. Todos los tiempos y la duración en exceso en las fórmulas (84-2 a la 87-5) están en h. Sustituyendo (84-2 en 83-1) se obtiene:

$$q_p = \frac{0.208\ A}{t_p} \quad (6)$$

Donde (ecuaciones 3 a la 5): $t_p = \sqrt{t_c} + 0.6\ t_c$ (7)

Con las ecuaciones (2, 3 y 7) se calculan las características del hidrograma unitario triangular.

El hidrograma de escurrimiento directo Q_p se calcula multiplicando la altura de precipitación en exceso P_e en mm, por el gasto de pico del hidrograma unitario q_p.

Resumen de Gastos obtenidos

Una vez aplicados los modelos lluvia escurrimiento antes descritos, enseguida se presenta las tablas con los gastos obtenidos para los periodos de retorno de 5, 10, 50,100, 500 y 1000 años.

DURACIÓN minutos	METODO HIDROGRAMA TRIANGULAR					
	GASTO MÁXIMO (m^3/s)					
474.60	Tr= 5 años	Tr= 10 años	Tr= 50 años	Tr= 100 años	Tr= 500 años	Tr= 1000 años
	82.97	135.94	290.36	367.13	563.08	653.14

DURACIÓN minutos	METODO RACIONAL AMERICANO					
	GASTO MÁXIMO (m^3/s)					
474.60	Tr= 5 años	Tr= 10 años	Tr= 50 años	Tr= 100 años	Tr= 500 años	Tr= 1000 años
	313.83	372.89	510.17	569.23	706.51	765.73

DURACIÓN minutos	METODO DE CHOW					
	GASTO MÁXIMO (m^3/s)					
474.60	Tr= 5 años	Tr= 10 años	Tr= 50 años	Tr= 100 años	Tr= 500 años	Tr= 1000 años
	100.74	158.61	336.17	420.30	589.06	764.46

5.0 Gasto de diseño

- Se delimitó la cuenca en estudio hasta el cruce con el puente de 153.937 km^2.

- Con base el criterio establecido entre la SCT y la CONAGUA mediante el **Oficio Núm. B00.7.-395**, se definió un periodo de retorno Tr = 1000 años.

- Para cálculo de los gastos máximos en la cuenca de aportación, se aplicaron métodos que relacionan la lluvia escurrimiento (Racional, Ven Te Chow e Hidrograma Unitario Triangular).

- Con base en lo anterior, el método del hidrograma unitario (HUT) proporciona resultados más confiables resultando un gasto de diseño de **653.14 m^3/s** asociado a un periodo de retorno de 1000 años.

6.0 Anexos

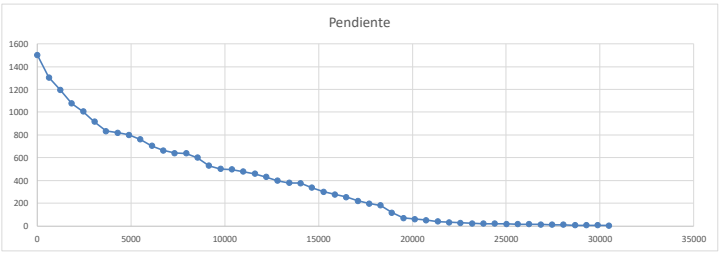
SECRETARÌA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES		
Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**DIRECCIÒN GENERAL DE CARRETERAS, DIRECCIÒN EJECUTIVA DE PROYECTOS, DIRECCION TECNICA**	[redacted]

CARRETERA:	**MEX-200 SALINA CRUZ - ZIHUATANEJO**
OBRA:	**CONCHEROS II**

CÁLCULO DE LA PENDIENTE MEDIA POR EL MÉTODO DE TAYLOR-SCHWARTZ

TRAMO	LONGITUD Metros	ELEVACION	DESNIVEL H en metros	PENDIENTE s	RAIZ (s)	1/RAIZ (s)
0	0.00	1,500.32				
1	610.00	1,306.27	194.05	0.318	0.5640	1081.531
2	610.00	1,196.27	110.00	0.180	0.4247	1436.470
3	610.00	1,076.18	120.09	0.197	0.4437	1374.800
4	610.00	1,005.53	70.65	0.116	0.3403	1792.441
5	610.00	917.11	88.43	0.145	0.3807	1602.129
6	610.00	833.83	83.27	0.137	0.3695	1650.973
7	610.00	819.84	13.99	0.023	0.1514	4027.823
8	610.00	799.79	20.05	0.033	0.1813	3364.716
9	610.00	760.13	39.66	0.065	0.2550	2392.285
10	610.00	704.65	55.48	0.091	0.3016	2022.604
11	610.00	663.56	41.09	0.067	0.2595	2350.347
12	610.00	641.28	22.28	0.037	0.1911	3191.883
13	610.00	638.30	2.98	0.005	0.0699	8731.831
14	610.00	599.72	38.58	0.063	0.2515	2425.506
15	610.00	529.42	70.30	0.115	0.3395	1796.872
16	610.00	501.31	28.11	0.046	0.2147	2841.761
17	610.00	497.45	3.87	0.006	0.0796	7661.392
18	610.00	477.10	20.34	0.033	0.1826	3340.314
19	610.00	459.07	18.03	0.030	0.1719	3548.108
20	610.00	431.09	27.98	0.046	0.2142	2848.305
21	610.00	397.27	33.83	0.055	0.2355	2590.454
22	610.00	378.24	19.03	0.031	0.1766	3453.717
23	610.00	377.00	1.24	0.002	0.0451	13529.567
24	610.00	337.32	39.68	0.065	0.2551	2391.652
25	610.00	300.51	36.81	0.060	0.2456	2483.336
26	610.00	278.38	22.13	0.036	0.1905	3202.393
27	610.00	255.27	23.11	0.038	0.1946	3134.241
28	610.00	220.55	34.72	0.057	0.2386	2556.885
29	610.00	198.21	22.34	0.037	0.1914	3187.450
30	610.00	181.94	16.27	0.027	0.1633	3735.089
31	610.00	117.76	64.18	0.105	0.3244	1880.549
32	610.00	71.16	46.60	0.076	0.2764	2206.974
33	610.00	60.21	10.95	0.018	0.1340	4553.727
34	610.00	51.03	9.19	0.015	0.1227	4971.131
35	610.00	40.00	11.03	0.018	0.1345	4536.766
36	610.00	33.00	7.00	0.011	0.1071	5694.371
37	610.00	28.00	5.00	0.008	0.0905	6737.670
38	610.00	24.00	4.00	0.007	0.0810	7532.944
39	610.00	22.00	2.00	0.003	0.0573	10653.192
40	610.00	21.57	0.43	0.001	0.0266	22975.265
41	610.00	19.25	2.32	0.004	0.0616	9895.507
42	610.00	16.01	3.24	0.005	0.0729	8366.066
43	610.00	16.00	0.01	0.000	0.0038	158808.410
44	610.00	14.85	1.15	0.002	0.0435	14036.813
45	610.00	12.00	2.85	0.005	0.0683	8927.395
46	610.00	11.00	1.00	0.002	0.0405	15065.889
47	610.00	7.20	3.80	0.006	0.0789	7728.638
48	610.00	7.10	0.10	0.000	0.0128	47642.523
49	610.00	7.00	0.10	0.000	0.0128	47642.523
50	586.40	4.00	3.00	0.005	0.0715	8198.423
	30476.40				**suma**	**497801.65**

Longitud = 30,476.40 metros
S media por Taylor-Schwartz = 0.0037 decimales



Gobierno de México | Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTE Dirección General de Carreteras Dirección Ejecutiva de Proyectos Dirección Técnica
"ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 ACAPULCO – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO.	ESTUDIO HIDROLOGICO

SECRETARÌA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES		
Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	DIRECCIÒN GENERAL DE CARRETERAS, DIRECCIÒN EJECUTIVA DE PROYECTOS, DIRECCION TECNICA	[redacted]

CARRETERA:	MEX-200 SALINA CRUZ - ZIHUATANEJO
OBRA:	CONCHEROS II

CÁLCULO DE LA LLUVIA EN EXCESO Y EL COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO "c"

Fórmula: $Pe=(P-508/N+5.08)^2/P+2032/N-20.32$

$c = Pe/p$

Tr= 5 años

Duración minutos	horas	i mm/hr	p mm	N				Pe mm	c
474.60	7.91	19.66	155.51	43.78	90.28	8,149.73	416.45	19.57	0.126

Tr= 10 años

Duración minutos	horas		i mm/hr	p mm	N				Pe mm	c
337.52	5.63		23.36	131.41	43.78	66.17	4,378.87	392.35	11.16	0.085

Tr= 50 años

Duración minutos	horas	i mm/hr	p mm	N				Pe mm	c
337.52	5.63	31.96	179.79	43.78	114.55	13,121.92	440.72	29.77	0.166

Tr= 100 años

Duración minutos	horas	i mm/hr	p mm	N				Pe mm	c
337.52	5.63	35.66	200.60	43.78	135.36	18,323.59	461.54	39.70	0.198

Tr= 500 años

Duración minutos	horas	i mm/hr	p mm	N				Pe mm	c
337.52	5.63	44.26	248.98	43.78	183.74	33,761.32	509.92	66.21	0.266

Tr= 1000 años

Duración minutos	horas	i mm/hr	p mm	N				Pe mm	c
337.52	5.63	47.97	269.85	43.78	204.61	41,866.28	530.79	78.88	0.292

Gobierno de México | Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTE** **Dirección General de Carreteras** **Dirección Ejecutiva de Proyectos** **Dirección Técnica**
"ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 ACAPULCO – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO.	**ESTUDIO HIDROLOGICO**

SECRETARÌA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES		
Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**DIRECCIÒN GENERAL DE CARRETERAS, DIRECCIÒN EJECUTIVA DE PROYECTOS, DIRECCION TECNICA**	[redacted]

CARRETERA:	**MEX-200 SALINA CRUZ - ZIHUATANEJO**

COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO PARA DISTINTOS PERIODOS DE RETORNO

Tr (Años)	hpd	hpe (mm)	Ce
5	18.90	3.40	0.18
10	25.76	7.14	0.28
50	36.27	14.19	0.39
100	39.33	16.45	0.42
500	46.65	22.13	0.47
1000	50.30	25.08	0.50

Gobierno de México | Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTE Dirección General de Carreteras Dirección Ejecutiva de Proyectos Dirección Técnica
"ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 ACAPULCO – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO.	ESTUDIO HIDROLOGICO

SECRETARÌA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES		
Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	DIRECCIÒN GENERAL DE CARRETERAS, DIRECCIÒN EJECUTIVA DE PROYECTOS, DIRECCION TECNICA	[redacted]

CARRETERA:	**MEX-200 SALINA CRUZ - ZIHUATANEJO**
OBRA:	**CONCHEROS II**

FÓRMULA **Q = C i A * 2.778** Area= 153.94 km²

Tr= 5 años			Tr= 10 años		
c=	0.18		c=	0.28	
i=	19.66	mm	i=	23.36	mm
A=	15,394.00	ha.	A=	15,394.00	ha.
Q=	**151.38**	**(m^3/s)**	**Q=**	**277.05**	**(m^3/s)**

Tr= 50 años			Tr= 100 años		
c=	0.39		c=	0.42	
i=	31.96	mm	i=	35.66	mm
A=	15,394.00	ha.	A=	15,394.00	ha.
Q=	**535.10**	**(m^3/s)**	**Q=**	**638.23**	**(m^3/s)**

Tr= 500 años			Tr= 1000 años		
c=	0.47		c=	0.50	
i=	44.26	mm	i=	47.97	mm
A=	15,394.00	ha.	A=	15,394.00	ha.
Q=	**898.53**	**(m^3/s)**	**Q=**	**1,023.62**	**(m^3/s)**

Con "c" ponderado

FÓRMULA **Q = C i A * 2.778** Area= 153.94 km²

Tr= 5 años			Tr= 10 años		
c=	0.373		c=	0.373	
i=	19.66	mm	i=	23.36	mm
A=	15,394.00	ha.	A=	15,394.00	ha.
Q=	**313.83**	**(m^3/s)**	**Q=**	**372.89**	**(m^3/s)**

Tr= 50 años			Tr= 100 años		
c=	0.373		c=	0.373	
i=	31.96	mm	i=	35.66	mm
A=	15,394.00	ha.	A=	15,394.00	ha.
Q=	**510.17**	**(m^3/s)**	**Q=**	**569.23**	**(m^3/s)**

Tr= 500 años			Tr= 1000 años		
c=	0.373		c=	0.373	
i=	44.26	mm	i=	47.97	mm
A=	15,394.00	ha.	A=	15,394.00	ha.
Q=	**706.51**	**(m^3/s)**	**Q=**	**765.73**	**(m^3/s)**

Gobierno de México | Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTE** **Dirección General de Carreteras** **Dirección Ejecutiva de Proyectos** **Dirección Técnica**
"ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 ACAPULCO – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO.	**ESTUDIO HIDROLOGICO**

SECRETARÌA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes

DIRECCIÒN GENERAL DE CARRETERAS, DIRECCIÒN EJECUTIVA DE PROYECTOS, DIRECCION TECNICA

[redacted]

CARRETERA: MEX-200 SALINA CRUZ - ZIHUATANEJO

OBRA: CONCHEROS II

MÉTODO DE VEN TE CHOW

$Qp = (0.278\ A*Pe*Z/\ de)*60$

Área : 153.9400 Km2 **Tc :** 474.60 minutos **N :** 43.78 **tr :** 284.8 minutos

PERIODO DE RETORNO (Tr) : 5 Años

de (min)	de (hr)	I (mm)	I (cm)	HP (cm)	HE (cm)	X	Tp (mm)	de/tr	Z1	Qp m3/seg.
5	0.08	221.02	22.10	1.84	0.78	9.41	5.12	0.02	0.01	59.64
10	0.17	167.01	16.70	2.78	0.48	2.91	5.12	0.03	0.03	33.78
30	0.50	95.84	9.58	4.79	0.10	0.19	5.12	0.10	0.08	6.36
45	0.75	76.36	7.64	5.73	0.02	0.03	5.12	0.15	0.11	1.29
60	1.00	64.71	6.47	6.47	0.00	0.00	5.12	0.20	0.15	0.01
90	1.50	51.00	5.10	7.65	0.04	0.03	5.12	0.29	0.22	2.41
120	2.00	42.97	4.30	8.59	0.12	0.06	5.12	0.39	0.30	7.91
240	4.00	28.28	2.83	11.31	0.61	0.15	5.12	0.78	0.55	35.92
360	6.00	22.09	2.21	13.25	1.15	0.19	5.12	1.17	0.73	60.12
531	8.85	18.50	1.85	16.37	2.28	0.26	5.12	1.73	0.91	100.74

100.74

PERIODO DE RETORNO (Tr) : 10 Años

de (min)	de (hr)	I (mm)	I (cm)	HP (cm)	HE (cm)	X	Tp (mm)	de/tr	Z1	Qp m3/seg.
5	0.08	262.66	26.27	2.19	0.66	7.97	5.12	0.02	0.01	50.50
10	0.17	198.47	19.85	3.31	0.35	2.11	5.12	0.03	0.03	24.52
30	0.50	113.90	11.39	5.70	0.02	0.04	5.12	0.10	0.08	1.42
45	0.75	90.75	9.08	6.81	0.00	0.00	5.12	0.15	0.11	0.16
60	1.00	76.90	7.69	7.69	0.04	0.04	5.12	0.20	0.15	2.60
90	1.50	60.61	6.06	9.09	0.19	0.12	5.12	0.29	0.22	12.02
120	2.00	51.06	5.11	10.21	0.37	0.19	5.12	0.39	0.30	23.97
240	4.00	33.61	3.36	13.44	1.21	0.30	5.12	0.78	0.55	70.97
360	6.00	26.25	2.63	15.75	2.03	0.34	5.12	1.17	0.73	106.24
520	8.67	22.20	2.22	19.24	3.57	0.41	5.12	1.69	0.90	158.61

158.61

PERIODO DE RETORNO (Tr) : 50 Años

de (min)	de (hr)	I (mm)	I (cm)	HP (cm)	HE (cm)	X	Tp (mm)	de/tr	Z1	Qp m3/seg.
5	0.08	359.36	35.94	2.99	0.43	5.14	5.12	0.02	0.01	32.54
10	0.17	271.54	27.15	4.53	0.13	0.78	5.12	0.03	0.03	9.09
30	0.50	155.83	15.58	7.79	0.05	0.09	5.12	0.10	0.08	3.11
45	0.75	124.16	12.42	9.31	0.22	0.29	5.12	0.15	0.11	14.24
60	1.00	105.21	10.52	10.52	0.44	0.44	5.12	0.20	0.15	28.14
90	1.50	82.92	8.29	12.44	0.91	0.61	5.12	0.29	0.22	58.23
120	2.00	69.86	6.99	13.97	1.38	0.69	5.12	0.39	0.30	88.57
240	4.00	45.98	4.60	18.39	3.17	0.79	5.12	0.78	0.55	185.53
360	6.00	35.92	3.59	21.55	4.74	0.79	5.12	1.17	0.73	247.54
529	8.82	30.10	3.01	26.54	7.61	0.86	5.12	1.72	0.91	336.17

PERIODO DE RETORNO (Tr) : 100 Años

de (min)	de (hr)	I (mm)	I (cm)	HP (cm)	HE (cm)	X	Tp (mm)	de/tr	Z1	Qp m3/seg.
5	0.08	401.00	40.10	3.34	0.34	4.13	5.12	0.02	0.01	26.15
10	0.17	303.01	30.30	5.05	0.07	0.42	5.12	0.03	0.03	4.86
30	0.50	173.89	17.39	8.69	0.14	0.27	5.12	0.10	0.08	8.88
45	0.75	138.55	13.86	10.39	0.41	0.55	5.12	0.15	0.11	26.58
60	1.00	117.40	11.74	11.74	0.72	0.72	5.12	0.20	0.15	46.38
90	1.50	92.53	9.25	13.88	1.35	0.90	5.12	0.29	0.22	86.82
120	2.00	77.96	7.80	15.59	1.97	0.99	5.12	0.39	0.30	126.19
240	4.00	51.31	5.13	20.52	4.20	1.05	5.12	0.78	0.55	246.36
360	6.00	40.08	4.01	24.05	6.12	1.02	5.12	1.17	0.73	319.84
525	8.75	33.70	3.37	29.49	9.49	1.08	5.12	1.71	0.91	420.30

420.30

PERIODO DE RETORNO (Tr) : 500 Años

de (min)	de (hr)	I (mm)	I (cm)	HP (cm)	HE (cm)	X	Tp (mm)	de/tr	Z1	Qp m3/seg.
5	0.08	497.70	49.77	4.15	0.19	2.24	5.12	0.02	0.01	14.19
10	0.17	376.08	37.61	6.27	0.00	0.01	5.12	0.03	0.03	0.14
30	0.50	215.82	21.58	10.79	0.49	0.99	5.12	0.10	0.08	32.36
45	0.75	171.96	17.20	12.90	1.04	1.39	5.12	0.15	0.11	67.55
60	1.00	145.71	14.57	14.57	1.59	1.59	5.12	0.20	0.15	102.70
90	1.50	114.84	11.48	17.23	2.64	1.76	5.12	0.29	0.22	169.59
120	2.00	96.76	9.68	19.35	3.62	1.81	5.12	0.39	0.30	231.63
240	4.00	63.68	6.37	25.47	6.96	1.74	5.12	0.78	0.55	407.97
360	6.00	49.74	4.97	29.84	9.72	1.62	5.12	1.17	0.73	507.71
441	7.35	45.90	4.59	33.74	12.38	1.68	5.12	1.44	0.82	589.06

589.06

PERIODO DE RETORNO (Tr) : 1000 Años

de (min)	de (hr)	I (mm)	I (cm)	HP (cm)	HE (cm)	X	Tp (mm)	de/tr	Z1	Qp m3/seg.
5	0.08	539.34	53.93	4.49	0.13	1.62	5.12	0.02	0.01	10.23
10	0.17	407.54	40.75	6.79	0.00	0.01	5.12	0.03	0.03	0.15
30	0.50	233.88	23.39	11.69	0.71	1.41	5.12	0.10	0.08	46.37
45	0.75	186.35	18.64	13.98	1.39	1.85	5.12	0.15	0.11	89.87
60	1.00	157.91	15.79	15.79	2.05	2.05	5.12	0.20	0.15	132.23
90	1.50	124.45	12.45	18.67	3.29	2.20	5.12	0.29	0.22	211.32
120	2.00	104.85	10.49	20.97	4.43	2.22	5.12	0.39	0.30	283.64
240	4.00	69.01	6.90	27.60	8.28	2.07	5.12	0.78	0.55	484.89
360	6.00	53.91	5.39	32.35	11.41	1.90	5.12	1.17	0.73	595.84
450	7.50	52.00	5.20	39.00	16.20	2.16	5.12	1.46	0.83	764.46

764.46

Gobierno de México | Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTE** **Dirección General de Carreteras** **Dirección Ejecutiva de Proyectos** **Dirección Técnica**
"ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 ACAPULCO – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO.	**ESTUDIO HIDROLOGICO**

SECRETARÌA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES		
Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**DIRECCIÒN GENERAL DE CARRETERAS, DIRECCIÒN EJECUTIVA DE PROYECTOS, DIRECCION TECNICA**	[redacted]

CARRETERA:	**MEX-200 SALINA CRUZ - ZIHUATANEJO**
OBRA:	**CONCHEROS II**

DETERMINACIÓN DEL GASTO MÁXIMO PROBABLE

MÉTODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR

Fórmula: $q_p = 0.208AP/0.5d+0.6Tc$ **donde: qp = gasto pico en m^3/seg**

$q_e = c * q_p$ **donde: c = coef. de escurrimiento y qe = gasto efectivo**

Duración en exceso=	**5.63**	horas	Tiempo de retraso=	**4.747**	horas	qpico=	**4.240**	m3/s/mm
	337.52	minutos	Tiempo pico=	**7.559**	horas	**N=**	**43.78**	
Tiempo de concentración=	**7.91**	horas	Tiempo base=	**20.184**	horas			

	Duración minutos horas		i mm/hr	p cm	Precipitación excedente (cm)	q_p m^3/s
Tr= 5 años	474.60	7.91	19.66	15.55	1.96	82.97

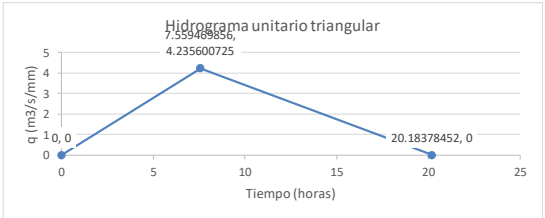
	Duración minutos horas		i mm/hr	p cm	Precipitación excedente (cm)	q_p m^3/s
Tr= 10 años	474.60	7.91	23.36	18.48	3.21	135.94

	Duración minutos horas		i mm/hr	p cm	Precipitación excedente (cm)	q_p m^3/s
Tr= 50 años	337.52	5.63	31.96	25.28	6.85	290.36

	Duración minutos horas		i mm/hr	p cm	Precipitación excedente (cm)	q_p m^3/s
Tr= 100 años	474.60	7.91	35.66	28.21	8.66	367.13

	Duración minutos horas		i mm/hr	p cm	Precipitación excedente (cm)	q_p m^3/s
Tr= 500 años	474.60	7.91	44.26	35.01	13.28	563.08

	Duración minutos horas		i mm/hr	p cm	Precipitación excedente (cm)	q_p m^3/s
Tr= 1000 años	337.52	5.63	47.97	37.94	15.42	653.14



Comunicaciones
Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS

INFORME TOPOHIDRAULICO - HIDROLOGICO

CRUCE : PUENTE “Conchero II”
CARRETERA : MEX-200 SALINA CRUZ - ZIHUATANEJO
KM : 14+930
ORIGEN : ESTADO DE GUERRERO

INFORME GENERAL

Objetivo del estudio: El objetivo del presente estudio, es revisar las condiciones de funcionamiento hidrológico e hidráulico en el cruce en estudio y proporcionar las recomendaciones del nivel de agua y velocidad en función del gasto de diseño para el proyecto de construcción del puente.

I.- GENERALIDADES

La corriente nace a 30.48 km del cruce y desemboca a 1.80 Km en La Laguna de Coyuca; su descarga no provoca influencia hidráulica en el cruce. El área de la cuenca drenada hasta el cruce es de 153.93 km^2 y pertenece a la Región Hidrológica No. 19 Costa Grande según clasificación de la CONAGUA.

Las coordenadas geográficas del cruce, en grados, minutos y segundos, son: 16°56'24.80"N y 99°58'0.78"O. En la zona de cruce la vegetación se puede clasificar como Vegetación arbustiva.

La topografía es:

Terreno plano [X] Lomerío [ ] Montañoso [ ]

Elevación y descripción del banco de nivel:

El cauce en la zona de cruce es:

Sinuoso		Estable	X	Encajonado	
Sensiblemente recto	X	Divagante		Con llanuras de inundación	X

El escurrimiento es de carácter:

Torrencial		Perenne		Intermitente	X

Tipo y longitud de cuerpos flotantes: Ramazón y troncos de hasta 5.0 m de longitud.

El periodo de lluvias en la región comprende los meses de junio a octubre.

La precipitación media anual es de más de 2000 mm.

Información adicional (erosión marginal, caídas, ubicación del cruce en un meandro del río, etc.):

Geología superficial del cauce del río:

En el fondo _____
En la margen izquierda _____
En la margen derecha _____

El eje del trazo en el cruce es:

Normal	X	Esviajado	

con respecto a la dirección de la corriente.

Ángulo de esviaje: 13° 29’ 26.03” DER

El paso actual de vehículos se efectúa por: Es camino nuevo

II.- ESTUDIO HIDROLOGICO

Método aplicado: Modelos lluvia escurrimientos (Método racional, Ven Te Chow e Hidrograma Unitario Triangular (HUT).

Justificación del método aplicado: A partir de los modelos que relacionan la lluvia con el escurrimiento (Método Racional, Ven Te Chow e Hidrograma Unitario Triangular) para la avenida máxima considerada como de diseño, con base en los resultados obtenidos se elige el método Racional ya que proporciona resultados más confiables en función de las características de la cuenca y los análisis de precipitación. Por lo tanto, el gasto de diseño resultó de 653.14 m^3/s, asociado al periodo de retorno de 1000 años

Información utilizada: Intensidades de lluvia determinadas con el método de Cheng Lung Chen a partir de información de lluvia máxima en 24 horas de las estaciones pluviométricas Laguna de Coyuca (12219), Acapulco de Juárez (12142) y La sabana (12183). La Información pluviométrica utilizada en el desarrollo de este estudio fue consultada de las bases de datos Comisión Nacional del Agua, CONAGUA.

Se obtuvo un gasto de 653.14 m^3/s, asociado a un período de retorno de 1000 años.

El gasto asociado a un período de retorno de 5 años, que definirá el Nivel de Aguas que puede presentarse durante la Construcción del puente, NAC, resultó de 82.89 m^3/s.

Observaciones (fuentes de información, confiabilidad de los datos y de los métodos empleados, etc.): Fuentes de información INEGI, CONAGUA.

III.- ESTUDIO HIDRAULICO

III.1 Modelación hidráulica unidimensional aplicando el programa de cómputo HEC-RAS 1D.

El gasto de diseño que resultó del estudio hidrológico fue de 653.14 m^3/s, asociado a un período de retorno de 1000 años.

PUENTE (ALTERNATIVA DE PROYECTO)
Se obtuvo un Nivel de Aguas de Diseño, NADI, de 9.80 m y una velocidad del agua bajo el puente a la entrada de 2.24 m/s, con un Bordo Libre mínimo será de 2.0 m.

IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se recomienda adoptar como gasto de diseño 653.14 m^3/s, asociado a un período de retorno de 1000 años, obtenido con el Método del Hidrograma Unitario Triangular.

Para drenar el gasto de diseño, se propone un puente del orden de 60 m de longitud, el cual podrá estar ubicado entre los Km 14+910 al Km 14+970.

Al transitarse la avenida de diseño cuya magnitud correspondió a 653.14 m^3/s, asociada al periodo de retorno de 1000 años. Se obtuvo un Nivel de Aguas de Diseño, NADI de elevación 9.80 m, con una velocidad máxima del agua de 2.24 m/s. En cuanto al bordo libre, deberá ser como mínimo de 2.0 m, para el paso de cuerpos flotantes. La rasante sugerida podrá estar en la elevación 13.40 m.

Los datos de diseño hidráulico para el puente nuevo correspondientes al gasto de diseño de 653.14 m^3/s, NADI = 9.80 m y velocidad del agua de 2.24 m/s deberán de considerarse para los análisis de socavación correspondiente.

Los apoyos del puente deberán estar orientados conforme a la trayectoria de la corriente.

Observaciones:

Lugar y Fecha: Ciudad de México, octubre de 2025.

CONTENIDO

1.0 ANTECEDENTES 3

2.0 OBJETIVOS Y ALCANCES. 4

3.0 NORMATIVA 5

4.0 ZONA DE ESTUDIO 5

5.0 ESTUDIO HIDRÁULICO..... 7

6.0 ANÁLISIS HIDRÁULICO EN CONDICIONES ACTUALES..... 12

7.0 MODELO HIDRÁULICO EN CONDICIONES ACTUALES. 16

8.0 CONCLUSIONES..... 25

Introducción

El presente estudio se utilizó para identificar las condiciones hidráulicas del puente existente "El Pedreguero", ubicado en el Km. 11+740 del tramo en estudio.

El diseño hidráulico del puente, proporcionara al proyectista los datos requeridos para la revisión y funcionamiento hidráulico de la estructura, y es el conjunto de trabajos de campo y gabinete, lo que permitirá establecer para este caso en particular si la infraestructura existente es adecuada o se deberá diseñar una obra con las características necesarias para el paso del gasto calculado.

Previo a este estudio se obtuvieron los gastos de diseño los cuales serán la base para el diseño y revisión hidráulica. El mismo se analizó con ayuda de información de mediciones en campo, mediante la realización de trabajos de topografía y aforos de niveles. Esta información a su vez se utilizó para realizar el modelo matemático y obtener los datos necesarios que caracterizaran la zona de estudio y el funcionamiento presente en la actualidad.

Durante los análisis realizados en el modelo generado en el software HEC-RAS se modelaron varios escenarios, obteniendo diversos datos de la zona, operando en condiciones variables, quedando establecido que para las condiciones de operación del modelo se debería identificar el gasto de operación del sistema a diferentes periodos de retorno del estudio hidrológico realizado en la cuenca.

1.0 Antecedentes

Para dar cumplimiento con la ejecución de los Estudios y Proyectos Constructivos correspondientes al Programa de Construcción y Modernización de Carreteras en nuestro país, las cuales permitan contar con un amplio sistema carretero eficiente, seguro, de buena calidad, y el cual permita activar la economía a lo largo y ancho del país, la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, a través de la Dirección General de Carreteras, llevará a cabo la **ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 SALINA CRUZ – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.0 KM; INCLUYE 3 ENTRONQUES A NIVEL Y 6 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO**, como parte de estos trabajos se presenta el siguiente apartado el cual corresponde a la elaboración del Estudio Hidráulico.

2.0 Objetivos y Alcances.

Realizar el estudio topohidráulico del puente El Pedreguero mediante un modelo hidráulico unidimensional 1D con el programa HEC-RAS, y determinar los niveles de agua y velocidad alcanzadas con el tránsito de los gastos de diseño en la condición actual del puente existente y en su caso proponer las dimensiones requeridas del puente de proyecto.

3.0 Normativa

N-PRY-CAR-1-06-004/18, Estudio Hidráulico – Hidrológico para puentes
MPRY-CAR-1-06-004, Análisis Hidrológicos. Secretaria de Comunicaciones y Transportes.
NPRY-CAR-1-06-001, Ejecución de Estudios Hidráulicos – Hidrológicos para Puentes. Secretaria de Comunicaciones y Transportes.
M-PRY-CAR-1-06-003-00, Estudios Hidráulico-Hidrológicos para Puentes.

4.0 Zona de estudio

Localización

El estado de Guerrero está ubicado en la región suroeste del país, limitando al norte con el Estado de México, Morelos y Puebla, al sureste con Oaxaca, al suroeste con el océano Pacífico y al noroeste con el río Balsas que lo separa de Michoacán.



Figura 1. *Estado de Guerrero.*

El tramo de estudio se encuentra localizado entre los municipios de Coyuca de Benítez y Acapulco de Juárez, para el caso de Coyuca de Benítez tenemos que se ubica entre los paralelos 16° 54' y 17° 28' de latitud norte; los meridianos 99° 48' y 100° 19' de longitud

oeste; altitud entre 0 y 3 400 m. Colinda al norte con los municipios de Atoyac de Álvarez, General Heliodoro Castillo y Chilpancingo de los Bravo; al este con los municipios de Chilpancingo de los Bravo y Acapulco de Juárez; al sur con el municipio de Acapulco de Juárez, con el Océano Pacífico y con el municipio de Benito Juárez; al oeste con el Océano Pacífico y los municipios de Benito Juárez y Atoyac de Álvarez.

Por otro lado, tenemos que Acapulco de Juárez se ubica entre los paralelos 16° 41' y 17° 14' de latitud norte; los meridianos 99° 28' y 101° 00' de longitud oeste; altitud entre 0 y 2 000 m. Colindando al norte con los municipios de Coyuca de Benítez, Chilpancingo de los Bravo y Juan R. Escudero; al este con los municipios de Juan R. Escudero y San Marcos; al sur con el municipio de San Marcos y el Océano Pacífico, al oeste con el Océano Pacífico y el municipio de Coyuca de Benítez.



Figura 2. ***Ubicación del proyecto Municipio de Coyuca de Benítez y Acapulco de Juárez, en el Estado de Guerrero.***



Figura 3. ***Localización Puente El Pedreguero.***

5.0 Estudio Hidráulico.

5.1 Metodología

Con la información de los trabajos de topografía se desarrollaron los modelos matemáticos, estos sirvieron para determinar las características hidráulicas de la zona en estudio en condiciones actuales a su vez éste modeló sirve para determinar los niveles de rasante del puente.

En las Figuras siguientes se muestra la información de campo utilizada para armar los modelos del tramo en estudio. La planta se utilizó para identificar la forma y el eje de

proyecto, determinando la separación de las secciones, mismas que no tendrían intersección alguna al momento de procesar dicha información. Y finalmente armar el modelo georreferenciado con dicha información. (Figura 2 y 3).

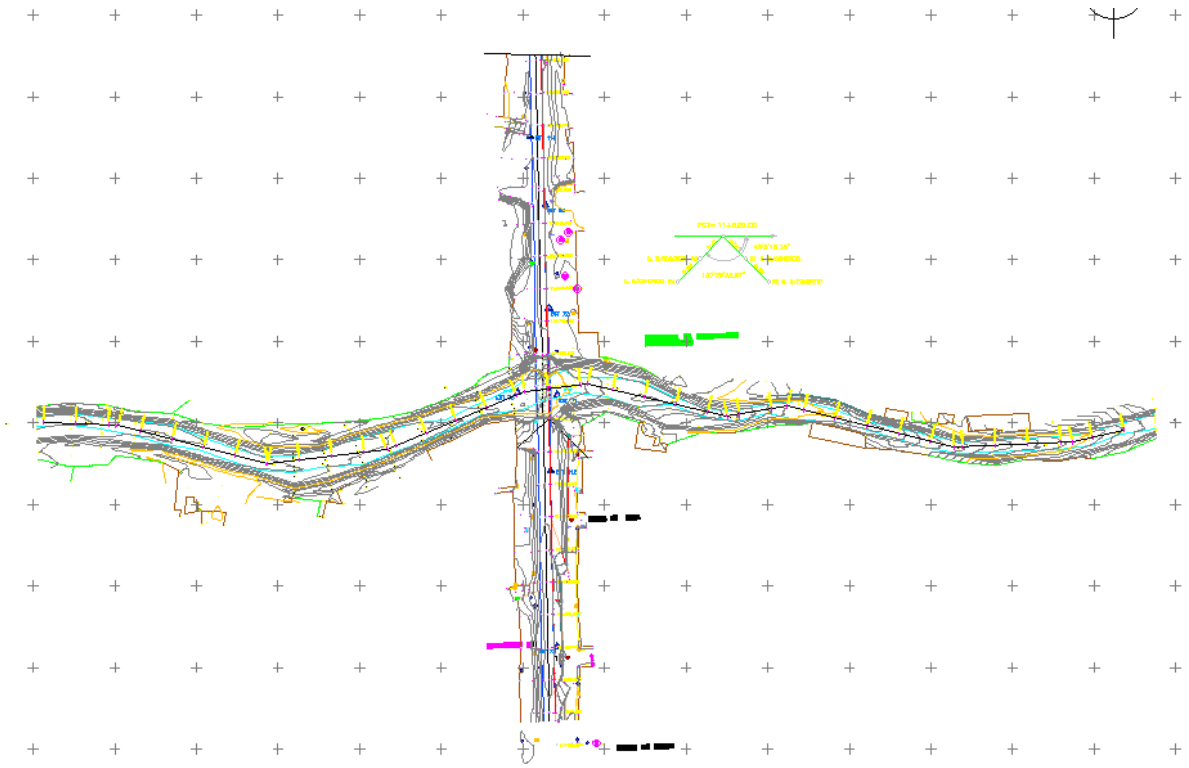


Figura 3. Planta topográfica de la zona de estudio (Ver plano)

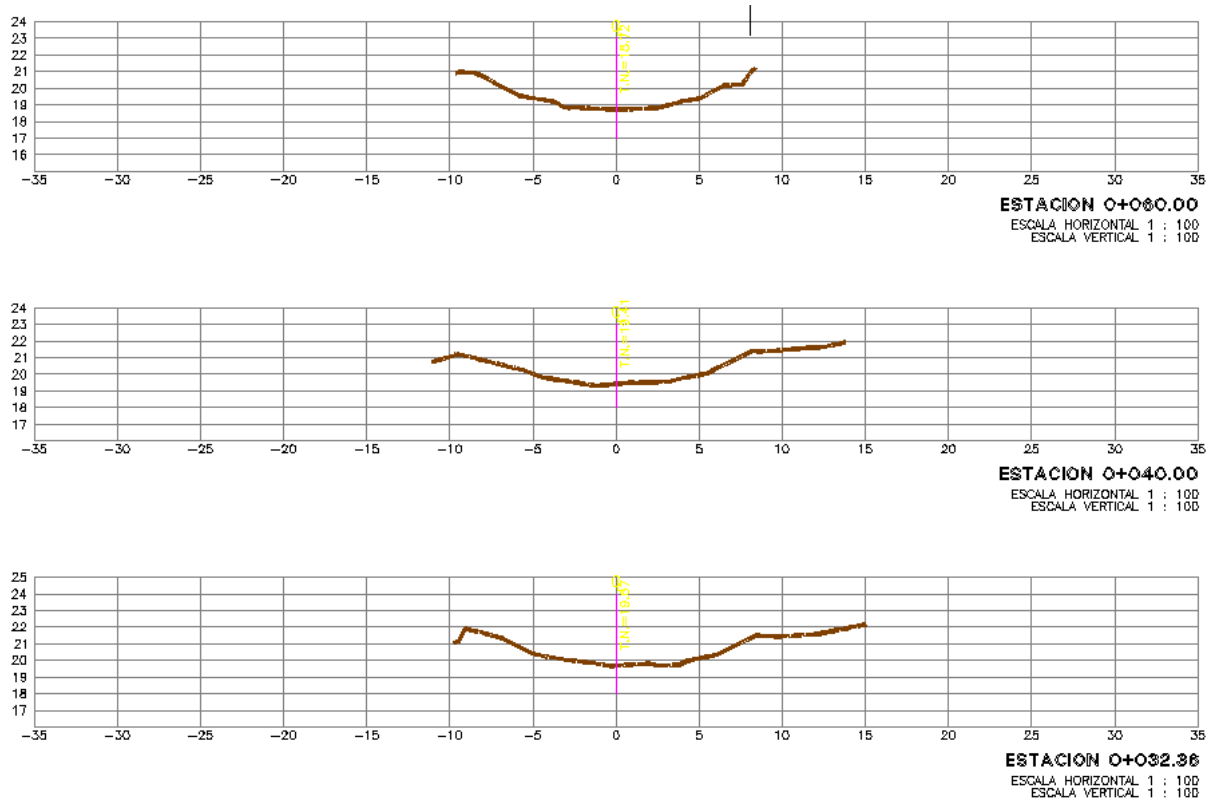


Figura 4. Secciones del cauce de la zona de estudio (Ver plano)

Con la información formateada se armó el modelo del cauce en estudio en un programa de cómputo que permite la simulación hidráulica de ríos en condiciones de flujo unidimensional y permanente.

Los cálculos computacionales del programa están basados en la determinación de perfiles a base de la ecuación de la energía, a continuación, se muestra la ecuación general y el diagrama de la ecuación.

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \qquad \text{Ec.-1}$$

Donde:

Y1, Y2; profundidad del agua en la sección transversal.
Z1, Z2; elevación del canal referido a un datum.
V1, V2; promedio de velocidad (descarga total/área total).
α1, α2; coeficiente de velocidad.
g; aceleración de la gravedad.
he; principales perdidas de energía.

En la Figura 4. Se muestra el diagrama general de la representación de los términos de la ecuación de la energía.

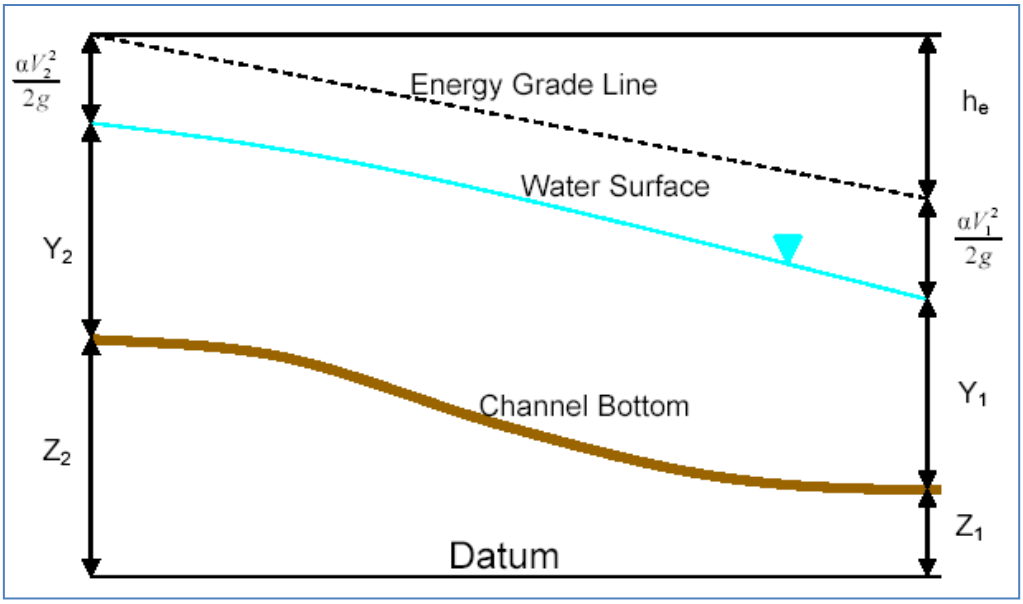


Figura 5. Secciones del cauce de la zona de estudio

Representación de los términos en la ecuación de la energía.

Las pérdidas de energía (he) entre dos secciones transversales comprende a las pérdidas de fricción y contracción o perdidas por expansión. La ecuación para las pérdidas de energía es la siguiente:

$$h_e = LS_f + C\left[\frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g}\right] \qquad \text{Ec.-2}$$

Dónde:

L; Longitud entre secciones.
Sf; Pérdida de fricción entre dos secciones.
C; Coeficiente de pérdidas de expansión o contracción.

6.0 Análisis Hidráulico en condiciones actuales.

6.1 Generalidades

Actualmente, el cruce del arroyo con la carretera Mex-200 Acapulco – Zihuatanejo en el Km 11+740, esta resuelto mediante un puente de tres claros con una longitud total de 37.50 m y ancho de corona de 9.00 m



Figura 6. Puente El Pedreguero, Km 11+740 carretera Mex-200 Acapulco – Zihuatanejo.



Figura 7. Aguas arriba del puente El Pedreguero, se aprecia las características del fondo y márgenes del arroyo.

El arroyo en la zona de cruces es de carácter interminetente, con una trayectoria sensiblemente rect. Cuenta con presencia de vegetación en sus márgenes y el material del fondo consisten en gravasy boleos.

Para determinar el coeficiente de rugosidad se utilizó el criterio mencionado por manning donde de acuerdo a al tipo de vegetación existente se le asigna un valor característico. Los Coeficientes de rugosidad de Manning se tomaron de la clasificación hecha por Ven Te Chow (ver tabla 2). Para el caso de este estudio se consideró de acuerdo a la vegetación existente, teniendo un cauce es de fondo regular con piedras y maleza alta.



Figura 8. Caracteristicas físicas del arroyo en estudio.

Tabla 1. Valores de rugosidad del coeficiente de Manning (n)

Descripción de la corriente	Mínimo	Normal	Máximo
A *Cauces naturales*			
A.1 Cursos secundarios (ancho de la superficie libre en crecida < 30 m)			
A.1.1 Cursos en planicies			
- Limpios, rectos, sin fallas ni pozos	0,025	0,030	0,033
- Rectos con algunas piedras y pastos	0,030	0,035	0,040
- Limpios con meandros, con algunos pozos y bancos	0,033	0,040	0,045
- Meandros con algunas piedras y pastos	0,035	0,045	0,050
- Meandros con muchas piedras	0,045	0,050	0,060
- Tramos sucios, con pastos y pozos profundos	0,050	0,070	0,080
- Tramo con mucho pasto, pozos profundos y cauce en crecida con muchos arbustos y matorral	0,075	0,100	0,150
A.1.2 Cursos montañosos, carentes de vegetación en el fondo, laderas con pendientes pronunciadas y árboles y arbustos en las laderas que se sumergen en niveles de crecida			
- Cauce de grava, cantos rodados y algunas rocas	0,030	0,040	0,050
- Cauce de cantos rodados, con grandes rocas	0,040	0,050	0,070
A.2 Cursos en planicies inundadas			
A..2.1 Zonas de pastos, sin arbustos			
- Pasto corto	0,025	0,030	0,035
- Pasto alto	0,030	0,035	0,050
A.2.2 Zonas cultivadas			
- Sin cultivo	0,020	0,030	0,030
- Cultivos sembrados en línea en fase de madurez fisiológica	0,025	0,035	0,045
- Cultivos sembrados a voleo en fase de madurez fisiológica	0,030	0,040	0,050
A.2.3 Zonas arbustivas			
- Escasos arbustos y pasto abundante	0,035	0,050	0,070
- Pequeños árboles y arbustos sin follaje (parada invernal)	0,035	0,050	0,060
- Pequeños árboles y arbustos con follaje (fase vegetativa)	0,040	0,060	0,080
- Arbustos medianos a densos durante la parada invernal	0,045	0,070	0,110
- Arbustos medianos a densos durante la fase vegetativa	0,070	0,100	0,160
A.2.4 Zonas arbóreas			
- Sauces densos, temporada invernal	0,110	0,150	0,200
- Terreno claro con ramas sin brotes	0,030	0,040	0,050
- Terreno claro con ramas con gran crecimiento de brotes	0,050	0,060	0,080
-Zonas de explotación maderera con árboles caídos, poco crecimiento en las zonas bajas y nivel de inundación por debajo de las ramas	0,080	0,100	0,120
-Zonas de explotación maderera con árboles caídos, poco crecimiento en las zonas bajas y nivel de inundación que alcanza a las ramas	0,100	0,120	0,160
A.3 Cursos importantes (ancho de la superficie libre en crecida > 30 m)			
En este caso, los valores del coeficiente *n* son inferiores a los correspondientes de cauces secundarios análogos, ya que los bancos ofrecen una resistencia efectiva menor,			
- Sección regular sin rocas ni arbustos	0,025		0,060
- Sección irregular y rugosa	0,035		0,100

Gasto de Diseño y Gasto de Construcción

Del estudio hidrológico realizado en subcuenca en estudio se determinaron los gastos de diseño y de construccion con los cuales se evaluó el funcionamiento del cauce, estos se muestran a continuación.

Tabla 2. Gastos obtenidos del estudio hidrológico

Tr (años)	Q m3/s
5	28.99
1000	146.27

7.0 Modelo Hidráulico en condiciones actuales.

Una vez analizada la topográfica, identificado los sentidos naturales de escurrimiento y los gastos de operación a diferentes periodos de retorno, se realizó el hidráulico de la zona de estudio, mismo que incluye los gastos del estudio hidrológico, las condiciones iniciales y de frontera, siendo esto para la evaluación y determinación de las características hidráulicas principales, mismas que se muestran a continuación.

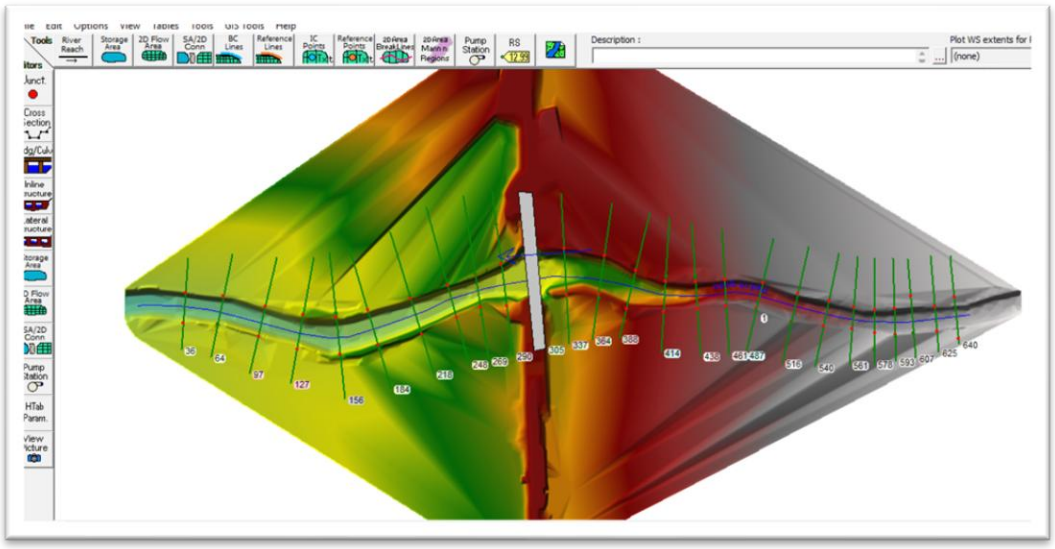


Figura 9. Vista en Planta georreferenciada de las secciones utilizadas en el modelo matemático

Tabla 3. Consideraciones finales cargadas en el modelo matemático

Steady Flow Boundary Conditions

(•) Set boundary for all profiles ( ) Set boundary for one profile at a time

Available External Boundary Condtion Types

[Known W.S.] [Critical Depth] [Normal Depth] [Rating Curve] [Delete]

Selected Boundary Condition Locations and Types

River	Reach	Profile	Upstream	Downstream
River 1	Reach 1	all	Normal Depth S = 0.03	Normal Depth S = 0.013

7.1 Resultados condiciones actuales

Tabla 4. Resultados Secciones Hidraulicos, TR 1000 años.

Profile Output Table - Standard Table 1

File Options Std. Tables Locations Help

HEC-RAS

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Reach 1	660	TR 1000	146.27	20.28	22.17	22.97	24.10	0.030015	6.15	23.77	21.01	1.85
Reach 1	640	TR 1000	146.27	19.50	21.32	22.03	23.43	0.036218	6.42	22.77	21.83	2.01
Reach 1	620	TR 1000	146.27	19.00	20.85	21.48	22.64	0.033083	5.92	24.72	24.81	1.89
Reach 1	600	TR 1000	146.27	18.50	20.81	21.31	22.01	0.016870	4.85	30.17	23.64	1.37
Reach 1	580	TR 1000	146.27	17.50	19.87	20.65	21.57	0.021532	5.78	25.33	18.66	1.58
Reach 1	560	TR 1000	146.27	17.00	18.34	19.01	20.81	0.063431	6.96	21.01	27.26	2.53
Reach 1	540	TR 1000	146.27	16.00	18.91	18.17	19.13	0.001874	2.09	70.07	37.49	0.49
Reach 1	520	TR 1000	146.27	15.50	18.50	18.50	19.03	0.009483	3.23	45.30	43.25	1.01
Reach 1	500	TR 1000	146.27	15.00	17.48	18.01	18.73	0.013666	4.96	29.51	19.69	1.29
Reach 1	480	TR 1000	146.27	15.00	17.08	17.51	18.34	0.030427	4.96	29.48	36.04	1.75
Reach 1	460	TR 1000	146.27	14.00	16.22	16.63	17.59	0.045748	5.19	28.21	44.75	2.09
Reach 1	440	TR 1000	146.27	13.00	15.15	15.70	16.81	0.031162	5.71	25.60	26.12	1.84
Reach 1	420	TR 1000	146.27	12.11	14.30	14.94	16.24	0.024207	6.17	23.71	17.46	1.69
Reach 1	400	TR 1000	146.27	11.50	13.34	14.28	15.60	0.037877	6.66	21.95	20.45	2.05
Reach 1	380	TR 1000	146.27	11.51	12.74	13.48	14.82	0.035101	6.38	22.91	21.73	1.99
Reach 1	360	TR 1000	146.27	11.30	13.43	13.43	14.08	0.008718	3.56	41.10	32.17	1.01
Reach 1	344	TR 1000	146.27	10.50	12.04	12.64	13.75	0.026799	5.80	25.21	22.57	1.75
Reach 1	340	TR 1000	146.27	10.43	11.85	12.43	13.62	0.029360	5.90	24.79	23.25	1.82
Reach 1	327	TR 1000	146.27	9.85	12.37	11.51	12.57	0.001534	1.99	73.46	38.24	0.46
Reach 1	317		Bridge									
Reach 1	305	TR 1000	146.27	9.50	12.33		12.49	0.001255	1.77	82.57	43.22	0.41
Reach 1	300	TR 1000	146.27	9.50	12.26		12.47	0.002075	2.07	70.99	44.86	0.52
Reach 1	280	TR 1000	146.27	9.00	11.73	11.73	12.36	0.009054	3.50	41.84	34.42	1.01
Reach 1	260	TR 1000	146.27	8.50	10.60	10.96	12.05	0.014689	5.32	27.47	17.08	1.34
Reach 1	240	TR 1000	146.27	8.50	10.26	10.66	11.73	0.016531	5.38	27.19	18.42	1.41
Reach 1	220	TR 1000	146.27	8.00	9.77	10.24	11.36	0.019964	5.59	26.17	19.48	1.54
Reach 1	200	TR 1000	146.27	8.00	10.79	9.99	11.07	0.004101	2.31	63.24	54.30	0.68
Reach 1	180	TR 1000	146.27	8.00	10.67		10.98	0.003880	2.48	59.09	43.74	0.68
Reach 1	160	TR 1000	146.27	7.50	10.71		10.89	0.001888	1.84	79.70	53.16	0.48
Reach 1	140	TR 1000	146.27	7.50	10.49	9.83	10.81	0.004790	2.51	58.35	49.25	0.74
Reach 1	120	TR 1000	146.27	7.50	9.80	9.80	10.64	0.007934	4.05	36.11	21.66	1.00
Reach 1	100	TR 1000	146.27	7.00	9.34	9.88	10.44	0.010146	4.63	31.58	18.41	1.13
Reach 1	80	TR 1000	146.27	7.00	9.79	9.57	10.17	0.005428	2.75	53.22	43.37	0.79
Reach 1	60	TR 1000	146.27	7.00	9.70		10.04	0.006410	2.60	56.31	57.19	0.84
Reach 1	40	TR 1000	146.27	7.00	9.59		9.91	0.006121	2.52	58.06	60.00	0.82
Reach 1	20	TR 1000	146.27	6.50	9.20	8.82	9.74	0.009128	3.27	44.74	41.62	1.01
Reach 1	0	TR 1000	146.27	6.50	8.73	8.73	9.56	0.007955	4.02	36.39	22.22	1.00

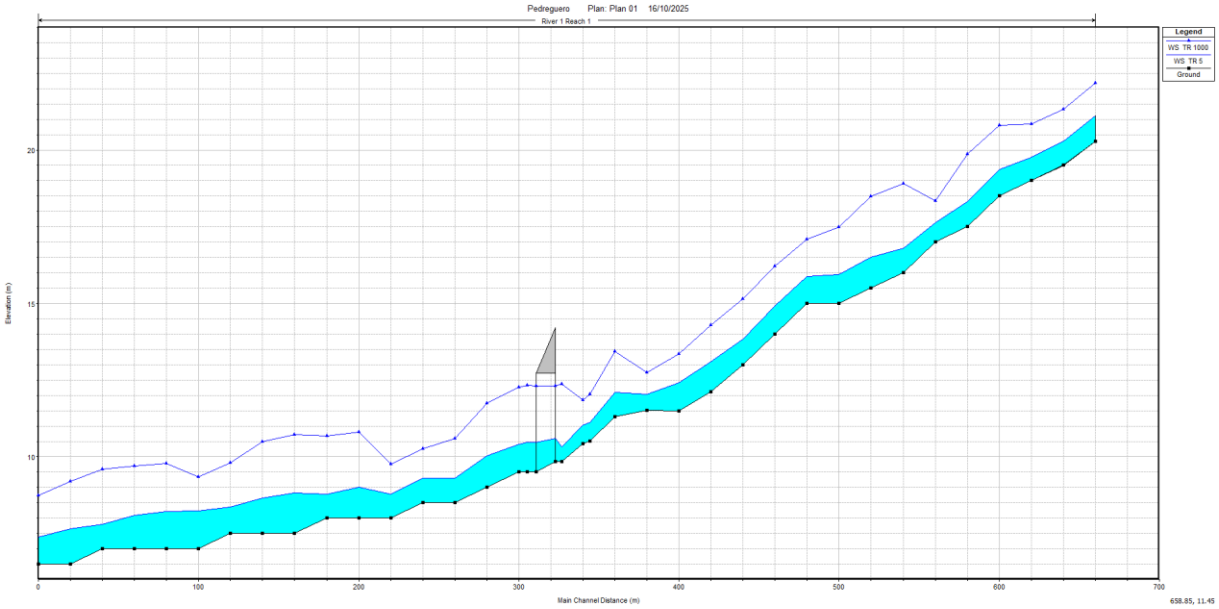


Figura 10. Perfil de la lámina de agua para los gastos Tr 1000 y 5 años.

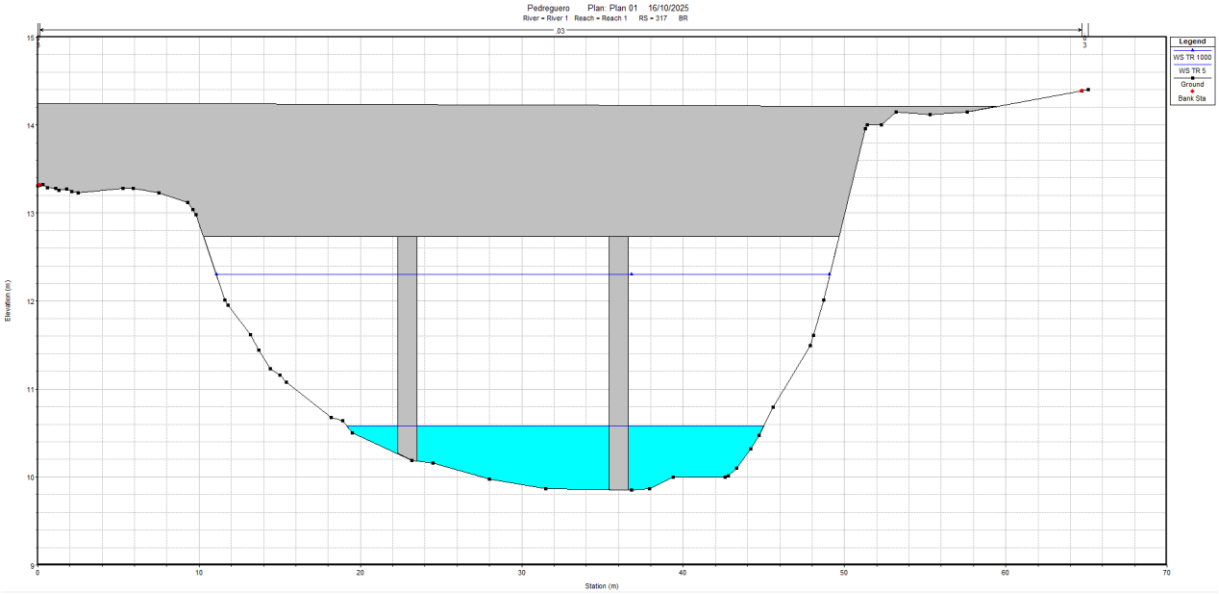


Figura 11. Sección Hidráulica bajo el puente El Pedreguero para los gastos Tr 1000 y 5 años.

Tabla 5. Resultados Hidraulicos puente actual TR 1000 años.

Bridge Output

File Type Options Help

River: River 1 Profile: TR 1000

Reach Reach 1 RS: 317 Plan: Plan 01

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 317 Profile: TR 1000

		Element	Inside BR US	Inside BR DS
E.G. US. (m)	12.57	E.G. Elev (m)	12.55	12.51
W.S. US. (m)	12.37	W.S. Elev (m)	12.30	12.31
Q Total (m3/s)	146.27	Crit W.S. (m)	11.59	11.19
Q Bridge (m3/s)	146.27	Max Chl Dpth (m)	2.45	2.81
Q Weir (m3/s)		Vel Total (m/s)	2.23	1.95
Weir Sta Lft (m)		Flow Area (m2)	65.54	75.20
Weir Sta Rgt (m)		Froude # Chl	0.53	0.46
Weir Submerg		Specif Force (m3)	101.13	123.25
Weir Max Depth (m)		Hydr Depth (m)	1.84	1.86
Min El Weir Flow (m)	14.21	W.P. Total (m)	45.41	53.48
Min El Prs (m)	12.73	Conv. Total (m3/s)	2790.2	3146.5
Delta EG (m)	0.08	Top Width (m)	35.63	40.51
Delta WS (m)	0.04	Frctn Loss (m)	0.03	0.01
BR Open Area (m2)	81.12	C & E Loss (m)	0.02	0.01
BR Open Vel (m/s)	2.23	Shear Total (N/m2)	38.90	29.80
BR Sluice Coef		Power Total (N/m s)	86.81	57.96
BR Sel Method	Energy only			

De acuerdo con los resultados para la condición actual, con el tránsito de la avenida de diseño el puente existente es hidráulicamente insuficiente, teniendo una elevación del agua de 12.31 m y un Bordo Libre de 0.43 m, hasta el nivel bajo trabe de la superestructura.

7.2 Resultados condiciones alternativa de proyecto

Esta alternativa consiste en un puente de 46.0 m de longitud total e incrementar la altura del puente considerando un Bordo Libre de 1.50 m para paso de cuerpos flotantes.

Tabla 6. Resultados Secciones Hidraulicos, TR 1000 años.

Profile Output Table - Standard Table 1

File Options Std. Tables Locations Help

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Reach 1	660	TR 1000	146.27	20.26	22.17	22.84	24.10	0.030013	6.15	23.77	20.99	1.85
Reach 1	640	TR 1000	146.27	19.51	21.33	22.03	23.43	0.036192	6.41	22.81	21.92	2.01
Reach 1	620	TR 1000	146.27	19.00	20.85	21.48	22.64	0.033163	5.92	24.69	24.79	1.90
Reach 1	600	TR 1000	146.27	18.50	20.81	21.31	22.01	0.016917	4.85	30.13	23.62	1.37
Reach 1	580	TR 1000	146.27	17.50	19.87	20.65	21.58	0.021550	5.78	25.32	18.65	1.58
Reach 1	560	TR 1000	146.27	17.00	18.34	19.01	20.81	0.063451	6.96	21.01	27.26	2.53
Reach 1	540	TR 1000	146.27	16.00	18.91	18.17	19.13	0.001874	2.09	70.07	37.49	0.49
Reach 1	520	TR 1000	146.27	15.50	18.50	18.50	19.03	0.009483	3.23	45.30	43.25	1.01
Reach 1	500	TR 1000	146.27	15.00	17.48	18.01	18.73	0.013666	4.96	29.51	19.69	1.29
Reach 1	480	TR 1000	146.27	15.00	17.08	17.51	18.34	0.030427	4.96	29.48	36.04	1.75
Reach 1	460	TR 1000	146.27	14.00	16.22	16.63	17.59	0.045748	5.19	28.21	44.75	2.09
Reach 1	440	TR 1000	146.27	13.00	15.15	15.70	16.81	0.031162	5.71	25.60	26.12	1.84
Reach 1	420	TR 1000	146.27	12.11	14.30	14.94	16.24	0.024207	6.17	23.71	17.46	1.69
Reach 1	400	TR 1000	146.27	11.50	13.34	14.28	15.60	0.037877	6.66	21.95	20.45	2.05
Reach 1	380	TR 1000	146.27	11.51	12.74	13.48	14.82	0.035101	6.38	22.91	21.73	1.99
Reach 1	360	TR 1000	146.27	11.30	13.43	13.43	14.08	0.008718	3.56	41.10	32.17	1.01
Reach 1	344	TR 1000	146.27	10.50	12.04	12.64	13.75	0.026799	5.80	25.21	22.57	1.75
Reach 1	340	TR 1000	146.27	10.43	11.85	12.43	13.62	0.029360	5.90	24.79	23.25	1.82
Reach 1	323	TR 1000	146.27	9.66	12.43	10.81	12.51	0.000418	1.21	121.02	46.00	0.24
Reach 1	317		Bridge									
Reach 1	312	TR 1000	146.27	9.50	12.44		12.50	0.000310	1.10	132.88	46.00	0.21
Reach 1	300	TR 1000	146.27	9.50	12.26		12.47	0.002075	2.07	70.99	44.86	0.52
Reach 1	280	TR 1000	146.27	9.00	11.73	11.73	12.36	0.009054	3.50	41.84	34.42	1.01
Reach 1	260	TR 1000	146.27	8.50	10.60	10.96	12.05	0.014747	5.33	27.43	17.08	1.34
Reach 1	240	TR 1000	146.27	8.50	10.26	10.66	11.73	0.016563	5.38	27.17	18.42	1.42
Reach 1	220	TR 1000	146.27	8.00	9.77	10.24	11.36	0.019980	5.59	26.17	19.48	1.54
Reach 1	200	TR 1000	146.27	8.00	10.79	9.99	11.07	0.004101	2.31	63.24	54.30	0.68
Reach 1	180	TR 1000	146.27	8.00	10.67		10.98	0.003880	2.48	59.09	43.74	0.68
Reach 1	160	TR 1000	146.27	7.50	10.71		10.89	0.001888	1.84	79.70	53.16	0.48
Reach 1	140	TR 1000	146.27	7.50	10.49	9.83	10.81	0.004790	2.51	58.35	49.25	0.74
Reach 1	120	TR 1000	146.27	7.50	9.80	9.80	10.64	0.007934	4.05	36.11	21.66	1.00
Reach 1	100	TR 1000	146.27	7.00	9.34	9.88	10.44	0.010147	4.63	31.58	18.41	1.13
Reach 1	80	TR 1000	146.27	7.00	9.78	9.57	10.17	0.005521	2.77	52.89	43.26	0.80
Reach 1	60	TR 1000	146.27	7.00	9.69		10.04	0.006482	2.63	55.64	55.97	0.84
Reach 1	40	TR 1000	146.27	7.00	9.56	9.46	9.91	0.006696	2.59	56.50	60.00	0.85
Reach 1	20	TR 1000	146.27	6.50	8.87	8.83	9.72	0.007307	4.08	35.88	19.85	0.97
Reach 1	0	TR 1000	146.27	6.50	8.74	8.74	9.56	0.007829	3.99	36.65	22.33	0.99

Tabla 7. Resultados Secciones Hidraulicos, TR 5 años.

Profile Output Table - Standard Table 1

File Options Std. Tables Locations Help

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Reach 1	660	TR 5	28.99	20.26	21.11	21.35	21.91	0.030008	3.97	7.31	12.63	1.67
Reach 1	640	TR 5	28.99	19.51	20.30	20.59	21.25	0.036064	4.33	6.70	11.65	1.82
Reach 1	620	TR 5	28.99	19.00	19.75	20.00	20.57	0.028316	3.99	7.26	11.85	1.63
Reach 1	600	TR 5	28.99	18.50	19.37	19.56	20.06	0.020124	3.67	7.89	11.19	1.40
Reach 1	580	TR 5	28.99	17.50	18.33	18.68	19.48	0.037471	4.75	6.11	9.35	1.87
Reach 1	560	TR 5	28.99	17.00	17.63	17.97	18.59	0.045984	4.35	6.66	13.81	2.00
Reach 1	540	TR 5	28.99	16.00	16.80	17.11	17.78	0.035897	4.38	6.62	11.10	1.81
Reach 1	520	TR 5	28.99	15.50	16.51	16.68	17.21	0.017739	3.71	7.81	9.71	1.32
Reach 1	500	TR 5	28.99	15.00	15.95	16.19	16.77	0.026335	4.01	7.23	11.06	1.58
Reach 1	480	TR 5	28.99	15.00	15.87	15.91	16.32	0.012062	2.97	9.77	12.91	1.09
Reach 1	460	TR 5	28.99	14.00	14.91	15.21	15.88	0.034720	4.36	6.64	11.03	1.80
Reach 1	440	TR 5	28.99	13.00	13.83	14.20	15.05	0.047142	4.91	5.91	10.38	2.08
Reach 1	420	TR 5	28.99	12.11	13.10	13.47	14.19	0.035937	4.63	6.26	9.64	1.84
Reach 1	400	TR 5	28.99	11.50	12.42	12.76	13.43	0.037635	4.47	6.49	11.06	1.86
Reach 1	380	TR 5	28.99	11.51	12.03	12.21	12.63	0.030963	3.43	8.46	18.86	1.63
Reach 1	360	TR 5	28.99	11.30	12.10	12.10	12.42	0.010624	2.51	11.57	18.31	1.01
Reach 1	344	TR 5	28.99	10.50	11.13	11.40	12.04	0.054986	4.24	6.84	17.02	2.14
Reach 1	340	TR 5	28.99	10.43	11.03	11.26	11.78	0.043162	3.82	7.58	18.43	1.90
Reach 1	323	TR 5	28.99	9.66	10.53	10.14	10.57	0.001068	0.86	33.52	46.00	0.32
Reach 1	317		Bridge									
Reach 1	312	TR 5	28.99	9.50	10.54		10.56	0.000393	0.64	45.44	46.00	0.20
Reach 1	300	TR 5	28.99	9.50	10.40		10.53	0.003222	1.62	17.86	22.14	0.58
Reach 1	280	TR 5	28.99	9.00	10.02	10.02	10.40	0.009999	2.74	10.58	13.76	1.00
Reach 1	260	TR 5	28.99	8.50	9.30	9.52	10.05	0.028826	3.82	7.58	13.43	1.62
Reach 1	240	TR 5	28.99	8.50	9.30	9.30	9.66	0.010339	2.64	10.97	15.60	1.01
Reach 1	220	TR 5	28.99	8.00	8.78	8.93	9.34	0.022716	3.32	8.72	15.97	1.44
Reach 1	200	TR 5	28.99	8.00	9.00	8.77	9.17	0.004005	1.83	15.81	19.10	0.64
Reach 1	180	TR 5	28.99	8.00	8.79	8.73	9.05	0.008065	2.27	12.76	18.98	0.89
Reach 1	160	TR 5	28.99	7.50	8.83		8.93	0.001945	1.43	20.20	20.53	0.46
Reach 1	140	TR 5	28.99	7.50	8.66		8.87	0.004103	2.01	14.43	15.38	0.66
Reach 1	120	TR 5	28.99	7.50	8.35	8.35	8.73	0.010213	2.72	10.65	14.28	1.01
Reach 1	100	TR 5	28.99	7.00	8.23	8.06	8.48	0.005252	2.20	13.19	14.74	0.74
Reach 1	80	TR 5	28.99	7.00	8.21		8.38	0.003016	1.80	16.06	15.90	0.57
Reach 1	60	TR 5	28.99	7.00	8.10		8.30	0.004232	2.00	14.51	15.92	0.67
Reach 1	40	TR 5	28.99	7.00	7.80	7.80	8.16	0.010267	2.65	10.95	15.41	1.00
Reach 1	20	TR 5	28.99	6.50	7.65	7.43	7.86	0.004371	2.03	14.27	15.68	0.68
Reach 1	0	TR 5	28.99	6.50	7.37	7.37	7.72	0.010366	2.63	11.03	15.84	1.01

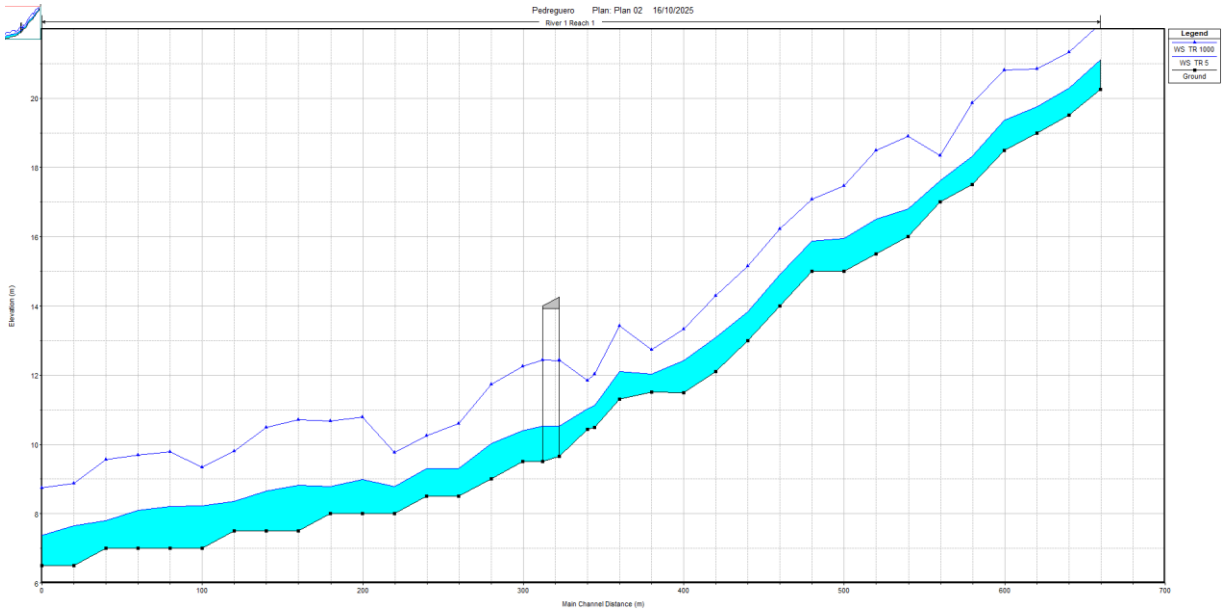


Figura 12. Perfil de la lámina de agua para los gastos Tr 1000 y 5 años (alternativa de proyecto).

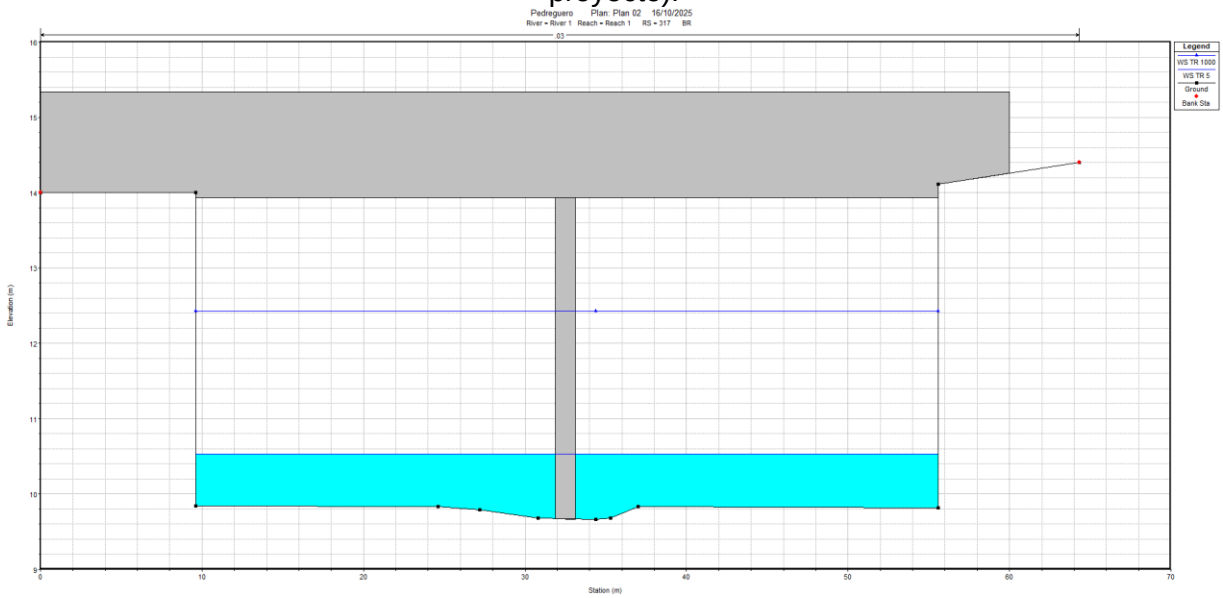


Figura 11. Sección Hidráulica bajo el puente El Pedreguero para los gastos Tr 1000 y 5 años (alternativa de proyecto).

Tabla 8. Resultados Hidraulicos puente actual TR 1000 años (alternativa de proyecto)

Bridge Output

File Type Options Help

River: River 1 Profile: TR 1000

Reach Reach 1 RS: 317 Plan: Plan 02

Plan: Plan 02 River 1 Reach 1 RS: 317 Profile: TR 1000

		Element	Inside BR US	Inside BR DS
E.G. US. (m)	12.51	E.G. Elev (m)	12.51	12.50
W.S. US. (m)	12.43	W.S. Elev (m)	12.43	12.43
Q Total (m3/s)	146.27	Crit W.S. (m)	10.84	10.58
Q Bridge (m3/s)	146.27	Max Chl Dpth (m)	2.77	2.93
Q Weir (m3/s)		Vel Total (m/s)	1.25	1.13
Weir Sta Lft (m)		Flow Area (m2)	117.48	129.24
Weir Sta Rgt (m)		Froude # Chl	0.25	0.21
Weir Submerg		Specif Force (m3)	172.65	203.37
Weir Max Depth (m)		Hydr Depth (m)	2.62	2.88
Min El Weir Flow (m)	14.26	W.P. Total (m)	55.52	56.37
Min El Prs (m)	13.93	Conv. Total (m3/s)	6454.0	7491.1
Delta EG (m)	0.01	Top Width (m)	44.80	44.80
Delta WS (m)	0.00	Frctn Loss (m)	0.00	0.00
BR Open Area (m2)	184.75	C & E Loss (m)	0.00	0.00
BR Open Vel (m/s)	1.25	Shear Total (N/m2)	10.66	8.57
BR Sluice Coef		Power Total (N/m s)	13.27	9.70
BR Sel Method	Energy only			

Tabla 9. Resultados Hidraulicos puente actual TR 5 años (alternativa de proyecto)

Bridge Output

File Type Options Help

River: River 1 Profile: TR 5

Reach Reach 1 RS: 317 Plan: Plan 02

Plan: Plan 02 River 1 Reach 1 RS: 317 Profile: TR 5

		Element	Inside BR US	Inside BR DS
E.G. US. (m)	10.57	E.G. Elev (m)	10.57	10.56
W.S. US. (m)	10.53	W.S. Elev (m)	10.53	10.53
Q Total (m3/s)	28.99	Crit W.S. (m)	10.15	9.90
Q Bridge (m3/s)	28.99	Max Chl Dpth (m)	0.87	1.03
Q Weir (m3/s)		Vel Total (m/s)	0.90	0.66
Weir Sta Lft (m)		Flow Area (m2)	32.35	44.16
Weir Sta Rgt (m)		Froude # Chl	0.34	0.21
Weir Submerg		Specif Force (m3)	14.38	23.76
Weir Max Depth (m)		Hydr Depth (m)	0.72	0.99
Min El Weir Flow (m)	14.26	W.P. Total (m)	47.92	48.77
Min El Prs (m)	13.93	Conv. Total (m3/s)	829.7	1377.7
Delta EG (m)	0.01	Top Width (m)	44.80	44.80
Delta WS (m)	0.00	Frctn Loss (m)	0.01	0.00
BR Open Area (m2)	184.75	C & E Loss (m)	0.01	0.00
BR Open Vel (m/s)	0.90	Shear Total (N/m2)	8.08	3.93
BR Sluice Coef		Power Total (N/m s)	7.24	2.58
BR Sel Method	Energy only			

7.3 Resumene de Resultados condición actual y alternativa de proyecto

Efectuado el análisis del tránsito de las diferentes avenidas máximas consideradas, en la siguiente tabla se muestra los resultados obtenidos del modelo hidraulico HEC-RAS.

Tabla 10. Resultados Hidraulicos puente actual.

RESULTADOS HECRAS				
GASTO	Q	NADI	V	BL
	(m^3/s)	(m^3/s)	(m/s)	m
TR 5	28.99	10.58 (NAC)	2.31	2.15
TR 1000	146.27	12.31	2.23	0.43

Tabla 11. Resultados Hidraulicos puente alternativa de proyecto.

RESULTADOS HECRAS				
GASTO	Q	NADI	V	BL
	(m^3/s)	(m^3/s)	(m/s)	m
TR 5	28.99	10.53 (NAC)	0.90	3.40
TR 1000	146.27	12.43	1.25	1.50

8.0 Conclusiones

Los gastos máximos de diseño y de construcción se obtuvieron del estudio hidrológico realizado 146.27 y 28.99 m^3/s, respectivamente.

De acuerdo a la normatividad de la SICT, el tipo de carretera y su ubicación se considera un TR 1000 años.

Como resultado de análisis hidráulico anterior, se determina que el puente existente de 37.50m de longitud aproximadamente no cuenta con un área suficiente para el tránsito de la avenida de 1000 años, teniendo una elevación del agua de 12.31 m y un Bordo Libre de 0.43 m, hasta el nivel bajo trabe de la superestructura.

Dado lo anterior, se requiere sustituir el puente actual por nueva estructura con dimensiones en claro y altura que drenen adecuadamente el gasto de diseño, en este caso se consideró la propuesta de un puente de un solo claro de 46.00 m de longitud elevando la rasante actual del camino, de tal manera que se establezca un Bordo Libre de 1.50 m como mínimo para paso de cuerpos flotantes. (Los resultados para alternativa de proyecto se muestran a continuación).

RESULTADOS HECRAS				
GASTO	Q	NADI	V	BL
	(m^3/s)	(m^3/s)	(m/s)	m
TR 5	28.99	10.53 (NAC)	0.90	3.40
TR 1000	146.27	12.43	1.25	1.50

Para estas condiciones, el funcionamiento hidráulico para la propuesta del nuevo puente, se considera aceptable.

Los apoyos del puente deberán estar orientados respecto al sentido de la corriente del río.
Debido a las altas velocidades desarrolladas en el arroyo, se recomienda proteger los estribos del puente contra la socavación.

CONTENIDO

1.0 ANTECEDENTES 2

2.0 OBJETIVOS Y ALCANCES. 3

3.0 DATOS GENERALES. 4

4.0 ESTUDIO HIDROLÓGICO. 8

4.1 CONDICIONES NATURALES DE LA CUENCA 9
4.1.1 FISIOGRAFÍA 11
4.1.2 GEOLOGÍA 13
4.1.3 ÁREA DE CUENCA 16
4.1.4 PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL 17
4.1.5 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN 18
4.1.6 COEFICIENTE C Y NÚMERO DE ESCURRIMIENTO N 20
4.2 ANÁLISIS DE LLUVIAS 24
4.2.1 INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA 24
4.3 CURVA I-D-TR A PARTIR DE LA FORMULA CHENG LUNG CHEN 37
4.4 PERIODO DE RETORNO 41
4.5 MÉTODOS LLUVIA - ESCURRIMIENTO 42
Resumen de Gastos obtenidos 46

5.0 GASTO DE DISEÑO 46

6.0 ANEXOS 47

1.0 Antecedentes

Durante décadas se ha venido realizando la explotación desmedida de los bosques, además de la ampliación de las áreas agrícolas y urbanas, lo cual se traduce en un gran daño ecológico irreversible para el planeta, debido a estas acciones, uno de los principales factores afectados es el ciclo natural de agua, esto puede observarse en el incremento de volumen de cualquier escurrimiento natural y a su vez en la disminución del tiempo de respuesta de una avenida, este fenomeo puede observarse fácilmente en los escurrimientos que cruzan zonas urbanas, que en la mayoría de los casos han sufrido modificaciones en su cauce natural principalmente por rectificaciones, enbovedameinto, estrangulación, etc., lo que reduce la capacidad de conducción y el tiempo de recorrido de l as corrientes de forma natural.

Dentro de las acciones del Gobierno Federal, en este caso la *Secretaria de Infraestructura Comunicaciones y Transporte* a travez de la *Direccion General de Carreteras* a encomendado la "ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 ACAPULCO – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO, donde se realizaran los trabajos necesarios para garantizar el correcto funcionamiento de las obras de drenaje menor existentes y en su caso proyectar la infraestructura requerida.

El estudio consiste en la realización de los trabajos de gabinete necesarios, como son la recopilación y el análisis de la información existente en los diferentes organismos que cuentan con información oficial de: datos climatológicos, compendios de información geográfica municipal, cartografia y mapas digitales, etc.

2.0 Objetivos y Alcances.

Obtener los gastos de diseño para periodos de retorno de 5 Y 1000 años en el cruce con el puente "El Pedreguero" km 11+740 de la Carretera Mex-200 Acapulco – Zihuatanejo: Tramo Pie de la Cuesta - El Embarcadero.

Para alcanzar los objetivos descritos se requiere ejecutar trabajos de gabinete, utilizando para ello los métodos y técnicas más actualizadas con que se disponga, empleando las teorías y procedimientos comunes en la práctica, así como softwares o modelos matemáticos sin contravenir las normas utilizadas por la Comisión Nacional del Agua, debiendo para estos casos indicar la bibliografía y/o condiciones bajo las cuales operan los mismos.

Con la elaboración del presente estudio se determinarán los gastos que transitaran en los cruces de las obras de drenaje menor de la vialidad, lo cual permitirá realizar la revisión hidrulica de las mismas para garantizar su correcto funcionamiento.

3.0 Datos Generales.

Localización

El estado de Guerrero esta ubicado en la región suroeste del país, limitando al norte con el Estado de México, Morelos y Puebla, al sureste con Oaxaca, al suroeste con el océano Pacífico y al noroeste con el río Balsas que lo separa de Michoacán.



Imagen 1. *Estado de Guerrero.*

El tramo de estudio se encuentra localizado entre los municipios de Coyuca de Benitez y Acapulco de Juárez, para el caso de Coyuca de Benitez tenemos que se ubica entre los paralelos 16° 54' y 17° 28' de latitud norte; los meridianos 99° 48' y 100° 19' de longitud oeste; altitud entre 0 y 3 400 m. Colinda al norte con los municipios de Atoyac de Álvarez, General Heliodoro Castillo y Chilpancingo de los Bravo; al este con los municipios de Chilpancingo de los Bravo y Acapulco de Juárez; al sur con el municipio de Acapulco de Juárez, con el Océano Pacífico y con el municipio de Benito Juárez; al oeste con el Océano Pacífico y los municipios de Benito Juárez y Atoyac de Álvarez.

Por otro lado, tenemos que Acapulco de Juárez se ubica entre los paralelos 16° 41' y 17° 14' de latitud norte; los meridianos 99° 28' y 101° 00' de longitud oeste; altitud entre 0 y 2 000 m. Colindando al norte con los municipios de Coyuca de Benítez, Chilpancingo de los Bravo y Juan R. Escudero; al este con los municipios de Juan R. Escudero y San Marcos; al sur con el municipio de San Marcos y el Océano Pacífico, al oeste con el Océano Pacífico y el municipio de Coyuca de Benítez.



Imagen 2. Municipios de Coyuca de Benitez y Acapulco de Juárez, en el Estado de Guerrero.



Imagen 3. Municipios de Coyuca de Benitez y Acapulco de Juárez, en el Estado de Guerrero.

Extensión Teritorial

Ambos municipios representan el 5.57% del total del territorio estatal.

Orografía

El estado de Guerrero es sumamente montañoso, tiene serranías, además de ser muy irregular por sus sierras madres. Es atravesado por la Sierra Madre del Sur. El Eje Volcánico Transversal origina las sierras de Sultepec y Taxco. Junto con Oaxaca, extiende su territorio por la llamada Depresión Austral, y es recorrido por la sección sureste de la Sierra Madre del Sur. El Eje Volcánico Transversal atraviesa parte de Guerrero, principalmente la Región Norte.

Hidrografía

El estado de Guerrero es cruzado por el Río Balsas, que es uno de los ríos más importantes de México. El territorio del estado se encuentra sobre tres regiones hidrológicas. La región 18 del río Balsas, de la que Guerrero ocupa el 31 % de la superficie. Tiene como presas más importantes a la Valerio Trujano en Tepecoacuilco, que surte de energía eléctrica a gran parte de la Región Norte. La región 19 de la Costa Grande ocupa el 20 % del territorio estatal, y sus ríos más importantes son el Ixtapa, Tecpan, Coyuca, La Sabana, Coyuquilla y Petatlán, además del Atoyac. Por último, la región 20 de la Costa Chica, de la que el 26,4 % de la superficie pertenece a Guerrero. No tiene muchos ríos, pero destacan el Nexpa, Ometepec y Papagayo. Los lagos y lagunas más importantes son Potosí, Mitla, Nuxco, Coyuca, Tres Palos, San Marcos (Tecomate), Chautengo, Tila, Huamuxtitlán, Tuxpan, Tixtla, Tecomate.

Clima

Más del 60 % de la superficie estatal disfruta de clima cálido subhúmedo con precipitaciones en verano, en segundo lugar tenemos el clima semicálido con lluvias en verano, en casi la quinta parte del territorio. El resto lo ocupan climas menores, entre los que destacan semicálidos y templados, todos con lluvias moderadas.

Para los Municipios de Coyuca y Acapulco se tiene un rango de temperatura de 20 a 28° C.

Flora

La flora está compuesta principalmente por árboles de amate copal, cuagiote, organeras, huizache y palmeras.

Fauna

Entre los animales más característicos de la fauna guerrerense están las iguanas, las serpientes, las lagartijas, las liebres, los conejos y los coyotes. Los animales en peligro de extinción en el Estado de Guerrero son el venado, el jaguar, el águila, la tortuga, la iguana, así como el conejo de Omiltemi, la nauyaca guerrerense de montaña, la coqueta de Atoyac y el tlaconete de Teotepec, estos últimos, de suma importancia biológica por tratarse de endemismos.

Uso de Suelo y Vegetación

En la zona se cuenta con áreas de agricultura, grandes extensiones de zonas urbanas, predominando principalmente la Selva caducifolia y selva subcaducifolia.

4.0 Estudio Hidrológico.

Antecedentes

Para dar cumplimiento con la ejecución de los Estudios y Proyectos Constructivos correspondientes al Programa de Construcción y Modernización de Carreteras en nuestro país, las cuales permitan contar con un amplio sistema carretero eficiente, seguro, de buena calidad, y el cual permita activar la economía a lo largo y ancho del país, la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, a través de la Dirección General de Carreteras, llevará a cabo la **ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 SALINA CRUZ – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO, EN EL ESTADO DE GUERRERO**, como parte de estos trabajos se presenta el siguiente apartado el cual corresponde a la elaboración del estudio Hidrologico.

Objeto del estudio

El estudio Hidrológico tiene como objetivo analizar las condiciones hidrográficas de la cuenca de aportación y patrones de lluvia en la zona de estudio para determinar los gastos máximos para distintos periodos de retorno y definir la magnitud de la avenida considerada como de diseño.

4.1 Condiciones naturales de la cuenca

La zona donde se proyecta la realización de la obra se ubica dentro de la zona sur del estado de Guerrero, se trata de la Carretera Mex-200 Salina Cruz – Zihuatanejo: Tramo Pie de la Cuesta - El Embarcadero, esta vía conecta la ciudad de Acapulco con Coyuca de Benitez, prácticamente es una zona urbana. La subcuenca de estudio pertenece a la Región Hidrologica 19 (RH19) denominada Costa Grande de Guerrero, también se le conoce como cuenca del Rio Atoyac. La subcuenca que analizaremos corresponde a la Bahia de Acapulco la cual drena a la Laguna de Coyuca y posteriormente desemboca al mar.

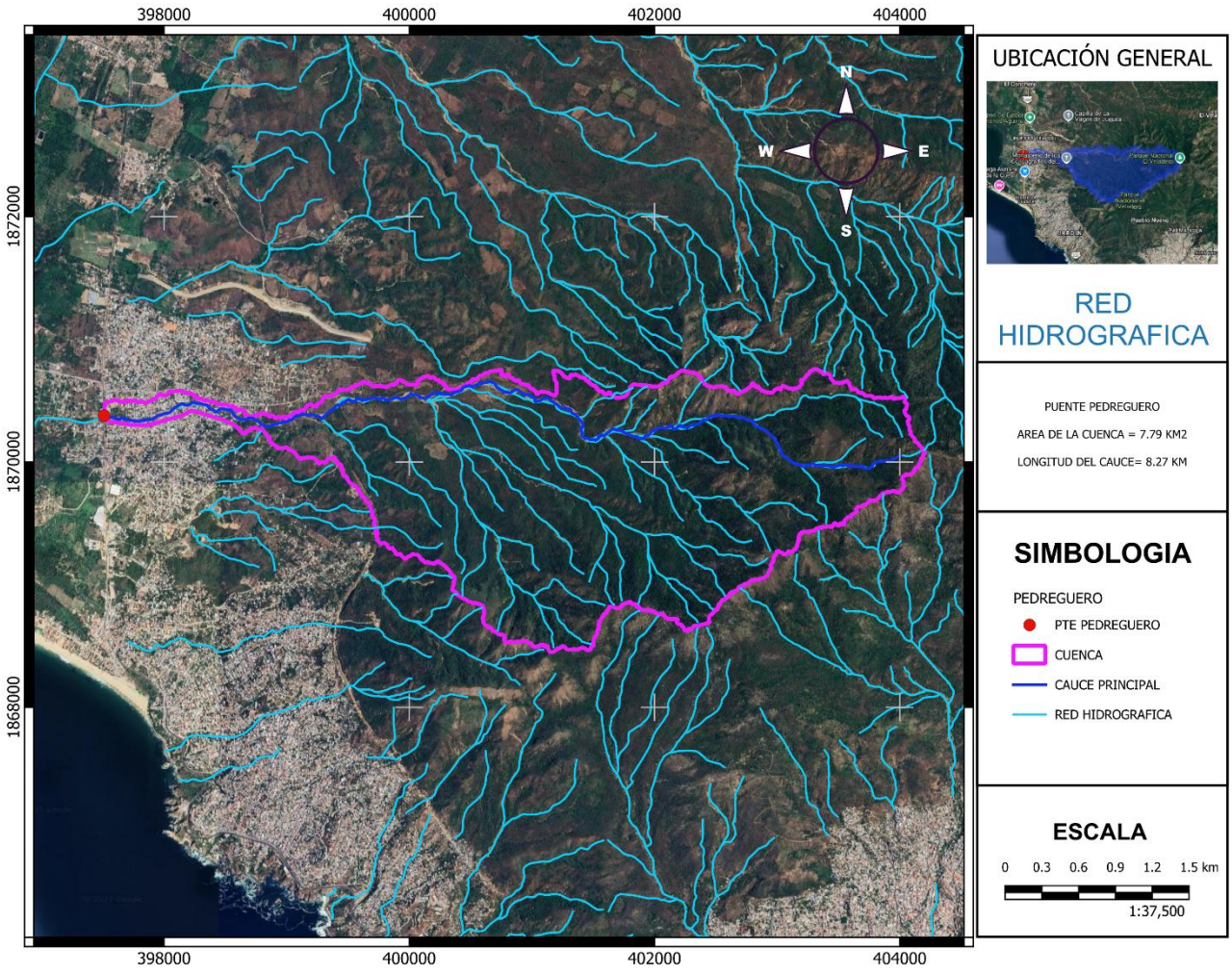


Imagen 4.- *Cuenca de estudio y su Red Hidrografica RH19.*

La topografía de la zona en la parte alta es con pendientes pronuciadas con elevaiones que van de la 1,600 hasta 0 al desembocar al mar, el desarrollo de los escurrimientos tiene muchas curvas, en general se considera un área de la cuenca en análisis de 7.79 km2, como se puede observar en el esquema de la cuenca, de igual forma como se ha descrito la zona baja de la cuenca está urbanizada, lo cual genera un escurrimiento medio.

En la siguiente imagen podemos observar de forma esquemática en color rojo la línea del tramo carretero Pie de la Cuesta - El Embarcadero



Imagen 5.- *Tramo de estudio sobre la carretera Mex-200 Salina Cruz – Zihuatanejo: Tramo Pie de la Cuesta - El Embarcadero, Fuente INEGI*

El estudio hidrológico se realiza hacia aguas arriba de cada uno de los puntos identificados como cruce del escurrimiento con la vialidad, con el fin de establecer el gasto pico en el punto de interés.

A continuación, se hara una descripción general de las características de la "Cuenca de aportacion", se ha realizado el análisis fisiográfico e hidrologico de la cuenca, de esta forma se obtendrán los gastos para la obra, al concluir con las generalidades se procedra a presentar el calculo de los gastos asociados a periodos de retorno para 5 y 1000 años, de acuerdo con su kilometraje ubicado en 11+740 de la carretera Mex-200 Salina Cruz – Zihuatanejo, Tramo Pie de la cuesta – Embarcadero.

4.1.1 Fisiografía

El relieve es la forma en que se presenta la superficie de la Tierra, En México es extraordinariamente variado, podemos encontrar desde cadenas montañosas hasta grandes planicies costeras pasando por valles, cañones, planicies y depresiones entre otras formaciones.

La Sierra Madre Occidental, con sus mesetas y cañones es uno de los rasgos más sobresalientes de este relieve, así como la Sierra Madre Oriental formada principalmente por rocas sedimentarias plegadas y el Eje Neovolcánico, al centro del país en donde encontramos las montañas más altas, con más de 5 mil metros de altitud.

Sin embargo, el conocimiento fisiográfico de una región implica, además de la identificación de los principales rasgos del relieve, la explicación de los procesos que intervinieron en su modelado y que le han dado su aspecto actual.

Las provincias fisiográficas son regiones en el que el relieve es el resultado de la acción de un mismo conjunto de agentes modeladores del terreno, así como de un mismo origen geológico, lo mismo que un mismo o muy semejante tipo de suelo y de la vegetación que sustenta.

La mayor parte de la República Mexicana está situada al sur del paralelo 30° N, es decir en la región en la que América de Norte empieza a estrecharse considerablemente; el estrechamiento se acentúa al sur del paralelo 20° N, presentándose en el istmo de Tehuantepec la primera de las depresiones orográficas inter-oceánicas que son uno de los rasgos estructurales del relieve de América Central.

El paralelo 20° N, marca cambios en la dirección de los principales accidentes del relieve del país, al norte de este paralelo los rasgos esenciales del relieve se orientan casi de oeste a este. Esta diferencia en orientación indica que en la formación del relieve de la República Mexicana intervinieron dos unidades orogénicas diferentes, de manera que estructuralmente la parte

norte pertenece a la América del Norte, en tanto que el sur pertenece a la América Central. Esto explica la enorme complejidad del relieve en la parte Central del país.

Para una mejor comprensión y estudio de esta diversidad estructural, la Dirección General de Geografía del INEGI determinó una división en 15 regiones fisiográficas que son:

1. Península de Baja California
2. Llanura Sonorense
3. Sierra Madre Occidental
4. Sierras y Llanuras del Norte
5. Sierra Madre Oriental
6. Grandes Llanuras de Norteamérica
7. Llanura Costera del Pacífico
8. Llanura Costera del Golfo Norte
9. Mesa del Centro
10. Eje Neovolcánico
11. Península de Yucatán
12. Sierra Madre del Sur
13. Llanura Costera del Golfo Sur
14. Sierras de Chiapas y Guatemala
15. Cordillera Centroamericana

La zona de estudio se ubica dentro de la zona número 12 que corresponde a la Sierra Madre del Sur, en las subprovincias Costas del Sur y Cordillera Costera del Sur, con un sistema de topoformas correspondiente en su mayoría a sierras y llanuras.



Imagen 6.- *Zonas Fisiograficas de Mexico, Fuente INEGI*

Las características fisiográficas condicionan el comportamiento hidrológico de una cuenca, ya que funciona como un colector que recibe y conduce las precipitaciones pluviales dentro de una cuenca de captación, existen pérdidas (infiltración, retención por la cubierta vegetal, etc.)

siendo una función bastante compleja que depende de numerosos factores, entre los que predominan el clima y la configuración del terreno en el que se desarrollan los fenómenos hidrológicos, los índices y magnitudes físicas de la cuenca expresan en términos simples los valores medios de ciertas características del terreno, ya que juegan un papel muy importante y rigen las condiciones de su régimen hidrológico.

Las principales características fisiográficas de una cuenca hidrográfica son:

- Área de la cuenca de aportación,
- Pendiente media del cauce principal, y
- El coeficiente de escurrimiento.

4.1.2 Geología

El estado de Guerrero se ubica en la región suroeste de México, sobre la costa del Océano Pacífico, su territorio es sumamente montañoso y uno de los más complejos de México

La estratigrafía está formada por rocas metamórficas del Precámbrico y Paleozoico que ocupan el centro y norte de la entidad. También, existen rocas metamórficas y volcánicas del Paleozoico y Mesozoico que se localizan al centro y sur del estado. Las rocas sedimentarias y volcánicas del Mesozoico y Cenozoico se localizan en el sureste del estado. Al noroeste del estado se identifican rocas sedimentarias y volcánicas del Paleozoico y Mesozoico. Los depósitos más recientes están conformados por rocas sedimentarias y volcánicas del Paleozoico y Mesozoico, además de rocas ígneas intrusivas y extrusivas del Cenozoico que se sitúan al noroeste del estado.

En los municipios de Coyuca de Benitez y Acapulco de Juarez predominan principalmente rocas metamórficas del Terciario, Jurásico, Cuaternario, Paleógeno, pudiendo encontrarse suelos de las siguientes características: Ígnea intrusiva: granitogranodiorita, granito, granodiorita y tonalita. Ígnea extrusiva: andesita. Sedimentaria: conglomerado. Metamórfica: gneis. Suelo: aluvial, litoral y lacustre.



Imagen 8.- *Provincias Geológicas Municipios de Coyuca de Benitez y Acapulco de Juarez. Fuente INEGI*

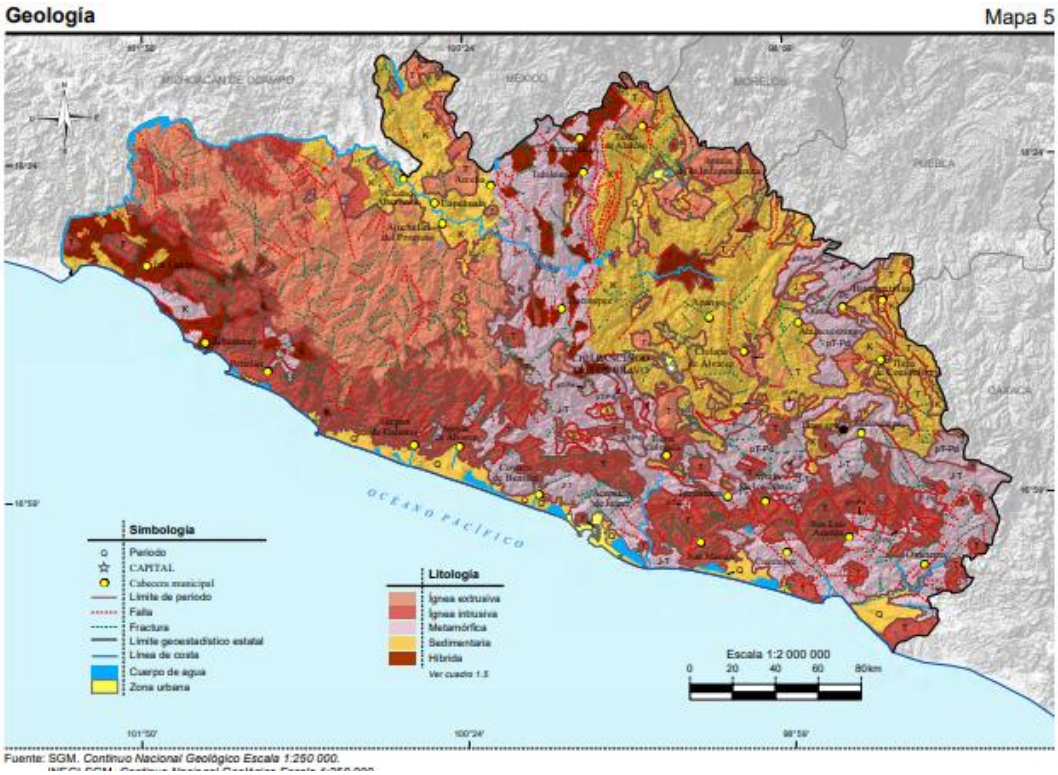


Imagen 9.- *Mapa Geológico de Guerrero*

Edafologia

Guerrero, uno de los estados más bellos de México, se caracteriza por su diversidad geográfica y suelos fértiles. La región cuenta con diferentes tipos de suelo que son propicios para distintos cultivos y actividades agrícolas.

La ubicación geográfica de Guerrero y su clima tropical lo convierten en un lugar ideal para el cultivo de diversos productos agrícolas. Sin embargo, cada tipo de suelo tiene características únicas que influyen en su potencial productivo. Conocer los tipos de suelo en Guerrero es fundamental para garantizar una agricultura sostenible y aprovechar al máximo los recursos naturales de la región.

En Guerrero, encontramos una gran diversidad de suelos, desde los más fértiles hasta los más áridos. La región donde se localizan los municipios de Coyuca de Benitez y Acapulco de Juarez se compone principalmente de los siguientes tipos de suelo: Regosol, Luvisol, Cambisol, Phaeozem, Leptosol, Solonchak, Arenosol.



Imagen 10.- *Suelos dominantes en los Municipios de Estudio. Fuente INEGI*

4.1.3 Área de cuenca

Con base en el empleo de Sistemas de Información geográfica (SIG), se localizó la coordenada del cruce del puente Pedreguero sobre el cauce en estudio, para ello se tomaron datos la topografía obtenida a partir del modelo digital de elevación MDE del INEGI con resolución de 15 x 15 m, carta topográfica E14C57 e imágenes satelitales.

Del análisis de esta información cartográfica y topográfica, se obtuvieron los principales parámetros fisiográficos de la cuenca, mismos que se emplearán para realizar los análisis lluvia - escurrimiento.

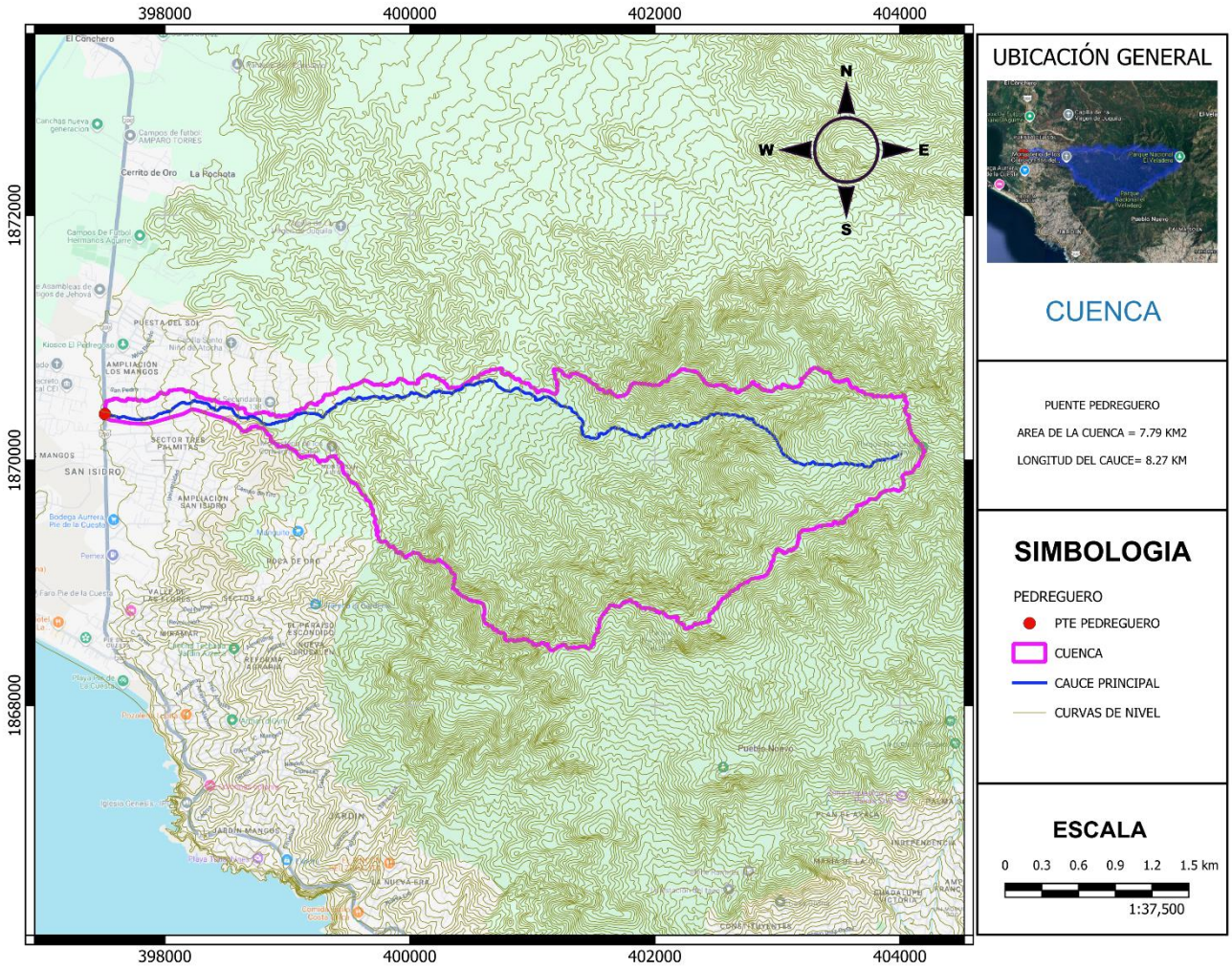


Imagen 7.- *Area de la Cuenca Bahia de Acapulco, rasgos generales, Fuente SIALT v4*

Recordemos que para este caso en particular se están analizando los puntos particulares de las obras identificadas por los escurrimientos que cruzan el tramo carretero en estudio, por lo que, fue necesario identificar cada una de estas microcuencas formadas al interior de la cuenca principal que se muestra en la imagen anterior.

4.1.4 Pendiente del cauce principal

La pendiente de la cuenca tiene una importante correlación con la infiltración del escurrimiento superficial y la humedad del suelo. Es uno de los factores físicos que controla el flujo sobre el terreno y tiene una influencia directa en la magnitud de las avenidas y crecidas.

Dado que está pendiente varia a lo largo del cauce es necesario determinar una pendiente media, para el presente estudio se utilizo el método propuesto por Taylor y Schwarz.

La fórmula propuesta considera que un río está formado por n tramos de igual longitud, cada uno de ellos con pendiente uniforme, ésta tiene una mejor aproximación, cuanto más grande sea el número de tramos, en los cuales se subdivide el perfil longitudinal del río o arroyo a analizar.

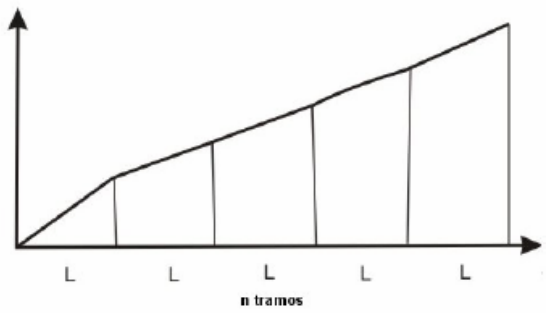
$$S = \left[\frac{n}{\frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + ... + \frac{1}{\sqrt{S_n}}} \right]^2 \quad ... (2.17)$$

donde:

n = número de tramos iguales, en los cuales se subdivide el perfil

$S_1, S_2, \ldots, S_n$ = pendiente de cada tramo, según $S = \frac{H}{L}$

S = pendiente media del cauce



N tramos de la longitud de un cauce

4.1.5 Tiempo de concentración

El tiempo de concentración (tc) se define como el tiempo teórico que tarda una partícula, gota de agua, en trasladarse por el cauce principal desde su nacimiento en la parte alta de la cuenca, hasta su salida en el sitio de estudio. Se calcula en función de la longitud y la pendiente media del cauce principal, su unidad de medida es en horas y se determinó mediante los siguientes métodos.

Como se indicó la condición para obtener el gasto máximo es que la duración, de la lluvia sea igual o mayor que el tiempo Tc de concentración de la cuenca. Si se logra determinar este último, se puede definir la lluvia en exceso y la intensidad para el tiempo de concentración seleccionado, que es uno de los elementos de la expresión del coeficiente de escurrimiento C.

Algunos autores han propuesto formulas empíricas para determinar de manera aproximada el tiempo de concentración, entre las cuales se presentan las siguientes:

Formula de Rowe:

$$Tc = \left(\frac{0.86\,L^2}{S}\right)^{0.385}$$

Donde:

Tc= Tiempo de concentración de la cuenca en horas
L = Longitud del colector principal en kilómetros
S = Pendiente del colector principal expresada al millar.

Formula de Kirpich:

$$Tc = 0.0003245\left(\frac{L}{\sqrt{S}}\right)^{0.77}$$

Donde:

Tc= Tiempo de concentración de la cuenca en horas
L = Longitud del colector principal en metros

S = Pendiente del colector principal (relación directa).

Formula del Servicio de Conservación del Suelo (SCS):

$$Tc = \left(\frac{L^{1.15}}{3085D^{0.38}}\right)$$

Donde:

Tc= Tiempo de concentración de la cuenca en horas
L = Longitud del colector principal en metros
D = Desnivel máximo sobre el colector principal en metros.

Formula de Chow:

La fórmula de Chow es aplicable a cuencas pequeñas, como el caso que se desarrolla en este proyecto, de igual forma al aplicar la fórmula para cuencas pequeñas se determina que TC = Tr (el tiempo de concentración es igual al tiempo de retraso), a continuación, se presenta la fórmula para cuencas pequeñas:

$$Tc \approx Tr = 0.00505\left(\frac{L}{\sqrt{S}}\right)^{0.64}$$

Donde:

Tc= Tiempo de concentración en horas o de retraso en cuencas pequeñas.
Tr = Tiempo de retraso en horas
L = Longitud del colector principal en metros
S = Pendiente del colecto principal en por ciento.

4.1.6 Coeficiente C y número de escurrimiento N

El coeficiente C representa la relación entre el volumen escurrido y el llovido, y depende del tipo de terreno o superficie de la cuenca en estudio.

Cuando el área de la cuenca está constituida por diferentes tipos de cubierta y superficies, el coeficiente de escurrimiento C puede obtenerse en función de las características de cada porción del área como un promedio ponderado, con el apoyo de la expresión:

$$C = \frac{C_1A_1 + C_2A_2 + \cdots + C_nA_n}{A_1 + A_2 + \cdots . + A_n}$$

donde: C = Coeficiente de escurrimiento.

Ai = Área parcial.

Ci = Coeficiente parcial.

Una estimación el coeficiente de escurrimiento C puede obtenerse con la tabla 3, indicada en el manual "M-PRY-CAR-1-06-003-00" de la Secretaría de Infraestructura de Comunicaciones y Transportes.

Tipo de superficie por drenar	Pendiente (%)	Coeficiente de escurrimiento (*C*)	
		Mínimo	Máximo
A) Praderas:			
1. Suelo arenoso plano	< 2	0,05	0,10
2. Suelo arenoso medio	2 a 7	0,10	0,15
3. Suelo arenoso empinado	> 7	0,15	0,20
4. Suelo arcilloso plano	< 2	0,13	0,17
5. Suelo arcilloso medio	2 a 7	0,18	0,22
6. Suelo arcilloso empinado	> 7	0,25	0,35
B) Zonas pavimentadas:			
1. Pavimento asfáltico	---	0,70	0,95
2. Pavimento de concreto hidráulico	---	0,80	0,95
3. Pavimento adoquinado	---	0,70	0,85
4. Estacionamientos	---	0,75	0,85
5. Patios de ferrocarril	---	0,20	0,40
C) Zonas residenciales:			
1. Unifamiliares	---	0,30	0,50
2. Multifamiliares, espaciados	---	0,40	0,60
3. Multifamiliares, juntos	---	0,60	0,75
4. Suburbanas	---	0,25	0,40
5. Casas habitación	---	0,50	0,70
D) Zonas comerciales:			
1. Zona comercial (áreas céntricas)	---	0,70	0,95
2. Areas vecinas	---	0,50	0,70
E) Zonas industriales:			
1. Construcciones espaciadas	---	0,50	0,80
2. Construcciones juntas	---	0,60	0,90
F) Campos cultivados	---	0,20	0,40
G) Zonas forestadas	---	0,10	0,30
H) Parques y cementerios	---	0,10	0,25
I) Areas de recreo y campos de juego	---	0,20	0,35
J) Azoteas y techados	---	0,75	0,95

Tabla 4. Valor del coeficiente de escurrimiento C.

Una variable importante dentro del análisis hidrológico es el **Número de escurrimiento N**, el cual depende del uso, tipo y composición del suelo y pendiente del terreno, es decir de las propiedades y condiciones hidrológicas de infiltración del suelo. El valor de N puede variar entre 0 y 100, siendo N = 0 cuando no hay escurrimiento y N = 100 cuando el volumen de escurrimiento es igual al de la precipitación.

Tabla 1. Selección del Número de escurrimiento.

Uso de la tierra o cobertura	Condición de la superficie	Tipo de suelo			
		A	B	C	D
Bosques sembrados y cultivados	Ralo, baja transpiración	45	66	77	83
	Normal, transpiración media	36	60	73	79
	Espeso o alta transpiración	25	55	70	77
Caminos	De tierra	72	82	87	89
	De superficie dura	72	84	90	92
Bosques naturales	Muy ralo o baja transpiración	56	75	86	91
	Ralo, baja transpiración	46	68	78	84
	Normal, transpiración media	36	60	70	76
	Espeso o alta transpiración	26	52	62	69
	Muy espeso o alta transpiración	15	44	54	61
Descanso (sin cultivo)	Surcos rectos	77	86	91	94
Cultivos de surco	Surcos rectos	70	80	87	90
	Surcos en curvas de nivel	67	77	83	87
	Terrazas	64	73	79	82
Cereales	Surcos rectos	64	76	84	88
	Surcos en curvas de nivel	62	74	82	85
	Terrazas	60	71	79	82
Leguminosas (sembradas con maquinaria al voleo) o potrero de rotación	Surcos rectos	62	75	83	87
	Surcos en curvas de nivel	60	72	81	84
	Terrazas	57	70	78	82
Pastizal	Pobre	68	79	86	89
	Normal	49	69	79	84
	Bueno	39	61	74	80
	Curvas de nivel, pobre	47	67	81	88
	Curvas de nivel, normal	25	59	75	83
	Curvas de nivel, bueno	6	35	70	79
Potreo (permanente)	Normal	30	58	71	78
Superficie impermeable		100	100	100	100

Este se pude determinar por medio de las cartas de tipo de suelo (edafología), uso de suelo y vegetación obtenida del INEGI.

Grupo de suelos	*Descripción de las características del suelo*
Tipo A	Suelos con potencial de escurrimiento mínimo. Incluye gravas y arenas de tamaño medio, limpias y mezcla de ambas.
Tipo B	Suelos con infiltración media inferior a la del grupo A. Incluye arenas finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezclas de arena y limo.
Tipo C	Suelos con infiltración media inferior a la del grupo B. Comprende arenas muy finas, arcillas de baja plasticidad, mezclas de arena, limo y arcilla.
Tipo D	Suelos con potencial de escurrimiento máximo. Incluye principalmente arcillas de alta plasticidad, suelos poco profundos con subhorizontes casi impermeables cerca de la superficie.

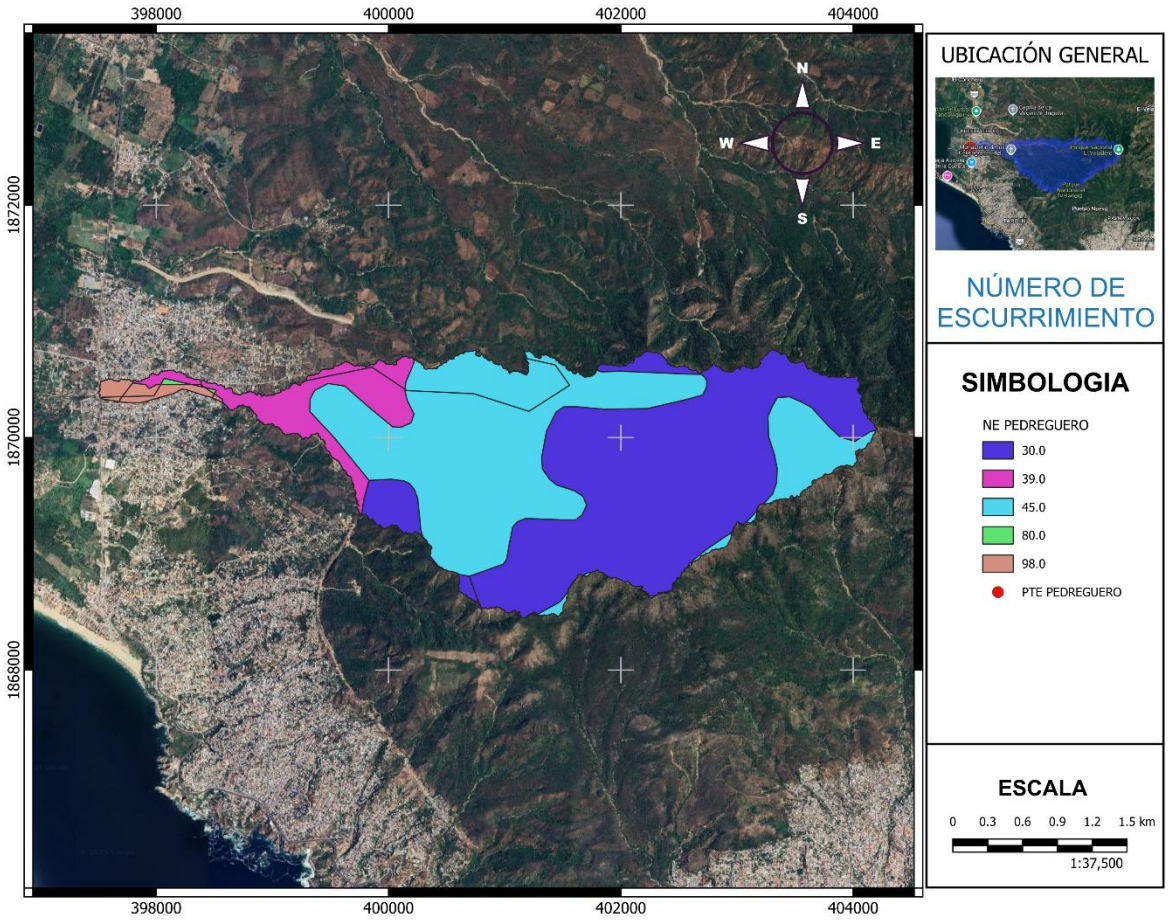


Imagen 13.- *Numero de escurrimiento en la zona de estudio*

A continuación, en la siguiente tabla se indican los valores de los principales parámetros fisiográficos calculados en la cuenca de estudio.

Parametros Fisiograficos		
Area	7.79	km^2
Longitud de Cauce	8,265.51	m
	8.27	km
Pendiente	0.0779	7.79094848
Coeficiente C	0.307	
Numero de escurrimiento N	38.03	
Tiempo de concentración	0.90	horas
	54.04	minutos

4.2 Análisis de Lluvias

Con la información de las estaciones climatológicas seleccionadas anteriormente, se procedió a efectuar un análisis probabilístico con el programa AFA, aplicando funciones de Probabilidad, de acuerdo a los métodos: Gumbel, Nash, Normal, Log Normal, Gamma 2, Pearson III, etc.

Aplicando a la muestra de lluvias de la Zona, las funciones de Probabilidad anteriores, se determinó la función con mejor ajuste probabilístico, de esta forma se podrá extrapolar con dicha función, los valores de lluvias correspondientes a diferentes períodos de retorno.

Esos valores puntuales obtenidos a partir de los registros históricos de cada estación son representativos de sólo el sitio donde se ubica dicha Estación Climatológica, a continuación, se presenta el procedimiento para obtener los resultados adecuados a toda la cuenca.

4.2.1 Información climatológica

La zona de estudio cuenta con varias estaciones climatológicas, por lo que se ubicaron cada una de las que podrían tener incidencia en la zona de proyecto y se establecieron los polígonos de Thiessen con el objetivo de determinar la influencia de cada una de las estaciones seleccionadas.

NOMBRE	CLAVE	PERIODO DE REGISTRO		LATITUD	LONGITUD
TEPETIXTLA	12086	01/12/1962	31/10/2022	17.2166667	-100.11222
CARRERA LARGA	12016	01/03/1953	31/12/2021	17.0416667	-100.11667
LAGUNA DE COYUCA	12219	01/09/1981	31/05/2023	17.0072222	-100.0875
ACAPULCO DE JUAREZ (SMN)	12142	01/08/1972	30/04/2023	16.8663889	-99.905556
LA SABANA	12183	01/06/1978	31/05/2023	16.8880556	-99.861944
LAGUNA TRES PALOS	12223	01/12/1981	31/12/2022	16.8297222	-99.778333

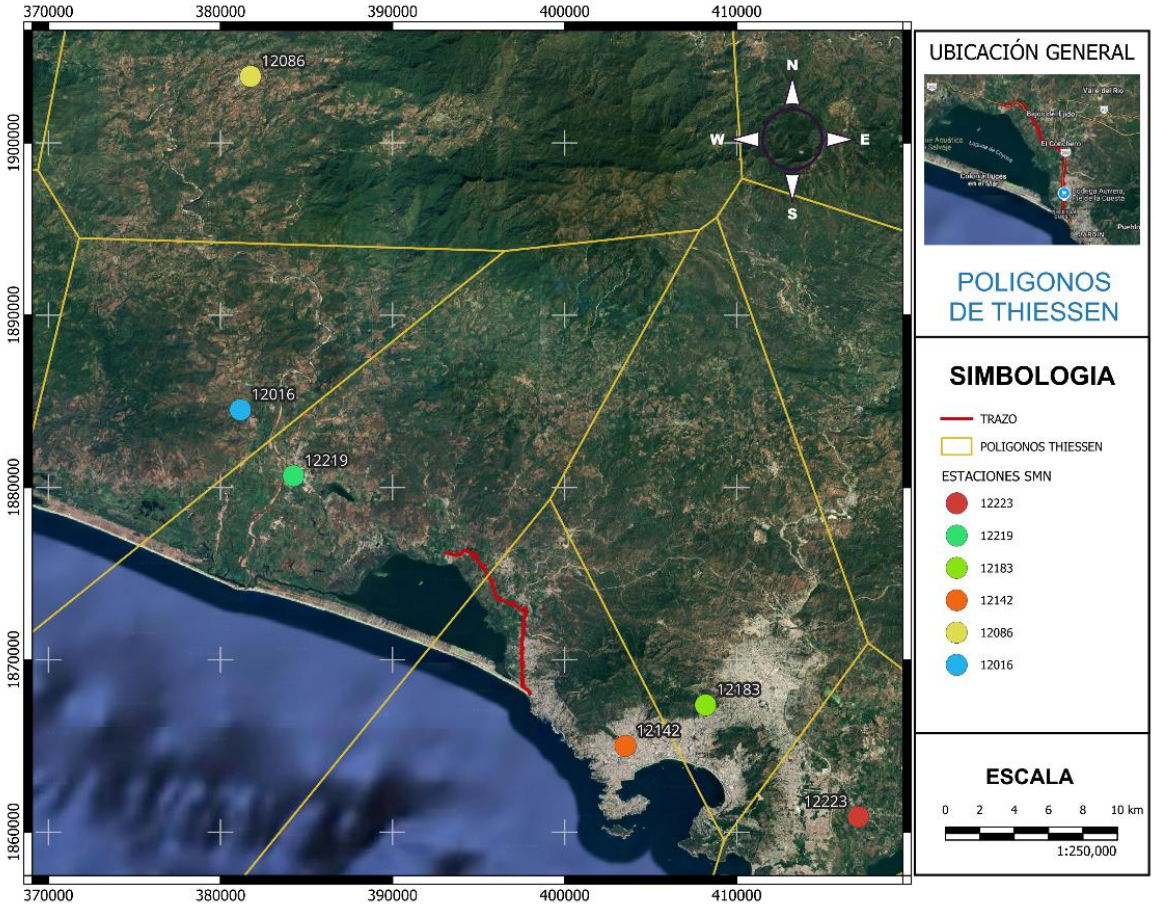


Imagen 11.- *Estaciones Climatologicas en el área de estudio.*

Como se puede observar en la siguiente imagen, al establecer los polígonos de Thiessen formados apartir de la ubicación de las estaciones climatológicas de la zona, se determina que las estaciones con influencia en la zona de estudio son: 12142-Acapulco de Juárez, la cual presenta datos desde 1972 hasta 2022 y la 12183-La sabana con datos 1978 al 2023.

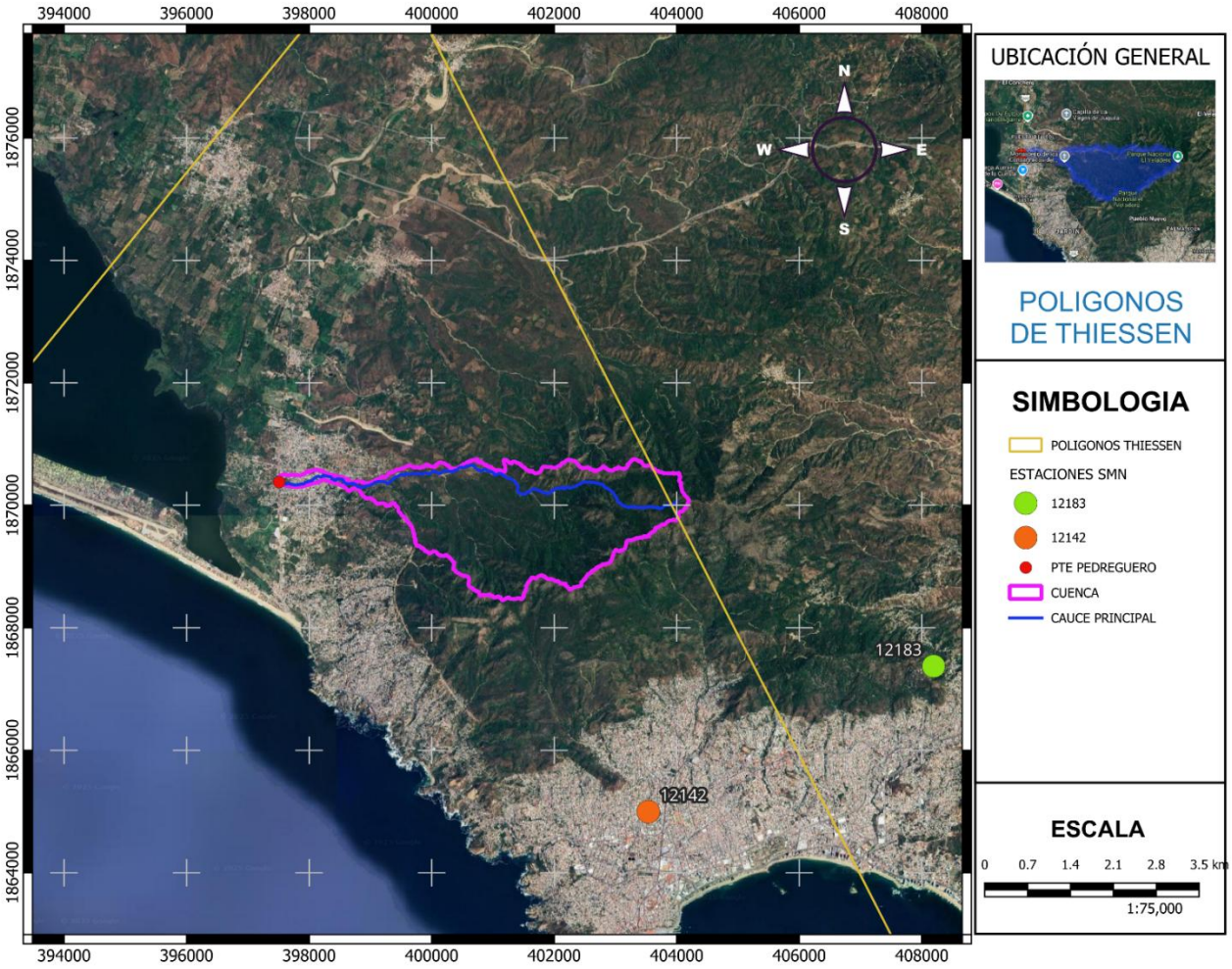


Imagen 12.- *Poligonos de Thiessen en el área de estudio.*

A continuación, se muestran los datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua, a través del Sistema Metereologico Nacional, mismos que corresponden a los registros de Precipitación Máxima en 24 horas

Gobierno de México | Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTE** **Dirección General de Carreteras** **Dirección Ejecutiva de Proyectos** **Dirección Técnica**
"ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 ACAPULCO – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO.	**ESTUDIO HIDROLOGICO**

ESTACIÓN : 12183
NOMBRE : LA SABANA
ESTADO : GUERRERO
MUNICIPIO : ACAPULCO DE JUÁREZ
SITUACIÓN : OPERANDO
LATITUD : 16.88805556 °
LONGITUD : -99.86194444 °
ALTITUD : 460 msnm

AÑO	MAXIMO
1978	64.5
1979	119.5
1980	93.2
1981	208.5
1982	92.2
1983	67.1
1984	295
1985	120.5
1986	141.7
1987	65.5
1988	174
1989	134
1990	100
1991	105
1992	126
1993	197
1994	94.5
1995	258
1996	197
1997	316.3
1998	129.5
1999	135.9
2000	96.3
2001	159.5
2002	6
2003	20
2004	20.1
2005	12.3
2006	84.7
2007	285.3
2008	150.1
2009	82.1
2010	76.8
2011	33.1
2012	31.3
2013	56.8
2014	62.5
2015	40.3
2016	22.5
2017	120.3
2018	93.5
2019	11.9
2020	110
2021	80.9
2022	200
2023	23

ESTACIÓN : 12142
NOMBRE : ACAPULCO DE JUAREZ (SMN)
ESTADO : GUERRERO
MUNICIPIO : ACAPULCO DE JUÁREZ
SITUACIÓN : OPERANDO
LATITUD : 16.86638889 °
LONGITUD : -99.90555556 °
ALTITUD : 20 msnm

AÑO	DATOS
1972	193.8
1973	260
1974	186.5
1975	148.5
1976	102
1977	103.2
1978	115
1979	153.5
1980	267
1981	64.3
1982	79
1983	87
1984	98.2
1985	96.5
1986	63.5
1987	153.5
1988	256.5
1989	55
1990	86.5
1991	146
1992	186
1993	73
1994	186.5
1995	195
1996	360
1997	179.5
1998	135.1
1999	200
2000	161.7
2001	146.5
2002	117.8
2003	97.5
2004	182
2005	273.4
2006	213.5
2007	133.2
2008	113.7
2009	102.3
2010	165
2011	87.6
2012	226.5
2013	128.5
2014	80.6
2015	109.3
2016	89
2017	80
2018	86.1
2019	107.2
2022	266
2023	585.8

Asignación del periodo de retorno a los datos

El periodo de retorno se define como el número de años en que un evento puede ser igualado o excedido en promedio y a la larga. También es conocido intervalo de recurrencia.

Si se tienen n datos de una muestra de series máximas anuales, para asignar un periodo de retorno a cada evento se suele utilizar la fórmula de Weibull (Gumbel, 1985).

$$\boldsymbol{Tr = \frac{n+1}{m}}$$

En donde

m número de orden del gasto máximo anual, en una lista de mayor a menor.

n años de registro, igual al número de gastos máximos anuales.

Tm periodo de retorno correspondiente, en años.

El periodo de retorno está asociado con la probabilidad de que un evento sea igualado o excedido en un año dado mediante la ecuación:

$$\boldsymbol{Tr = \frac{1}{P}}$$

Como el valor de la *fda* es la probabilidad de que una variable X tome un valor menor o igual a x, es decir $F(x) = P(X \leq x)$F(x), el, periodo de retorno se define en función de la *fda* como:

$$\boldsymbol{Tr = \frac{1}{1 - F(x)}}$$

Prueba de Homogeneidad

Las características estadísticas de las series hidrológicas, como la media, la desviación estándar y los coeficientes de correlación serial, se afectan cuando la serie presenta tendencia en la media o varianza, o cuando ocurren saltos negativos o positivos; tales anomalías son producidas por la pérdida de la homogeneidad o la inconsistencia.

La falta de homogeneidad es en general producida por actividades humanas, tales como la deforestación, apertura de nuevas áreas de cultivo, rectificación de cauces, construcción de embalses y reforestación. Las pruebas estadísticas que miden la homogeneidad de una serie

de datos parten de una hipótesis nula y usan una regla para aceptarla o rechazarla. Se enlistan las siguientes:

- Método de Helmert
- Método de T de Student
- Método de Cramer

Independencia de Eventos

Para poder realizar el análisis de frecuencias se requiere que la muestra x_i de la serie de datos esté compuesta por variables aleatorias, es decir, los elementos de la muestra deben ser independientes entre sí. Para probarlo se puede aplicar la prueba de independencia de Anderson, la cual hace uso del coeficiente de autocorrelación serial r_k para diferentes tiempos de retraso k

La expresión para obtener el coeficiente de autocorrelación serial de retraso k es:

$$r_k = \frac{\sum_{i=1}^{n-k}\left(x_i - \bar{x}\right)\left(x_{i+k} - \bar{x}\right)}{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)^2}, \text{ para } r_0 = 1 \text{ y } k = 1,2,\ldots,\frac{n}{3}$$

Demás, los límites al 95% (o 5% del nivel de significancia) de confianza para r_k se puede obtener como

$$r_k(95\%) = \frac{-1 \pm 1.96\sqrt{n-k-1}}{n-k}$$

La gráfica de los valores estimados para (ordenadas) contra los tiempos de retraso k (abcisas), junto con sus correspondientes límites de confianza, se llama correlograma de la muestra.

Si sólo el 10% de los valores de r_k sobrepasan los límites de confianza se dice que la serie es independiente.

Análisis de Pruebas de homogeneidad e independenciacon los de Registros de lluvia máxima en 24 horas con el programa de Análisis de Frecuencias AFA V 1.1

Estación 12142

Resumen de los resultados de la prueba de homogeneidad

Método de Helmert

Número de datos de la muestra=	50	Media=	155.676
Número de secuencias S=	31	Número de cambios C=	18
Como (S-C)=	13	> Raiz (N-1)=	7.0

La muestra no es homogénea

Método de T de Student

Conjunto 1		Conjunto 2	
Número de valores=	25	Número de valores=	25
Media=	148.640	Media=	162.712
Desviación standar=	77.249	Desviación standar=	104.577

Valor del estadístico de prueba Td= -0.530

Grados de libertad=	48	T (de Student)=	2.011

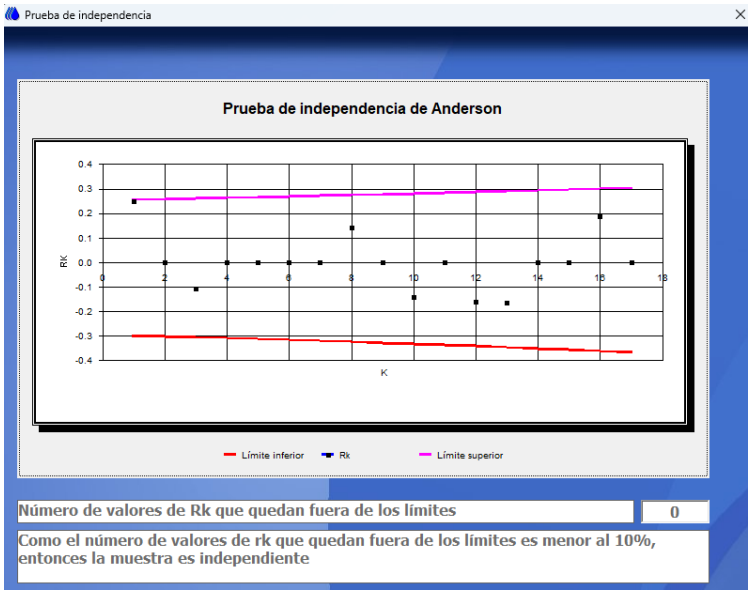
Como abs(td)<T student entonces la muestra es homogénea

Método de Cramer

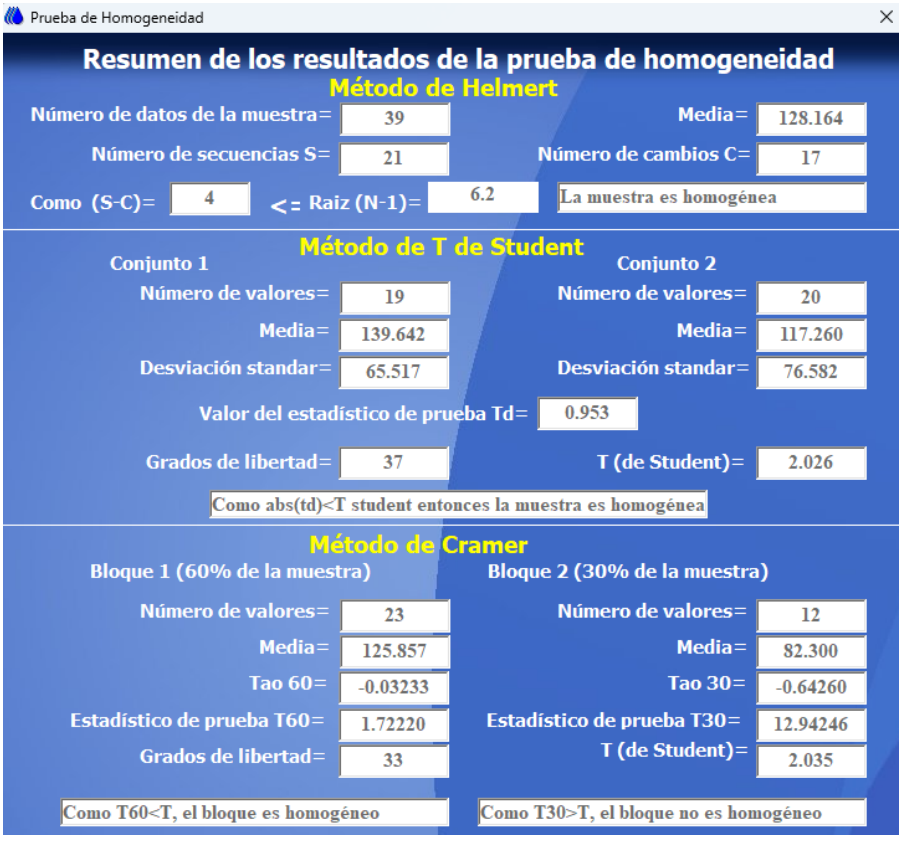
Bloque 1 (60% de la muestra)		Bloque 2 (30% de la muestra)	
Número de valores=	30	Número de valores=	15
Media=	168.943	Media=	157.387
Tao 60=	0.14537	Tao 30=	0.01874
Estadístico de prueba T60=	10.80894	Estadístico de prueba T30=	0.38563
Grados de libertad=	43	T (de Student)=	2.017

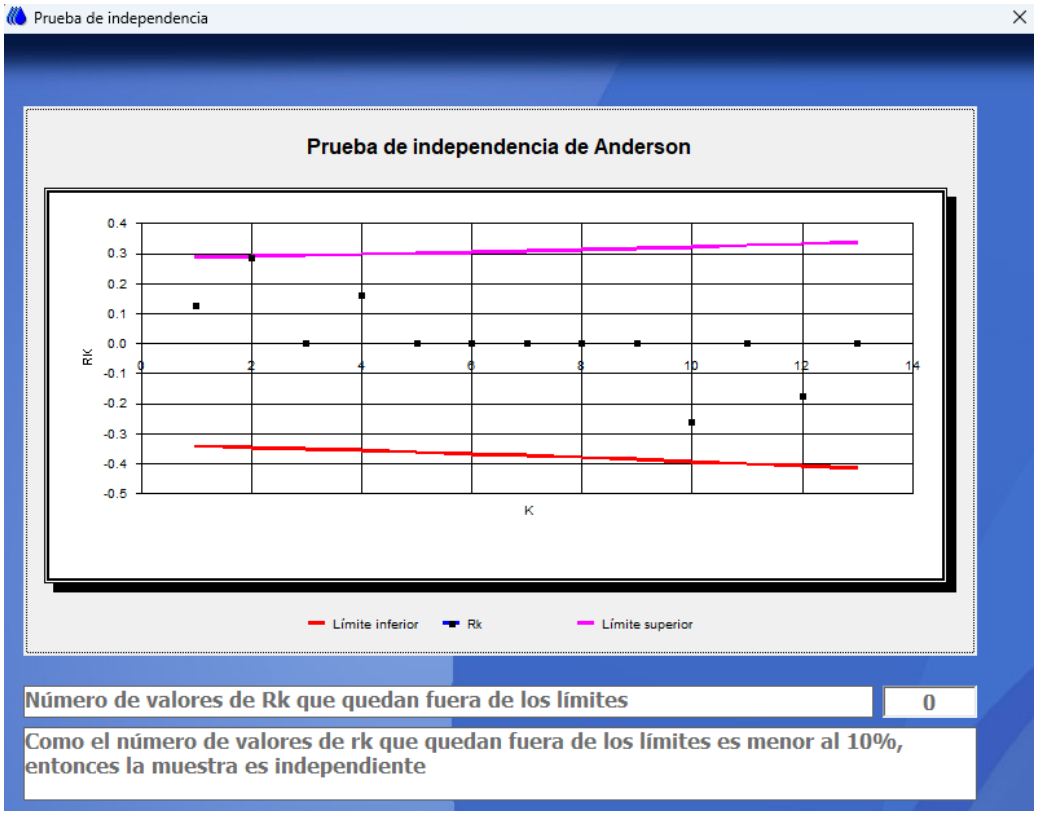
Como T60>T, el bloque no es homogéneo

Como T30<T, el bloque es homogéneo



Estacion 12183





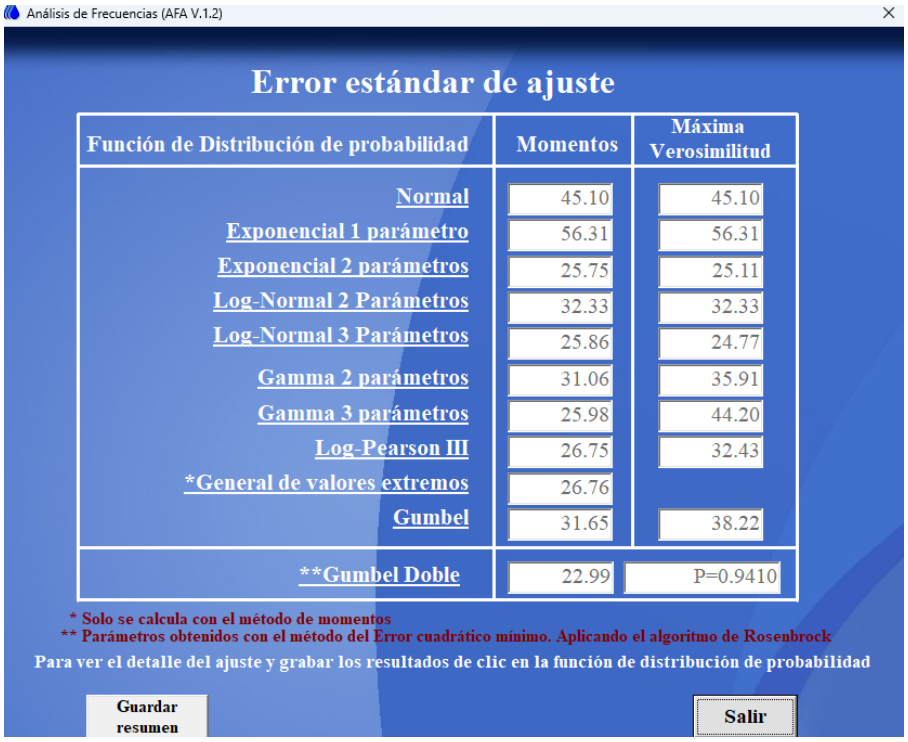
Análisis de frecuencia de Registros de lluvia máxima en 24 horas con el programa de Análisis de Frecuencias AFA V 1.1

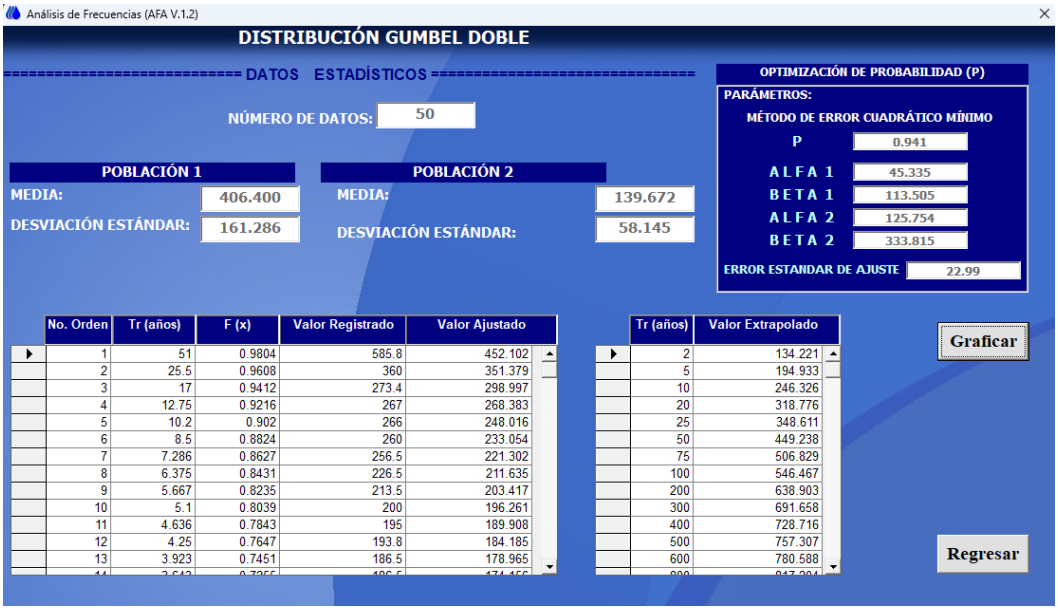
Para los registros de gastos máximos de la estaciónes se realizará un análisis estadístico de los datos históricos con el fin de encontrar la distribución de frecuencia que mejor se adapte a los datos, para después encontrar los gastos máximos para los periodos de retorno considerados.

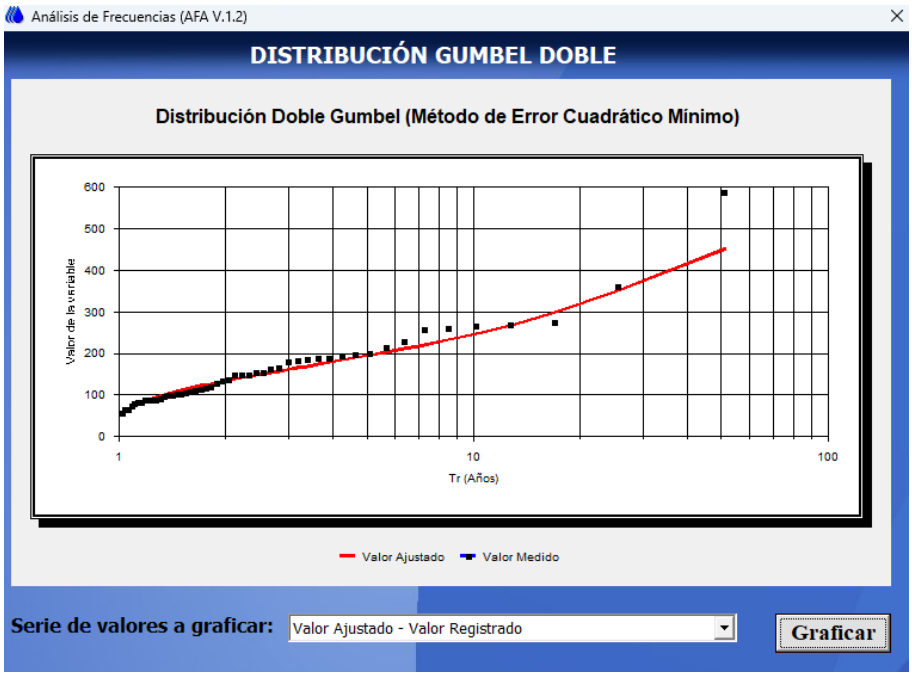
Las distribuciones de frecuencias más comunes a utilizar se presentan a continuación.

Para el ajuste de los datos de gastos máximos se utilizó el software AFA que involucra diversas funciones de distribución algunas como son: Normal, Exponencial, Log normal, Gumbel, Exponencial, Gamma, LogPearson III y doble Gumbel.

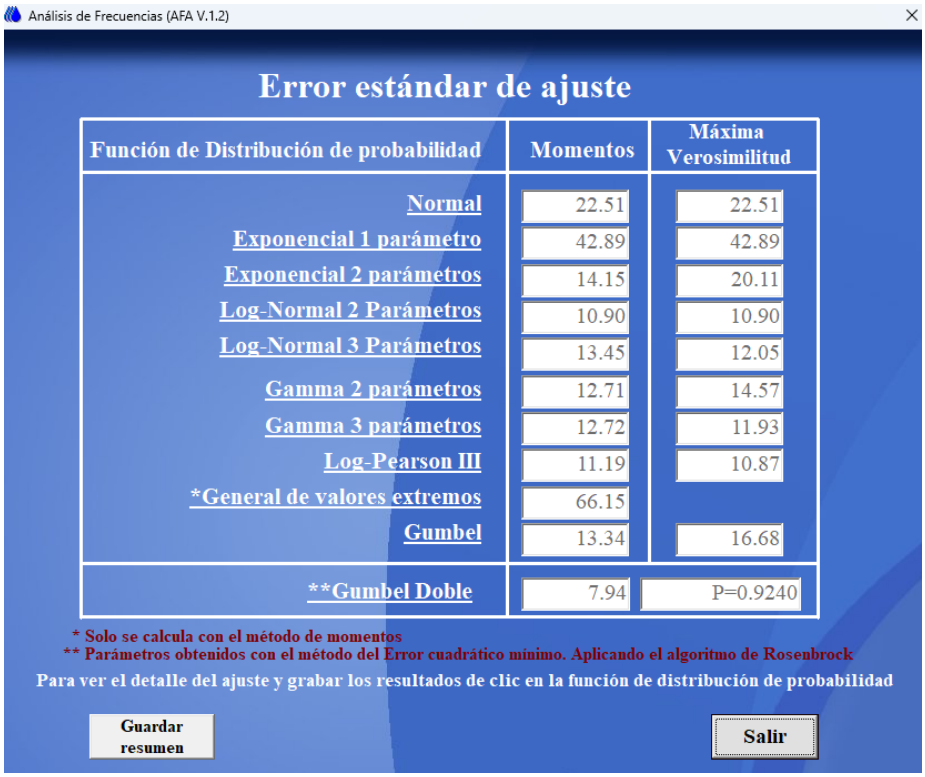
Estación 12142







Estacion 12183



Análisis de Frecuencias (AFA V.1.2)

DISTRIBUCIÓN GUMBEL DOBLE

DATOS ESTADÍSTICOS

NÚMERO DE DATOS: 39

POBLACIÓN 1

MEDIA: 298.867

DESVIACIÓN ESTÁNDAR: 15.858

POBLACIÓN 2

MEDIA: 113.939

DESVIACIÓN ESTÁNDAR: 53.015

OPTIMIZACIÓN DE PROBABILIDAD (P)

PARÁMETROS:

MÉTODO DE ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO

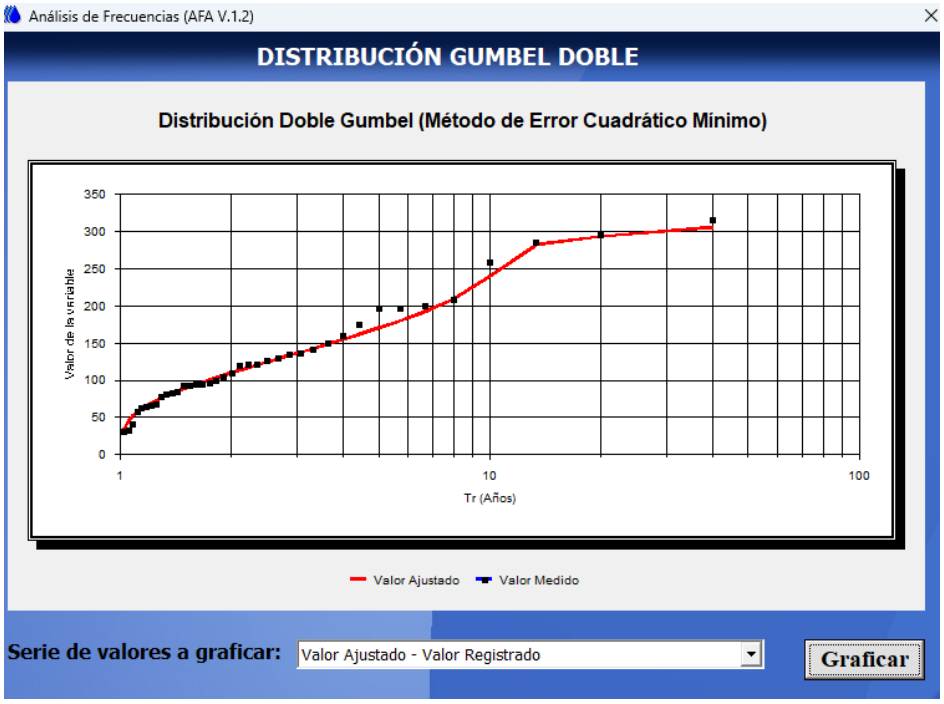
P	0.924
ALFA 1	41.335
BETA 1	90.080
ALFA 2	12.364
BETA 2	291.730
ERROR ESTANDAR DE AJUSTE	7.94

No. Orden	Tr (años)	F (x)	Valor Registrado	Valor Ajustado
1	40	0.975	316.3	306.342
2	20	0.95	295	293.821
3	13.333	0.925	285.3	282.798
4	10	0.9	258	240.448
5	8	0.875	208.5	210.361
6	6.667	0.85	200	192.727
7	5.714	0.825	197	180.089
8	5	0.8	197	170.159
9	4.444	0.775	174	161.928
10	4	0.75	159.5	154.86
11	3.636	0.725	150.1	148.636
12	3.333	0.7	141.7	143.05
13	3.077	0.675	135.9	137.962

Tr (años)	Valor Extrapolado
2	110.236
5	170.159
10	240.448
20	293.821
25	298.188
50	310.011
75	316.637
100	321.428
200	333.901
300	342.266
400	348.939
500	354.652
600	359.718

Graficar

Regresar



Corrección por intervalo fijo de observación

Se realizó la corrección al valor de las lluvias máximas diarias para adecuar la lámina, lo mejor posible al valor real. L.L. Weiss, en base a estudio de miles de estaciones-año datos de lluvia, encontró que los resultados de un análisis probabilístico llevado a cabo con lluvias máximas anuales tomadas en un único y fijo intervalo de observación, para cualquier duración comprendida entre 1 y 24 horas, al ser incrementados en un 13 %, conducían a magnitudes más aproximadas a las obtenidas en el análisis de lluvias máximas verdaderas.

De acuerdo a lo anterior, el valor representativo adoptado para cada cuenca deberá ser multiplicado por 1.13, para ajustarlo por intervalo fijo y único de observación, pues los registros de lluvias diarias se toman de 8 AM de un día a 8 AM del día siguiente. Finalmente, el valor de corrección que deberá efectuarse a las lluvias es el resultado de multiplicar el factor de corrección por intervalo fijo de observación, quedando:

Estación 12142	
T (años)	P (mm)
2	151.67
5	220.27
10	278.35
25	393.93
50	507.64
75	572.72
100	617.51
500	855.76
1000	955.45

Estación 12183	
T (años)	P (mm)
2	124.57
5	192.28
10	271.71
25	336.95
50	350.31
75	357.80
100	363.21
500	400.76
1000	424.81

Ponderando los resultados en función de su área de influencia tenemos el resultado de nuestra lluvia de diseño;

Estacion	Nombre	Area km^2	%
12142	ACAPULCO DE JUAREZ	7.16588	0.92
12183	LA SABANA	0.62312	0.08
Total		7.789	1.000

Evento de diseño	
T (años)	P (mm)
2	149.50
5	218.03
10	277.82
25	389.37
50	495.05
75	555.52
100	597.16
500	819.36
1000	913.00

4.3 CURVA I-D-Tr A PARTIR DE LA FORMULA CHENG LUNG CHEN

Para elaborar las Curvas I – D – Tr, necesarias para la determinación del gasto de diseño de las corrientes de agua que cruzan la zona en estudio, se aplicó la formula empírica propuesta por Cheng (1983), la cual utiliza las tres alturas de lluvia siguientes que de acuerdo al autor, describen adecuadamente su variación geográfica en la zona en estudio en términos de la relación altura-duración (R_1^T/R_{24}^T) para cualquier periodo de retorno T, y de la relación altura – periodo de retorno (R_d^{100}/R_d^{10}) para cualquier duración d.

Altura de lluvia R, para una duración de una hora y periodo de retorno de 10 años (R_1^{10}), altura de lluvia para 24 horas asociada a un periodo de retorno de 10 años (R_{24}^{10}) y altura de lluvia en una hora y periodo de retorno de 100 años (R_1^{100}).

Metodología utilizada para obtener las curvas I–D–Tr a partir de la información de pluviómetros, lluvia en 24 horas.

- Se Identificó y recopiló la información de lluvia en 24 horas de las estaciones pluviométricas representativas de la precipitación en la zona en estudio.

- Se consideró como datos las precipitaciones ocurridas en 24 horas con sus respectivos periodos de retorno, calculados estadísticamente cuyos resultados se presentan en el inciso "Distribuciones de Probabilidad" de la presente memoria.

Ecuación de Cheng

$$P_t^{Tr} = \frac{aP_1^{10} log(10^{2-F} * Tr^{F-1})t}{60(t+b)^c}$$

"La lluvia con duración de una hora y un periodo de retorno de dos años o más, se puede evaluar con una relación a la de 24 horas con igual periodo de retorno, denominada cociente lluvia/duración (R). Este cociente se calcula con la fórmula:

$$R = \frac{P_1^{Tr}}{P_{24}^{Tr}}$$

Donde:

P_1^{Tr} y P_{24}^{Tr} corresponden respectivamente a la lluvia de una hora y 24 horas con periodo de retorno (Tr) de dos o más años.

La metodología requiere también del cálculo del cociente lluvia/periodo de retorno

$$X = \frac{P_t^{100}}{P_t^{10}}$$

P_t^{100} P_t^{10} son la lluvia de 24 horas y periodo de retorno de 100 años y 10 años, respectivamente.

Con el valor promedio de los cocientes *R* (R_{prom}), se obtuvieron los parámetros *a, b y c* que se han expresado en forma de ecuaciones de regresión polinomial. Las siguientes expresiones que son válidas para el intervalo $0.20 \leq R \leq 0.70$.

$$a = 21.03453 - 186.4683R + 825.4915R^2 - 1084.846R^3 + 524.06R^4$$

$$b = 3.487775 - 68.13976R + 389.4625R^2 - 612.4041R^3 + 315.8721R^4$$

$$c = 0.2677553 + 0.9481759R + 2.109415R^2 - 4.827012R^3 + 2.459584R^4$$

a, b y c son parámetros regionales que depende del cociente (R).

En la figura siguiente, se muestran, para el caso de la República Mexicana, los valores del factor R, agrupados en 3 clases: R < 0.37; 0.37 < R < 0.55, y R > 0.55, siendo el primer caso, el de la zona del Proyecto, Cuenca del puente: R = 0.20

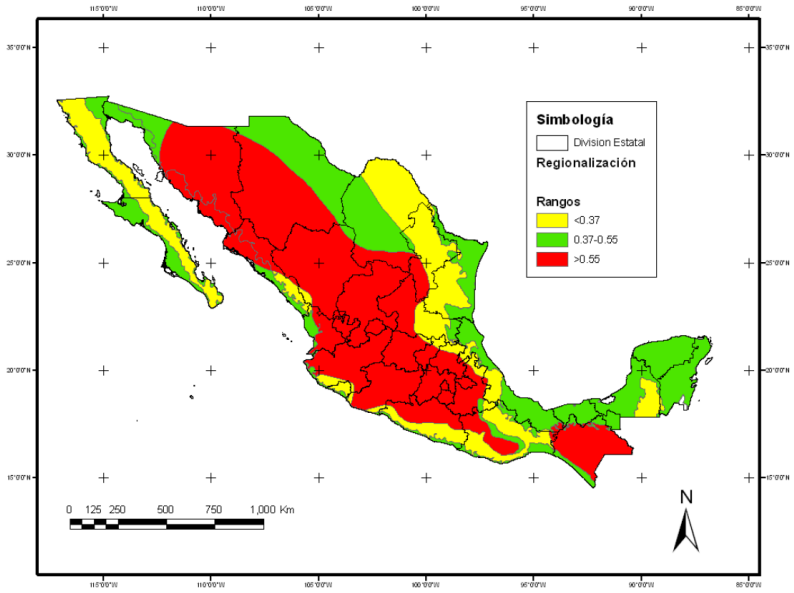


Imagen 13. Regionalización del factor de convectividad R.

CONSTANTES	VALORES
a	9.134
b	1.209
c	0.516
P10m	57.4

Tabla 2. Coeficientes para la ecuación de Chen

Duración	Tr, años					
min	5	10	50	100	500	1000
5	133.73	204.48	368.78	439.54	603.83	674.59
10	98.61	150.79	271.95	324.13	445.28	497.46
15	81.53	124.68	224.85	267.99	368.16	411.31
30	58.16	88.94	160.39	191.17	262.63	293.40
45	47.51	72.64	131.01	156.15	214.51	239.65
60	41.10	62.84	113.33	135.08	185.57	207.31
90	33.46	51.16	92.26	109.97	151.07	168.78
120	28.89	44.18	79.68	94.97	130.47	145.76
180	23.48	35.91	64.76	77.19	106.04	118.46
240	20.26	30.99	55.88	66.60	91.50	102.22
360	16.45	25.16	45.38	54.08	74.30	83.01
720	11.52	17.62	31.77	37.86	52.02	58.11
1440	8.06	12.33	22.23	26.50	36.40	40.67

Tabla 15. Intensidades de Lluvia para distintas duraciones y periodos de retorno

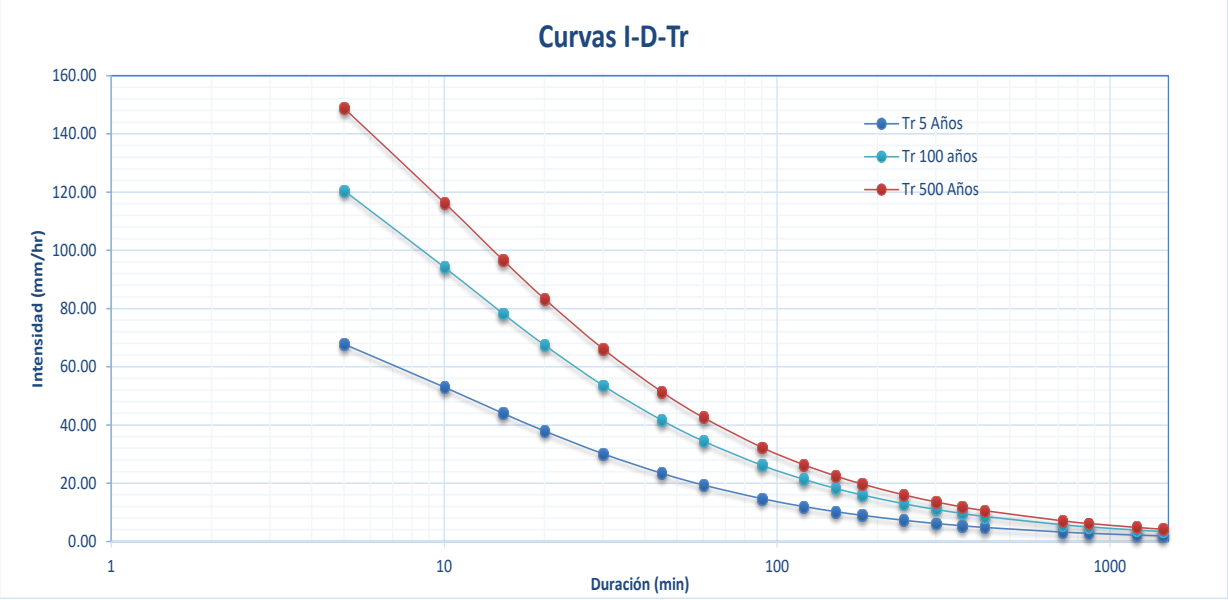


Imagen 14. Curvas I-d-Tr.

4.4 Periodo de Retorno

A partir del acuerdo establecido entre la SICT y la CONAGUA mediante el Oficio Núm. B00.7.-395 en el cual se establece el criterio para definir los periodos de retorno Tr que han de considerarse para el diseño de puentes carreteros que cruzan las corrientes de agua visualizadas en el Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas SIATL.

Puentes Carreteros para el paso de corrientes visualizadas en el simulador de flujos de agua de cuencas hidrográficas (SIATL).

A continuación, se presenta un extracto del contenido del Oficio Núm. B00.7.-395

Estructura	Tipo de viabilidad	Localización geográfica	Periodo de retorno Tr (años)
En caminos locales que comunican poblador de menos de 100,000 habitantes.	Carretera Estatal o municipal	1	25
		2	50
En caminos regionales que comunican poblados de más de 100,000 habitantes y hasta 500,000 habitantes.	Jurisdicción Federal ET. C. D	1	50
		2	100
En caminos primarios que comunican poblados de más de 500,000 habitantes.	Jurisdicción Federal ET. A. B	1	500
		2	1000
Cualquier tipo de camino localizado en una llanura de inundación en altiplanos o depresiones.		1	100
		2	500
Cualquier tipo de camino localizado en una llanura de inundación costera.		1	500
		2	1000

Nomenclatura (Clasificación conforme a la normativa de SCT y que son Jurisdicción Federal):

ET Ejes del Transporte. Cuyas características geométricas y estructurales permiten la operación de todos los vehículos autorizados con las máximas dimensiones, capacidad y peso.

A Carretera tipo A. Transito promedio diario anual de 1,500 a 3,000 vehículos, equivalente a un tránsito horario máximo anual de 180 a 360 vehículos. Se permite la operación de todos los vehículos excepto aquellos que por sus dimensiones y peso solo se permiten en las carreteras tipo ET.
B Carretera tipo B, red primaria. Transito promedio diario anual de 500 a 1500 equivalente a un tránsito horario máximo anual de 60 a 180 vehículos.
C Carretera tipo C, red secundaria. Transito promedio diario anual de 1,500 a 3,000 equivalente a un tránsito horario máximo anual de 180 a 360 vehículos.
D Carretera tipo D, red alimentadora. Transito promedio diario anual de 500 a 1,500 equivalente a un tránsito horario máximo anual de 60 a 180 vehículos.
1 zona de altiplano o Zona deshabitada.
2 zona costera o zona habitada.
Con base en el criterio establecido en el oficio arriba citado, se definió el periodo de retorno considerado como de diseño para este estudio de **Tr = 1000 años.**

4.5 Métodos lluvia - escurrimiento

METODO RACIONAL

El Método Racional es posiblemente el modelo más antiguo de la relación lluvia-escurrimiento. Su origen se remonta a 1851 ó 1889. Este modelo toma en cuenta, además del área de la cuenca, la altura o intensidad de la precipitación, y es hoy en día muy utilizado.
A pesar de estar basado este método en ciertas hipótesis que generalmente no se cumplen y que se apartan más de la realidad mientras mayor es el área de la cuenca considerada, su uso se ha extendido ampliamente en muchos países debido a su gran sencillez. En el sistema métrico la fórmula del método racional se puede escribir de la siguiente manera:

$$Qp = 0.278\ C\ I\ A$$

donde:
- Q_p = Gasto de pico, m^3/s.
- C = Coeficiente de escurrimiento, adimensional. Representa la relación entre el volumen escurrido y el llovido y depende de las características de la cuenca (Tabla 4).
- I = Intensidad de la lluvia para una duración igual al tiempode concentración, mm/hr.
- A = Área drenada, Km^2.
- 0.278 = Factor de homogeneidad de unidades.

METODO DE VEN TE CHOW

Este método considera que el gasto de pico del escurrimiento directo Qp de una cuenca puede calcularse como el producto de la altura de precipitación exceso Pe por el gasto de pico de un hidrograma unitario, qp o sea:

$Qp = qp\ Pe$

donde: Qp = Gasto de pico del hidrograma de escurrimiento directo, m3/s.
qp = Gasto de pico del hidrograma unitario, en m3/s por cm de precipitación en exceso para una duración de t horas.
Pe = Precipitación en exceso para la duración de tormenta seleccionada y el periodo de retorno establecido, cm.

Considerando una precipitación en exceso igual a 1 cm, con una duración de t horas sobre una cuenca de A Km2, el escurrimiento de equilibrio, o sea el escurrimiento producido por una precipitación de intensidad constante continuando indefinidamente, será igual a 2.78 A/t. La relación del gasto de pico del hidrograma unitario qp a 2.78 A/t, se define como el factor de reducción del pico, Z:

$$Z = \frac{q_p t}{2.78\ A}$$

donde: Z = Factor de reducción del pico, adimensional.
A = Área de la cuenca, Km2.
t = Duración total de la tormenta, horas.
qp = Gasto de pico del hidrograma unitario, en m3/s por cm de precipitación en exceso para una duración de t horas.

entonces:

$$\boldsymbol{q_p = \frac{2.78\ AZ}{t}}$$

Llamando X al cociente de $\boldsymbol{P_e}$

$$\boldsymbol{X = \frac{P_e}{t}}$$

donde: X = Factor de escurrimiento, cm/h..
P_e = Precipitación en exceso para la duración de tormenta seleccionada y el periodo de retorno establecido, cm.
t = Duración total de la tormenta, horas.

por tanto la ecuación para obtener el gasto queda:

$$\boldsymbol{Q_p} = 2.78\ \boldsymbol{A\ X\ Z}$$

donde: Q_p = Gasto de pico del hidrograma de escurrimiento directo m^3/s.
A = Área de la cuenca, Km2.
X = Factor de escurrimiento, cm/h..
Z = Factor de reducción del pico, adimensional.

2.78 = Factor de homogeneidad de unidades.

METODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO TRINAGULAR

Mockus desarrollo un hidrograma unitario sintético de forma triangular.

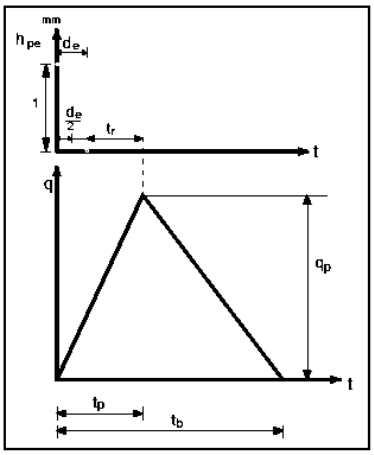


Figura 1. Hidrograma Unitario Triangular.

De la geometría del hidrograma unitario, se escribe el gasto de pico como:

$$\boldsymbol{q_p = \frac{0.555\ A}{t_b}} \qquad (1)$$

donde: A = Área de la cuenca, Km2
t_p = Tiempo de pico, h.
q_p = Gasto de pico, m3/s/mm.

Del análisis de varios hidrogramas, Mockus concluye que el tiempo base y el tiempo de pico t_p se relacionan mediante la expresión:

$t_b = 2.67\ t_p$ (2)

A su vez el tiempo de pico se expresa como:

$$t_p = \frac{de}{2} + tr \quad (3)$$

Donde d_e es la duración en exceso y t_r el tiempo de retraso, el cual se estima mediante el tiempo de concentración t_c.

$t_r = 0.6\ t_c$ (4)

Además, la duración en exceso con la que se tiene mayor gasto de pico, a falta de mejores datos, se puede calcular aproximadamente como:

$d_e = 2\sqrt{t_c}$ (5)

Para cuencas grandes, o bien $d_e = t_c$ para las pequeñas. Todos los tiempos y la duración en exceso en las fórmulas (84-2 a la 87-5) están en h. Sustituyendo (84-2 en 83-1) se obtiene:

$$q_p = \frac{0.208\ A}{t_p} \quad (6)$$

Donde (ecuaciones 3 a la 5): $t_p = \sqrt{t_c} + 0.6\ t_c$ (7)

Con las ecuaciones (2, 3 y 7) se calculan las características del hidrograma unitario triangular.

El hidrograma de escurrimiento directo Q_p se calcula multiplicando la altura de precipitación en exceso P_e en mm, por el gasto de pico del hidrograma unitario q_p.

Resumen de Gastos obtenidos

Una vez aplicados los modelos lluvia escurrimiento antes descritos, enseguida se presenta las tablas con los gastos obtenidos para los periodos de retorno de 5, 10, 50,100, 500 y 1000 años.

DURACIÓN minutos	METODO HIDROGRAMA TRIANGULAR					
	GASTO MÁXIMO (m^3/s)					
113.88	Tr= 5 años	Tr= 10 años	Tr= 50 años	Tr= 100 años	Tr= 500 años	Tr= 1000 años
	0.00	4.58	41.25	64.73	130.87	163.09

DURACIÓN minutos	METODO RACIONAL AMERICANO					
	GASTO MÁXIMO (m^3/s)					
113.88	Tr= 5 años	Tr= 10 años	Tr= 50 años	Tr= 100 años	Tr= 500 años	Tr= 1000 años
	28.99	44.37	80.02	95.37	131.02	146.27

DURACIÓN minutos	METODO DE CHOW					
	GASTO MÁXIMO (m^3/s)					
113.88	Tr= 5 años	Tr= 10 años	Tr= 50 años	Tr= 100 años	Tr= 500 años	Tr= 1000 años
	30.25	25.04	21.48	32.16	62.30	77.80

5.0 Gasto de diseño

- Se delimitó la cuenca en estudio hasta el cruce con el puente de 7.79 km^2.

- Con base el criterio establecido entre la SCT y la CONAGUA mediante el **Oficio Núm. B00.7.-395**, se definió un periodo de retorno Tr = 1000 años.

- Para cálculo de los gastos máximos en la cuenca de aportación, se aplicaron métodos que relacionan la lluvia escurrimiento (Racional, Ven Te Chow e Hidrograma Unitario Triangular).

- Con base en lo anterior, el método racional americano (MRA) proporciona resultados más confiables resultando un gasto de diseño de **146.27m^3/s** asociado a un periodo de retorno de 1000 años.

6.0 Anexos

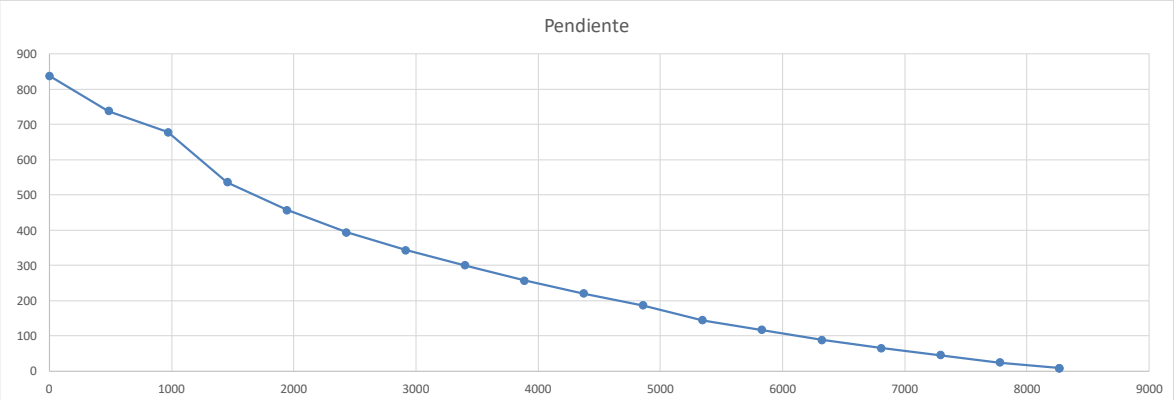
SECRETARÌA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES		
Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	DIRECCIÒN GENERAL DE CARRETERAS, DIRECCIÒN EJECUTIVA DE PROYECTOS, DIRECCION TECNICA	[redacted]

CARRETERA:	MEX-200 SALINA CRUZ - ZIHUATANEJO
OBRA:	PUENTE "PEDREGUERO"

CÁLCULO DE LA PENDIENTE MEDIA POR EL MÉTODO DE TAYLOR-SCHWARTZ

TRAMO	LONGITUD Metros	ELEVACION	DESNIVEL H en metros	PENDIENTE s	RAIZ (s)	1/RAIZ (s)
0	0.00	838.02				
1	486.14	738.62	99.40	0.204	0.4522	1075.0966
2	486.14	677.88	60.74	0.125	0.3535	1375.3143
3	486.14	535.86	142.02	0.292	0.5405	899.4243
4	486.14	457.03	78.83	0.162	0.4027	1207.2399
5	486.14	393.29	63.74	0.131	0.3621	1342.5547
6	486.14	342.86	50.43	0.104	0.3221	1509.3624
7	486.14	300.46	42.40	0.087	0.2953	1646.0906
8	486.14	256.69	43.77	0.090	0.3001	1620.1245
9	486.14	219.85	36.84	0.076	0.2753	1765.9383
10	486.14	185.99	33.86	0.070	0.2639	1842.0095
11	486.14	144.42	41.57	0.086	0.2924	1662.4375
12	486.13	116.92	27.50	0.057	0.2378	2043.9377
13	486.13	88.48	28.44	0.059	0.2419	2009.8757
14	486.13	65.53	22.95	0.047	0.2173	2237.3880
15	486.13	45.35	20.18	0.042	0.2037	2386.0090
16	486.13	24.27	21.08	0.043	0.2082	2334.5115
17	486.13	7.81	16.46	0.034	0.1840	2641.9001
18	1.21	7.80	0.01	0.008	0.0911	13.2276
	8265.51				**suma**	**29612.44**

Longitud = 8,265.51 metros
S media por Taylor-Schwartz = 0.0779 decimales



Gobierno de México | Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTE** **Dirección General de Carreteras** **Dirección Ejecutiva de Proyectos** **Dirección Técnica**
"ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 ACAPULCO – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO.	**ESTUDIO HIDROLOGICO**

SECRETARÌA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES		
Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**DIRECCIÒN GENERAL DE CARRETERAS, DIRECCIÒN EJECUTIVA DE PROYECTOS, DIRECCION TECNICA**	[redacted]

CARRETERA:	**MEX-200 SALINA CRUZ - ZIHUATANEJO**
OBRA:	**PUENTE "PEDREGUERO"**

CÁLCULO DE LA LLUVIA EN EXCESO Y EL COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO "c"

Fórmula: $Pe=(P-508/N+5.08)^2/P+2032/N-20.32$

$c = Pe/p$

Tr= 5 años

Duración minutos	horas	i mm/hr	p mm	N				Pe mm	c
113.88	1.90	43.64	82.83	38	0.05	0.00	413.95	0.00	0.000

Tr= 10 años

Duración minutos	horas	i mm/hr	p mm	N				Pe mm	c
113.88	1.90	66.74	126.67	38	43.90	1,926.87	457.79	4.21	0.033

Tr= 50 años

Duración minutos	horas	i mm/hr	p mm	N				Pe mm	c
113.88	1.90	120.36	228.45	38	145.67	21,219.40	559.56	37.92	0.166

Tr= 100 años

Duración minutos	horas	i mm/hr	p mm	N				Pe mm	c
113.88	1.90	143.45	272.27	38	189.49	35,908.14	603.39	59.51	0.219

Tr= 500 años

Duración minutos	horas	i mm/hr	p mm	N				Pe mm	c
113.88	1.90	197.07	374.05	38	291.27	84,836.53	705.16	120.31	0.322

Tr= 1000 años

Duración minutos	horas	i mm/hr	p mm	N				Pe mm	c
113.88	1.90	220.17	417.89	38	335.11	112,299.87	749.01	149.93	0.359

Gobierno de México | Comunicaciones, Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTE** **Dirección General de Carreteras** **Dirección Ejecutiva de Proyectos** **Dirección Técnica**
"ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 ACAPULCO – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO.	**ESTUDIO HIDROLOGICO**

SECRETARÌA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES		
Comunicaciones, Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**DIRECCIÒN GENERAL DE CARRETERAS, DIRECCIÒN EJECUTIVA DE PROYECTOS, DIRECCION TECNICA**	[redacted]

CARRETERA:	**MEX-200 SALINA CRUZ - ZIHUATANEJO**

COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO PARA DISTINTOS PERIODOS DE RETORNO

Tr (Años)	hpd (mm)	hpe (mm)	Ce
5	21.80	3.33	0.15
10	27.78	6.25	0.22
50	49.51	20.57	0.42
100	59.72	28.50	0.48
500	81.94	47.16	0.58
1000	91.30	55.40	0.61

SECRETARÌA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES		
Comunicaciones, Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**DIRECCIÒN GENERAL DE CARRETERAS, DIRECCIÒN EJECUTIVA DE PROYECTOS, DIRECCION TECNICA**	[redacted]

CARRETERA:	**MEX-200 SALINA CRUZ - ZIHUATANEJO**
OBRA:	**PUENTE "PEDREGUERO"**

FÓRMULA **Q = C i A * 2.778** Area= 7.79 km²

Tr= 5 años			Tr= 10 años		
c=	0.15		c=	0.22	
i=	43.64	mm	i=	66.74	mm
A=	779.00	ha.	A=	779.00	ha.
Q=	**14.43**	**(m^3/s)**	**Q=**	**32.52**	**(m^3/s)**

Tr= 50 años			Tr= 100 años		
c=	0.42		c=	0.48	
i=	120.36	mm	i=	143.45	mm
A=	779.00	ha.	A=	779.00	ha.
Q=	**108.31**	**(m^3/s)**	**Q=**	**148.26**	**(m^3/s)**

Tr= 500 años			Tr= 1000 años		
c=	0.58		c=	0.61	
i=	197.07	mm	i=	220.17	mm
A=	779.00	ha.	A=	779.00	ha.
Q=	**245.64**	**(m^3/s)**	**Q=**	**289.32**	**(m^3/s)**

Gobierno de México | Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTE** **Dirección General de Carreteras** **Dirección Ejecutiva de Proyectos** **Dirección Técnica**
"ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 ACAPULCO – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO.	**ESTUDIO HIDROLOGICO**

SECRETARÌA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**DIRECCIÒN GENERAL DE CARRETERAS,** **DIRECCIÒN EJECUTIVA DE PROYECTOS,** **DIRECCION TECNICA**	[redacted]

CARRETERA: MEX-200 SALINA CRUZ - ZIHUATANEJO

OBRA: PUENTE "PEDREGUERO"

FÓRMULA **Q = C i A * 2.778** Area= 7.79 km²

Tr= 5 años			Tr= 10 años		
c=	0.15		c=	0.22	
i=	43.64	mm	i=	66.74	mm
A=	779.00	ha.	A=	779.00	ha.
Q=	**14.43**	**(m^3/s)**	**Q=**	**32.52**	**(m^3/s)**

Tr= 50 años			Tr= 100 años		
c=	0.42		c=	0.48	
i=	120.36	mm	i=	143.45	mm
A=	779.00	ha.	A=	779.00	ha.
Q=	**108.31**	**(m^3/s)**	**Q=**	**148.26**	**(m^3/s)**

Tr= 500 años			Tr= 1000 años		
c=	0.58		c=	0.61	
i=	197.07	mm	i=	220.17	mm
A=	779.00	ha.	A=	779.00	ha.
Q=	**245.64**	**(m^3/s)**	**Q=**	**289.32**	**(m^3/s)**

FÓRMULA **Q = C i A * 2.778** Area= 7.79 km²

Tr= 5 años			Tr= 10 años		
c=	0.307		c=	0.307	
i=	43.64	mm	i=	66.74	mm
A=	779.00	ha.	A=	779.00	ha.
Q=	**28.99**	**(m^3/s)**	**Q=**	**44.37**	**(m^3/s)**

Tr= 50 años			Tr= 100 años		
c=	0.307		c=	0.307	
i=	120.36	mm	i=	143.45	mm
A=	779.00	ha.	A=	779.00	ha.
Q=	**80.02**	**(m^3/s)**	**Q=**	**95.37**	**(m^3/s)**

Tr= 500 años			Tr= 1000 años		
c=	0.307		c=	0.307	
i=	197.07	mm	i=	220.17	mm
A=	779.00	ha.	A=	779.00	ha.
Q=	**131.02**	**(m^3/s)**	**Q=**	**146.27**	**(m^3/s)**

Gobierno de México | Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTE** **Dirección General de Carreteras** **Dirección Ejecutiva de Proyectos** **Dirección Técnica**
"ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 ACAPULCO – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO.	**ESTUDIO HIDROLOGICO**

SECRETARÌA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**DIRECCIÒN GENERAL DE CARRETERAS, DIRECCIÒN EJECUTIVA DE PROYECTOS, DIRECCION TECNICA**	[redacted]

CARRETERA: MEX-200 SALINA CRUZ - ZIHUATANEJO

OBRA: PUENTE "PEDREGUERO"

DETERMINACIÓN DEL GASTO MÁXIMO PROBABLE

MÉTODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR

Fórmula: $q_p = 0.208AP/0.5d+0.6Tc$ donde: qp = gasto pico en m^3/seg

$q_e = c * q_p$ donde: c = coef. de escurrimiento y qe = gasto efectivo

Duración en exceso= **1.90** horas **113.88** minutos

Tiempo de retraso= **0.540** horas

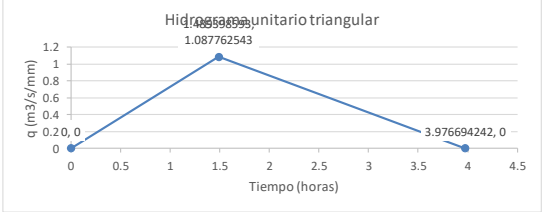
Tiempo pico= **1.489** horas

Tiempo base= **3.977** horas

qpico= **1.088** m3/s/mm

N= **38.03**

	Duración minutos	horas	i mm/hr	p cm	Precipitación excedente (cm)	q_p m^3/s
Tr= 5 años	113.88	1.90	43.64	8.28	0.000	0.00
Tr= 10 años	113.88	1.90	66.74	12.67	0.421	4.58
Tr= 50 años	113.88	1.90	120.36	22.84	3.792	41.25
Tr= 100 años	113.88	1.90	143.45	27.23	5.951	64.73
Tr= 500 años	113.88	1.90	197.07	37.40	12.031	130.87
Tr= 1000 años	113.88	1.90	220.17	41.79	14.993	163.09



Gobierno de México | Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTE** **Dirección General de Carreteras** **Dirección Ejecutiva de Proyectos** **Dirección Técnica**
"ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 ACAPULCO – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO.	**ESTUDIO HIDROLOGICO**

SECRETARÌA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES		
Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**DIRECCIÒN GENERAL DE CARRETERAS, DIRECCIÒN EJECUTIVA DE PROYECTOS, DIRECCION TECNICA**	[redacted]

CARRETERA:	**MEX-200 SALINA CRUZ - ZIHUATANEJO**
OBRA:	**PUENTE "PEDREGUERO"**

MÉTODO DE VEN TE CHOW

Qp = (0.278 A*Pe*Z/ de)*60

Área : 7.7900 Km2 **Tc :** 113.88 minutos **N :** 38 **tr :** 68.3 minutos

PERIODO DE RETORNO (Tr) : 5 Años

de (min)	de (hr)	I (mm)	I (cm)	HP (cm)	HE (cm)	X	Tp (mm)	de/tr	Z1	Qp m3/seg.
5	0.08	133.73	13.37	1.11	1.50	17.99	0.84	0.10	0.08	30.25
10	0.17	98.61	9.86	1.64	1.27	7.60	0.84	0.20	0.15	25.15
30	0.50	58.16	5.82	2.91	0.80	1.60	0.84	0.59	0.44	15.17
45	0.75	47.51	4.75	3.56	0.61	0.81	0.84	0.89	0.61	10.72
60	1.00	41.10	4.11	4.11	0.47	0.47	0.84	1.19	0.74	7.45
90	1.50	33.46	3.35	5.02	0.28	0.19	0.84	1.78	0.93	3.74
120	2.00	28.89	2.89	5.78	0.16	0.08	0.84	2.38	1.00	1.74
240	4.00	20.26	2.03	8.10	0.00	0.00	0.84	4.75	1.00	0.00
360	6.00	16.45	1.65	9.87	0.06	0.01	0.84	7.13	1.00	0.21

30.25

PERIODO DE RETORNO (Tr) : 10 Años

de (min)	de (hr)	I (mm)	I (cm)	HP (cm)	HE (cm)	X	Tp (mm)	de/tr	Z1	Qp m3/seg.
5	0.08	204.48	20.45	1.70	1.24	14.90	0.84	0.10	0.08	25.04
10	0.17	150.79	15.08	2.51	0.93	5.60	0.84	0.20	0.15	18.52
30	0.50	88.94	8.89	4.45	0.39	0.78	0.84	0.59	0.44	7.41
45	0.75	72.64	7.26	5.45	0.21	0.28	0.84	0.89	0.61	3.67
60	1.00	62.84	6.28	6.28	0.10	0.10	0.84	1.19	0.74	1.61
90	1.50	51.16	5.12	7.67	0.01	0.01	0.84	1.78	0.93	0.12
120	2.00	44.18	4.42	8.84	0.01	0.00	0.84	2.38	1.00	0.08
240	4.00	30.99	3.10	12.40	0.37	0.09	0.84	4.75	1.00	2.02
360	6.00	25.16	2.52	15.10	0.96	0.16	0.84	7.13	1.00	3.48

25.04

PERIODO DE RETORNO (Tr) : 50 Años

de (min)	de (hr)	I (mm)	I (cm)	HP (cm)	HE (cm)	X	Tp (mm)	de/tr	Z1	Qp m3/seg.
5	0.08	368.78	36.88	3.07	0.75	8.98	0.84	0.10	0.08	15.10
10	0.17	271.90	27.19	4.53	0.37	2.24	0.84	0.20	0.15	7.40
30	0.50	160.39	16.04	8.02	0.00	0.00	0.84	0.59	0.44	0.03
45	0.75	131.01	13.10	9.83	0.06	0.07	0.84	0.89	0.61	0.99
60	1.00	113.33	11.33	11.33	0.21	0.21	0.84	1.19	0.74	3.35
90	1.50	92.26	9.23	13.84	0.66	0.44	0.84	1.78	0.93	8.84
120	2.00	79.68	7.97	15.94	1.20	0.60	0.84	2.38	1.00	12.95
240	4.00	55.88	5.59	22.35	3.57	0.89	0.84	4.75	1.00	19.34
360	6.00	45.38	4.54	27.23	5.95	0.99	0.84	7.13	1.00	21.48

21.48

PERIODO DE RETORNO (Tr) : 100 Años

Gobierno de México | Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTE** **Dirección General de Carreteras** **Dirección Ejecutiva de Proyectos** **Dirección Técnica**
"ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 ACAPULCO – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO.	**ESTUDIO HIDROLOGICO**

SECRETARÌA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**DIRECCIÒN GENERAL DE CARRETERAS, DIRECCIÒN EJECUTIVA DE PROYECTOS, DIRECCION TECNICA**	[redacted]

CARRETERA: MEX-200 SALINA CRUZ - ZIHUATANEJO

OBRA: PUENTE "PEDREGUERO"

MÉTODO DE VEN TE CHOW

Qp = (0.278 A*Pe*Z/ de)*60

de (min)	de (hr)	I (mm)	I (cm)	HP (cm)	HE (cm)	X	Tp (mm)	de/tr	Z1	Qp m3/seg.
5	0.08	439.54	43.95	3.66	0.58	6.95	0.84	0.10	0.08	11.69
10	0.17	324.13	32.41	5.40	0.21	1.29	0.84	0.20	0.15	4.26
30	0.50	191.17	19.12	9.56	0.04	0.08	0.84	0.59	0.44	0.73
45	0.75	156.15	15.62	11.71	0.26	0.35	0.84	0.89	0.61	4.65
60	1.00	135.08	13.51	13.51	0.59	0.59	0.84	1.19	0.74	9.37
90	1.50	109.97	11.00	16.50	1.36	0.91	0.84	1.78	0.93	18.27
120	2.00	94.97	9.50	18.99	2.20	1.10	0.84	2.38	1.00	23.86
240	4.00	66.60	6.66	26.64	5.64	1.41	0.84	4.75	1.00	30.55
360	6.00	54.08	5.41	32.45	8.91	1.49	0.84	7.13	1.00	32.16

32.16

PERIODO DE RETORNO (Tr) : 500 Años

de (min)	de (hr)	I (mm)	I (cm)	HP (cm)	HE (cm)	X	Tp (mm)	de/tr	Z1	Qp m3/seg.
5	0.08	603.83	60.38	5.03	0.28	3.31	0.84	0.10	0.08	5.57
10	0.17	445.28	44.53	7.42	0.02	0.11	0.84	0.20	0.15	0.36
30	0.50	262.63	26.26	13.13	0.51	1.02	0.84	0.59	0.44	9.65
45	0.75	214.51	21.45	16.09	1.24	1.65	0.84	0.89	0.61	21.93
60	1.00	185.57	18.56	18.56	2.04	2.04	0.84	1.19	0.74	32.67
90	1.50	151.07	15.11	22.66	3.71	2.47	0.84	1.78	0.93	49.79
120	2.00	130.47	13.05	26.09	5.36	2.68	0.84	2.38	1.00	58.05
240	4.00	91.50	9.15	36.60	11.51	2.88	0.84	4.75	1.00	62.30
360	6.00	74.30	7.43	44.58	16.96	2.83	0.84	7.13	1.00	61.22

62.30

PERIODO DE RETORNO (Tr) : 1000 Años

de (min)	de (hr)	I (mm)	I (cm)	HP (cm)	HE (cm)	X	Tp (mm)	de/tr	Z1	Qp m3/seg.
5	0.08	674.59	67.46	5.62	0.18	2.19	0.84	0.10	0.08	3.68
10	0.17	497.46	49.75	8.29	0.00	0.00	0.84	0.20	0.15	0.00
30	0.50	293.40	29.34	14.67	0.86	1.71	0.84	0.59	0.44	16.21
45	0.75	239.65	23.97	17.97	1.84	2.45	0.84	0.89	0.61	32.55
60	1.00	207.31	20.73	20.73	2.88	2.88	0.84	1.19	0.74	46.01
90	1.50	168.78	16.88	25.32	4.97	3.31	0.84	1.78	0.93	66.70
120	2.00	145.76	14.58	29.15	7.00	3.50	0.84	2.38	1.00	75.78
240	4.00	102.22	10.22	40.89	14.37	3.59	0.84	4.75	1.00	77.80
360	6.00	83.01	8.30	49.81	20.80	3.47	0.84	7.13	1.00	75.07

77.80

Comunicaciones
Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes

[redacted]

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS

INFORME TOPOHIDRAULICO - HIDROLOGICO

CRUCE : PUENTE “EL PEDREGUERO”
CARRETERA : MEX-200 SALINA CRUZ - ZIHUATANEJO
KM : 11+740
ORIGEN : ESTADO DE GUERRERO

INFORME GENERAL

Objetivo del estudio: El objetivo del presente estudio, es revisar las condiciones de funcionamiento hidrológico e hidráulico en el cruce en estudio y proporcionar las recomendaciones del nivel de agua y velocidad en función del gasto de diseño para el proyecto de reparación o de sustitución construcción del puente.

I.- GENERALIDADES

La corriente nace a 8.27 km del cruce y desemboca a 1.10 Km en La Laguna de Coyuca; su descarga no provoca influencia hidráulica en el cruce. El área de la cuenca drenada hasta el cruce es de 7.79 km^2 y pertenece a la Región Hidrológica No. 19 Costa Grande según clasificación de la CONAGUA.

Las coordenadas geográficas del cruce, en grados, minutos y segundos, son: 16°54'52.90"N y 99°57'44.57"O En la zona de cruce la vegetación se puede clasificar como Vegetación arbustiva.

La topografía es:

Terreno plano [X] Lomerío [ ] Montañoso [ ]

Elevación y descripción del banco de nivel:

El cauce en la zona de cruce es:

Sinuoso		Estable	X	Encajonado	X
Sensiblemente recto	X	Divagante		Con llanuras de inundación	

El escurrimiento es de carácter:

Torrencial		Perenne		Intermitente	X

Tipo y longitud de cuerpos flotantes: ramazón y troncos de hasta 3.0 m de longitud.

El periodo de lluvias en la región comprende los meses de junio a octubre.

La precipitación media anual es de más de 2000 mm.

Información adicional (erosión marginal, caídas, ubicación del cruce en un meandro del río, etc.):

Geología superficial del cauce del río:

En el fondo	Gravas
En la margen izquierda	Gravas
En la margen derecha	Gravas

El eje del trazo en el cruce es:

Normal	X	Esviajado	

con respecto a la dirección de la corriente.

Ángulo de esviaje:

El paso actual de vehículos se efectúa por: El puente actual, Km 11+740 de la carretera Mex 200 Salina Cruz - Zihuatanejo

II.- ESTUDIO HIDROLOGICO

Método aplicado: Modelos lluvia escurrimientos (Método racional, Ven Te Chow e Hidrograma Unitario Triangular (HUT).

Justificación del método aplicado: A partir de los modelos que relacionan la lluvia con el escurrimiento (Método Racional, Ven Te Chow e Hidrograma Unitario Triangular) para la avenida máxima considerada como de diseño, con base en los resultados obtenidos se elige el método Racional ya que proporciona resultados más confiables en función de las características de la cuenca y los análisis de precipitación. Por lo tanto, el gasto de diseño resultó de 146.27 m^3/s, asociado al periodo de retorno de 1000 años

Información utilizada: Intensidades de lluvia determinadas con el método de Cheng Lung Chen a partir de información de lluvia máxima en 24 horas de las estaciones pluviométricas La Sabana (12183) y Acapulco de Juárez (12142). La Información pluviométrica utilizada en el desarrollo de este estudio fue consultada de las bases de datos Comisión Nacional del Agua, CONAGUA.

Se obtuvo un gasto de 146.27 m^3/s, asociado a un período de retorno de 1000 años.

El gasto asociado a un período de retorno de 5 años, que definirá el Nivel de Aguas que puede presentarse durante la Construcción del puente, NAC, resultó de 28.99 m^3/s.

Observaciones (fuentes de información, confiabilidad de los datos y de los métodos empleados, etc.): Fuentes de información INEGI, CONAGUA.

III.- ESTUDIO HIDRAULICO

III.1 Modelación hidráulica unidimensional aplicando el programa de cómputo HEC-RAS 1D.

El gasto de diseño que resultó del estudio hidrológico fue de 146.27 m^3/s, asociado a un período de retorno de 1000 años.

PUENTE ACTUAL
Se obtuvo un Nivel de Aguas de Diseño, NADI, de 12.31 m y una velocidad del agua bajo el puente a la entrada de 2.23 m/s, con un Bordo Libre 0.43 m.

PUENTE (ALTERNATIVA DE PROYECTO)
Se obtuvo un Nivel de Aguas de Diseño, NADI, de 12.43 m y una velocidad del agua bajo el puente a la entrada de 1.25 m/s, con un Bordo Libre 1.50 m.

IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se recomienda adoptar como gasto de diseño 146.27 m^3/s, asociado a un período de retorno de 1000 años, obtenido con el Método Racional.

De acuerdo con los estudios hidrológicos e hidráulicos efectuados, se concluye que el puente actual es hidráulicamente insuficiente ya que al transitarte la avenida de diseño se obtuvo un bordo libre de 0.43 m, con lo que compromete el funcionamiento hidráulico del puente actual.

Por lo tanto, para drenar el gasto de diseño, se recomienda un nuevo puente con una longitud de 46.00 m, de dos claros, la rasante sugerida podrá ser la elevación 15.34 m. La estructura podrá estar ubicado entre los km 11+716.50 al km 11+762.50. El NADI deberá ser la elevación 12.43 m con una velocidad máxima bajo el puente de 1.25 m/s. El bordo libre entre el NADI y el nivel inferior de la trabe de la superestructura deberá ser de 1.50 m como mínimo. Cabe mencionar que los apoyos del puente deberán estar orientados respecto a la trayectoria de la corriente.

Bajo estas condiciones, el funcionamiento hidráulico para la propuesta del puente de proyecto se considera aceptable desde el punto de vista hidráulico.

Los datos de diseño hidráulico deberán ser considerados para los análisis de socavación correspondientes.

Observaciones:

Lugar y Fecha: Ciudad de México, octubre de 2025.

CONTENIDO

1.0 ANTECEDENTES 3

2.0 OBJETIVOS Y ALCANCES. 4

3.0 NORMATIVA 5

4.0 ZONA DE ESTUDIO 5

5.0 ESTUDIO HIDRÁULICO..... 8

6.0 ANÁLISIS HIDRÁULICO EN CONDICIONES ACTUALES..... 9

7.0 MODELO HIDRÁULICO EN CONDICIONES ACTUALES. 13

8.0 CONCLUSIONES..... 21

Introducción

El presente estudio se utilizó para identificar las condiciones hidráulicas del puente existente "Embarcadero I", ubicado en el Km. 20+075 del tramo en estudio.

El diseño hidráulico del puente, proporcionara al proyectista los datos requeridos para la revisión y funcionamiento hidráulico de la estructura, y es el conjunto de trabajos de campo y gabinete, lo que permitirá establecer para este caso en particular si la infraestructura existente es adecuada o se deberá diseñar una obra con las características necesarias para el paso del gasto calculado.

Previo a este estudio se obtuvieron los gastos de diseño los cuales serán la base para el diseño y revisión hidráulica. El mismo se analizó con ayuda de información de mediciones en campo, mediante la realización de trabajos de topografía y aforos de niveles. Esta información a su vez se utilizó para realizar el modelo matemático y obtener los datos necesarios que caracterizaran la zona de estudio y el funcionamiento presente en la actualidad.

Durante los análisis realizados en el modelo generado en el software HEC-RAS se modelaron varios escenarios, obteniendo diversos datos de la zona, operando en condiciones variables, quedando establecido que para las condiciones de operación del modelo se debería identificar el gasto de operación del sistema a diferentes periodos de retorno del estudio hidrológico realizado en la cuenca.

1.0 Antecedentes

Para dar cumplimiento con la ejecución de los Estudios y Proyectos Constructivos correspondientes al Programa de Construcción y Modernización de Carreteras en nuestro país, las cuales permitan contar con un amplio sistema carretero eficiente, seguro, de buena calidad, y el cual permita activar la economía a lo largo y ancho del país, la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, a través de la Dirección General de Carreteras, llevará a cabo la **ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 SALINA CRUZ – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO**, como parte de estos trabajos se presenta el siguiente apartado el cual corresponde a la elaboración del Estudio Hidráulico.

2.0 Objetivos y Alcances.

Realizar el estudio topohidráulico del puente Embarcadero I mediante un modelo hidráulico bidimensional con el programa HEC-RAS, y determinar los niveles de agua y velocidad alcanzadas con el tránsito de los gastos de diseño en la condición actual del puente existente y en su caso proponer las dimensiones requeridas del puente de proyecto.

3.0 Normativa

N-PRY-CAR-1-06-004/18, Estudio Hidráulico – Hidrológico para puentes
MPRY-CAR-1-06-004, Análisis Hidrológicos. Secretaria de Comunicaciones y Transportes.
NPRY-CAR-1-06-001, Ejecución de Estudios Hidráulicos – Hidrológicos para Puentes. Secretaria de Comunicaciones y Transportes.
M-PRY-CAR-1-06-003-00, Estudios Hidráulico-Hidrológicos para Puentes.

4.0 Zona de estudio

Localización

El estado de Guerrero está ubicado en la región suroeste del país, limitando al norte con el Estado de México, Morelos y Puebla, al sureste con Oaxaca, al suroeste con el océano Pacífico y al noroeste con el río Balsas que lo separa de Michoacán.



Figura 1. *Estado de Guerrero.*

El tramo de estudio se encuentra localizado entre los municipios de Coyuca de Benítez y Acapulco de Juárez, para el caso de Coyuca de Benítez tenemos que se ubica entre los paralelos 16° 54' y 17° 28' de latitud norte; los meridianos 99° 48' y 100° 19' de longitud

oeste; altitud entre 0 y 3 400 m. Colinda al norte con los municipios de Atoyac de Álvarez, General Heliodoro Castillo y Chilpancingo de los Bravo; al este con los municipios de Chilpancingo de los Bravo y Acapulco de Juárez; al sur con el municipio de Acapulco de Juárez, con el Océano Pacífico y con el municipio de Benito Juárez; al oeste con el Océano Pacífico y los municipios de Benito Juárez y Atoyac de Álvarez.

Por otro lado, tenemos que Acapulco de Juárez se ubica entre los paralelos 16° 41' y 17° 14' de latitud norte; los meridianos 99° 28' y 101° 00' de longitud oeste; altitud entre 0 y 2 000 m. Colindando al norte con los municipios de Coyuca de Benítez, Chilpancingo de los Bravo y Juan R. Escudero; al este con los municipios de Juan R. Escudero y San Marcos; al sur con el municipio de San Marcos y el Océano Pacífico, al oeste con el Océano Pacífico y el municipio de Coyuca de Benítez.



Figura 2. ***Ubicación del proyecto Municipio de Coyuca de Benítez y Acapulco de Juárez, en el Estado de Guerrero.***



Figura 3. ***Localización Puente Embarcadero I.***

5.0 Estudio Hidráulico.

5.1 Metodología

Con la información de los trabajos de topografía se desarrollaron los modelos hidraulicos, estos sirvieron para determinar las características hidráulicas de la zona en estudio en condiciones actuales a su vez éste modeló sirve para determinar los niveles de rasante del puente.

En las Figuras siguientes se muestra la información de campo utilizada para armar los modelos del tramo en estudio. La planta se utilizó para identificar la forma y el eje de proyecto, determinando la separación de las secciones, mismas que no tendrían intersección alguna al momento de procesar dicha información. Y finalmente armar el modelo georreferenciado con dicha información. (Figura 2 y 3).

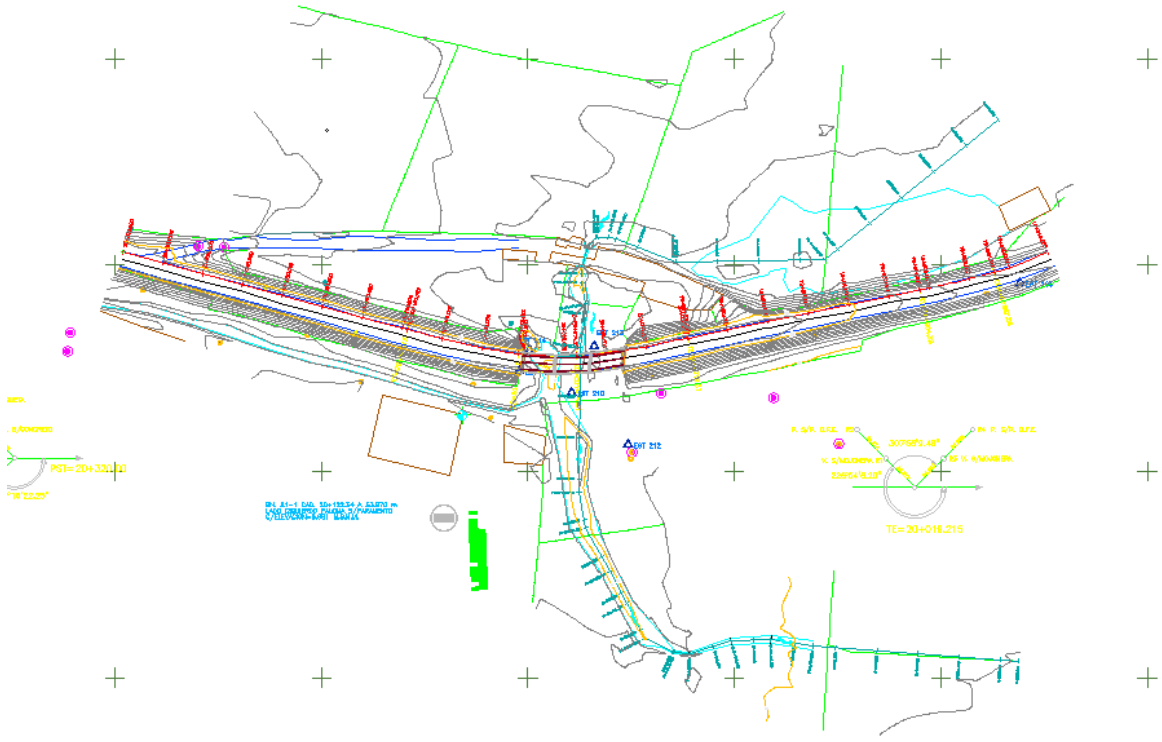


Figura 3. Planta topográfica de la zona de estudio.

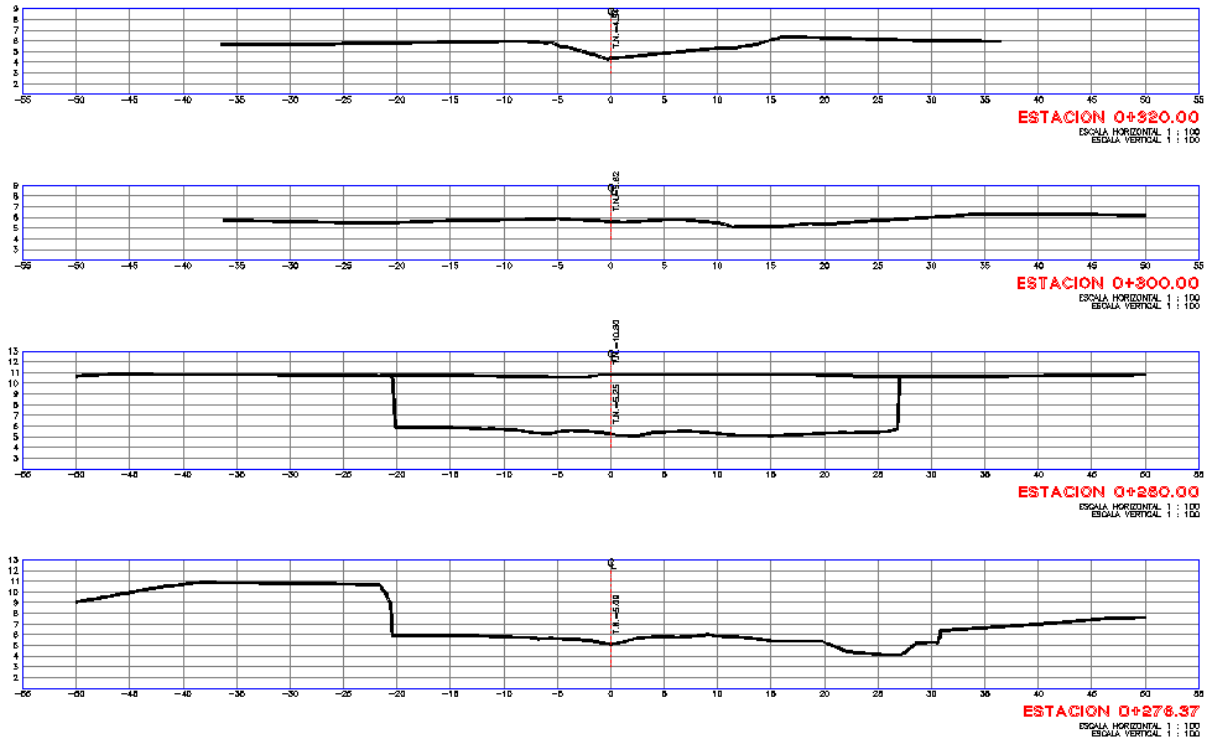


Figura 4. Secciones del cauce de la zona de estudio

6.0 Análisis Hidráulico en condiciones actuales.

6.1 Generalidades

Actualmente, el cruce del arroyo con la carretera Mex-200 Acapulco – Zihuatanejo en el Km 20+075, esta resuelto mediante un puente de tres claros con una longitud total de 50.00 m y ancho de corona de 9.00 m



Figura 6. Puente Embarcadero I, Km 20+075 carretera Mex-200 Acapulco – Zihuatanejo.



Figura 7. Con vista guas abajo del puente Embarcadero I, como se aprecia no existe un escurrimiento definido, sino mas bien la llanura de inundación del cauce principal.

El puente embarcadero i, solo drena los esccurrrimientos pluviales que se concentren en la zona de llanura de inundacion, asi como los caudales exdentes que desbordan del arroyo del puente Embarcadero I.

Cuenta con presencia de vegetación en sus márgenes y llanuras de inundación, el material del fondo consiste en arena y gravas.

Para determinar el coeficiente de rugosidad se utilizó el criterio mencionado por manning donde de acuerdo a al tipo de vegetación existente se le asigna un valor característico. Los Coeficientes de rugosidad de Manning se tomaron de la clasificación hecha por Ven Te Chow (ver tabla 2). Para el caso de este estudio se consideró de acuerdo a la vegetación existente, teniendo un cauce es de fondo regular con piedras y maleza alta.



Figura 8. Con vista aguas arriba del puente Embarcadero I.

Tabla 1. Valores de rugosidad del coeficiente de Manning (n)

Descripción de la corriente	Mínimo	Normal	Máximo
A *Cauces naturales*			
A.1 Cursos secundarios (ancho de la superficie libre en crecida < 30 m)			
A.1.1 Cursos en planicies			
- Limpios, rectos, sin fallas ni pozos	0,025	0,030	0,033
- Rectos con algunas piedras y pastos	0,030	0,035	0,040
- Limpios con meandros, con algunos pozos y bancos	0,033	0,040	0,045
- Meandros con algunas piedras y pastos	0,035	0,045	0,050
- Meandros con muchas piedras	0,045	0,050	0,060
- Tramos sucios, con pastos y pozos profundos	0,050	0,070	0,080
- Tramo con mucho pasto, pozos profundos y cauce en crecida con muchos arbustos y matorral	0,075	0,100	0,150
A.1.2 Cursos montañosos, carentes de vegetación en el fondo, laderas con pendientes pronunciadas y árboles y arbustos en las laderas que se sumergen en niveles de crecida			
- Cauce de grava, cantos rodados y algunas rocas	0,030	0,040	0,050
- Cauce de cantos rodados, con grandes rocas	0,040	0,050	0,070
A.2 Cursos en planicies inundadas			
A..2.1 Zonas de pastos, sin arbustos			
- Pasto corto	0,025	0,030	0,035
- Pasto alto	0,030	0,035	0,050
A.2.2 Zonas cultivadas			
- Sin cultivo	0,020	0,030	0,030
- Cultivos sembrados en línea en fase de madurez fisiológica	0,025	0,035	0,045
- Cultivos sembrados a voleo en fase de madurez fisiológica	0,030	0,040	0,050
A.2.3 Zonas arbustivas			
- Escasos arbustos y pasto abundante	0,035	0,050	0,070
- Pequeños árboles y arbustos sin follaje (parada invernal)	0,035	0,050	0,060
- Pequeños árboles y arbustos con follaje (fase vegetativa)	0,040	0,060	0,080
- Arbustos medianos a densos durante la parada invernal	0,045	0,070	0,110
- Arbustos medianos a densos durante la fase vegetativa	0,070	0,100	0,160
A.2.4 Zonas arbóreas			
- Sauces densos, temporada invernal	0,110	0,150	0,200
- Terreno claro con ramas sin brotes	0,030	0,040	0,050
- Terreno claro con ramas con gran crecimiento de brotes	0,050	0,060	0,080
-Zonas de explotación maderera con árboles caídos, poco crecimiento en las zonas bajas y nivel de inundación por debajo de las ramas	0,080	0,100	0,120
-Zonas de explotación maderera con árboles caídos, poco crecimiento en las zonas bajas y nivel de inundación que alcanza a las ramas	0,100	0,120	0,160
A.3 Cursos importantes (ancho de la superficie libre en crecida > 30 m)			
En este caso, los valores del coeficiente *n* son inferiores a los correspondientes de cauces secundarios análogos, ya que los bancos ofrecen una resistencia efectiva menor,			
- Sección regular sin rocas ni arbustos	0,025		0,060
- Sección irregular y rugosa	0,035		0,100

Gasto de Diseño y Gasto de Construcción

Del estudio hidrológico realizado en subcuenca en estudio se determinaron los gastos de diseño y de construccion con los cuales se evaluó el funcionamiento del cauce, estos se muestran a continuación.

Tabla 2. Gastos obtenidos del estudio hidrológico

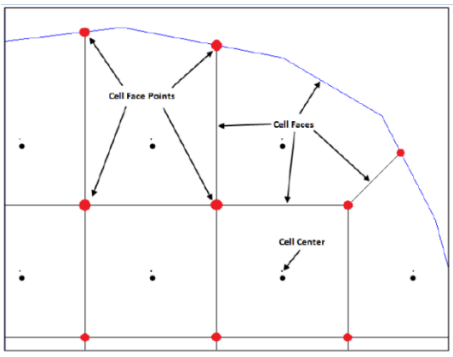
Tr (años)	Q m3/s
5	1.51
1000	5.48

7.0 Modelo Hidráulico 2D en condiciones actuales.

Una vez analizada la topográfica, identificado los sentidos naturales de escurrimiento y los gastos de operación a diferentes periodos de retorno, se realizó el hidráulico de la zona de estudio, mismo que incluye los gastos del estudio hidrológico, las condiciones iniciales y de frontera, siendo esto para la evaluación y determinación de las características hidráulicas principales, mismas que se muestran a continuación.

HEC-RAS en su función 2D, fue diseñado para trabajar con mallas no estructuradas, pero también puede trabajar con mallas estructuradas. Las celdas computacionales de una determinada malla pueden ser triángulos, cuadrados, rectángulos o polígonos de hasta 8 lados como máximo. La malla computacional no necesita ser ortogonal, sin embargo, si fuera así la discretización numérica es más simplificada y eficiente.

La celda que compone una malla computacional tiene las siguientes propiedades: Centro de Celda, Contorno de Celda y Puntos en Contorno de Celda. El siguiente gráfico muestra los elementos que componen la malla:



HEC-RAS realiza el proceso de mallado computacional siguiendo la técnica de triangulación de Delaunay y luego construye un diagrama de Voronoi. El proceso es análogo a cuando se construye el polígono de Thiessen para atribuir un área de cuenca a un pluviómetro específico. La elección del tamaño de malla es uno de los pasos importantes a considerar. En general debe optarse por elegir una malla que mejor se adecue al terreno que controlará el movimiento del flujo. Las variaciones del tamaño de malla deben hacerse de forma gradual de manera para mejorar la precisión de cálculo.

Para este caso el modelo fue generado a partir de un mallado con resolución de **2.5 x 2.5**, con lo cual el modelo digital de terreno se define y se apoyó de un breakline en la zona del camino de **1.5 x 1.5** para una mejor definición en la zona de interés. El terreno contiene el

modelo lidar proveniende INEGI para la zona de estudio y se complementó en la zona del camino con información obtenida en campo, tanto del camino como de los escurrimientos naturales, y las estructuras de cruce tal y como se encuentran actualmente.

Cada celda y contorno de celda es pre-procesada con la finalidad de obtener tablas de propiedades hidráulicas basadas en el terreno subyacente empleado en la modelización. Básicamente el pre-proceso, calcula una relación detallada de Elevación-Volumen para cada celda; y para cada contorno de celda calcula la relación Elevación Perímetro Mojado, Elevación-Área, Elevación-Rugosidad, y demás propiedades hidráulicas. La elección del tamaño de celda se basa en el nivel de detalle que se quiere obtener.

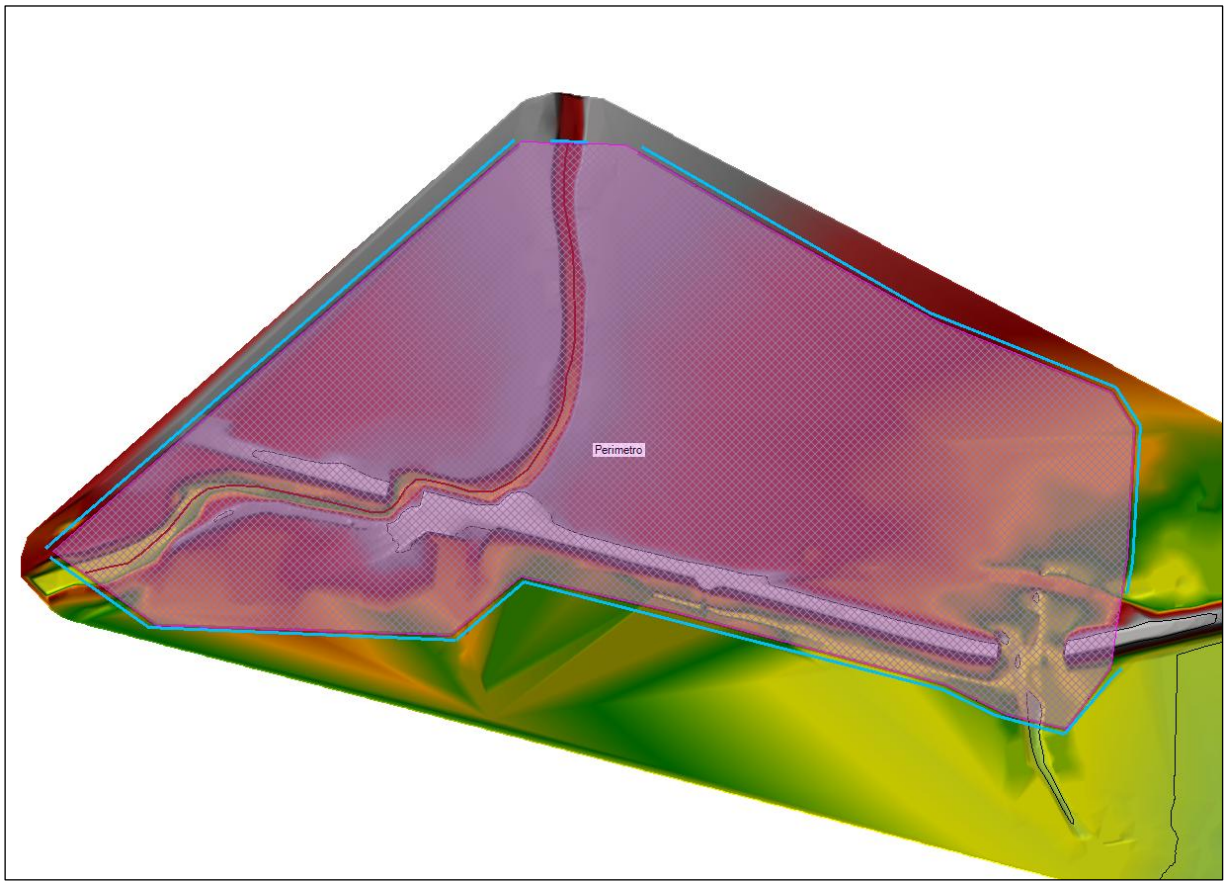


Figura 9. Modelo digital de Terreno realizado con base en información del levantamiento topográfico con resolución de 2.5 x 2.5 m.

Tabla 3. Consideraciones finales cargadas en el modelo hidraulico

Select Location in table then select Boundary Condition Type

	River	Reach	RS	Boundary Condition
Storage/2D Flow Areas				**Boundary Condition**
1	Perimetro	BCLine: Entrada		Flow Hydrograph
2	Perimetro	BCLine: Salida2		Normal Depth
3	Perimetro	BCLine: Salida3		Normal Depth
4	Perimetro	BCLine: Salida		Normal Depth

Para las condiciones de entrada del modelo se asignó la función Flow Hydrograph donde se introdujo el gasto de diseño de 5 y 1000 años mediante un hidrograma, así mismo ahí se le asignó el inició de la simulación y el intervalo correspondiente a cada 15 minutos.

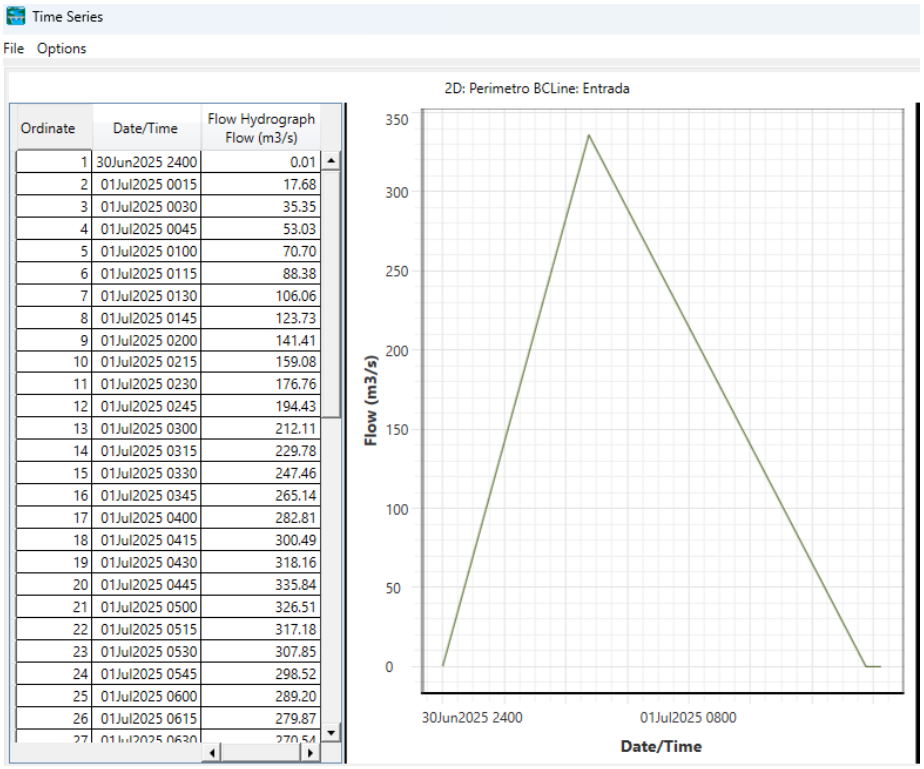


Figura 9. Hidrograma de Entrada considerado en el modelo hidraulico 2D.

Mediante este software se determinó la velocidad y niveles de agua a las condiciones hidráulicas de la corriente para el gasto de diseño con periodo de retorno de 1000 y 5 años años obtenido con el estudio hidrológico.

7.1 Resultados condiciones actuales

A) PLANTA DE LA TRAZA DEL NADI TR 1000

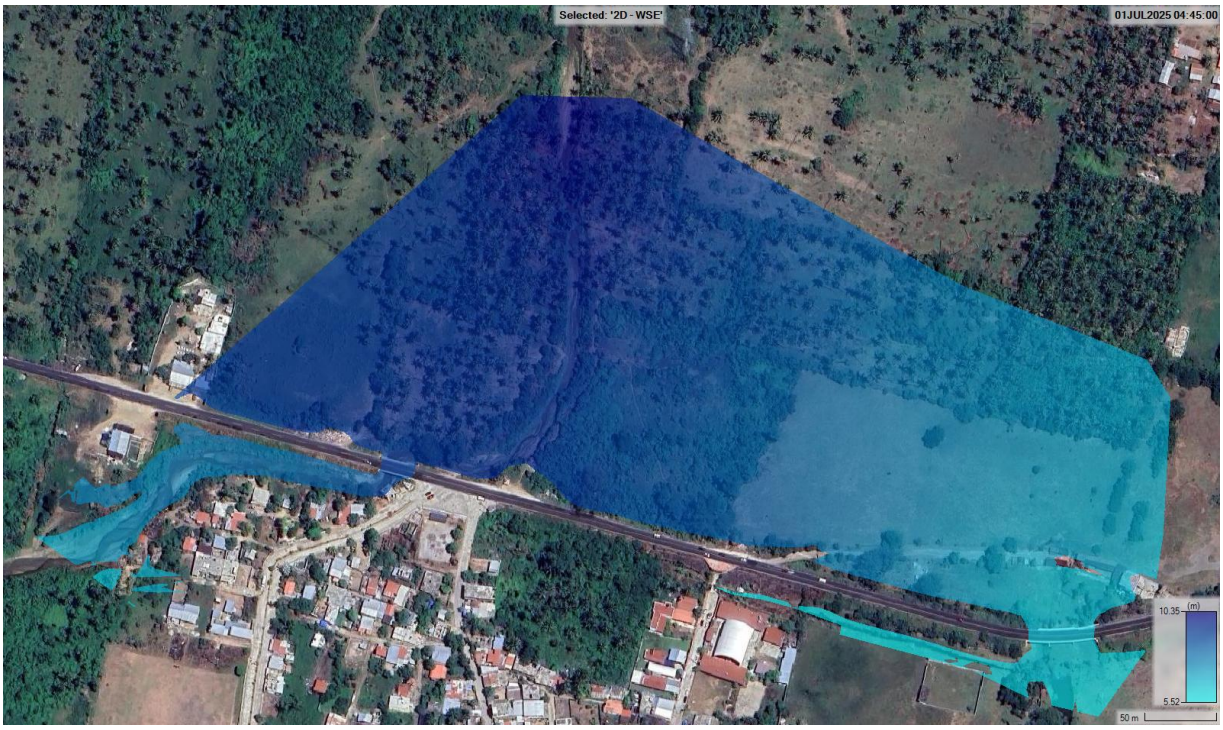


Figura 10. Planta NADI del modelo Hidraulico, TR 1000 años.

B) PLANTA DISTRIBUCION DE VELOCIDAD

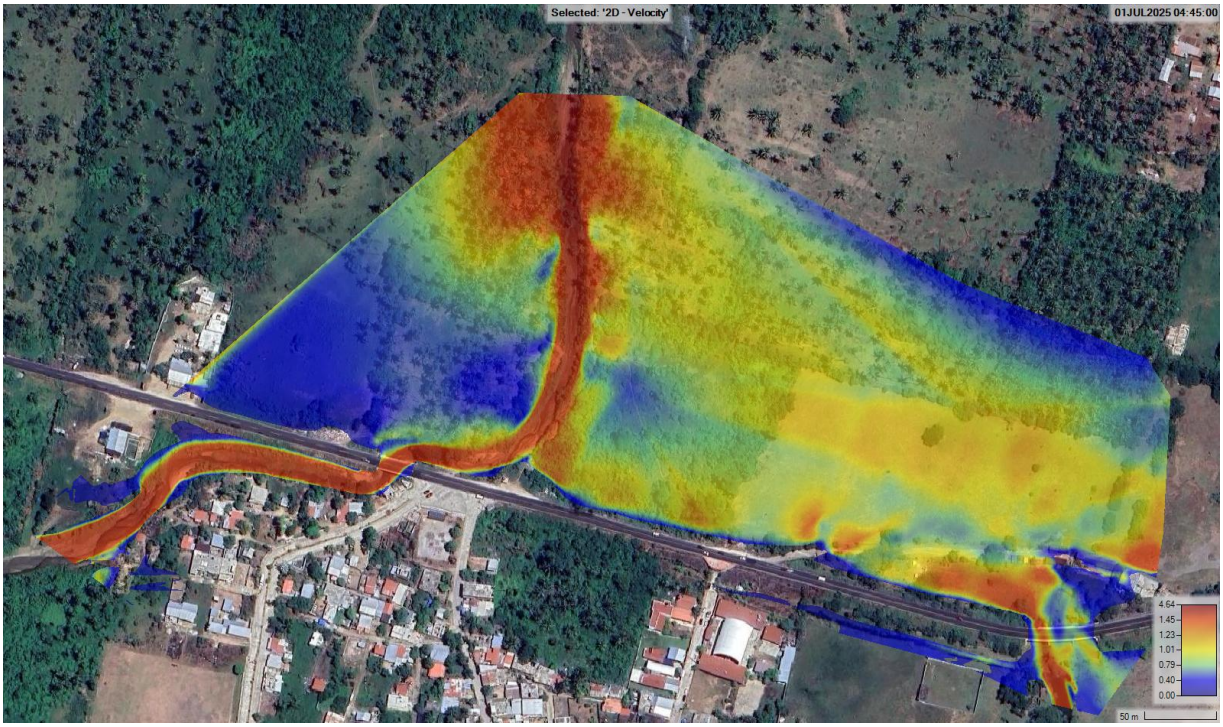


Figura 11. Planta Modelo Hidraulico, velocidad Tr 1000 años.

C) PERFIL DELCAUCE

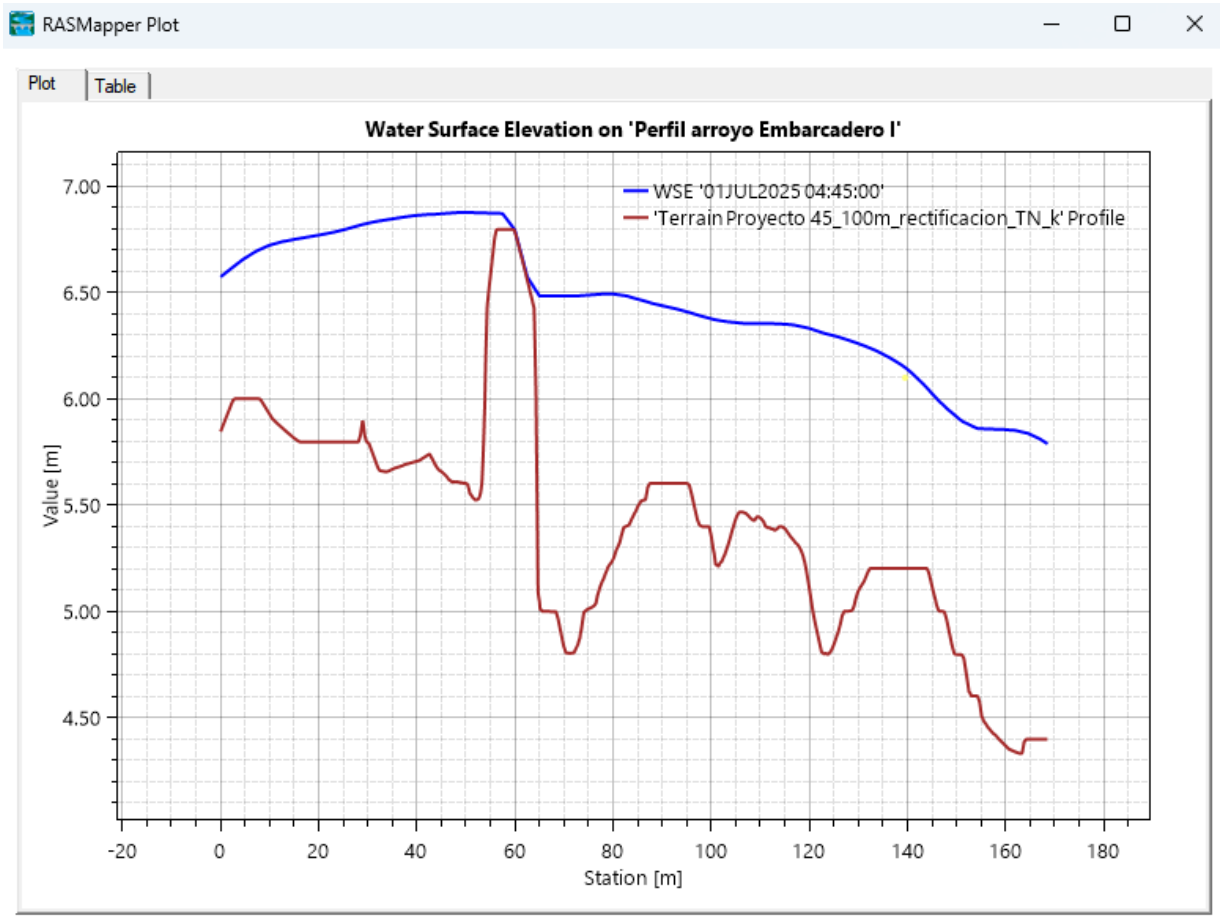


Figura 13. Perfil Hidraulico por el fondo del arroyo, Tr 1000 años.

D) SECCION HIDRAULICA EN EL CRUCE

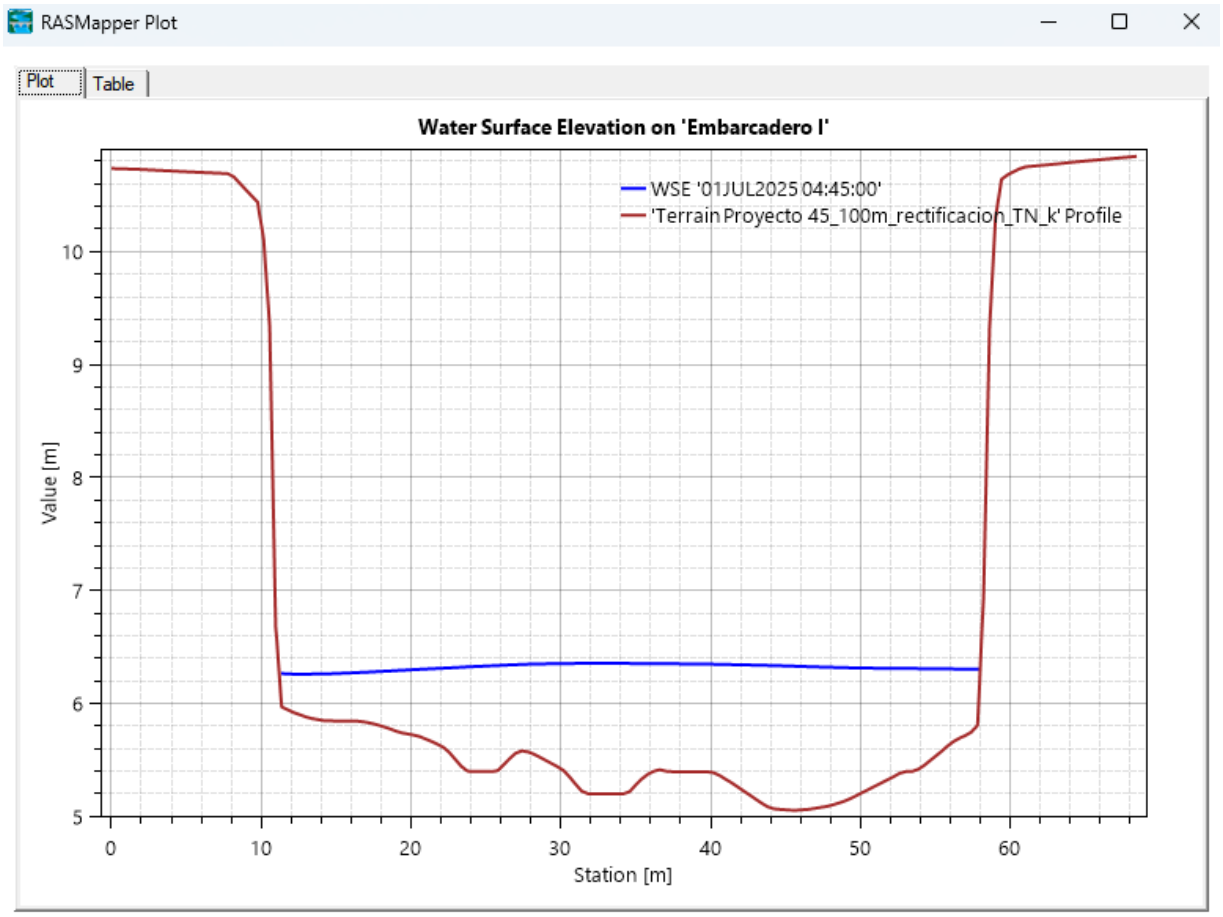


Figura 13. NADI Tr 1000 años, en la sección hidráulica en el cruce con el puente actual.

De acuerdo con los resultados para la condición actual, con el tránsito de la avenida de diseño el puente existente es hidráulicamente insuficiente, teniendo una elevación del agua de 6.35 m y un Bordo Libre demás de 2.0 m, hasta el nivel bajo trabe de la superestructura.

7.2 Resumene de Resultados condición actual y alternativa de proyecto

Efectuado el análisis del tránsito de las diferentes avenidas máximas consideradas, en la siguiente tabla se muestra los resultados obtenidos del modelo hidraulico HEC-RAS.

Tabla 10. Resultados Hidraulicos puente actual.

RESULTADOS HECRAS				
GASTO	Q	NADI	V	BL
	(m^3/s)	(m)	(m/s)	m
TR 1000	40.35	6.35	1.59	+2.00

8.0 Conclusiones

Aunque el gasto de diseño en el área de aportacion es de 5.48 m^3/s, asociado al periodo de retorno de 1000 años. Sin embargo, el puente Embarcadero I, es auxiliar del puente Embarcadero II, de los resultados del análisis hidráulico en dos dimensiones el puente Embarcadero I, recibe lo caudales excedentes del arroyo Yetla, dando paso a través de la llanura de inundación a un gasto hidraulico de diseño de 40.35 m^3/s, asociado a un período de retorno de 1000 años.

De acuerdo con el estudio hidráulico efectuado, se estableció un Nivel de Aguas de Diseño de elevación 6.35 m, con una velocidad del agua de 1.59 m/s. Se obtuvo un bordo libre de más de 2.0 m, por lo que presenta un comportamiento hidráulico aceptable.

Por lo tanto, se concluye que el puente actual de 50.00 m de Longitud es hidráulicamente suficiente para dar paso a la avenida de diseño asociada al periodo de retorno de 1000 años. Por lo que puede conservar su ubicacion (Inicio: Km 20+050 – Fin: Km 20+100), dimensiones y rasante actual.

Por otro lado, si del resultado del dictamen de la inspección física estructural del puente recomiendan su sustitución, en este caso el puente de proyecto deberá contar con una longitud mínima de 50.00 m y conservar la rasante actual del camino. Podrá ser ubicado en los mismos cadenamientos actuales.

RESULTADOS HECRAS (PROYECTO)				
GASTO	Q	NADI	V	BL
	(m^3/s)	(m)	(m/s)	m
TR 1000	40.35	6.35	1.59	+2.00

Los datos de diseño hidráulico deberán ser considerados para los análisis de socavación correspondientes.

CONTENIDO

1.0 ANTECEDENTES 2

2.0 OBJETIVOS Y ALCANCES. 3

3.0 DATOS GENERALES. 4

4.0 ESTUDIO HIDROLÓGICO. 8

4.1 CONDICIONES NATURALES DE LA CUENCA 9
4.1.1 FISIOGRAFÍA 11
4.1.2 GEOLOGÍA 13
4.1.3 ÁREA DE CUENCA 16
4.1.4 PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL 17
4.1.5 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN 18
4.1.6 COEFICIENTE C Y NÚMERO DE ESCURRIMIENTO N 20
4.2 ANÁLISIS DE LLUVIAS 24
4.2.1 INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA 24
4.3 CURVA I-D-TR A PARTIR DE LA FORMULA CHENG LUNG CHEN 33
4.4 PERIODO DE RETORNO 38
4.5 MÉTODOS LLUVIA - ESCURRIMIENTO 39
Resumen de Gastos obtenidos 43

5.0 GASTO DE DISEÑO 43

6.0 ANEXOS 44

1.0 Antecedentes

Durante décadas se ha venido realizando la explotación desmedida de los bosques, además de la ampliación de las áreas agrícolas y urbanas, lo cual se traduce en un gran daño ecológico irreversible para el planeta, debido a estas acciones, uno de los principales factores afectados es el ciclo natural de agua, esto puede observarse en el incremento de volumen de cualquier escurrimiento natural y a su vez en la disminución del tiempo de respuesta de una avenida, este fenomeo puede observarse fácilmente en los escurrimientos que cruzan zonas urbanas, que en la mayoría de los casos han sufrido modificaciones en su cauce natural principalmente por rectificaciones, enbovedameinto, estrangulación, etc., lo que reduce la capacidad de conducción y el tiempo de recorrido de l as corrientes de forma natural.

Dentro de las acciones del Gobierno Federal, en este caso la *Secretaria de Infraestructura Comunicaciones y Transporte* a travez de la *Direccion General de Carreteras* a encomendado la "ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 ACAPULCO – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO, donde se realizaran los trabajos necesarios para garantizar el correcto funcionamiento de las obras de drenaje menor existentes y en su caso proyectar la infraestructura requerida.

El estudio consiste en la realización de los trabajos de gabinete necesarios, como son la recopilación y el análisis de la información existente en los diferentes organismos que cuentan con información oficial de: datos climatológicos, compendios de información geográfica municipal, cartografia y mapas digitales, etc.

2.0 Objetivos y Alcances.

Obtener los gastos de diseño para periodos de retorno de 5 Y 1000 años en el cruce con el puente "Embarcadero l" km 20+075 de la Carretera Mex-200 Acapulco – Zihuatanejo: Tramo Pie de la Cuesta - El Embarcadero.

Para alcanzar los objetivos descritos se requiere ejecutar trabajos de gabinete, utilizando para ello los métodos y técnicas más actualizadas con que se disponga, empleando las teorías y procedimientos comunes en la práctica, así como softwares o modelos matemáticos sin contravenir las normas utilizadas por la Comisión Nacional del Agua, debiendo para estos casos indicar la bibliografía y/o condiciones bajo las cuales operan los mismos.

Con la elaboración del presente estudio se determinarán los gastos que transitaran en los cruces de las obras de drenaje menor de la vialidad, lo cual permitirá realizar la revisión hidrulica de las mismas para garantizar su correcto funcionamiento.

3.0 Datos Generales.

Localización

El estado de Guerrero esta ubicado en la región suroeste del país, limitando al norte con el Estado de México, Morelos y Puebla, al sureste con Oaxaca, al suroeste con el océano Pacífico y al noroeste con el río Balsas que lo separa de Michoacán.



Imagen 1. *Estado de Guerrero.*

El tramo de estudio se encuentra localizado entre los municipios de Coyuca de Benitez y Acapulco de Juárez, para el caso de Coyuca de Benitez tenemos que se ubica entre los paralelos 16° 54' y 17° 28' de latitud norte; los meridianos 99° 48' y 100° 19' de longitud oeste; altitud entre 0 y 3 400 m. Colinda al norte con los municipios de Atoyac de Álvarez, General Heliodoro Castillo y Chilpancingo de los Bravo; al este con los municipios de Chilpancingo de los Bravo y Acapulco de Juárez; al sur con el municipio de Acapulco de Juárez, con el Océano Pacífico y con el municipio de Benito Juárez; al oeste con el Océano Pacífico y los municipios de Benito Juárez y Atoyac de Álvarez.

Por otro lado, tenemos que Acapulco de Juárez se ubica entre los paralelos 16° 41' y 17° 14' de latitud norte; los meridianos 99° 28' y 101° 00' de longitud oeste; altitud entre 0 y 2 000 m. Colindando al norte con los municipios de Coyuca de Benítez, Chilpancingo de los Bravo y Juan R. Escudero; al este con los municipios de Juan R. Escudero y San Marcos; al sur con el municipio de San Marcos y el Océano Pacífico, al oeste con el Océano Pacífico y el municipio de Coyuca de Benítez.



Imagen 2. Municipios de Coyuca de Benitez y Acapulco de Juárez, en el Estado de Guerrero.



Imagen 3. Municipios de Coyuca de Benitez y Acapulco de Juárez, en el Estado de Guerrero.

Extensión Teritorial

Ambos municipios representan el 5.57% del total del territorio estatal.

Orografía

El estado de Guerrero es sumamente montañoso, tiene serranías, además de ser muy irregular por sus sierras madres. Es atravesado por la Sierra Madre del Sur. El Eje Volcánico Transversal origina las sierras de Sultepec y Taxco. Junto con Oaxaca, extiende su territorio por la llamada Depresión Austral, y es recorrido por la sección sureste de la Sierra Madre del Sur. El Eje Volcánico Transversal atraviesa parte de Guerrero, principalmente la Región Norte.

Hidrografía

El estado de Guerrero es cruzado por el Río Balsas, que es uno de los ríos más importantes de México. El territorio del estado se encuentra sobre tres regiones hidrológicas. La región 18 del río Balsas, de la que Guerrero ocupa el 31 % de la superficie. Tiene como presas más importantes a la Valerio Trujano en Tepecoacuilco, que surte de energía eléctrica a gran parte de la Región Norte. La región 19 de la Costa Grande ocupa el 20 % del territorio estatal, y sus ríos más importantes son el Ixtapa, Tecpan, Coyuca, La Sabana, Coyuquilla y Petatlán, además del Atoyac. Por último, la región 20 de la Costa Chica, de la que el 26,4 % de la superficie pertenece a Guerrero. No tiene muchos ríos, pero destacan el Nexpa, Ometepec y Papagayo. Los lagos y lagunas más importantes son Potosí, Mitla, Nuxco, Coyuca, Tres Palos, San Marcos (Tecomate), Chautengo, Tila, Huamuxtitlán, Tuxpan, Tixtla, Tecomate.

Clima

Más del 60 % de la superficie estatal disfruta de clima cálido subhúmedo con precipitaciones en verano, en segundo lugar tenemos el clima semicálido con lluvias en verano, en casi la quinta parte del territorio. El resto lo ocupan climas menores, entre los que destacan semicálidos y templados, todos con lluvias moderadas.

Para los Municipios de Coyuca y Acapulco se tiene un rango de temperatura de 20 a 28° C.

Flora

La flora está compuesta principalmente por árboles de amate copal, cuagiote, organeras, huizache y palmeras.

Fauna

Entre los animales más característicos de la fauna guerrerense están las iguanas, las serpientes, las lagartijas, las liebres, los conejos y los coyotes. Los animales en peligro de extinción en el Estado de Guerrero son el venado, el jaguar, el águila, la tortuga, la iguana, así como el conejo de Omiltemi, la nauyaca guerrerense de montaña, la coqueta de Atoyac y el tlaconete de Teotepec, estos últimos, de suma importancia biológica por tratarse de endemismos.

Uso de Suelo y Vegetación

En la zona se cuenta con áreas de agricultura, grandes extensiones de zonas urbanas, predominando principalmente la Selva caducifolia y selva subcaducifolia.

4.0 Estudio Hidrológico.

Antecedentes

Para dar cumplimiento con la ejecución de los Estudios y Proyectos Constructivos correspondientes al Programa de Construcción y Modernización de Carreteras en nuestro país, las cuales permitan contar con un amplio sistema carretero eficiente, seguro, de buena calidad, y el cual permita activar la economía a lo largo y ancho del país, la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, a través de la Dirección General de Carreteras, llevará a cabo la **ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 SALINA CRUZ – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO**, como parte de estos trabajos se presenta el siguiente apartado el cual corresponde a la elaboración del estudio Hidrologico.

Objeto del estudio

El estudio Hidrológico tiene como objetivo analizar las condiciones hidrográficas de la cuenca de aportación y patrones de lluvia en la zona de estudio para determinar los gastos máximos para distintos periodos de retorno y definir la magnitud de la avenida considerada como de diseño.

4.1 Condiciones naturales de la cuenca

La zona donde se proyecta la realización de la obra se ubica dentro de la zona sur del estado de Guerrero, se trata de la Carretera Mex-200 Salina Cruz – Zihuatanejo: Tramo Pie de la Cuesta - El Embarcadero, esta vía conecta la ciudad de Acapulco con Coyuca de Benitez, prácticamente es una zona urbana. La subcuenca de estudio pertenece a la Región Hidrologica 19 (RH19) denominada Costa Grande de Guerrero, también se le conoce como cuenca del Rio Atoyac. La subcuenca que analizaremos corresponde a la Bahia de Acapulco la cual drena a la Laguna de Coyuca y posteriormente desemboca al mar.

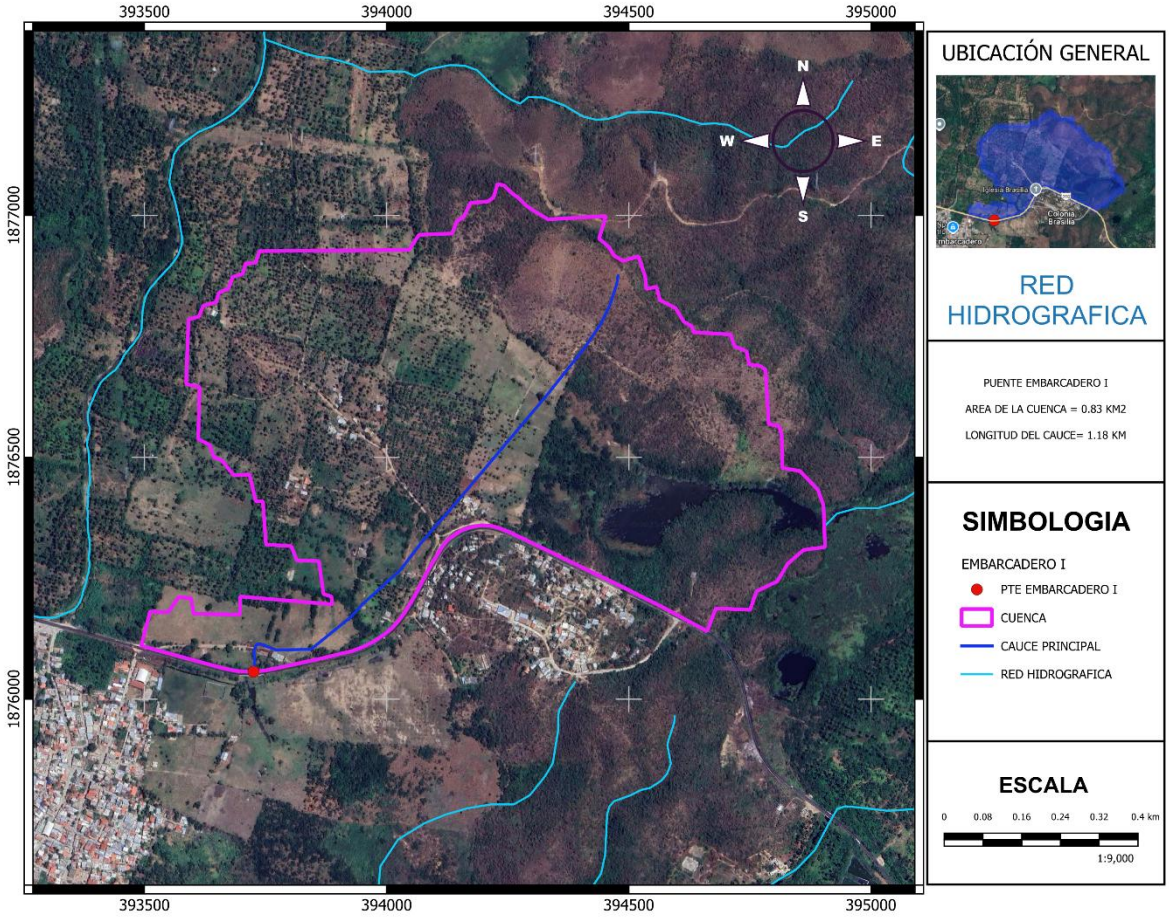


Imagen 4.- *Cuenca de estudio y su Red Hidrografica RH19.*

La topografía de la zona en la parte alta es con pendientes pronuciadas con elevaiones que van de la 1,600 hasta 0 al desembocar al mar, el desarrollo de los escurrimientos tiene muchas curvas, en general se considera un área de la cuenca en análisis de 0.83 km2, como se puede observar en el esquema de la cuenca, de igual forma como se ha descrito la zona baja de la cuenca está urbanizada, lo cual genera un escurrimiento medio.

En la siguiente imagen podemos observar de forma esquemática en color rojo la línea del tramo carretero Pie de la Cuesta - El Embarcadero



Imagen 5.- *Tramo de estudio sobre la carretera Mex-200 Salina Cruz – Zihuatanejo: Tramo Pie de la Cuesta - El Embarcadero, Fuente INEGI*

El estudio hidrológico se realiza hacia aguas arriba de cada uno de los puntos identificados como cruce del escurrimiento con la vialidad, con el fin de establecer el gasto pico en el punto de interés.

A continuación, se hara una descripción general de las características de la "Cuenca de aportacion", se ha realizado el análisis fisiográfico e hidrologico de la cuenca, de esta forma se obtendrán los gastos para la obra, al concluir con las generalidades se procedra a presentar el calculo de los gastos asociados a periodos de retorno para 5 y 1000 años, de acuerdo con su kilometraje ubicado en 20+075 de la carretera Mex-200 Salina Cruz – Zihuatanejo, Tramo Pie de la cuesta – Embarcadero.

4.1.1 Fisiografía

El relieve es la forma en que se presenta la superficie de la Tierra, En México es extraordinariamente variado, podemos encontrar desde cadenas montañosas hasta grandes planicies costeras pasando por valles, cañones, planicies y depresiones entre otras formaciones.

La Sierra Madre Occidental, con sus mesetas y cañones es uno de los rasgos más sobresalientes de este relieve, así como la Sierra Madre Oriental formada principalmente por rocas sedimentarias plegadas y el Eje Neovolcánico, al centro del país en donde encontramos las montañas más altas, con más de 5 mil metros de altitud.

Sin embargo, el conocimiento fisiográfico de una región implica, además de la identificación de los principales rasgos del relieve, la explicación de los procesos que intervinieron en su modelado y que le han dado su aspecto actual.

Las provincias fisiográficas son regiones en el que el relieve es el resultado de la acción de un mismo conjunto de agentes modeladores del terreno, así como de un mismo origen geológico, lo mismo que un mismo o muy semejante tipo de suelo y de la vegetación que sustenta.

La mayor parte de la República Mexicana está situada al sur del paralelo 30° N, es decir en la región en la que América de Norte empieza a estrecharse considerablemente; el estrechamiento se acentúa al sur del paralelo 20° N, presentándose en el istmo de Tehuantepec la primera de las depresiones orográficas inter-oceánicas que son uno de los rasgos estructurales del relieve de América Central.

El paralelo 20° N, marca cambios en la dirección de los principales accidentes del relieve del país, al norte de este paralelo los rasgos esenciales del relieve se orientan casi de oeste a este. Esta diferencia en orientación indica que en la formación del relieve de la República Mexicana intervinieron dos unidades orogénicas diferentes, de manera que estructuralmente la parte

norte pertenece a la América del Norte, en tanto que el sur pertenece a la América Central. Esto explica la enorme complejidad del relieve en la parte Central del país.

Para una mejor comprensión y estudio de esta diversidad estructural, la Dirección General de Geografía del INEGI determinó una división en 15 regiones fisiográficas que son:

1. Península de Baja California
2. Llanura Sonorense
3. Sierra Madre Occidental
4. Sierras y Llanuras del Norte
5. Sierra Madre Oriental
6. Grandes Llanuras de Norteamérica
7. Llanura Costera del Pacífico
8. Llanura Costera del Golfo Norte
9. Mesa del Centro
10. Eje Neovolcánico
11. Península de Yucatán
12. Sierra Madre del Sur
13. Llanura Costera del Golfo Sur
14. Sierras de Chiapas y Guatemala
15. Cordillera Centroamericana

La zona de estudio se ubica dentro de la zona número 12 que corresponde a la Sierra Madre del Sur, en las subprovincias Costas del Sur y Cordillera Costera del Sur, con un sistema de topoformas correspondiente en su mayoría a sierras y llanuras.



Imagen 6.- *Zonas Fisiograficas de Mexico, Fuente INEGI*

Las características fisiográficas condicionan el comportamiento hidrológico de una cuenca, ya que funciona como un colector que recibe y conduce las precipitaciones pluviales dentro de una cuenca de captación, existen pérdidas (infiltración, retención por la cubierta vegetal, etc.)

siendo una función bastante compleja que depende de numerosos factores, entre los que predominan el clima y la configuración del terreno en el que se desarrollan los fenómenos hidrológicos, los índices y magnitudes físicas de la cuenca expresan en términos simples los valores medios de ciertas características del terreno, ya que juegan un papel muy importante y rigen las condiciones de su régimen hidrológico.

Las principales características fisiográficas de una cuenca hidrográfica son:

- Área de la cuenca de aportación,
- Pendiente media del cauce principal, y
- El coeficiente de escurrimiento.

4.1.2 Geología

El estado de Guerrero se ubica en la región suroeste de México, sobre la costa del Océano Pacífico, su territorio es sumamente montañoso y uno de los más complejos de México

La estratigrafía está formada por rocas metamórficas del Precámbrico y Paleozoico que ocupan el centro y norte de la entidad. También, existen rocas metamórficas y volcánicas del Paleozoico y Mesozoico que se localizan al centro y sur del estado. Las rocas sedimentarias y volcánicas del Mesozoico y Cenozoico se localizan en el sureste del estado. Al noroeste del estado se identifican rocas sedimentarias y volcánicas del Paleozoico y Mesozoico. Los depósitos más recientes están conformados por rocas sedimentarias y volcánicas del Paleozoico y Mesozoico, además de rocas ígneas intrusivas y extrusivas del Cenozoico que se sitúan al noroeste del estado.

En los municipios de Coyuca de Benitez y Acapulco de Juarez predominan principalmente rocas metamórficas del Terciario, Jurásico, Cuaternario, Paleógeno, pudiendo encontrarse suelos de las siguientes características: Ígnea intrusiva: granitogranodiorita, granito, granodiorita y tonalita. Ígnea extrusiva: andesita. Sedimentaria: conglomerado. Metamórfica: gneis. Suelo: aluvial, litoral y lacustre.



Imagen 8.- *Provincias Geológicas Municipios de Coyuca de Benitez y Acapulco de Juarez. Fuente INEGI*

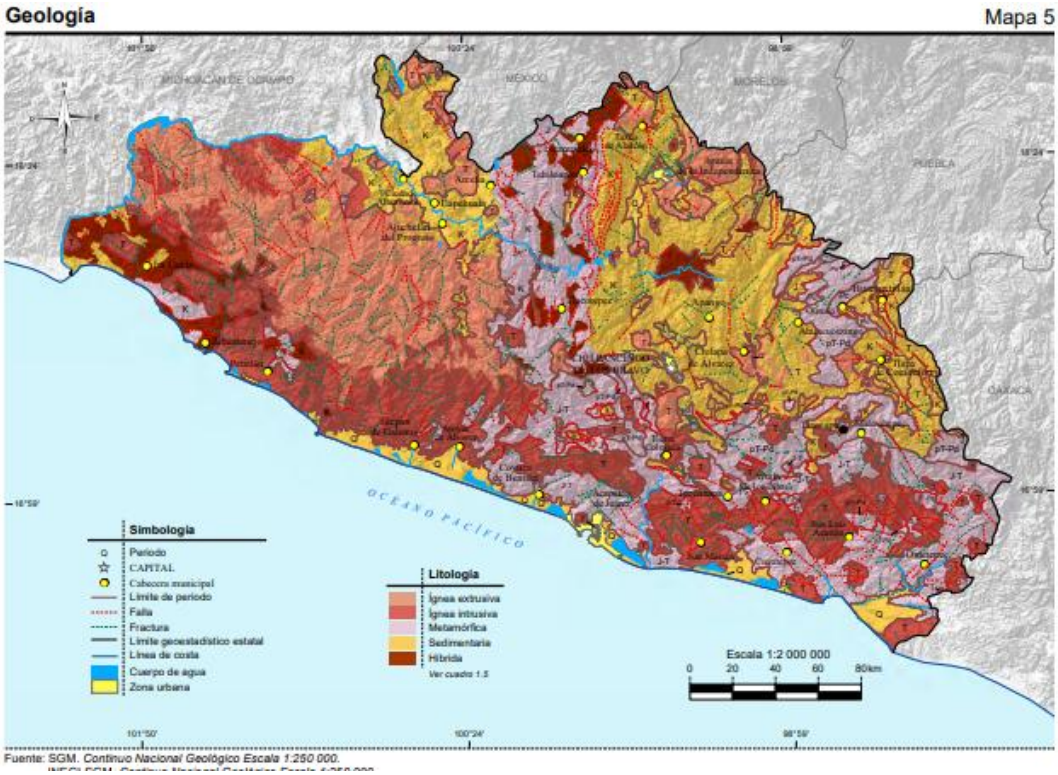


Imagen 9.- *Mapa Geológico de Guerrero*

Edafologia

Guerrero, uno de los estados más bellos de México, se caracteriza por su diversidad geográfica y suelos fértiles. La región cuenta con diferentes tipos de suelo que son propicios para distintos cultivos y actividades agrícolas.

La ubicación geográfica de Guerrero y su clima tropical lo convierten en un lugar ideal para el cultivo de diversos productos agrícolas. Sin embargo, cada tipo de suelo tiene características únicas que influyen en su potencial productivo. Conocer los tipos de suelo en Guerrero es fundamental para garantizar una agricultura sostenible y aprovechar al máximo los recursos naturales de la región.

En Guerrero, encontramos una gran diversidad de suelos, desde los más fértiles hasta los más áridos. La región donde se localizan los municipios de Coyuca de Benitez y Acapulco de Juarez se compone principalmente de los siguientes tipos de suelo: Regosol, Luvisol, Cambisol, Phaeozem, Leptosol, Solonchak, Arenosol.



Imagen 10.- *Suelos dominantes en los Municipios de Estudio. Fuente INEGI*

4.1.3 Área de cuenca

Con base en el empleo de Sistemas de Información geográfica (SIG), se localizó la coordenada del cruce del puente Embarcadero I sobre el cauce en estudio, para ello se tomaron datos la topografía obtenida a partir del modelo digital de elevación MDE del INEGI con resolución de 15 x 15 m, carta topográfica E14C57 e imágenes satelitales.

Del análisis de esta información cartográfica y topográfica, se obtuvieron los principales parámetros fisiográficos de la cuenca, mismos que se emplearán para realizar los análisis lluvia - escurrimiento.

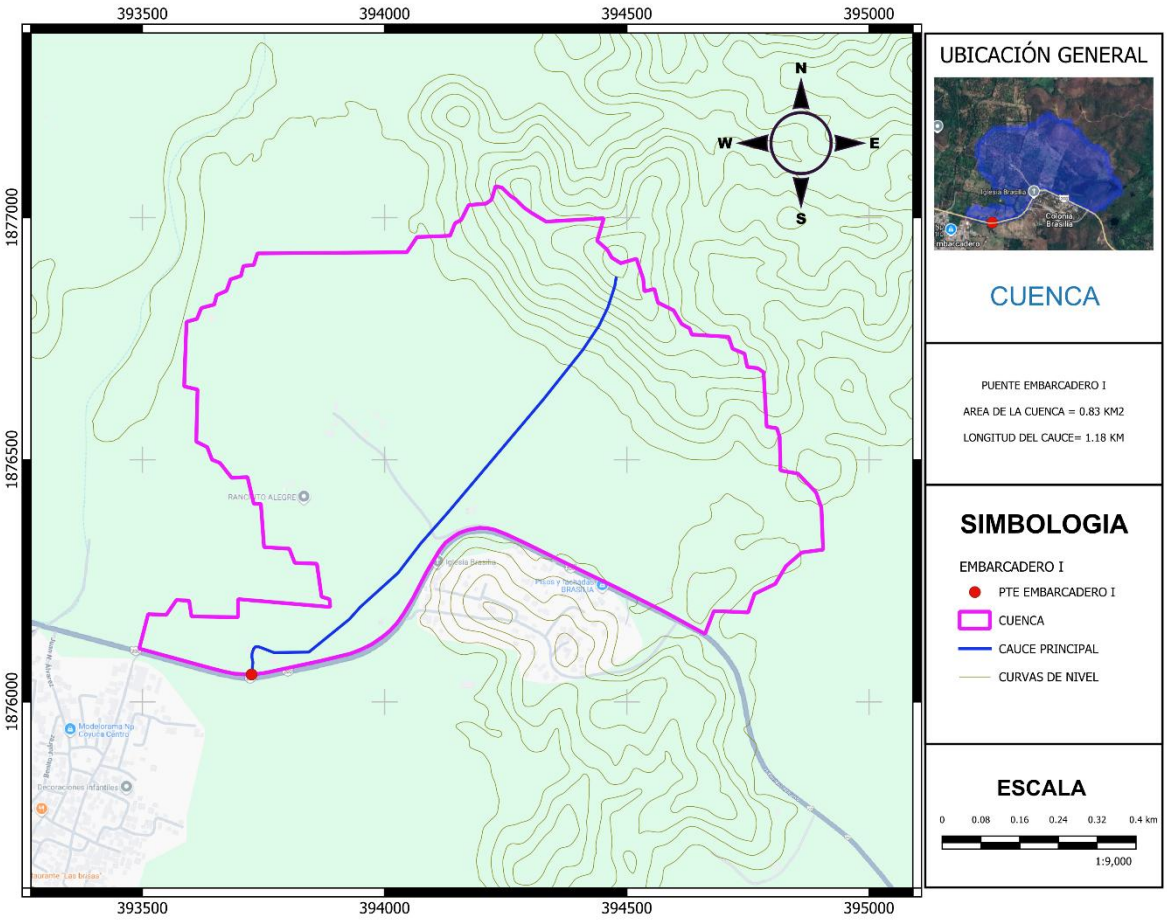


Imagen 7.- *Area de la Cuenca Embarcadero I, trazo con LIDAR de INEGI.*

Recordemos que para este caso en particular se están analizando los puntos particulares de las obras identificadas por los escurrimientos que cruzan el tramo carretero en estudio, por lo que, fue necesario identificar cada una de estas microcuencas formadas al interior de la cuenca principal que se muestra en la imagen anterior.

4.1.4 Pendiente del cauce principal

La pendiente de la cuenca tiene una importante correlación con la infiltración del escurrimiento superficial y la humedad del suelo. Es uno de los factores físicos que controla el flujo sobre el terreno y tiene una influencia directa en la magnitud de las avenidas y crecidas.

Dado que está pendiente varia a lo largo del cauce es necesario determinar una pendiente media, para el presente estudio se utilizo el método propuesto por Taylor y Schwarz.

La fórmula propuesta considera que un río está formado por n tramos de igual longitud, cada uno de ellos con pendiente uniforme, ésta tiene una mejor aproximación, cuanto más grande sea el número de tramos, en los cuales se subdivide el perfil longitudinal del río o arroyo a analizar.

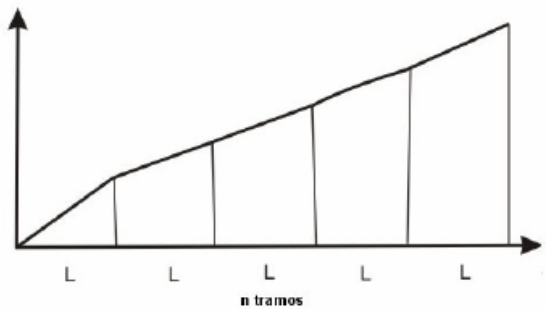
$$S = \left[\frac{n}{\frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + ... + \frac{1}{\sqrt{S_n}}} \right]^2 \quad ... (2.17)$$

donde:

n = número de tramos iguales, en los cuales se subdivide el perfil

$S_1, S_2, \ldots, S_n$ = pendiente de cada tramo, según $S = \frac{H}{L}$

S = pendiente media del cauce



N tramos de la longitud de un cauce

4.1.5 Tiempo de concentración

El tiempo de concentración (tc) se define como el tiempo teórico que tarda una partícula, gota de agua, en trasladarse por el cauce principal desde su nacimiento en la parte alta de la cuenca, hasta su salida en el sitio de estudio. Se calcula en función de la longitud y la pendiente media del cauce principal, su unidad de medida es en horas y se determinó mediante los siguientes métodos.

Como se indicó la condición para obtener el gasto máximo es que la duración, de la lluvia sea igual o mayor que el tiempo Tc de concentración de la cuenca. Si se logra determinar este último, se puede definir la lluvia en exceso y la intensidad para el tiempo de concentración seleccionado, que es uno de los elementos de la expresión del coeficiente de escurrimiento C.

Algunos autores han propuesto formulas empíricas para determinar de manera aproximada el tiempo de concentración, entre las cuales se presentan las siguientes:

Formula de Rowe:

$$Tc = \left(\frac{0.86\,L^2}{S}\right)^{0.385}$$

Donde:

Tc= Tiempo de concentración de la cuenca en horas
L = Longitud del colector principal en kilómetros
S = Pendiente del colector principal expresada al millar.

Formula de Kirpich:

$$Tc = 0.0003245\left(\frac{L}{\sqrt{S}}\right)^{0.77}$$

Donde:

Tc= Tiempo de concentración de la cuenca en horas
L = Longitud del colector principal en metros

S = Pendiente del colector principal (relación directa).

Formula del Servicio de Conservación del Suelo (SCS):

$$Tc = \left(\frac{L^{1.15}}{3085D^{0.38}}\right)$$

Donde:

Tc= Tiempo de concentración de la cuenca en horas
L = Longitud del colector principal en metros
D = Desnivel máximo sobre el colector principal en metros.

Formula de Chow:

La fórmula de Chow es aplicable a cuencas pequeñas, como el caso que se desarrolla en este proyecto, de igual forma al aplicar la fórmula para cuencas pequeñas se determina que TC = Tr (el tiempo de concentración es igual al tiempo de retraso), a continuación, se presenta la fórmula para cuencas pequeñas:

$$Tc \approx Tr = 0.00505\left(\frac{L}{\sqrt{S}}\right)^{0.64}$$

Donde:

Tc= Tiempo de concentración en horas o de retraso en cuencas pequeñas.
Tr = Tiempo de retraso en horas
L = Longitud del colector principal en metros
S = Pendiente del colecto principal en por ciento.

4.1.6 Coeficiente C y número de escurrimiento N

El coeficiente C representa la relación entre el volumen escurrido y el llovido, y depende del tipo de terreno o superficie de la cuenca en estudio.

Cuando el área de la cuenca está constituida por diferentes tipos de cubierta y superficies, el coeficiente de escurrimiento C puede obtenerse en función de las características de cada porción del área como un promedio ponderado, con el apoyo de la expresión:

$$C = \frac{C_1A_1 + C_2A_2 + \cdots + C_nA_n}{A_1 + A_2 + \cdots . + A_n}$$

donde: C = Coeficiente de escurrimiento.

Ai = Área parcial.

Ci = Coeficiente parcial.

Una estimación el coeficiente de escurrimiento C puede obtenerse con la tabla 3, indicada en el manual "M-PRY-CAR-1-06-003-00" de la Secretaría de Infraestructura de Comunicaciones y Transportes.

Tipo de superficie por drenar	Pendiente (%)	Coeficiente de escurrimiento (*C*)	
		Mínimo	Máximo
A) Praderas:			
1. Suelo arenoso plano	< 2	0,05	0,10
2. Suelo arenoso medio	2 a 7	0,10	0,15
3. Suelo arenoso empinado	> 7	0,15	0,20
4. Suelo arcilloso plano	< 2	0,13	0,17
5. Suelo arcilloso medio	2 a 7	0,18	0,22
6. Suelo arcilloso empinado	> 7	0,25	0,35
B) Zonas pavimentadas:			
1. Pavimento asfáltico	---	0,70	0,95
2. Pavimento de concreto hidráulico	---	0,80	0,95
3. Pavimento adoquinado	---	0,70	0,85
4. Estacionamientos	---	0,75	0,85
5. Patios de ferrocarril	---	0,20	0,40
C) Zonas residenciales:			
1. Unifamiliares	---	0,30	0,50
2. Multifamiliares, espaciados	---	0,40	0,60
3. Multifamiliares, juntos	---	0,60	0,75
4. Suburbanas	---	0,25	0,40
5. Casas habitación	---	0,50	0,70
D) Zonas comerciales:			
1. Zona comercial (áreas céntricas)	---	0,70	0,95
2. Areas vecinas	---	0,50	0,70
E) Zonas industriales:			
1. Construcciones espaciadas	---	0,50	0,80
2. Construcciones juntas	---	0,60	0,90
F) Campos cultivados	---	0,20	0,40
G) Zonas forestadas	---	0,10	0,30
H) Parques y cementerios	---	0,10	0,25
I) Areas de recreo y campos de juego	---	0,20	0,35
J) Azoteas y techados	---	0,75	0,95

Tabla 4. Valor del coeficiente de escurrimiento C.

Una variable importante dentro del análisis hidrológico es el **Número de escurrimiento N**, el cual depende del uso, tipo y composición del suelo y pendiente del terreno, es decir de las propiedades y condiciones hidrológicas de infiltración del suelo. El valor de N puede variar entre 0 y 100, siendo N = 0 cuando no hay escurrimiento y N = 100 cuando el volumen de escurrimiento es igual al de la precipitación.

Tabla 1. Selección del Número de escurrimiento.

Uso de la tierra o cobertura	Condición de la superficie	Tipo de suelo			
		A	B	C	D
Bosques sembrados y cultivados	Ralo, baja transpiración	45	66	77	83
	Normal, transpiración media	36	60	73	79
	Espeso o alta transpiración	25	55	70	77
Caminos	De tierra	72	82	87	89
	De superficie dura	72	84	90	92
Bosques naturales	Muy ralo o baja transpiración	56	75	86	91
	Ralo, baja transpiración	46	68	78	84
	Normal, transpiración media	36	60	70	76
	Espeso o alta transpiración	26	52	62	69
	Muy espeso o alta transpiración	15	44	54	61
Descanso (sin cultivo)	Surcos rectos	77	86	91	94
Cultivos de surco	Surcos rectos	70	80	87	90
	Surcos en curvas de nivel	67	77	83	87
	Terrazas	64	73	79	82
Cereales	Surcos rectos	64	76	84	88
	Surcos en curvas de nivel	62	74	82	85
	Terrazas	60	71	79	82
Leguminosas (sembradas con maquinaria al voleo) o potrero de rotación	Surcos rectos	62	75	83	87
	Surcos en curvas de nivel	60	72	81	84
	Terrazas	57	70	78	82
Pastizal	Pobre	68	79	86	89
	Normal	49	69	79	84
	Bueno	39	61	74	80
	Curvas de nivel, pobre	47	67	81	88
	Curvas de nivel, normal	25	59	75	83
	Curvas de nivel, bueno	6	35	70	79
Potreo (permanente)	Normal	30	58	71	78
Superficie impermeable		100	100	100	100

Este se pude determinar por medio de las cartas de tipo de suelo (edafología), uso de suelo y vegetación obtenida del INEGI.

Grupo de suelos	*Descripción de las características del suelo*
Tipo A	Suelos con potencial de escurrimiento mínimo. Incluye gravas y arenas de tamaño medio, limpias y mezcla de ambas.
Tipo B	Suelos con infiltración media inferior a la del grupo A. Incluye arenas finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezclas de arena y limo.
Tipo C	Suelos con infiltración media inferior a la del grupo B. Comprende arenas muy finas, arcillas de baja plasticidad, mezclas de arena, limo y arcilla.
Tipo D	Suelos con potencial de escurrimiento máximo. Incluye principalmente arcillas de alta plasticidad, suelos poco profundos con subhorizontes casi impermeables cerca de la superficie.

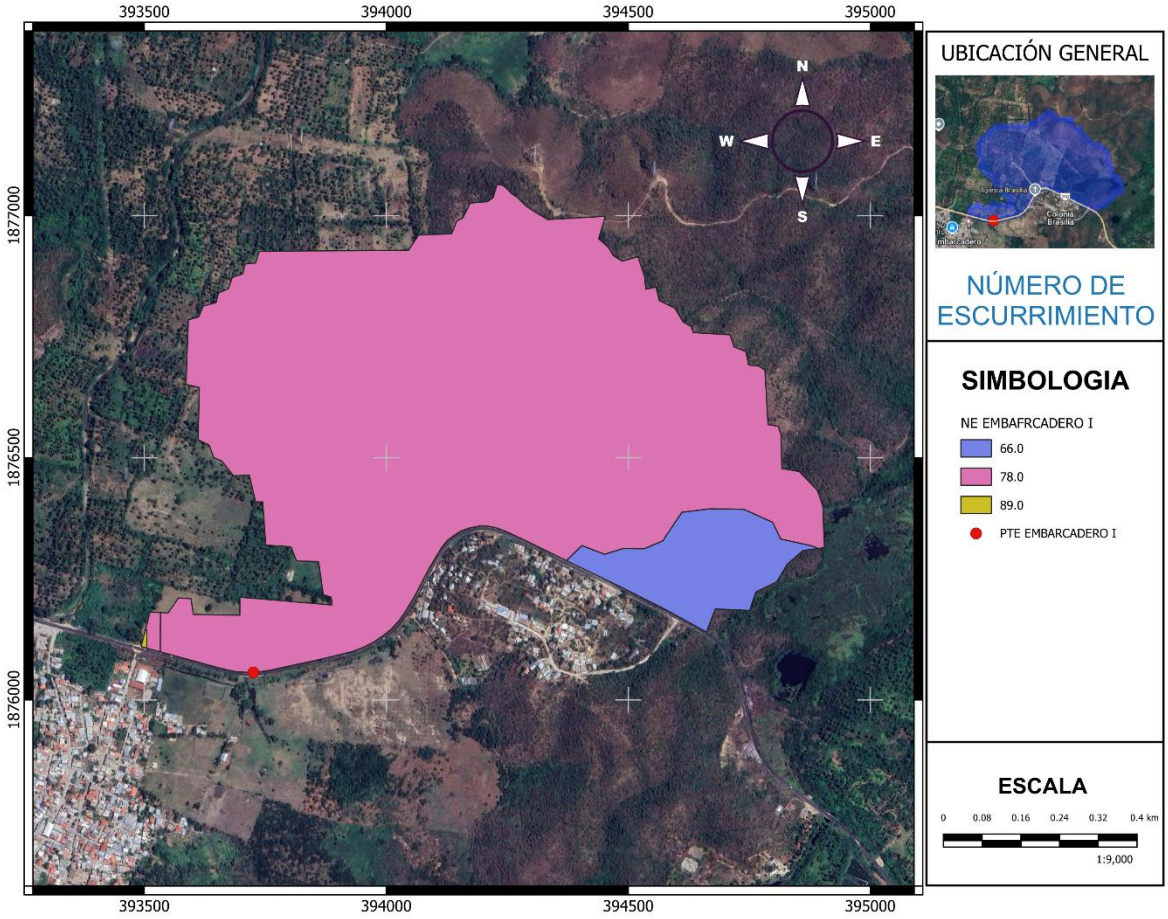


Imagen 13.- *Numero de escurrimiento en la zona de estudio*

A continuación, en la siguiente tabla se indican los valores de los principales parámetros fisiográficos calculados en la cuenca de estudio.

DATOS DE CUENCA		
Area	0.83	km^2
Longitud de cauce principal	1,182.00	m
	1.18	km
Elevación del punto mas alejado	99.22	msmn
Elevación del punto de salida	3.23	msnm
Diferencia de elevaciones de entrada y salida	95.99	m
Pendiente Taylor Schwarz	0.00240	
Tiempo de concentración (kirpich)	0.77	horas
	46.10	minutos

4.2 Análisis de Lluvias

Con la información de las estaciones climatológicas seleccionadas anteriormente, se procedió a efectuar un análisis probabilístico con el programa AFA, aplicando funciones de Probabilidad, de acuerdo con los métodos: Gumbel, Nash, Normal, Log Normal, Gamma 2, Pearson III, etc.

Aplicando a la muestra de lluvias de la Zona, las funciones de Probabilidad anteriores, se determinó la función con mejor ajuste probabilístico, de esta forma se podrá extrapolar con dicha función, los valores de lluvias correspondientes a diferentes períodos de retorno.

Esos valores puntuales obtenidos a partir de los registros históricos de cada estación son representativos de sólo el sitio donde se ubica dicha Estación Climatológica, a continuación, se presenta el procedimiento para obtener los resultados adecuados a toda la cuenca.

4.2.1 Información climatológica

La zona de estudio cuenta con varias estaciones climatológicas, por lo que se ubicaron cada una de las que podrían tener incidencia en la zona de proyecto y se establecieron los polígonos de Thiessen con el objetivo de determinar la influencia de cada una de las estaciones seleccionadas.

NOMBRE	CLAVE	PERIODO DE REGISTRO		LATITUD	LONGITUD
TEPETIXTLA	12086	01/12/1962	31/10/2022	17.2166667	-100.11222
CARRERA LARGA	12016	01/03/1953	31/12/2021	17.0416667	-100.11667
LAGUNA DE COYUCA	12219	01/09/1981	31/05/2023	17.0072222	-100.0875
ACAPULCO DE JUAREZ (SMN)	12142	01/08/1972	30/04/2023	16.8663889	-99.905556
LA SABANA	12183	01/06/1978	31/05/2023	16.8880556	-99.861944
LAGUNA TRES PALOS	12223	01/12/1981	31/12/2022	16.8297222	-99.778333

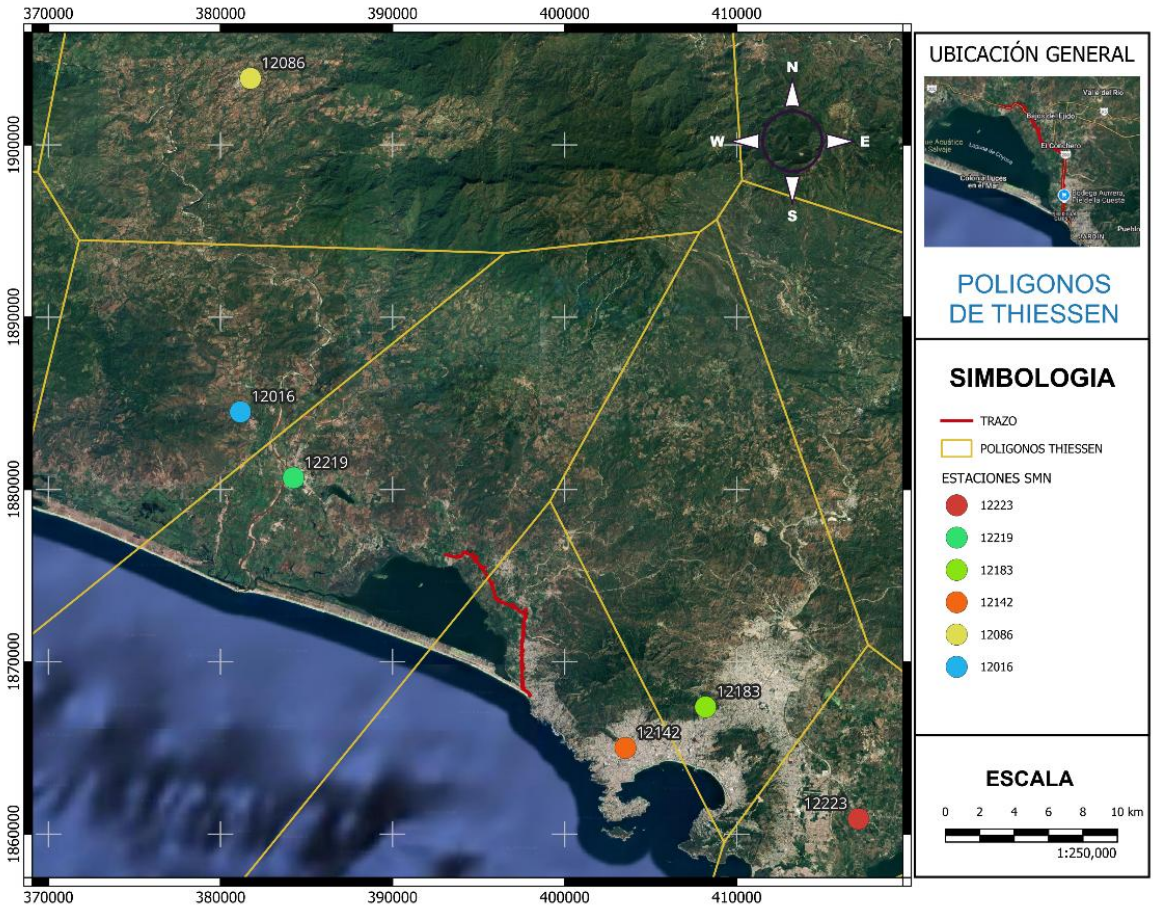


Imagen 11.- *Estaciones Climatologicas en el área de estudio.*

Como se puede observar en la siguiente imagen, al establecer los polígonos de Thiessen formados apartir de la ubicación de las estaciones climatológicas de la zona, se determina que la estación con influencia en la zona de estudio es: 12219 Coyuca de Benitez, la cual presenta datos desde 1981 hasta 2024.

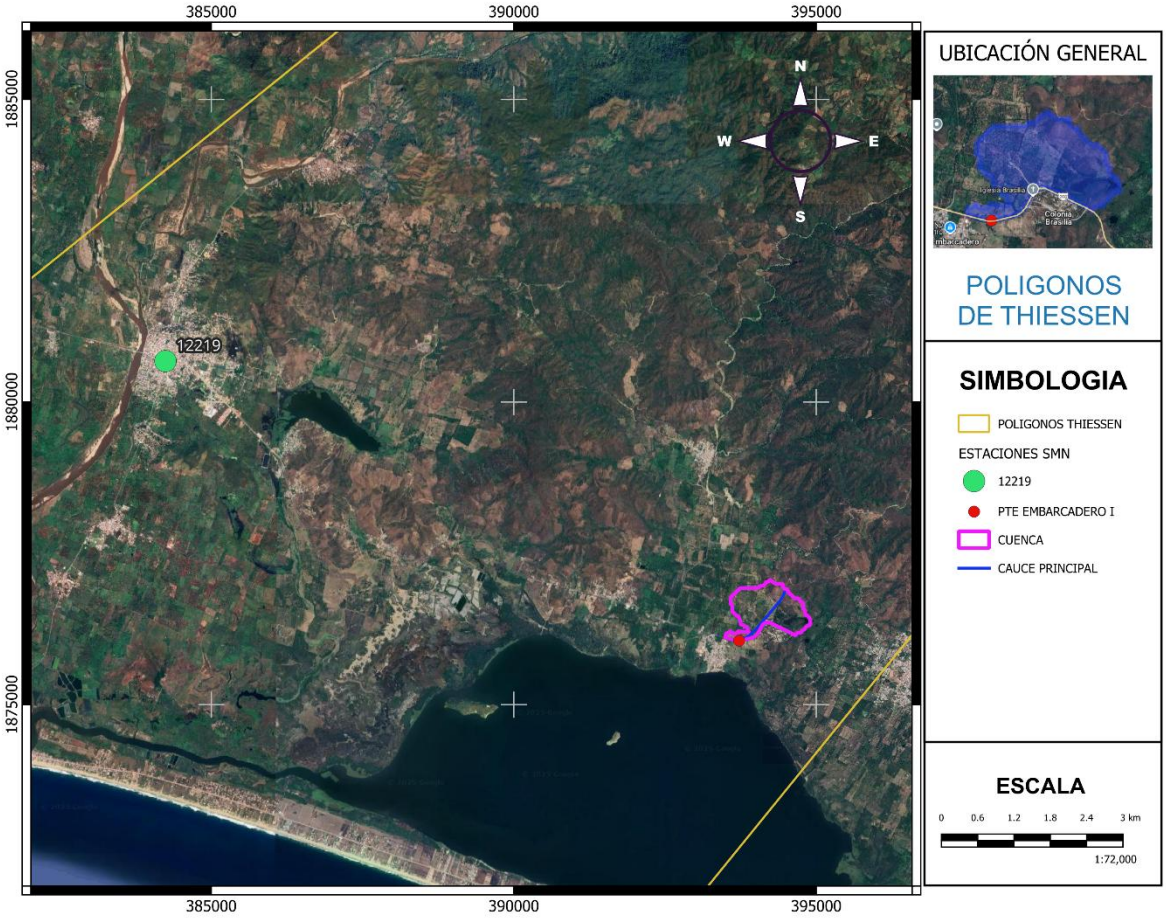


Imagen 12.- *Poligonos de Thiessen en el área de estudio.*

A continuación, se muestran los datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua, a través del Sistema Metereologico Nacional, mismos que corresponden a los registros de Precipitación Máxima en 24 horas

NOMBRE : LAGUNA DE COYUCA
ESTADO : GUERRERO
MUNICIPIO : COYUCA DE BENÍTEZ
SITUACIÓN : OPERANDO
CLAVE: 12219
LATITUD : 17.00722222 °
LONGITUD : -100.0875 °
ALTITUD : 40 msnm

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MAXIMAS	DATOS
1981									10.5	105.7	8.8	0	105.7	100
1982	0	0	0	0	33.5	70.1	42.5	20	100	19.5	0	0	100	89
1983	3	0	0	0	0	89	82	43.5	42	70	2.5	4.5	89	280
1984	33.5	0	0	0	2.5	60	89.5	62.5	280	8	2.5	0	280	97
1985	6.5	0	0	0	0	98	67.5						98	77
1986	0	0	0	14	13	59	60	97	87	39.5	10	2	97	120
1987	0	2.5	16	2.5	25	67	40	65	31	3.5	77	0	77	157
1988	0	0	0	0	0	63.5	60	120	47	6	0	0	120	125
1989	0	0	0	0	0	80	52	78.5	157	20	1.5	0.4	157	62
1990	0	0	0	0	0	60	50	125	30	10	0	0	125	101.5
1991	0	0	0	0	0	53	62	19	52	35.5	20.2	21.5	62	141.5
1992	51	35	0	0.01	0.01	25	51.5	78	101.5	58	8.5	17.5	101.5	75
1993	0	0	0	0	0	141.5	101	35.5	60	21	1.5	0	141.5	138.5
1994	0	0	0	0	20.5	60	75	25	32.5	27	4.5	0	75	175
1995	0	8	0	2	17	32	52.5	138.5	60	67	3.5	28	138.5	342.5
1996	0	0	0	0	6	175	40	95	112.5	100	2	0	175	71.5
1997	0	0	0	0	42	50	14	17	93.5	342.5	23.5	8.5	342.5	180.5
1998	0	0	0	0	0	49.5	61	54.5	71.5	45	0.01	0	71.5	114.5
1999	0	0	0	0	0	180.5	54.5	60	90	38	45	0	180.5	83.5
2000	0												0	124
2001							76.5	40	53	0	0	15	76.5	80.5
2002	10.5	0	0	0	7	60.4	10	14.5	114.5	30.5	0	0	114.5	120.7
2003	0	0	0	0	0	67	20	40.5	83.5	18.4	0	0	83.5	84
2004	30	0	0	0	85.5	37	80	40	124	44	0	0	124	145.3
2005	10	0	0	0	0	22	80.4	60.8	80.5	80.5	0		80.5	105.3
2006			0	0	0	120	110	120.7	80.5	74.5	16.5	0	120.7	170.2
2007	0	0	0	0	15.5	70.7	20	84	20	22	0	0	84	125.2
2008	0	0	0	0	17	80	60.4	70.4	60.3	145.3	0	0	145.3	140.3
2009	0	0	0	0	5.5	105.3	85.2	90.2	85.2	60.2	0	0	105.3	90.2
2010	70.2	70.2	0	0	0	65	80.2	170.2	95.3	0	0	0	170.2	125
2011	0	0	0	0	10.2	125.2	110.2		75	110.2	0	0	125.2	90.3
2012	0	0	0	0	3	140.3	10.2	80.3	50.2	55.2	0	0	140.3	150
2013	10	0	0	0	0	25	65.3	15.2	30.2	90.2	10	0	90.2	85.2
2014	0	0	0	0	110.8	125	15.2	110	80	90	60	30	125	86
2015	0	0	15	0	15	65.2	60.3	40.3	90.3	50.2	50.3	0	90.3	120
2016	0	0	75	0	0	40.3	70	150	110	30.2	20.2	0	150	180.3
2017	0	0	0	0	70	60.3	85.2	65.2	60.2	50	0	0	85.2	110
2018	0	0	0	0	23.2	86	30	34	60.2	53	35	0	86	180
2019	0.6	6	0	0	15	120	40	80	72	50	45	0	120	80
2020	0	0	0	0	0	55	65	180.3	35	5	0	0	180.3	
2021	0	0	0	0	0	70	75	110	80	40	0	0	110	
2022	0	0	0	0	25	120	40	50	180	60	10	0	180	
2023	0	0	0	0	0								0	
2024	0	0	0	0		40	55	75	40	80	0		80	

Asignación del periodo de retorno a los datos

El periodo de retorno se define como el número de años en que un evento puede ser igualado o excedido en promedio y a la larga. También es conocido intervalo de recurrencia.

Si se tienen n datos de una muestra de series máximas anuales, para asignar un periodo de retorno a cada evento se suele utilizar la fórmula de Weibull (Gumbel, 1985).

$$Tr = \frac{n+1}{m}$$

En donde

m número de orden del gasto máximo anual, en una lista de mayor a menor.

n años de registro, igual al número de gastos máximos anuales.

Tm periodo de retorno correspondiente, en años.

El periodo de retorno está asociado con la probabilidad de que un evento sea igualado o excedido en un año dado mediante la ecuación:

$$\boldsymbol{Tr = \frac{1}{P}}$$

Como el valor de la *fda* es la probabilidad de que una variable X tome un valor menor o igual a x, es decir $F(x) = P(X \leq x)$F(x), el, periodo de retorno se define en función de la *fda* como:

$$\boldsymbol{Tr = \frac{1}{1 - F(x)}}$$

Prueba de Homogeneidad

Las características estadísticas de las series hidrológicas, como la media, la desviación estándar y los coeficientes de correlación serial, se afectan cuando la serie presenta tendencia en la media o varianza, o cuando ocurren saltos negativos o positivos; tales anomalías son producidas por la pérdida de la homogeneidad o la inconsistencia.

La falta de homogeneidad es en general producida por actividades humanas, tales como la deforestación, apertura de nuevas áreas de cultivo, rectificación de cauces, construcción de embalses y reforestación. Las pruebas estadísticas que miden la homogeneidad de una serie de datos parten de una hipótesis nula y usan una regla para aceptarla o rechazarla. Se enlistan las siguientes:

- Método de Helmert
- Método de T de Student
- Método de Cramer

Independencia de Eventos

Para poder realizar el análisis de frecuencias se requiere que la muestra x_i de la serie de datos esté compuesta por variables aleatorias, es decir, los elementos de la muestra deben ser independientes entre sí. Para probarlo se puede aplicar la prueba de independencia de

Anderson, la cual hace uso del coeficiente de autocorrelación serial r_k para diferentes tiempos de retraso k

La expresión para obtener el coeficiente de autocorrelación serial de retraso k es:

$$r_k = \frac{\sum_{i=1}^{n-k}(x_i - \bar{x})(x_{i+k} - \bar{x})}{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}, \text{ para } r_0 = 1 \text{ y } k = 1,2,\ldots,\frac{n}{3}$$

Demás, los límites al 95% (o 5% del nivel de significancia) de confianza para r_k se puede obtener como γ_k

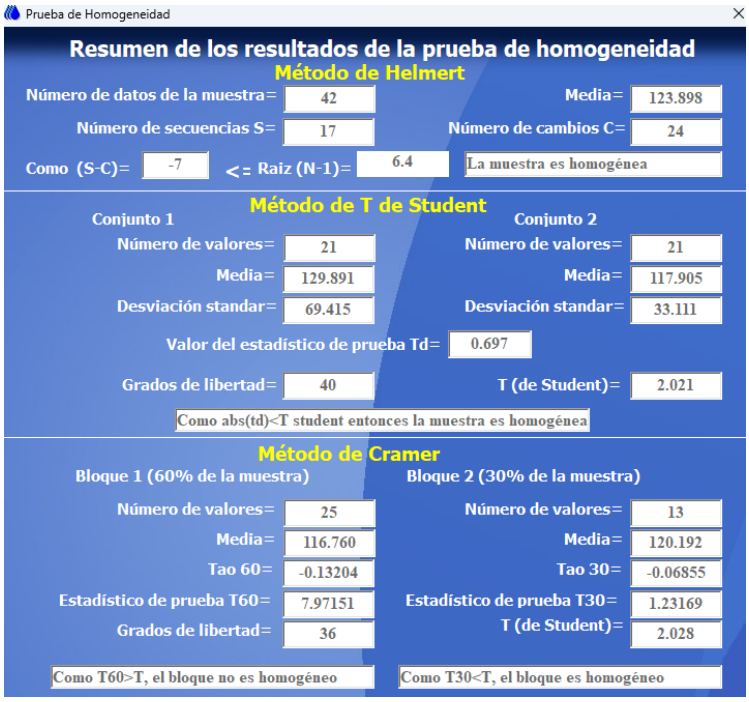
$$r_k(95\%) = \frac{-1 \pm 1.96\sqrt{n-k-1}}{n-k}$$

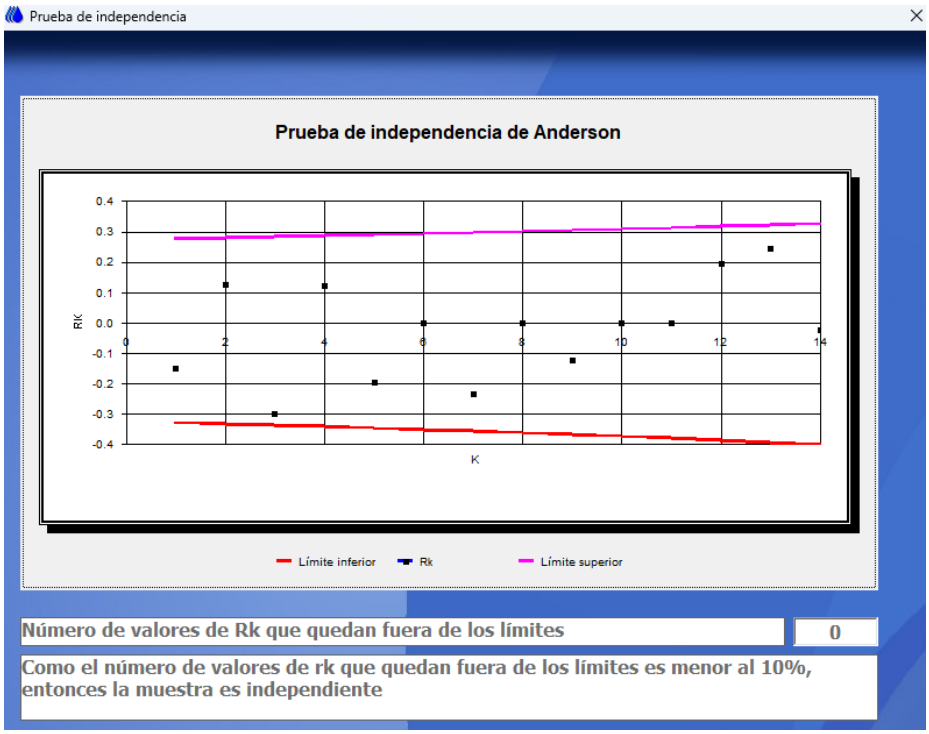
La gráfica de los valores estimados para (ordenadas) contra los tiempos de retraso k (abcisas), junto con sus correspondientes límites de confianza, se llama correlograma de la muestra.

Si sólo el 10% de los valores de r_k sobrepasan los límites de confianza se dice que la serie es independiente.

Análisis de Pruebas de homogeneidad e independenciacon los de Registros de lluvia máxima en 24 horas con el programa de Análisis de Frecuencias AFA V 1.1

Estación 12219





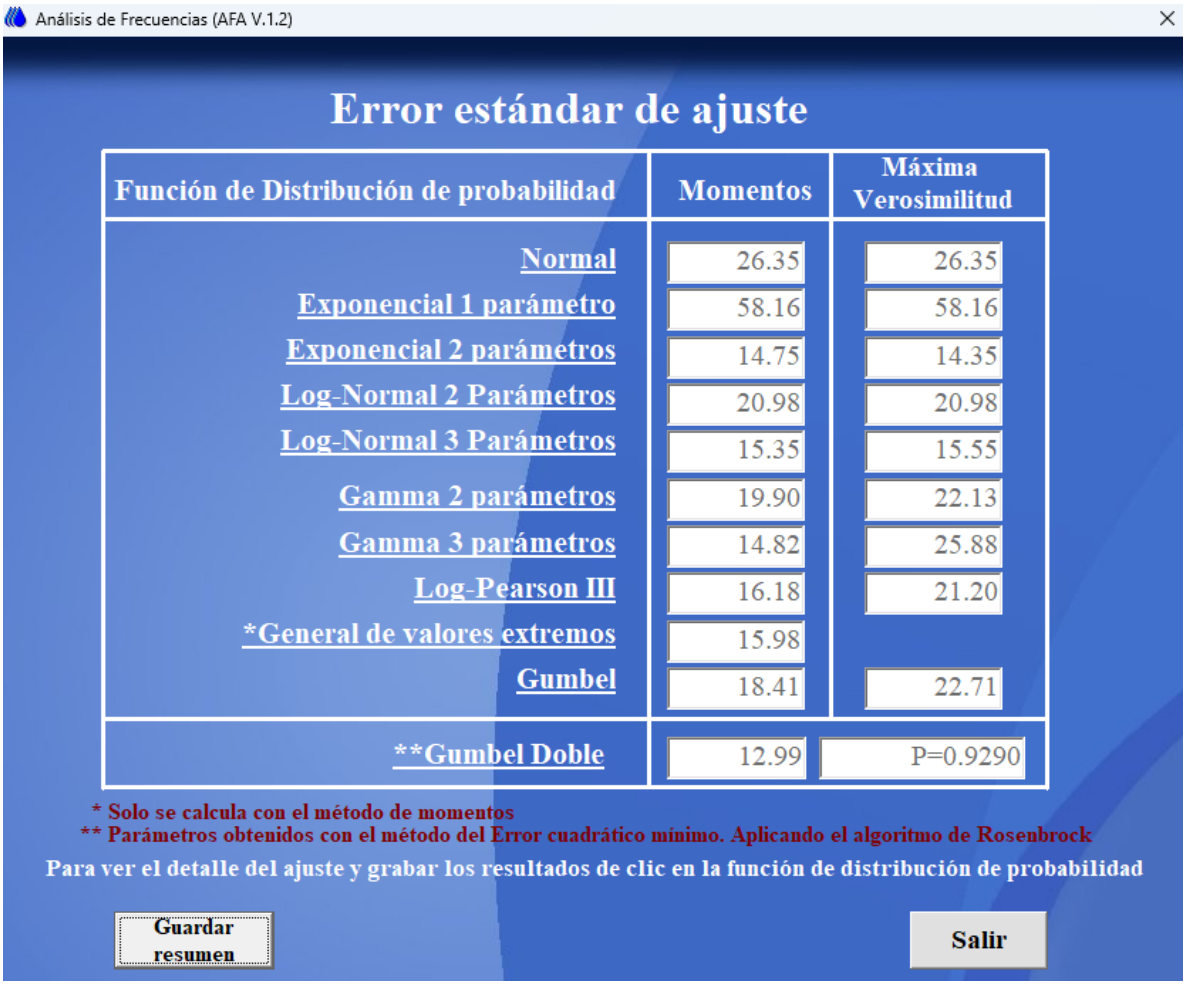
Análisis de frecuencia de Registros de lluvia máxima en 24 horas con el programa de Análisis de Frecuencias AFA V 1.1

Para los registros de gastos máximos de la estaciónes se realizará un análisis estadístico de los datos históricos con el fin de encontrar la distribución de frecuencia que mejor se adapte a los datos, para después encontrar los gastos máximos para los periodos de retorno considerados.

Las distribuciones de frecuencias más comunes a utilizar se presentan a continuación.

Para el ajuste de los datos de gastos máximos se utilizó el software AFA que involucra diversas funciones de distribución algunas como son: Normal, Exponencial, Log normal, Gumbel, Exponencial, Gamma, LogPearson III y doble Gumbel.

Estación 12219



Análisis de Frecuencias (AFA V.1.2)

DISTRIBUCIÓN GUMBEL DOBLE

========== DATOS ESTADÍSTICOS ==========

NÚMERO DE DATOS: 42

POBLACIÓN 1

MEDIA: 267.667

DESVIACIÓN ESTÁNDAR: 81.701

POBLACIÓN 2

MEDIA: 112.839

DESVIACIÓN ESTÁNDAR: 32.312

OPTIMIZACIÓN DE PROBABILIDAD (P)

PARÁMETROS:

MÉTODO DE ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO

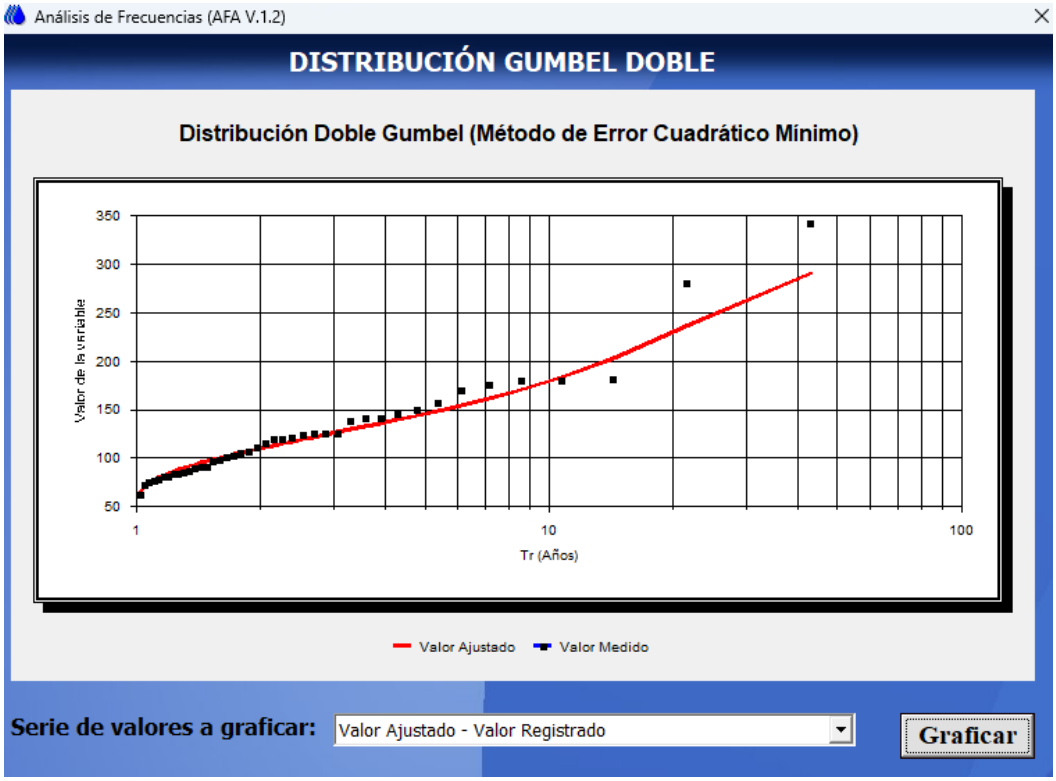
P	0.929
ALFA 1	25.194
BETA 1	98.297
ALFA 2	63.702
BETA 2	230.898
ERROR ESTANDAR DE AJUSTE	12.99

No. Orden	Tr (años)	F (x)	Valor Registrado	Valor Ajustado
1	43	0.9767	342.5	291.264
2	21.5	0.9535	280	236.361
3	14.333	0.9302	180.5	203.652
4	10.75	0.907	180.3	183.745
5	8.6	0.8837	180	170.848
6	7.167	0.8605	175	161.651
7	6.143	0.8372	170.2	154.575
8	5.375	0.814	157	148.835
9	4.778	0.7907	150	144.001
10	4.3	0.7674	145.3	139.813
11	3.909	0.7442	141.5	136.107
12	3.583	0.7209	140.3	132.774
13	3.308	0.6977	138.5	129.735

Tr (años)	Valor Extrapolado
1.2	84.66
2	110.353
5	145.845
10	179.337
20	230.371
50	302.431
75	331.404
100	351.269
200	397.694
300	424.268
400	442.964
500	457.403
600	469.163

Graficar

Regresar



Corrección por intervalo fijo de observación

Se realizó la corrección al valor de las lluvias máximas diarias para adecuar la lámina, lo mejor posible al valor real. L.L. Weiss, en base a estudio de miles de estaciones-año datos de lluvia, encontró que los resultados de un análisis probabilístico llevado a cabo con lluvias máximas anuales tomadas en un único y fijo intervalo de observación, para cualquier duración comprendida entre 1 y 24 horas, al ser incrementados en un 13 %, conducían a magnitudes más aproximadas a las obtenidas en el análisis de lluvias máximas verdaderas.

De acuerdo a lo anterior, el valor representativo adoptado para cada cuenca deberá ser multiplicado por 1.13, para ajustarlo por intervalo fijo y único de observación, pues los registros de lluvias diarias se toman de 8 AM de un día a 8 AM del día siguiente. Finalmente, el valor de corrección que deberá efectuarse a las lluvias es el resultado de multiplicar el factor de corrección por intervalo fijo de observación, quedando:

Evento de diseño	
T (años)	P (mm)
2	124.70
5	164.80
10	202.65
25	281.12
50	341.74
75	374.48
100	396.93
500	516.86
1000	567.26

4.3 CURVA I-D-Tr A PARTIR DE LA FORMULA CHENG LUNG CHEN

Para elaborar las Curvas I – D – Tr, necesarias para la determinación del gasto de diseño de las corrientes de agua que cruzan la zona en estudio, se aplicó la formula empírica propuesta por Cheng (1983), la cual utiliza las tres alturas de lluvia siguientes que de acuerdo al autor, describen adecuadamente su variación geográfica en la zona en estudio en términos de la relación altura-duración (R_1^T/R_{24}^T) para cualquier periodo de retorno T, y de la relación altura – periodo de retorno (R_d^{100}/R_d^{10}) para cualquier duración d.

Altura de lluvia R, para una duración de una hora y periodo de retorno de 10 años (R_1^{10}), altura de lluvia para 24 horas asociada a un periodo de retorno de 10 años (R_{24}^{10}) y altura de lluvia en una hora y periodo de retorno de 100 años (R_1^{100}).

Metodología utilizada para obtener las curvas I–D–Tr a partir de la información de pluviómetros, lluvia en 24 horas.

- Se Identificó y recopiló la información de lluvia en 24 horas de las estaciones pluviométricas representativas de la precipitación en la zona en estudio.

- Se consideró como datos las precipitaciones ocurridas en 24 horas con sus respectivos periodos de retorno, calculados estadísticamente cuyos resultados se presentan en el inciso "Distribuciones de Probabilidad" de la presente memoria.

Ecuación de Cheng

$$P_t^{Tr} = \frac{aP_1^{10}\, log(10^{2-F} * Tr^{F-1})t}{60(t+b)^c}$$

"La lluvia con duración de una hora y un periodo de retorno de dos años o más, se puede evaluar con una relación a la de 24 horas con igual periodo de retorno, denominada cociente lluvia/duración (R). Este cociente se calcula con la fórmula:

$$R = \frac{P_1^{Tr}}{P_{24}^{Tr}}$$

Donde:

P_1^{Tr} y P_{24}^{Tr} corresponden respectivamente a la lluvia de una hora y 24 horas con periodo de retorno (Tr) de dos o más años.

La metodología requiere también del cálculo del cociente lluvia/periodo de retorno

$$X = \frac{P_t^{100}}{P_t^{10}}$$

P_t^{100} P_t^{10} son la lluvia de 24 horas y periodo de retorno de 100 años y 10 años, respectivamente.

Con el valor promedio de los cocientes *R* (R_{prom}), se obtuvieron los parámetros *a, b y c* que se han expresado en forma de ecuaciones de regresión polinomial. Las siguientes expresiones que son válidas para el intervalo $0.20 \leq R \leq 0.70$.

$$a = 21.03453 - 186.4683R + 825.4915R^2 - 1084.846R^3 + 524.06R^4$$

$$b = 3.487775 - 68.13976R + 389.4625R^2 - 612.4041R^3 + 315.8721R^4$$

$$c = 0.2677553 + 0.9481759R + 2.109415R^2 - 4.827012R^3 + 2.459584R^4$$

a, b y c son parámetros regionales que depende del cociente (R).

En la figura siguiente, se muestran, para el caso de la República Mexicana, los valores del factor R, agrupados en 3 clases: $R < 0.37$; $0.37 < R < 0.55$, y $R > 0.55$, siendo el primer caso, el de la zona del Proyecto, Cuenca del puente: R = 0.36

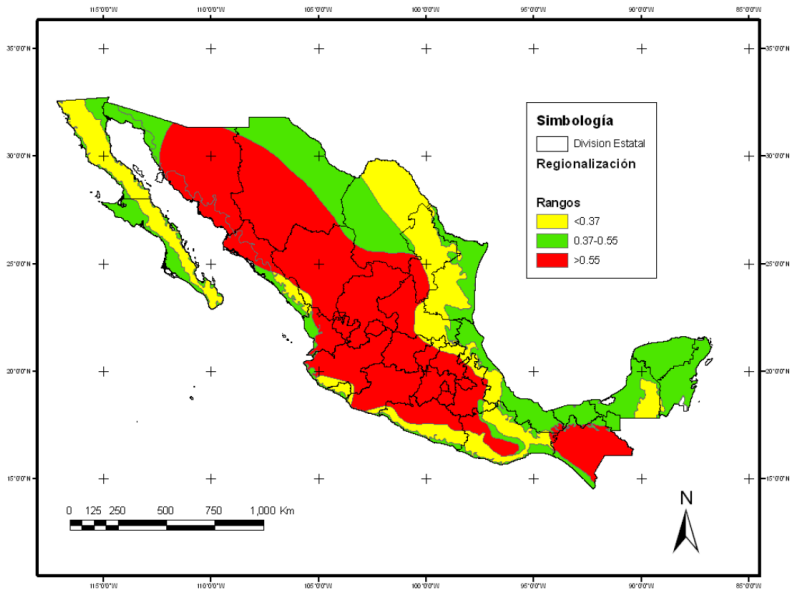


Imagen 13. Regionalización del factor de convectividad R.

CONSTANTES	VALORES
a	19.08
b	6.16
c	0.70
P10m	73.62

Tabla 2. Coeficientes para la ecuación de Chen

Tc=Duracion (Min)	2	5	10	25	50	100	200	500	1000
5.00	106.03	193.87	260.32	348.15	414.60	481.04	547.49	635.33	701.77
10.20	81.18	148.42	199.29	266.54	317.41	368.28	419.15	486.40	537.27
12.00	75.47	137.99	185.28	247.80	295.10	342.39	389.68	452.20	499.50
24.00	52.95	96.82	130.00	173.87	207.06	240.24	273.42	317.29	350.47
30.00	46.65	85.30	114.53	153.18	182.41	211.64	240.88	279.52	308.76
46.10	36.07	65.95	88.55	118.43	141.03	163.64	186.24	216.12	238.72
48.00	35.18	64.32	86.37	115.51	137.56	159.61	181.65	210.80	232.84
60.00	30.59	55.93	75.10	100.44	119.61	138.78	157.95	183.30	202.47
72.00	27.23	49.79	66.85	89.40	106.47	123.53	140.59	163.15	180.21
84.00	24.64	45.06	60.50	80.91	96.36	111.80	127.24	147.66	163.10
96.00	22.58	41.29	55.44	74.15	88.30	102.46	116.61	135.32	149.47
108.00	20.90	38.21	51.30	68.62	81.71	94.81	107.90	125.21	138.31
120.00	19.49	35.63	47.84	63.99	76.20	88.41	100.63	116.77	128.98
135.00	18.02	32.94	44.23	59.16	70.45	81.74	93.03	107.96	119.25
150.00	16.79	30.70	41.22	55.13	65.65	76.17	86.69	100.60	111.13
165.00	15.75	28.79	38.66	51.71	61.58	71.45	81.31	94.36	104.23
180.00	14.85	27.15	36.46	48.76	58.07	67.37	76.68	88.98	98.29
210.00	13.38	24.46	32.85	43.93	52.31	60.70	69.08	80.16	88.55
240.00	12.22	22.34	29.99	40.12	47.77	55.43	63.08	73.21	80.86

Tabla 15. Intensidades de Lluvia para distintas duraciones y periodos de retorno

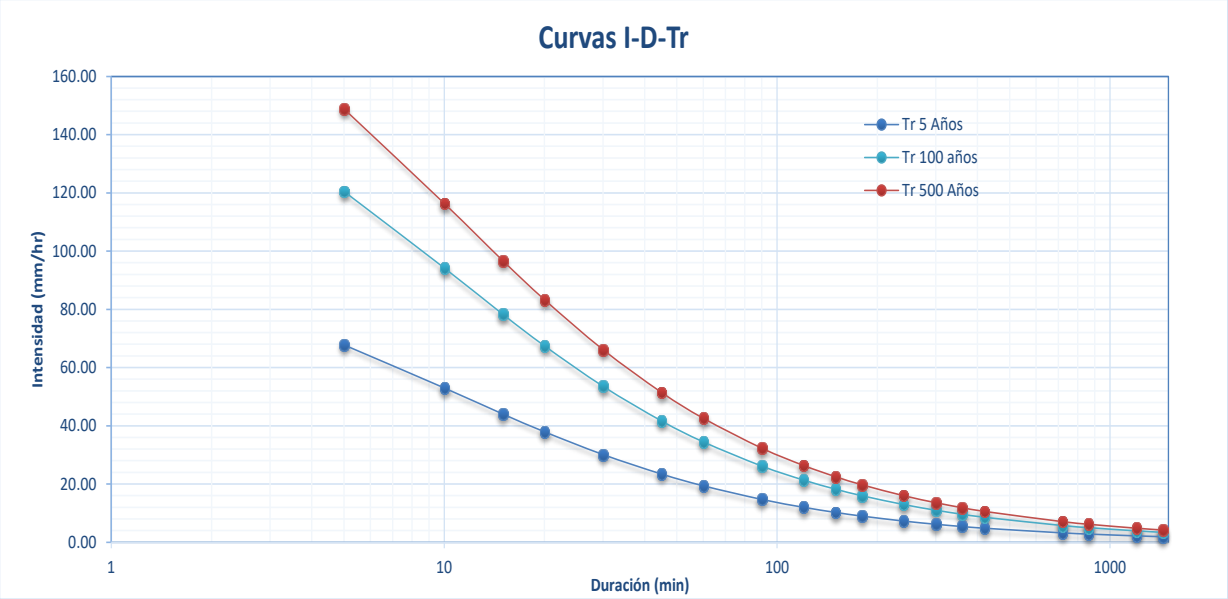


Imagen 14. Curvas I-d-Tr.

4.4 Periodo de Retorno

A partir del acuerdo establecido entre la SICT y la CONAGUA mediante el Oficio Núm. B00.7.-395 en el cual se establece el criterio para definir los periodos de retorno Tr que han de considerarse para el diseño de puentes carreteros que cruzan las corrientes de agua visualizadas en el Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas SIATL.

Puentes Carreteros para el paso de corrientes visualizadas en el simulador de flujos de agua de cuencas hidrográficas (SIATL).

A continuación, se presenta un extracto del contenido del Oficio Núm. B00.7.-395

Estructura	Tipo de viabilidad	Localización geográfica	Periodo de retorno Tr (años)
En caminos locales que comunican poblador de menos de 100,000 habitantes.	Carretera Estatal o municipal	1	25
		2	50
En caminos regionales que comunican poblados de más de 100,000 habitantes y hasta 500,000 habitantes.	Jurisdicción Federal ET. C. D	1	50
		2	100
En caminos primarios que comunican poblados de más de 500,000 habitantes.	Jurisdicción Federal ET. A. B	1	500
		2	1000
Cualquier tipo de camino localizado en una llanura de inundación en altiplanos o depresiones.		1	100
		2	500
Cualquier tipo de camino localizado en una llanura de inundación costera.		1	500
		2	1000

Nomenclatura (Clasificación conforme a la normativa de SCT y que son Jurisdicción Federal):

ET Ejes del Transporte. Cuyas características geométricas y estructurales permiten la operación de todos los vehículos autorizados con las máximas dimensiones, capacidad y peso.

A Carretera tipo A. Transito promedio diario anual de 1,500 a 3,000 vehículos, equivalente a un tránsito horario máximo anual de 180 a 360 vehículos. Se permite la operación de todos los vehículos excepto aquellos que por sus dimensiones y peso solo se permiten en las carreteras tipo ET.
B Carretera tipo B, red primaria. Transito promedio diario anual de 500 a 1500 equivalente a un tránsito horario máximo anual de 60 a 180 vehículos.
C Carretera tipo C, red secundaria. Transito promedio diario anual de 1,500 a 3,000 equivalente a un tránsito horario máximo anual de 180 a 360 vehículos.
D Carretera tipo D, red alimentadora. Transito promedio diario anual de 500 a 1,500 equivalente a un tránsito horario máximo anual de 60 a 180 vehículos.
1 zona de altiplano o Zona deshabitada.
2 zona costera o zona habitada.
Con base en el criterio establecido en el oficio arriba citado, se definió el periodo de retorno considerado como de diseño para este estudio de **Tr = 1000 años.**

4.5 Métodos lluvia - escurrimiento

METODO RACIONAL

El Método Racional es posiblemente el modelo más antiguo de la relación lluvia-escurrimiento. Su origen se remonta a 1851 ó 1889. Este modelo toma en cuenta, además del área de la cuenca, la altura o intensidad de la precipitación, y es hoy en día muy utilizado.
A pesar de estar basado este método en ciertas hipótesis que generalmente no se cumplen y que se apartan más de la realidad mientras mayor es el área de la cuenca considerada, su uso se ha extendido ampliamente en muchos países debido a su gran sencillez. En el sistema métrico la fórmula del método racional se puede escribir de la siguiente manera:

$$Qp = 0.278\ C\ I\ A$$

donde:
- Q_p = Gasto de pico, m^3/s.
- C = Coeficiente de escurrimiento, adimensional. Representa la relación entre el volumen escurrido y el llovido y depende de las características de la cuenca (Tabla 4).
- I = Intensidad de la lluvia para una duración igual al tiempode concentración, mm/hr.
- A = Área drenada, Km^2.
- 0.278 = Factor de homogeneidad de unidades.

METODO DE VEN TE CHOW

Este método considera que el gasto de pico del escurrimiento directo Qp de una cuenca puede calcularse como el producto de la altura de precipitación exceso Pe por el gasto de pico de un hidrograma unitario, qp o sea:

$Qp = qp\ Pe$

donde: Qp = Gasto de pico del hidrograma de escurrimiento directo, m3/s.
qp = Gasto de pico del hidrograma unitario, en m3/s por cm de precipitación en exceso para una duración de t horas.
Pe = Precipitación en exceso para la duración de tormenta seleccionada y el periodo de retorno establecido, cm.

Considerando una precipitación en exceso igual a 1 cm, con una duración de t horas sobre una cuenca de A Km2, el escurrimiento de equilibrio, o sea el escurrimiento producido por una precipitación de intensidad constante continuando indefinidamente, será igual a 2.78 A/t. La relación del gasto de pico del hidrograma unitario qp a 2.78 A/t, se define como el factor de reducción del pico, Z:

$$Z = \frac{q_p t}{2.78\ A}$$

donde: Z = Factor de reducción del pico, adimensional.
A = Área de la cuenca, Km2.
t = Duración total de la tormenta, horas.
qp = Gasto de pico del hidrograma unitario, en m3/s por cm de precipitación en exceso para una duración de t horas.

entonces:

$$\boldsymbol{q_p = \frac{2.78\ AZ}{t}}$$

Llamando X al cociente de $\boldsymbol{P_e}$

$$\boldsymbol{X = \frac{P_e}{t}}$$

donde: X = Factor de escurrimiento, cm/h..
P_e = Precipitación en exceso para la duración de tormenta seleccionada y el periodo de retorno establecido, cm.
t = Duración total de la tormenta, horas.

por tanto la ecuación para obtener el gasto queda:

$$\boldsymbol{Q_p} = 2.78\ \boldsymbol{A\ X\ Z}$$

donde: Q_p = Gasto de pico del hidrograma de escurrimiento directo m^3/s.
A = Área de la cuenca, Km2.
X = Factor de escurrimiento, cm/h..
Z = Factor de reducción del pico, adimensional.

2.78 = Factor de homogeneidad de unidades.

METODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO TRINAGULAR

Mockus desarrollo un hidrograma unitario sintético de forma triangular.

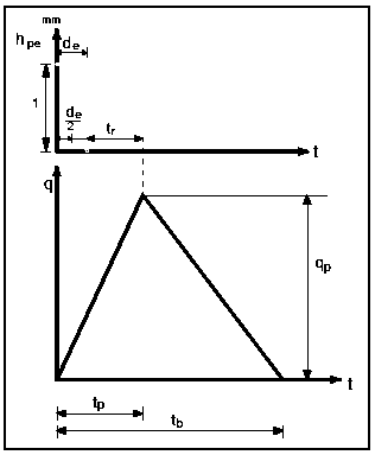


Figura 1. Hidrograma Unitario Triangular.

De la geometría del hidrograma unitario, se escribe el gasto de pico como:

$$\boldsymbol{q_p = \frac{0.555\ A}{t_b}} \qquad (1)$$

donde: A = Área de la cuenca, Km2
t_p = Tiempo de pico, h.
q_p = Gasto de pico, m3/s/mm.

Del análisis de varios hidrogramas, Mockus concluye que el tiempo base y el tiempo de pico t_p se relacionan mediante la expresión:

$t_b = 2.67\ t_p$ (2)

A su vez el tiempo de pico se expresa como:

$$t_p = \frac{de}{2} + tr \quad (3)$$

Donde d_e es la duración en exceso y t_r el tiempo de retraso, el cual se estima mediante el tiempo de concentración t_c.

$t_r = 0.6\ t_c$ (4)

Además, la duración en exceso con la que se tiene mayor gasto de pico, a falta de mejores datos, se puede calcular aproximadamente como:

$d_e = 2\sqrt{t_c}$ (5)

Para cuencas grandes, o bien $d_e = t_c$ para las pequeñas. Todos los tiempos y la duración en exceso en las fórmulas (84-2 a la 87-5) están en h. Sustituyendo (84-2 en 83-1) se obtiene:

$$q_p = \frac{0.208\ A}{t_p} \quad (6)$$

Donde (ecuaciones 3 a la 5): $t_p = \sqrt{t_c} + 0.6\ t_c$ (7)

Con las ecuaciones (2, 3 y 7) se calculan las características del hidrograma unitario triangular.

El hidrograma de escurrimiento directo Q_p se calcula multiplicando la altura de precipitación en exceso P_e en mm, por el gasto de pico del hidrograma unitario q_p.

Resumen de Gastos obtenidos

Una vez aplicados los modelos lluvia escurrimiento antes descritos, enseguida se presenta las tablas con los gastos obtenidos para los periodos de retorno de 5, 10, 50,100, 500 y 1000 años.

DURACIÓN minutos	METODO HIDROGRAMA TRIANGULAR					
	GASTO MÁXIMO (m^3/s)					
46.20	Tr= 5 años	Tr= 100 años	Tr= 500 años	Tr= 1000 años		
	1.22	10.27	16.64	19.56		

DURACIÓN minutos	METODO RACIONAL AMERICANO					
	GASTO MÁXIMO (m^3/s)					
46.20	Tr= 5 años	Tr= 100 años	Tr= 500 años	Tr= 1000 años		
	1.51	3.75	4.96	5.48		

DURACIÓN minutos	METODO DE CHOW					
	GASTO MÁXIMO (m^3/s)					
46.20	Tr= 5 años	Tr= 100 años	Tr= 500 años	Tr= 1000 años		
	2.26	11.74	18.37	21.35		

5.0 Gasto de diseño

- Se delimitó la cuenca en estudio hasta el cruce con el puente de 0.83 km^2.

- Con base el criterio establecido entre la SCT y la CONAGUA mediante el **Oficio Núm. B00.7.-395**, se definió un periodo de retorno Tr = 1000 años.

- Para cálculo de los gastos máximos en la cuenca de aportación, se aplicaron métodos que relacionan la lluvia escurrimiento (Racional, Ven Te Chow e Hidrograma Unitario Triangular).

- Con base en lo anterior, el método racional americano (MRA) proporciona resultados más confiables resultando un gasto de diseño de **5.48 m^3/s** asociado a un periodo de retorno de 1000 años.

6.0 Anexos

SECRETARÌA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES		
Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	DIRECCIÒN GENERAL DE CARRETERAS, DIRECCIÒN EJECUTIVA DE PROYECTOS, DIRECCION TECNICA	[redacted]

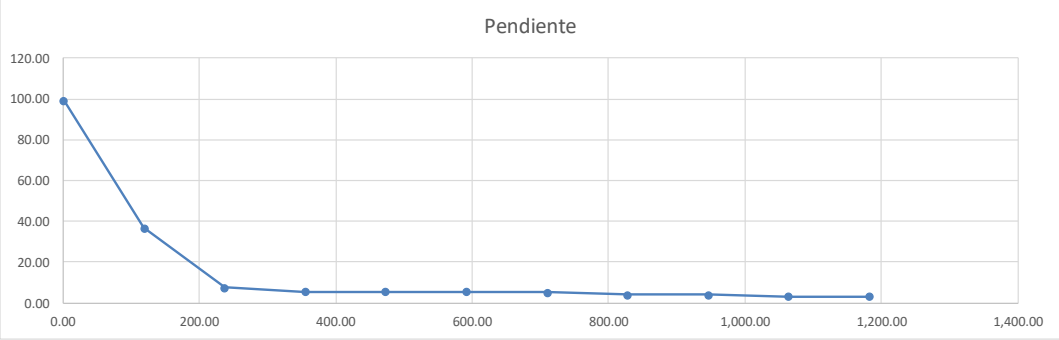
CARRETERA:	MEX-200 SALINA CRUZ - ZIHUATANEJO
OBRA:	13+455.00

CÁLCULO DE LA PENDIENTE MEDIA POR EL MÉTODO DE TAYLOR-SCHWARTZ

TRAMO	LONGITUD Metros	ELEVACION	DESNIVEL H en metros	PENDIENTE s	RAIZ (s)	1/RAIZ (s)
0	0.00	99.22				**0**
1	118.2	36.656	62.559	0.5293	0.7275	1.375
2	118.2	7.543	29.113	0.2463	0.4963	2.015
3	118.2	5.493	2.050	0.0173	0.1315	7.605
4	118.2	5.374	0.119	0.0010	0.0316	31.646
5	118.2	5.322	0.052	0.0004	0.02	50.000
6	118.2	5.188	0.134	0.0011	0.0332	30.120
7	118.2	4.097	1.091	0.0092	0.0959	10.428
8	118.2	3.844	0.253	0.0021	0.0458	21.834
9	118.2	3.225	0.619	0.0052	0.0721	13.870
10	118.2	3.127	0.098	0.0008	0.0283	35.336
	1182.00				**suma**	**204.23**

Longitud = 1,182.00 metros

S media por Taylor-Schwartz = 0.0024 decimales 0.240%



Gobierno de México | Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTE Dirección General de Carreteras Dirección Ejecutiva de Proyectos Dirección Técnica
"ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 ACAPULCO – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO.	ESTUDIO HIDROLOGICO

SECRETARÌA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES		
Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	DIRECCIÒN GENERAL DE CARRETERAS, DIRECCIÒN EJECUTIVA DE PROYECTOS, DIRECCION TECNICA	[redacted]

CARRETERA:	MEX-200 SALINA CRUZ - ZIHUATANEJO
OBRA:	13+455.00

CÁLCULO DE LA LLUVIA EN EXCESO Y EL COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO "c"

Fórmula: $Pe=(P-508/N+5.08)^2/P+2032/N-20.32$ N= 69.84

$c = Pe/p$

Tr= 5 años

Duración minutos	horas	i mm/hr	p mm	N				Pe mm	c
46.20	0.77	65.95	50.78	69.84	28.84	831.97	138.53	0.60	0.012

Tr= 100 años

Duración minutos	horas		i mm/hr	p mm	N			Pe mm	c
46.20	0.77		163.64	126.00	69.84	104.07	10,829.55	213.75	5.07	0.040

Tr= 500 años

Duración minutos	horas	i mm/hr	p mm	N				Pe mm	c
46.20	0.77	216.12	166.41	69.84	144.47	20,872.94	254.16	8.21	0.049

Tr= 1000 años

Duración minutos	horas	i mm/hr	p mm	N				Pe mm	c
46.20	0.77	238.72	183.81	69.84	161.88	26,204.07	271.57	9.65	0.052

Gobierno de México | Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTE** **Dirección General de Carreteras** **Dirección Ejecutiva de Proyectos** **Dirección Técnica**
"ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 ACAPULCO – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO.	**ESTUDIO HIDROLOGICO**

SECRETARÌA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES		
Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**DIRECCIÒN GENERAL DE CARRETERAS, DIRECCIÒN EJECUTIVA DE PROYECTOS, DIRECCION TECNICA**	[redacted]

CARRETERA:	**MEX-200 SALINA CRUZ - ZIHUATANEJO**

COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO PARA DISTINTOS PERIODOS DE RETORNO

Tr (Años)	Ce
5	0.10
100	0.10
500	0.10
1000	0.10

SECRETARÌA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES		
Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**DIRECCIÒN GENERAL DE CARRETERAS, DIRECCIÒN EJECUTIVA DE PROYECTOS, DIRECCION TECNICA**	[redacted]

CARRETERA:	**MEX-200 SALINA CRUZ - ZIHUATANEJO**
OBRA:	**13+455.00**

Area= 0.83 km²

FÓRMULA **Q = C i A * 0.2778** Area= 0.825318294 km²

Tr= 5 años			**Tr= 100 años**		
c=	0.100		c=	0.100	
i=	65.95	mm	i=	163.64	mm
A=	0.83	km²	A=	0.83	km²
Q=	**1.513**	**(m^3/s)**	**Q=**	**3.755**	**(m^3/s)**
Tr= 500 años			**Tr= 1000 años**		
c=	0.100		c=	0.100	
i=	216.12	mm	i=	238.72	mm
A=	0.83	km²	A=	0.83	km²
Q=	**4.959**	**(m^3/s)**	**Q=**	**5.477**	**(m^3/s)**

Gobierno de México | Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTE Dirección General de Carreteras Dirección Ejecutiva de Proyectos Dirección Técnica
"ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 ACAPULCO – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO.	ESTUDIO HIDROLOGICO

SECRETARÌA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES		
Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	DIRECCIÒN GENERAL DE CARRETERAS, DIRECCIÒN EJECUTIVA DE PROYECTOS, DIRECCION TECNICA	[redacted]

CARRETERA:	MEX-200 SALINA CRUZ - ZIHUATANEJO
OBRA:	13+455.00

MÉTODO DE VEN TE CHOW

Qp = (0.278 A*Pe*Z/ de)*60

Área : 0.8253 Km2 Tc : 46.20 minutos N : 69.84 tr : 27.7 minutos

PERIODO DE RETORNO (Tr) : 5 Años

de (min)	de (hr)	I (mm)	I (cm)	HP (cm)	HE (cm)	X	Tp (mm)	de/tr	Z1	Qp m3/seg.
5	0.08	193.87	19.39	1.62	0.03	0.39	0.74	0.11	0.09	0.08
10	0.17	148.42	14.84	2.47	0.01	0.04	0.74	0.23	0.17	0.02
30	0.50	85.30	8.53	4.27	0.33	0.66	0.74	0.68	0.49	0.73
36	0.60	76.62	7.66	4.60	0.43	0.72	0.74	0.81	0.57	0.94
60	1.00	55.93	5.59	5.59	0.80	0.80	0.74	1.35	0.79	1.46
96	1.60	45.06	4.51	7.21	1.57	0.98	0.74	2.17	1.00	2.26
120	2.00	35.63	3.56	7.13	1.53	0.76	0.74	2.71	1.00	1.76
240	4.00	22.34	2.23	8.94	2.57	0.64	0.74	5.42	1.00	1.47
360	6.00	16.93	1.69	10.16	3.35	0.56	0.74	8.13	1.00	1.28

2.26

PERIODO DE RETORNO (Tr) : 100 Años

de (min)	de (hr)	I (mm)	I (cm)	HP (cm)	HE (cm)	X	Tp (mm)	de/tr	Z1	Qp m3/seg.
5	0.08	481.04	48.10	4.01	0.26	3.09	0.74	0.11	0.09	0.63
10	0.17	368.28	36.83	6.14	1.04	6.26	0.74	0.23	0.17	2.50
30	0.50	211.64	21.16	10.58	3.63	7.27	0.74	0.68	0.49	8.11
36	0.60	190.12	19.01	11.41	4.21	7.01	0.74	0.81	0.57	9.11
60	1.00	138.78	13.88	13.88	6.03	6.03	0.74	1.35	0.79	10.94
84	1.40	111.80	11.18	15.65	7.41	5.30	0.74	1.90	0.97	11.74
120	2.00	88.41	8.84	17.68	9.07	4.53	0.74	2.71	1.00	10.40
240	4.00	55.43	5.54	22.17	12.90	3.22	0.74	5.42	1.00	7.40
360	6.00	42.00	4.20	25.20	15.58	2.60	0.74	8.13	1.00	5.96

11.74

PERIODO DE RETORNO (Tr) : 500 Años

de (min)	de (hr)	I (mm)	I (cm)	HP (cm)	HE (cm)	X	Tp (mm)	de/tr	Z1	Qp m3/seg.
5	0.08	635.33	63.53	5.29	0.68	8.20	0.74	0.11	0.09	1.66
10	0.17	486.40	48.64	8.11	2.07	12.43	0.74	0.23	0.17	4.96
30	0.50	279.52	27.95	13.98	6.10	12.20	0.74	0.68	0.49	13.62
36	0.60	251.10	25.11	15.07	6.95	11.58	0.74	0.81	0.57	15.05
60	1.00	183.30	18.33	18.33	9.61	9.61	0.74	1.35	0.79	17.44
84	1.40	147.66	14.77	20.67	11.60	8.28	0.74	1.90	0.97	18.37
120	2.00	116.77	11.68	23.35	13.94	6.97	0.74	2.71	1.00	15.99
240	4.00	73.21	7.32	29.28	19.28	4.82	0.74	5.42	1.00	11.06
360	6.00	55.47	5.55	33.28	22.98	3.83	0.74	8.13	1.00	8.79

18.37

PERIODO DE RETORNO (Tr) : 1000 Años

de (min)	de (hr)	I (mm)	I (cm)	HP (cm)	HE (cm)	X	Tp (mm)	de/tr	Z1	Qp m3/seg.
5	0.08	701.77	70.18	5.85	0.91	10.96	0.74	0.11	0.09	2.22
10	0.17	537.27	53.73	8.95	2.58	15.47	0.74	0.23	0.17	6.17
30	0.50	308.76	30.88	15.44	7.24	14.49	0.74	0.68	0.49	16.17
36	0.60	277.36	27.74	16.64	8.21	13.69	0.74	0.81	0.57	17.78
60	1.00	202.47	20.25	20.25	11.23	11.23	0.74	1.35	0.79	20.39
84	1.40	163.10	16.31	22.83	13.48	9.63	0.74	1.90	0.97	21.35
120	2.00	128.98	12.90	25.80	16.11	8.06	0.74	2.71	1.00	18.49
240	4.00	80.86	8.09	32.34	22.11	5.53	0.74	5.42	1.00	12.68
360	6.00	61.27	6.13	36.76	26.24	4.37	0.74	8.13	1.00	10.03

21.35

Gobierno de México | Comunicaciones — Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTE** **Dirección General de Carreteras** **Dirección Ejecutiva de Proyectos** **Dirección Técnica**
"ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 ACAPULCO – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO.	**ESTUDIO HIDROLOGICO**

SECRETARÌA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES		
Comunicaciones — Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**DIRECCIÒN GENERAL DE CARRETERAS, DIRECCIÒN EJECUTIVA DE PROYECTOS, DIRECCION TECNICA**	[redacted]

CARRETERA:	**MEX-200 SALINA CRUZ - ZIHUATANEJO**
OBRA:	**13+455.00**

DETERMINACIÓN DEL GASTO MÁXIMO PROBABLE

MÉTODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR

Fórmula: $q_p = 0.208AP/0.5d+0.6Tc$ **donde: qp = gasto pico en m^3/seg**

$q_e = c * q_p$ **donde: c = coef. de escurrimiento y qe = gasto efectivo**

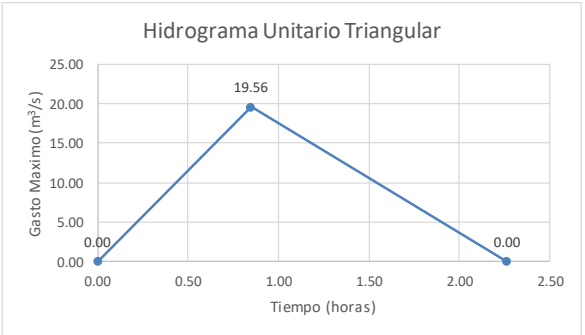
Area de la cuenca=	**0.83**	Km2	Tiempo de retraso=	**0.462**	horas		
			Tiempo pico=	**0.847**	horas	**N=**	**69.84**
iempo de concentración=	**0.77**	horas	Tiempo base=	**2.262**	horas		

	Duración minutos	i mm/hr	p cm	Duracion excedente (cm)	Precipitacion excedente	q_p m^3/s	Gasto maximo
Tr= 5 años	46.20	65.95	5.08	0.77	0.60	0.20	1.22

	Duración minutos	i mm/hr	p cm	Duracion excedente (cm)	Precipitacion excedente	q_p m^3/s	Gasto maximo
Tr= 100 años	46.20	163.64	12.60	0.77	5.07	0.20	10.27

	Duración minutos	i mm/hr	p cm	Duracion excedente (cm)	Precipitacion excedente	q_p m^3/s	Gasto maximo
Tr= 500 años	46.20	216.12	16.64	0.77	8.21	0.20	16.64

	Duración minutos	i mm/hr	p cm	Duracion excedente (cm)	Precipitacion excedente	q_p m^3/s	Gasto maximo
Tr= 1000 años	46.20	238.72	18.38	0.77	9.65	0.20	19.56



Comunicaciones
Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS

INFORME TOPOHIDRAULICO - HIDROLOGICO

CRUCE : PUENTE “EMBARCADERO I”
CARRETERA : MEX-200 SALINA CRUZ - ZIHUATANEJO
KM : 20+075
ORIGEN : ESTADO DE GUERRERO

INFORME GENERAL

Objetivo del estudio: El objetivo del presente estudio, es revisar las condiciones de funcionamiento hidrológico e hidráulico en el cruce en estudio y proporcionar las recomendaciones del nivel de agua y velocidad en función del gasto de diseño para el proyecto de reparación o de sustitución construcción del puente.

I.- GENERALIDADES

La corriente nace a 1.18 km del cruce y desemboca a 0.61 Km en La Laguna de Coyuca; su descarga no provoca influencia hidráulica en el cruce. El área de la cuenca drenada hasta el cruce es de 0.83 km^2 y pertenece a la Región Hidrológica No. 19 Costa Grande según clasificación de la CONAGUA.

Las coordenadas geográficas del cruce, en grados, minutos y segundos, son: 16°57'57.20"N y 99°59'53.50"O. En la zona de cruce la vegetación se puede clasificar como Vegetación arbustiva.

La topografía es:

Terreno plano	X	Lomerío		Montañoso	

Elevación y descripción del banco de nivel: BN 21-1 CAD 20+122.34 A 33.870 M LADO IZQUIERDO PALOMA S/PARAMENTO C/ ELEVACION = 5.981 MSNM

El cauce en la zona de cruce es:

Sinuoso	X	Estable		Encajonado	
Sensiblemente recto		Divagante	X	Con llanuras de inundación	X

El escurrimiento es de carácter:

Torrencial		Perenne		Intermitente	X

Tipo y longitud de cuerpos flotantes: Ramazón y troncos de hasta 1.0 m de longitud.

El periodo de lluvias en la región comprende los meses de junio a octubre.

La precipitación media anual es de más de 2000 mm.

Información adicional (erosión marginal, caídas, ubicación del cruce en un meandro del río, etc.):

Geología superficial del cauce del río:

En el fondo _____
En la margen izquierda _____
En la margen derecha _____

El eje del trazo en el cruce es:

Normal	X	Esviajado	X

con respecto a la dirección de la corriente.

Ángulo de esviaje: radial

El paso actual de vehículos se efectúa por: El puente actual, Km 20+075 de la carretera Mex 200 Salina Cruz - Zihuatanejo

II.- ESTUDIO HIDROLOGICO

Método aplicado: Modelos lluvia escurrimientos (Método racional, Ven Te Chow e Hidrograma Unitario Triangular (HUT).

Justificación del método aplicado: A partir de los modelos que relacionan la lluvia con el escurrimiento (Método Racional, Ven Te Chow e Hidrograma Unitario Triangular) para la avenida máxima considerada como de diseño, con base en los resultados obtenidos se elige el método Racional ya que proporciona resultados más confiables en función de las características de la cuenca y los análisis de precipitación. Por lo tanto, el gasto de diseño resultó de 5.48 m^3/s, asociado al periodo de retorno de 1000 años. Sin embargo, el puente Embarcadero I, es un puente auxiliar del Embarcadero II, por lo que recibe los caudales excedentes del arroyo Yetla, dando paso a través de la llanura de inundación a un gasto hidráulico de diseño de **40.35 m^3/s**, asociado a un período de retorno de 1000 años.

Información utilizada: Intensidades de lluvia determinadas con el método de Cheng Lung Chen a partir de información de lluvia máxima en 24 horas de las estaciones pluviométricas Laguna de Coyuca (12219). La Información pluviométrica utilizada en el desarrollo de este estudio fue consultada de las bases de datos Comisión Nacional del Agua, CONAGUA.

Se obtuvo un gasto de 5.48 m^3/s, asociado a un período de retorno de 1000 años.
El gasto hidráulico de **40.35 m^3/s**, asociado a un período de retorno de 1000 años.

El gasto asociado a un período de retorno de 5 años, que definirá el Nivel de Aguas que puede presentarse durante la Construcción del puente, NAC, resultó de 1.51 m^3/s.

Observaciones (fuentes de información, confiabilidad de los datos y de los métodos empleados, etc.): Fuentes de información INEGI, CONAGUA.

III.- ESTUDIO HIDRAULICO

III.1 Modelación hidráulica unidimensional aplicando el programa de cómputo HEC-RAS 1D.

El gasto de diseño que resultó del estudio hidrológico fue de 5.48 m^3/s, asociado a un período de retorno de 1000 años.

PUENTE ACTUAL
El gasto hidráulico de **40.35 m^3/s**, asociado a un período de retorno de 1000 años.

Se obtuvo un Nivel de Aguas de Diseño, NADI, de 6.35 m y una velocidad del agua bajo el puente de 1.59 m/s, con un Bordo Libre de más de 2.00 m.

IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Aunque el gasto de diseño en el área de aportación es de 5.48 m^3/s, asociado al periodo de retorno de 1000 años. Sin embargo, el puente Embarcadero I, es auxiliar del puente Embarcadero II, de los resultados del análisis hidráulico en dos dimensiones el puente Embarcadero I, recibe lo caudales excedentes del arroyo Yetla, dando paso a través de la llanura de inundación a un gasto hidráulico de diseño de 40.35 m^3/s, asociado a un período de retorno de 1000 años.

De acuerdo con el estudio hidráulico efectuado, se estableció un Nivel de Aguas de Diseño de elevación 6.35 m, con una velocidad del agua de 1.59 m/s. Se obtuvo un bordo libre de más de 2.0 m, por lo que presenta un comportamiento hidráulico aceptable.

Por lo tanto, se concluye que el puente actual de 50.00 m de Longitud es hidráulicamente suficiente para dar paso a la avenida de diseño asociada al periodo de retorno de 1000 años. Por lo que puede conservar su ubicación (Inicio: Km 20+050 – Fin: Km 20+100), dimensiones y rasante actual.

Por otro lado, si del resultado del dictamen de la inspección física estructural del puente recomiendan su sustitución, en este caso el puente de proyecto deberá contar con una longitud mínima de 50.00 m y conservar la rasante actual del camino. Podrá ser ubicado en los mismos cadenamientos actuales.

Los datos de diseño hidráulico deberán ser considerados para los análisis de socavación correspondientes.

Observaciones:

Lugar y Fecha: Ciudad de México, octubre de 2025.

CONTENIDO

1.0 ANTECEDENTES 3

2.0 OBJETIVOS Y ALCANCES. 4

3.0 NORMATIVA 5

4.0 ZONA DE ESTUDIO 5

5.0 ESTUDIO HIDRÁULICO..... 7

6.0 ANÁLISIS HIDRÁULICO EN CONDICIONES ACTUALES..... 9

7.0 MODELO HIDRÁULICO EN CONDICIONES ACTUALES. 13

8.0 CONCLUSIONES..... 25

Introducción

El presente estudio se utilizó para identificar las condiciones hidráulicas del puente existente "Embarcadero II", ubicado en el Km. 20+549 del tramo en estudio.

El diseño hidráulico del puente, proporcionara al proyectista los datos requeridos para la revisión y funcionamiento hidráulico de la estructura, y es el conjunto de trabajos de campo y gabinete, lo que permitirá establecer para este caso en particular si la infraestructura existente es adecuada o se deberá diseñar una obra con las características necesarias para el paso del gasto calculado.

Previo a este estudio se obtuvieron los gastos de diseño los cuales serán la base para el diseño y revisión hidráulica. El mismo se analizó con ayuda de información de mediciones en campo, mediante la realización de trabajos de topografía y aforos de niveles. Esta información a su vez se utilizó para realizar el modelo matemático y obtener los datos necesarios que caracterizaran la zona de estudio y el funcionamiento presente en la actualidad.

Durante los análisis realizados en el modelo generado en el software HEC-RAS se modelaron varios escenarios, obteniendo diversos datos de la zona, operando en condiciones variables, quedando establecido que para las condiciones de operación del modelo se debería identificar el gasto de operación del sistema a diferentes periodos de retorno del estudio hidrológico realizado en la cuenca.

1.0 Antecedentes

Para dar cumplimiento con la ejecución de los Estudios y Proyectos Constructivos correspondientes al Programa de Construcción y Modernización de Carreteras en nuestro país, las cuales permitan contar con un amplio sistema carretero eficiente, seguro, de buena calidad, y el cual permita activar la economía a lo largo y ancho del país, la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, a través de la Dirección General de Carreteras, llevará a cabo la **ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 SALINA CRUZ – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO**, como parte de estos trabajos se presenta el siguiente apartado el cual corresponde a la elaboración del Estudio Hidráulico.

2.0 Objetivos y Alcances.

Realizar el estudio topohidráulico del puente Embarcadero II mediante un modelo hidráulico bidimensional con el programa HEC-RAS, y determinar los niveles de agua y velocidad alcanzadas con el tránsito de los gastos de diseño en la condición actual del puente existente y en su caso proponer las dimensiones requeridas del puente de proyecto.

3.0 Normativa

N-PRY-CAR-1-06-004/18, Estudio Hidráulico – Hidrológico para puentes
MPRY-CAR-1-06-004, Análisis Hidrológicos. Secretaria de Comunicaciones y Transportes.
NPRY-CAR-1-06-001, Ejecución de Estudios Hidráulicos – Hidrológicos para Puentes. Secretaria de Comunicaciones y Transportes.
M-PRY-CAR-1-06-003-00, Estudios Hidráulico-Hidrológicos para Puentes.

4.0 Zona de estudio

Localización

El estado de Guerrero está ubicado en la región suroeste del país, limitando al norte con el Estado de México, Morelos y Puebla, al sureste con Oaxaca, al suroeste con el océano Pacífico y al noroeste con el río Balsas que lo separa de Michoacán.



Figura 1. *Estado de Guerrero.*

El tramo de estudio se encuentra localizado entre los municipios de Coyuca de Benítez y Acapulco de Juárez, para el caso de Coyuca de Benítez tenemos que se ubica entre los paralelos 16° 54' y 17° 28' de latitud norte; los meridianos 99° 48' y 100° 19' de longitud

oeste; altitud entre 0 y 3 400 m. Colinda al norte con los municipios de Atoyac de Álvarez, General Heliodoro Castillo y Chilpancingo de los Bravo; al este con los municipios de Chilpancingo de los Bravo y Acapulco de Juárez; al sur con el municipio de Acapulco de Juárez, con el Océano Pacífico y con el municipio de Benito Juárez; al oeste con el Océano Pacífico y los municipios de Benito Juárez y Atoyac de Álvarez.

Por otro lado, tenemos que Acapulco de Juárez se ubica entre los paralelos 16° 41' y 17° 14' de latitud norte; los meridianos 99° 28' y 101° 00' de longitud oeste; altitud entre 0 y 2 000 m. Colindando al norte con los municipios de Coyuca de Benítez, Chilpancingo de los Bravo y Juan R. Escudero; al este con los municipios de Juan R. Escudero y San Marcos; al sur con el municipio de San Marcos y el Océano Pacífico, al oeste con el Océano Pacífico y el municipio de Coyuca de Benítez.



Figura 2. ***Ubicación del proyecto Municipio de Coyuca de Benítez y Acapulco de Juárez, en el Estado de Guerrero.***



Figura 3. ***Localización Puente Embarcadero II.***

5.0 Estudio Hidráulico.

5.1 Metodología

Con la información de los trabajos de topografía se desarrollaron los modelos hidraulicos, estos sirvieron para determinar las características hidráulicas de la zona en estudio en condiciones actuales a su vez éste modeló sirve para determinar los niveles de rasante del puente.

En las Figuras siguientes se muestra la información de campo utilizada para armar los modelos del tramo en estudio. La planta se utilizó para identificar la forma y el eje de proyecto, determinando la separación de las secciones, mismas que no tendrían intersección

alguna al momento de procesar dicha información. Y finalmente armar el modelo georreferenciado con dicha información. (Figura 2 y 3).

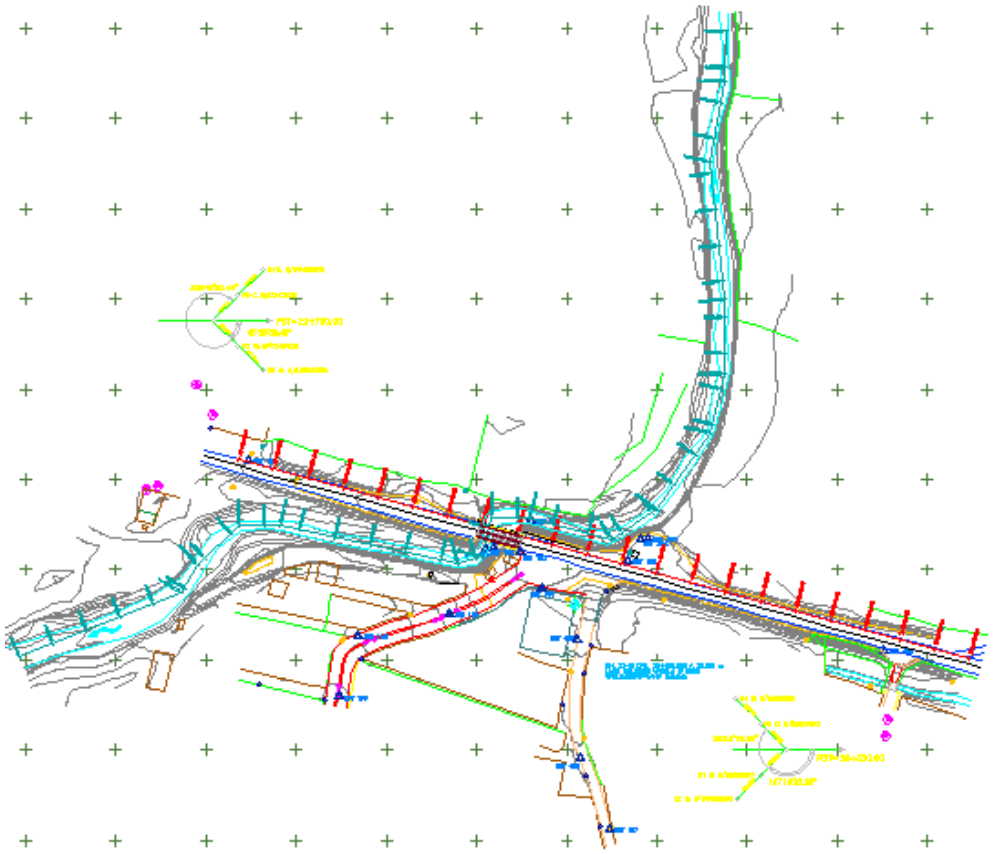


Figura 3. Planta topográfica de la zona de estudio (Ver plano)

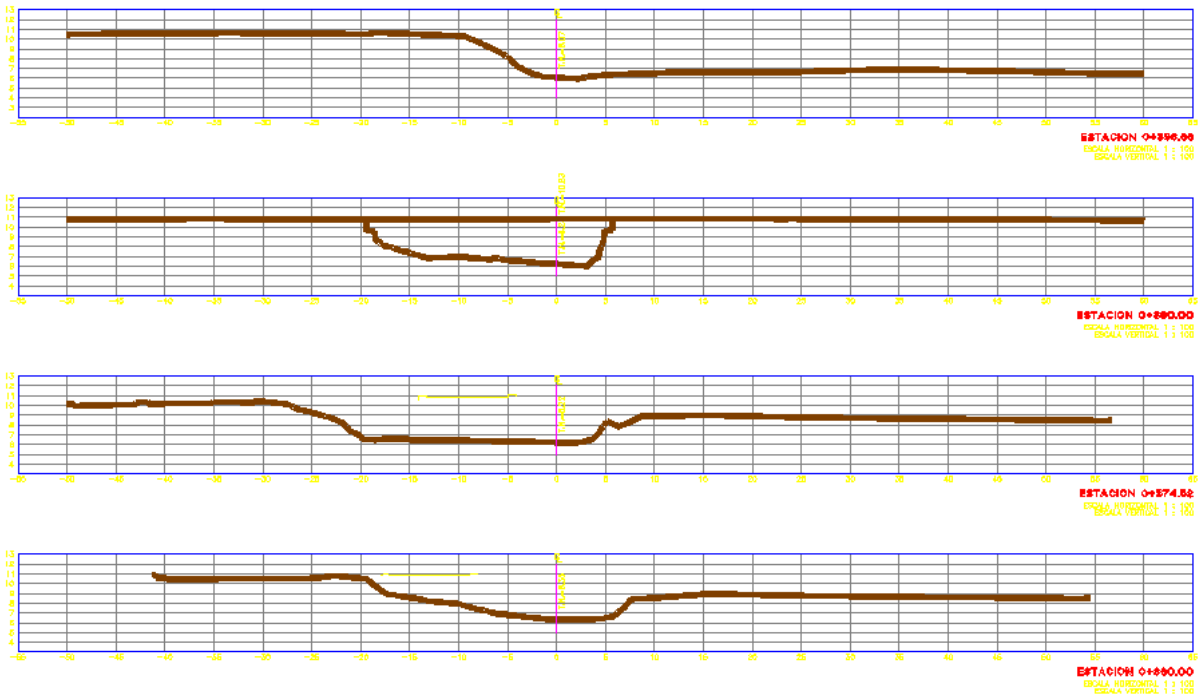


Figura 4. Secciones del cauce de la zona de estudio (Ver plano)

6.0 Análisis Hidráulico en condiciones actuales.

6.1 Generalidades

Actualmente, el cruce del arroyo con la carretera Mex-200 Acapulco – Zihuatanejo en el Km 20+549, esta resuelto mediante un puente de tres claros con una longitud total de 25.00 m y ancho de corona de 9.00 m



Figura 6. Puente Embarcadero II, Km 20+549 carretera Mex-200 Acapulco – Zihuatanejo.



Figura 7. Aguas arriba del puente Embarcadero II, la trayectoria del arroyo es paralela en un tramo de aproximadamente 50 m.

El arroyo en la zona de cruces es de carácter interminetente, con una trayectoria sinuosa con cambios de dirección cerrados en la zona de cruce. Cuenta con presencia de vegetación en sus márgenes y llanuras de inundación, el material del fondo consiste en arena y gravas.

Para determinar el coeficiente de rugosidad se utilizó el criterio mencionado por manning donde de acuerdo a al tipo de vegetación existente se le asigna un valor característico. Los Coeficientes de rugosidad de Manning se tomaron de la clasificación hecha por Ven Te Chow (ver tabla 2). Para el caso de este estudio se consideró de acuerdo a la vegetación existente, teniendo un cauce es de fondo regular con piedras y maleza alta.



Figura 8. Con vista aguas abajo del puente, se advierte la colocación de enrocamiento a lo largo de la margen derecha del arroyo.

Tabla 1. Valores de rugosidad del coeficiente de Manning (n)

Descripción de la corriente	Mínimo	Normal	Máximo
A *Cauces naturales*			
A.1 Cursos secundarios (ancho de la superficie libre en crecida < 30 m)			
A.1.1 Cursos en planicies			
- Limpios, rectos, sin fallas ni pozos	0,025	0,030	0,033
- Rectos con algunas piedras y pastos	0,030	0,035	0,040
- Limpios con meandros, con algunos pozos y bancos	0,033	0,040	0,045
- Meandros con algunas piedras y pastos	0,035	0,045	0,050
- Meandros con muchas piedras	0,045	0,050	0,060
- Tramos sucios, con pastos y pozos profundos	0,050	0,070	0,080
- Tramo con mucho pasto, pozos profundos y cauce en crecida con muchos arbustos y matorral	0,075	0,100	0,150
A.1.2 Cursos montañosos, carentes de vegetación en el fondo, laderas con pendientes pronunciadas y árboles y arbustos en las laderas que se sumergen en niveles de crecida			
- Cauce de grava, cantos rodados y algunas rocas	0,030	0,040	0,050
- Cauce de cantos rodados, con grandes rocas	0,040	0,050	0,070
A.2 Cursos en planicies inundadas			
A..2.1 Zonas de pastos, sin arbustos			
- Pasto corto	0,025	0,030	0,035
- Pasto alto	0,030	0,035	0,050
A.2.2 Zonas cultivadas			
- Sin cultivo	0,020	0,030	0,030
- Cultivos sembrados en línea en fase de madurez fisiológica	0,025	0,035	0,045
- Cultivos sembrados a voleo en fase de madurez fisiológica	0,030	0,040	0,050
A.2.3 Zonas arbustivas			
- Escasos arbustos y pasto abundante	0,035	0,050	0,070
- Pequeños árboles y arbustos sin follaje (parada invernal)	0,035	0,050	0,060
- Pequeños árboles y arbustos con follaje (fase vegetativa)	0,040	0,060	0,080
- Arbustos medianos a densos durante la parada invernal	0,045	0,070	0,110
- Arbustos medianos a densos durante la fase vegetativa	0,070	0,100	0,160
A.2.4 Zonas arbóreas			
- Sauces densos, temporada invernal	0,110	0,150	0,200
- Terreno claro con ramas sin brotes	0,030	0,040	0,050
- Terreno claro con ramas con gran crecimiento de brotes	0,050	0,060	0,080
-Zonas de explotación maderera con árboles caídos, poco crecimiento en las zonas bajas y nivel de inundación por debajo de las ramas	0,080	0,100	0,120
-Zonas de explotación maderera con árboles caídos, poco crecimiento en las zonas bajas y nivel de inundación que alcanza a las ramas	0,100	0,120	0,160
A.3 Cursos importantes (ancho de la superficie libre en crecida > 30 m)			
En este caso, los valores del coeficiente *n* son inferiores a los correspondientes de cauces secundarios análogos, ya que los bancos ofrecen una resistencia efectiva menor,			
- Sección regular sin rocas ni arbustos	0,025		0,060
- Sección irregular y rugosa	0,035		0,100

Gasto de Diseño y Gasto de Construcción

Del estudio hidrológico realizado en subcuenca en estudio se determinaron los gastos de diseño y de construccion con los cuales se evaluó el funcionamiento del cauce, estos se muestran a continuación.

Tabla 2. Gastos obtenidos del estudio hidrológico

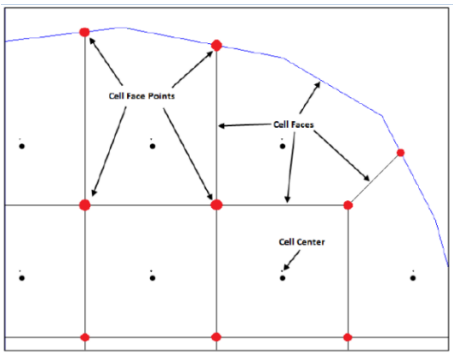
Tr (años)	Q m3/s
5	7.31
1000	335.84

7.0 Modelo Hidráulico 2D en condiciones actuales.

Una vez analizada la topográfica, identificado los sentidos naturales de escurrimiento y los gastos de operación a diferentes periodos de retorno, se realizó el hidráulico de la zona de estudio, mismo que incluye los gastos del estudio hidrológico, las condiciones iniciales y de frontera, siendo esto para la evaluación y determinación de las características hidráulicas principales, mismas que se muestran a continuación.

HEC-RAS en su función 2D, fue diseñado para trabajar con mallas no estructuradas, pero también puede trabajar con mallas estructuradas. Las celdas computacionales de una determinada malla pueden ser triángulos, cuadrados, rectángulos o polígonos de hasta 8 lados como máximo. La malla computacional no necesita ser ortogonal, sin embargo, si fuera así la discretización numérica es más simplificada y eficiente.

La celda que compone una malla computacional tiene las siguientes propiedades: Centro de Celda, Contorno de Celda y Puntos en Contorno de Celda. El siguiente gráfico muestra los elementos que componen la malla:



HEC-RAS realiza el proceso de mallado computacional siguiendo la técnica de triangulación de Delaunay y luego construye un diagrama de Voronoi. El proceso es análogo a cuando se construye el polígono de Thiessen para atribuir un área de cuenca a un pluviómetro específico. La elección del tamaño de malla es uno de los pasos importantes a considerar. En general debe optarse por elegir una malla que mejor se adecue al terreno que controlará el movimiento del flujo. Las variaciones del tamaño de malla deben hacerse de forma gradual de manera para mejorar la precisión de cálculo.

Para este caso el modelo fue generado a partir de un mallado con resolución de **2.5 x 2.5**, con lo cual el modelo digital de terreno se define y se apoyó de un breakline en la zona del camino de **1.5x1.5** para una mejor definición en la zona de interés. El terreno contiene el

modelo lidar proveniende INEGI para la zona de estudio y se complementó en la zona del camino con información obtenida en campo, tanto del camino como de los escurrimientos naturales, y las estructuras de cruce tal y como se encuentran actualmente.

Cada celda y contorno de celda es pre-procesada con la finalidad de obtener tablas de propiedades hidráulicas basadas en el terreno subyacente empleado en la modelización. Básicamente el pre-proceso, calcula una relación detallada de Elevación-Volumen para cada celda; y para cada contorno de celda calcula la relación Elevación Perímetro Mojado, Elevación-Área, Elevación-Rugosidad, y demás propiedades hidráulicas. La elección del tamaño de celda se basa en el nivel de detalle que se quiere obtener.

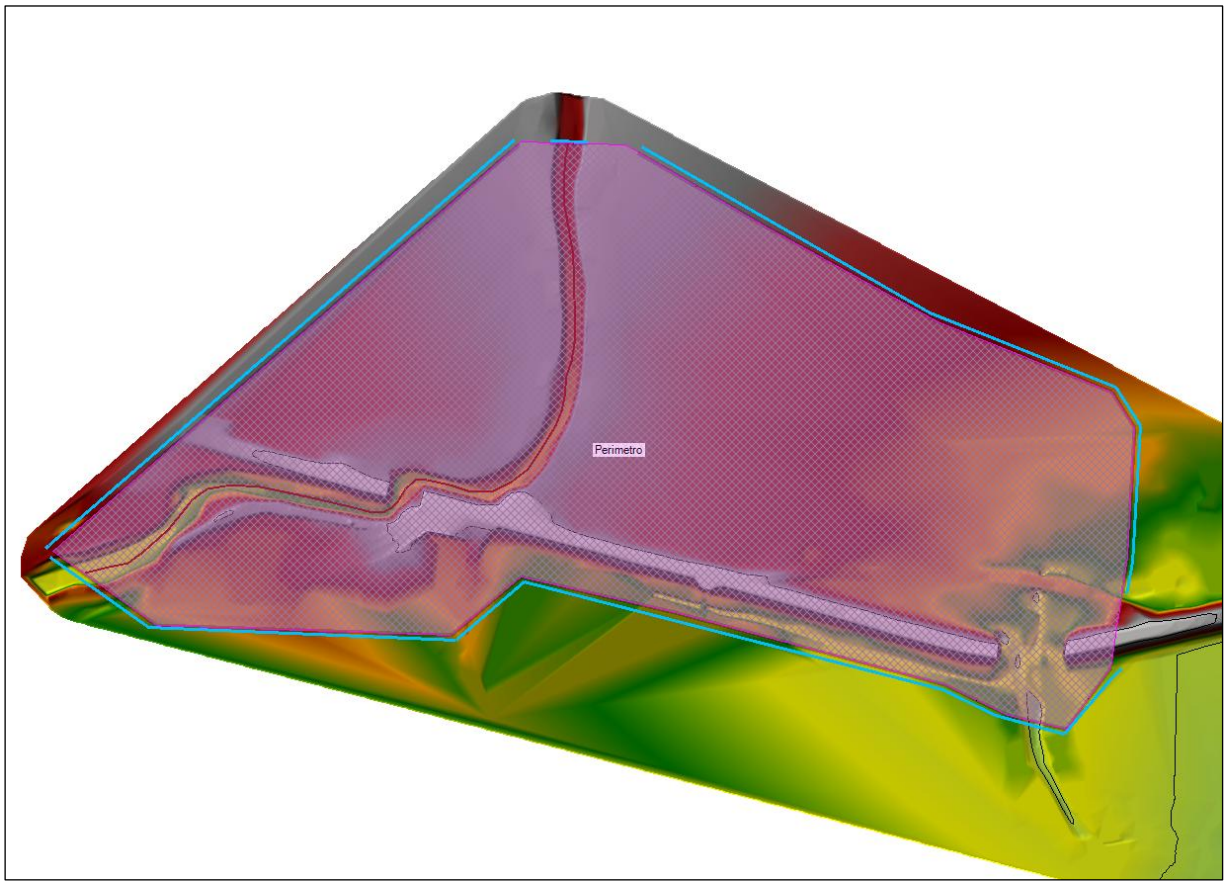


Figura 9. Modelo digital de Terreno realizado con base en información del levantamiento topográfico con resolución de 2.5 x 2.5 m.

Tabla 3. Consideraciones finales cargadas en el modelo hidraulico

Select Location in table then select Boundary Condition Type

	River	Reach	RS	Boundary Condition
Storage/2D Flow Areas				**Boundary Condition**
1	Perimetro	BCLine: Entrada		Flow Hydrograph
2	Perimetro	BCLine: Salida2		Normal Depth
3	Perimetro	BCLine: Salida3		Normal Depth
4	Perimetro	BCLine: Salida		Normal Depth

Para las condiciones de entrada del modelo se asignó la función Flow Hydrograph donde se introdujo el gasto de diseño de 5 y 1000 años mediante un hidrograma, así mismo ahí se le asignó el inició de la simulación y el intervalo correspondiente a cada 15 minutos.

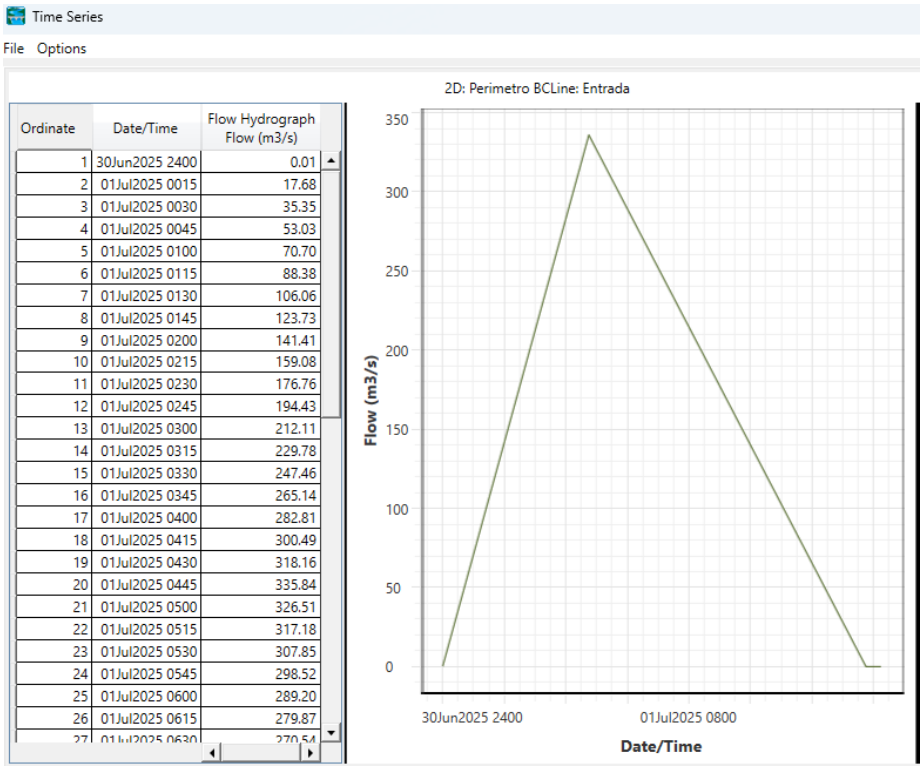


Figura 9. Hidrograma de Entrada considerado en el modelo hidraulico 2D.

Mediante este software se determinó la velocidad y niveles de agua a las condiciones hidráulicas de la corriente para el gasto de diseño con periodo de retorno de 1000 y 5 años años obtenido con el estudio hidrológico.

7.1 Resultados condiciones actuales

A) PLANTA DE LA TRAZA DEL NADI TR 1000



Figura 10. Planta NADI del modelo Hidraulico, TR 1000 años.

B) PLANTA DISTRIBUCION DE VELOCIDAD

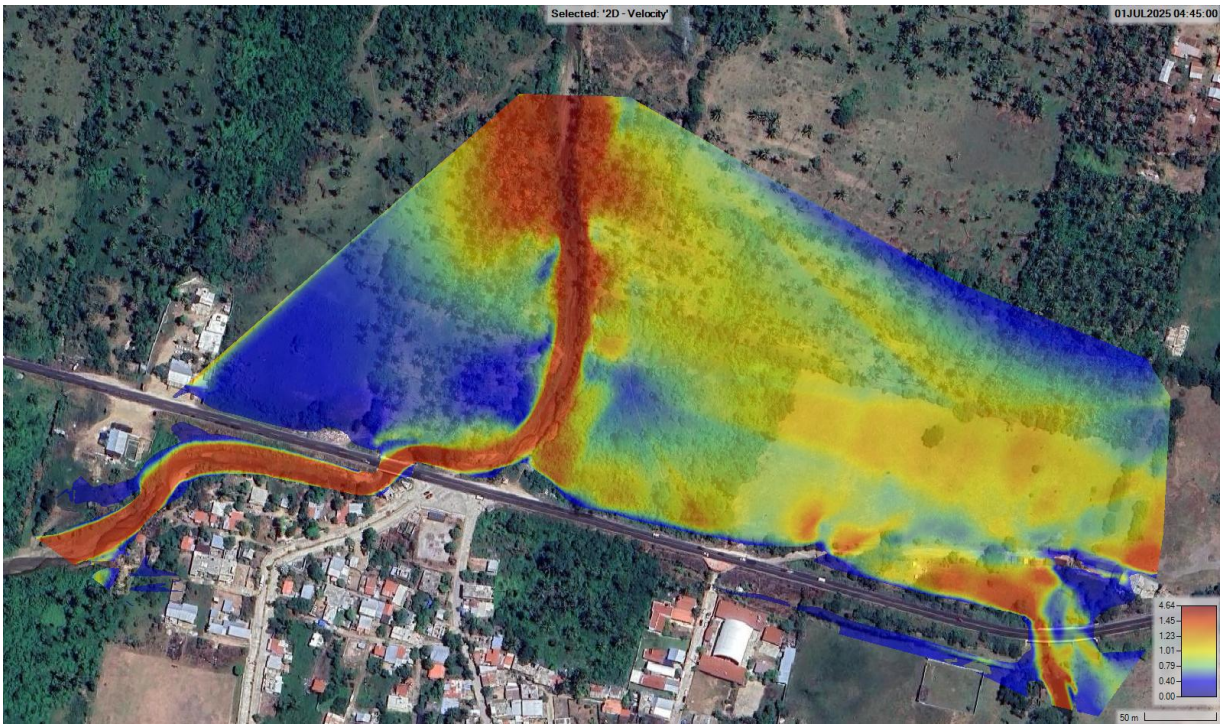


Figura 11. Planta Modelo Hidraulico, velocidad Tr 1000 años.

C) PERFIL DELCAUCE

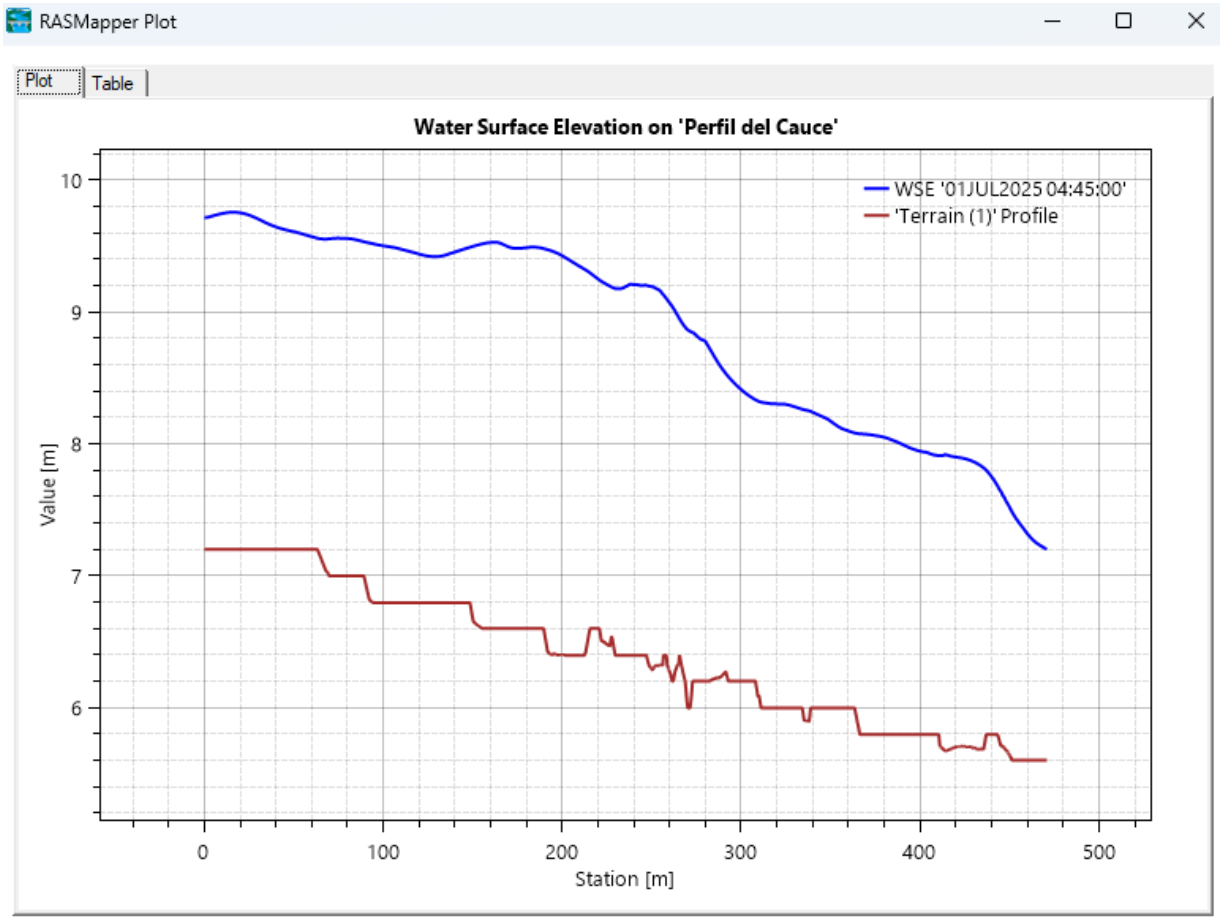


Figura 13. Perfil Hidraulico por el fondo del arroyo, Tr 1000 años.

D) SECCION HIDRAULICA EN EL CRUCE

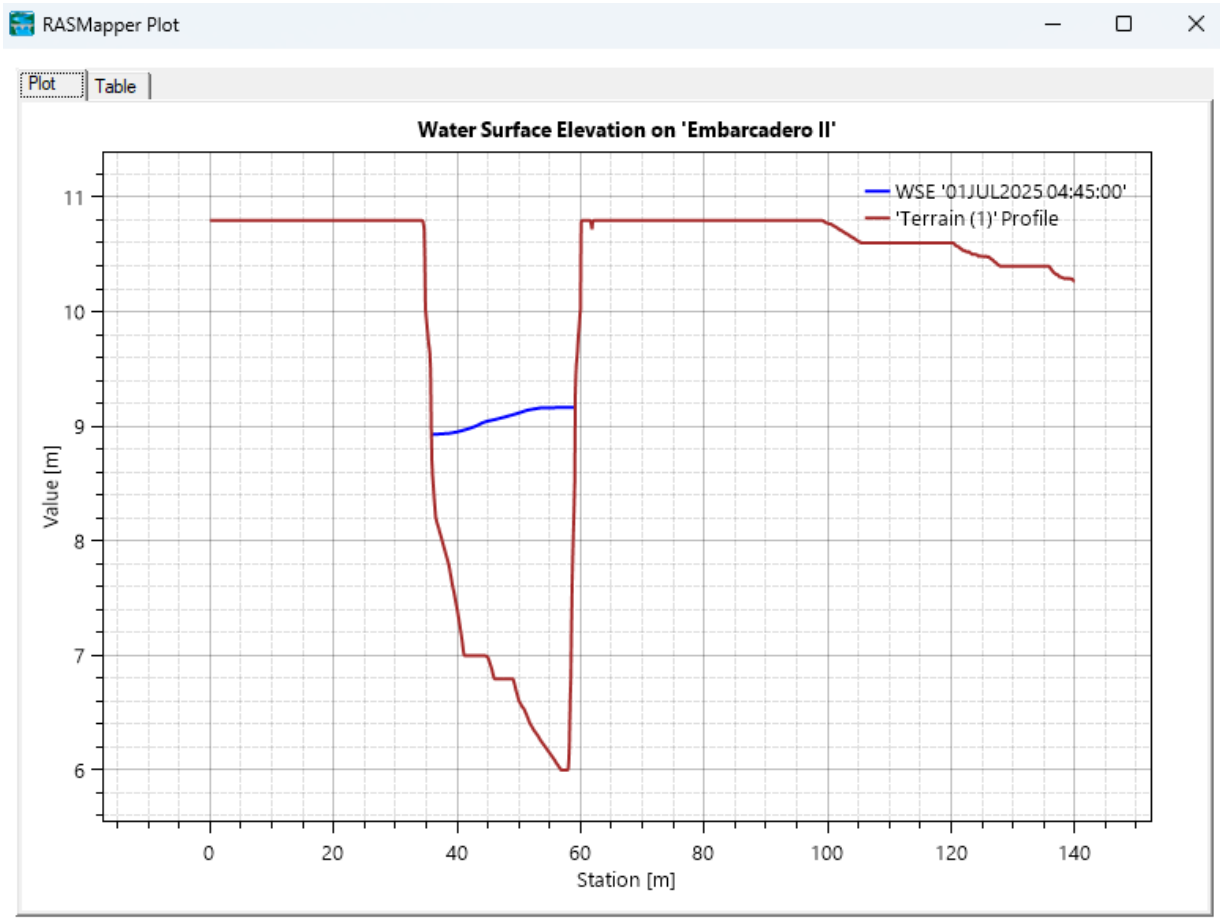


Figura 13. NADI Tr 1000 años, en la sección hidráulica en el cruce con el puente actual

De acuerdo con los resultados para la condición actual, con el tránsito de la avenida de diseño el puente existente es hidráulicamente insuficiente, teniendo una elevación del agua de 9.31 m y un Bordo Libre de 0.29 m, hasta el nivel bajo trabe de la superestructura.

7.2 Resultados condiciones alternativa de proyecto

Esta alternativa consiste en un puente de 100.0 m de longitud total e incrementar la altura del puente considerando un Bordo Libre de 1.50 m para paso de cuerpos flotantes.

A) PLANTA DE LA TRAZA DEL NADI TR 1000



Figura 10. Planta NADI del modelo Hidraulico, TR 1000 años.

B) PLANTA DISTRIBUCION DE VELOCIDAD

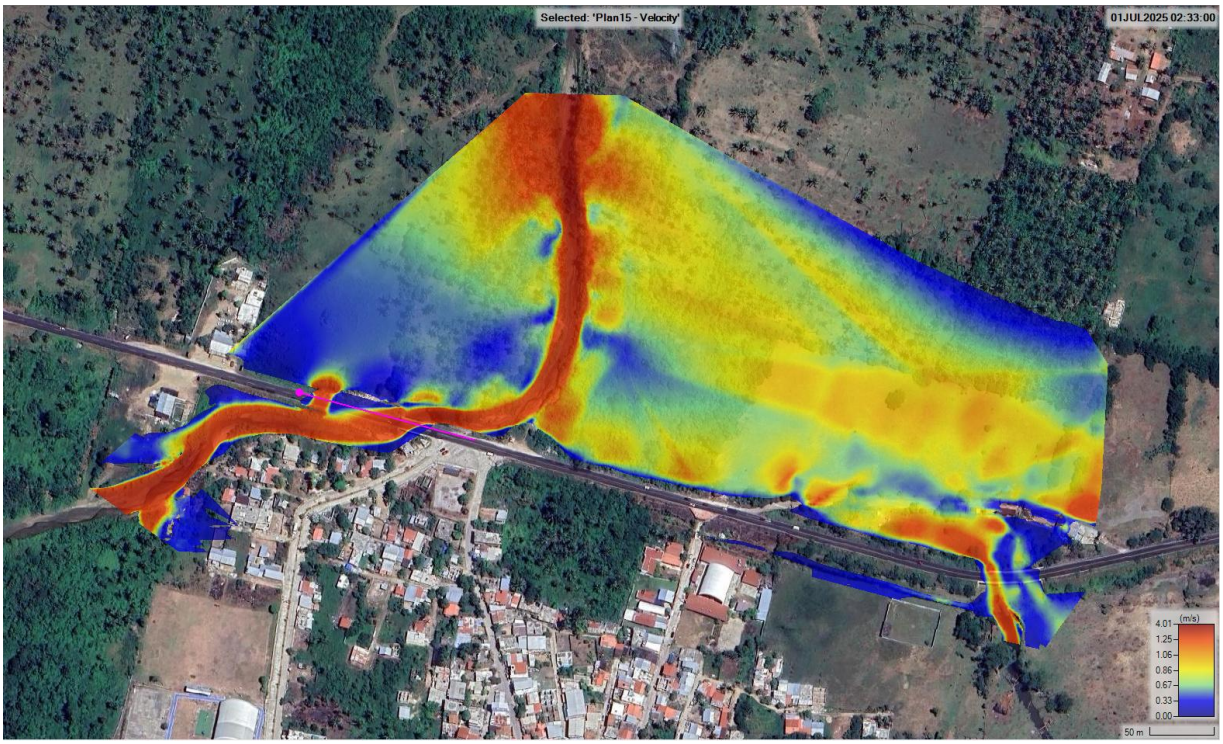


Figura 11. Planta Modelo Hidraulico, velocidad Tr 1000 años.

C) PERFIL DELCAUCE

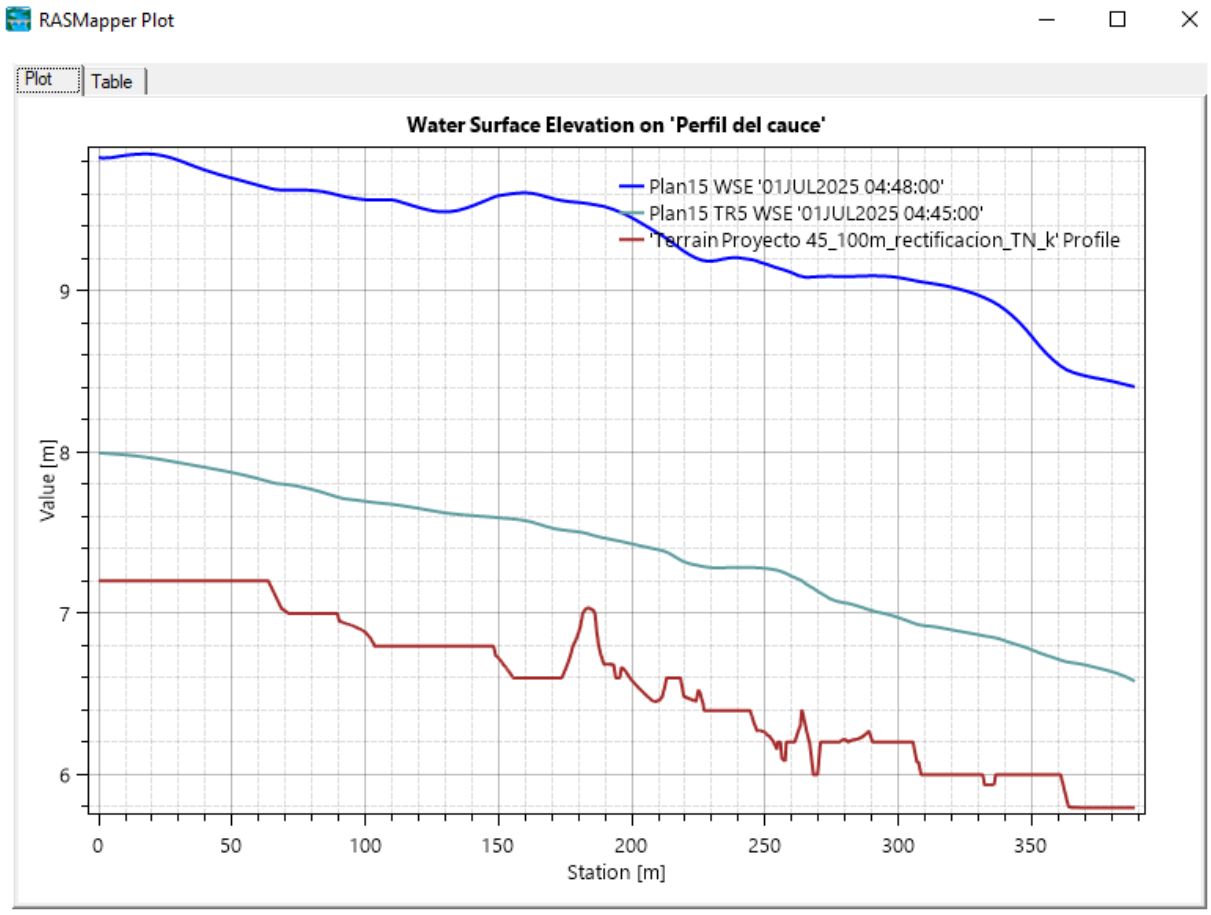


Figura 13. Perfil Hidraulico por el fondo del arroyo, Tr 1000 y 5 años.

D) SECCION HIDRAULICA EN EL CRUCE

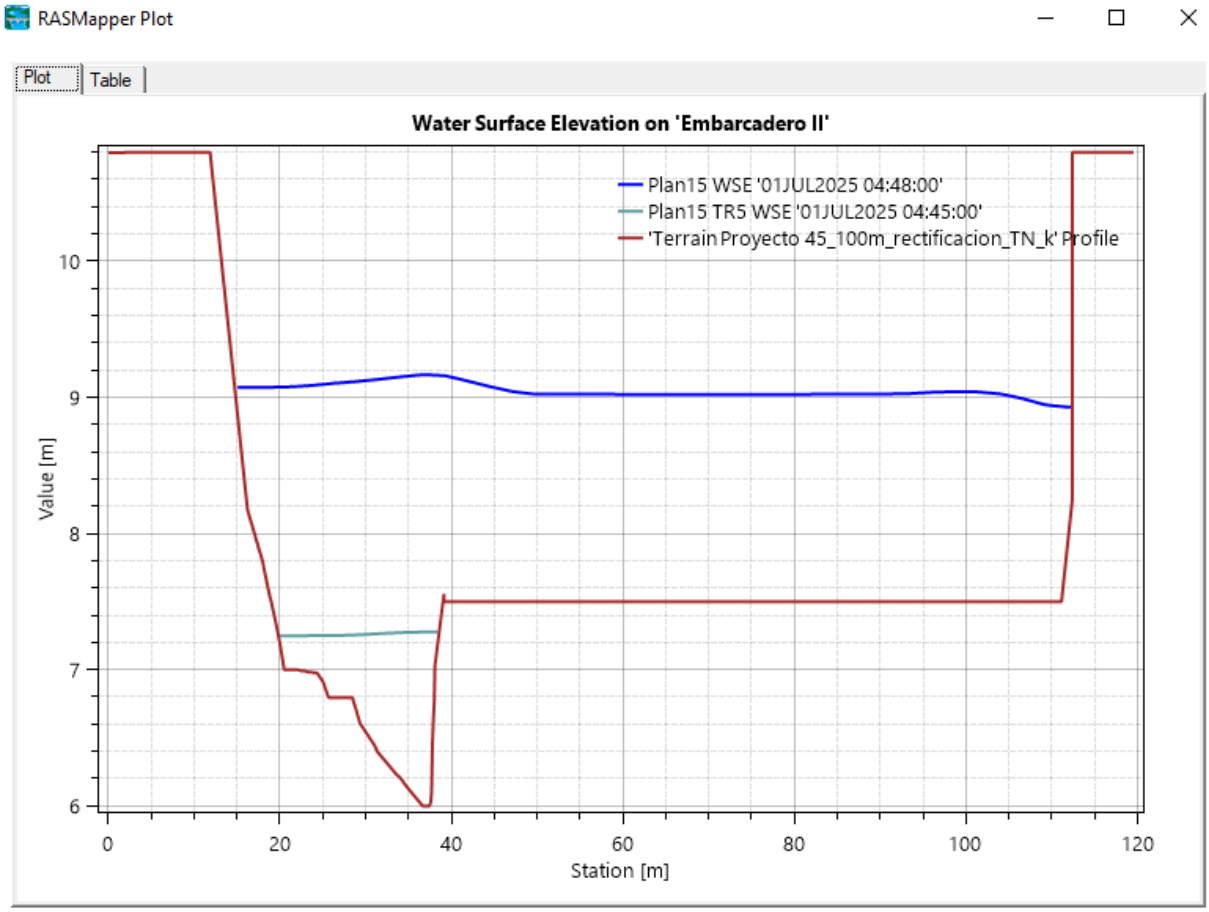


Figura 13. NADI Tr 1000 y 5 años, en la sección hidráulica en el cruce con el puente (alternativa de proyecto)

7.3 Resumene de Resultados condición actual y alternativa de proyecto

Efectuado el análisis del tránsito de las diferentes avenidas máximas consideradas, en la siguiente tabla se muestra los resultados obtenidos del modelo hidraulico HEC-RAS.

Tabla 10. Resultados Hidraulicos puente actual.

RESULTADOS HECRAS				
GASTO	Q	NADI	V	BL
	(m^3/s)	(m^3/s)	(m/s)	m
TR 5	7.31	7.28 (NAC)	2.22	0.29
TR 1000	75.94	9.31	2.23	0.43

Tabla 11. Resultados Hidraulicos puente alternativa de proyecto.

RESULTADOS HECRAS				
GASTO	Q	NADI	V	BL
	(m^3/s)	(m^3/s)	(m/s)	m
TR 5	7.31	7.28 (NAC)	2.22	+1.50
TR 1000	110.77	9.17	1.25	1.50

8.0 Conclusiones

El gasto en la cuenca es de 335.84 m^3/s; sin embargo, de los resultados del análisis hidráulico en dos dimensiones hacia el puente nuevo solo reconocen 110.77 m^3/s, asociado a un período de retorno de 1000 años con el Hidrograma Unitario Triangular esto debido a que el resto del gasto se drena por la llanura de inundación y hacia el puente Embarcadero I.

De acuerdo con los estudios hidrológicos e hidráulicos efectuados, se concluye que el puente actual es hidráulicamente insuficiente ya que al transitarte la avenida de diseño se obtuvo un bordo libre de 0.29 m, con lo que compromete el funcionamiento hidráulico del puente actual.

Por lo tanto, para drenar el gasto de diseño, se recomienda un nuevo puente con una longitud de 100.00 m, de tres claros, la rasante sugerida podrá ser la elevación 12.28 m. La estructura podrá estar ubicado entre los km 20+535 al km 20+635. El NADI deberá ser la elevación 9.31 m con una velocidad máxima bajo el puente de 2.35 m/s. El bordo libre entre el NADI y el nivel inferior de la trabe de la superestructura deberá ser de 1.50 m como mínimo. Cabe mencionar que los apoyos del puente deberán estar orientados respecto a la trayectoria de la corriente.

RESULTADOS HECRAS				
GASTO	Q	NADI	V	BL
	(m^3/s)	(m^3/s)	(m/s)	m
TR 5	7.31	7.28 (NAC)	2.22	+1.50
TR 1000	110.77	9.17	1.25	1.50

Bajo estas condiciones, el funcionamiento hidráulico para la propuesta del puente de proyecto se considera aceptable desde el punto de vista hidráulico.

Los datos de diseño hidráulico deberán ser considerados para los análisis de socavación correspondientes.

CONTENIDO

1.0 ANTECEDENTES 2

2.0 OBJETIVOS Y ALCANCES. 3

3.0 DATOS GENERALES. 4

4.0 ESTUDIO HIDROLÓGICO. 8

4.1 CONDICIONES NATURALES DE LA CUENCA 9
4.1.1 FISIOGRAFÍA 11
4.1.2 GEOLOGÍA 13
4.1.3 ÁREA DE CUENCA 16
4.1.4 PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL 17
4.1.5 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN 18
4.1.6 COEFICIENTE C Y NÚMERO DE ESCURRIMIENTO N 20
4.2 ANÁLISIS DE LLUVIAS 24
4.2.1 INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA 24
4.3 CURVA I-D-TR A PARTIR DE LA FORMULA CHENG LUNG CHEN 33
4.4 PERIODO DE RETORNO 38
4.5 MÉTODOS LLUVIA - ESCURRIMIENTO 39
Resumen de Gastos obtenidos 43

5.0 GASTO DE DISEÑO 43

6.0 ANEXOS 44

1.0 Antecedentes

Durante décadas se ha venido realizando la explotación desmedida de los bosques, además de la ampliación de las áreas agrícolas y urbanas, lo cual se traduce en un gran daño ecológico irreversible para el planeta, debido a estas acciones, uno de los principales factores afectados es el ciclo natural de agua, esto puede observarse en el incremento de volumen de cualquier escurrimiento natural y a su vez en la disminución del tiempo de respuesta de una avenida, este fenomeo puede observarse fácilmente en los escurrimientos que cruzan zonas urbanas, que en la mayoría de los casos han sufrido modificaciones en su cauce natural principalmente por rectificaciones, enbovedameinto, estrangulación, etc., lo que reduce la capacidad de conducción y el tiempo de recorrido de l as corrientes de forma natural.

Dentro de las acciones del Gobierno Federal, en este caso la *Secretaria de Infraestructura Comunicaciones y Transporte* a travez de la *Direccion General de Carreteras* a encomendado la "ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 ACAPULCO – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO, donde se realizaran los trabajos necesarios para garantizar el correcto funcionamiento de las obras de drenaje menor existentes y en su caso proyectar la infraestructura requerida.

El estudio consiste en la realización de los trabajos de gabinete necesarios, como son la recopilación y el análisis de la información existente en los diferentes organismos que cuentan con información oficial de: datos climatológicos, compendios de información geográfica municipal, cartografia y mapas digitales, etc.

2.0 Objetivos y Alcances.

Obtener los gastos de diseño para periodos de retorno de 5 Y 1000 años en el cruce con el puente "Embarcaderoo ll" km 20+549 de la Carretera Mex-200 Acapulco – Zihuatanejo: Tramo Pie de la Cuesta - El Embarcadero.

Para alcanzar los objetivos descritos se requiere ejecutar trabajos de gabinete, utilizando para ello los métodos y técnicas más actualizadas con que se disponga, empleando las teorías y procedimientos comunes en la práctica, así como softwares o modelos matemáticos sin contravenir las normas utilizadas por la Comisión Nacional del Agua, debiendo para estos casos indicar la bibliografía y/o condiciones bajo las cuales operan los mismos.

Con la elaboración del presente estudio se determinarán los gastos que transitaran en los cruces de las obras de drenaje menor de la vialidad, lo cual permitirá realizar la revisión hidrulica de las mismas para garantizar su correcto funcionamiento.

3.0 Datos Generales.

Localización

El estado de Guerrero esta ubicado en la región suroeste del país, limitando al norte con el Estado de México, Morelos y Puebla, al sureste con Oaxaca, al suroeste con el océano Pacífico y al noroeste con el río Balsas que lo separa de Michoacán.



Imagen 1. *Estado de Guerrero.*

El tramo de estudio se encuentra localizado entre los municipios de Coyuca de Benitez y Acapulco de Juárez, para el caso de Coyuca de Benitez tenemos que se ubica entre los paralelos 16° 54' y 17° 28' de latitud norte; los meridianos 99° 48' y 100° 19' de longitud oeste; altitud entre 0 y 3 400 m. Colinda al norte con los municipios de Atoyac de Álvarez, General Heliodoro Castillo y Chilpancingo de los Bravo; al este con los municipios de Chilpancingo de los Bravo y Acapulco de Juárez; al sur con el municipio de Acapulco de Juárez, con el Océano Pacífico y con el municipio de Benito Juárez; al oeste con el Océano Pacífico y los municipios de Benito Juárez y Atoyac de Álvarez.

Por otro lado, tenemos que Acapulco de Juárez se ubica entre los paralelos 16° 41' y 17° 14' de latitud norte; los meridianos 99° 28' y 101° 00' de longitud oeste; altitud entre 0 y 2 000 m. Colindando al norte con los municipios de Coyuca de Benítez, Chilpancingo de los Bravo y Juan R. Escudero; al este con los municipios de Juan R. Escudero y San Marcos; al sur con el municipio de San Marcos y el Océano Pacífico, al oeste con el Océano Pacífico y el municipio de Coyuca de Benítez.



Imagen 2. Municipios de Coyuca de Benitez y Acapulco de Juárez, en el Estado de Guerrero.



Imagen 3. Municipios de Coyuca de Benitez y Acapulco de Juárez, en el Estado de Guerrero.

Extensión Teritorial

Ambos municipios representan el 5.57% del total del territorio estatal.

Orografía

El estado de Guerrero es sumamente montañoso, tiene serranías, además de ser muy irregular por sus sierras madres. Es atravesado por la Sierra Madre del Sur. El Eje Volcánico Transversal origina las sierras de Sultepec y Taxco. Junto con Oaxaca, extiende su territorio por la llamada Depresión Austral, y es recorrido por la sección sureste de la Sierra Madre del Sur. El Eje Volcánico Transversal atraviesa parte de Guerrero, principalmente la Región Norte.

Hidrografía

El estado de Guerrero es cruzado por el Río Balsas, que es uno de los ríos más importantes de México. El territorio del estado se encuentra sobre tres regiones hidrológicas. La región 18 del río Balsas, de la que Guerrero ocupa el 31 % de la superficie. Tiene como presas más importantes a la Valerio Trujano en Tepecoacuilco, que surte de energía eléctrica a gran parte de la Región Norte. La región 19 de la Costa Grande ocupa el 20 % del territorio estatal, y sus ríos más importantes son el Ixtapa, Tecpan, Coyuca, La Sabana, Coyuquilla y Petatlán, además del Atoyac. Por último, la región 20 de la Costa Chica, de la que el 26,4 % de la superficie pertenece a Guerrero. No tiene muchos ríos, pero destacan el Nexpa, Ometepec y Papagayo. Los lagos y lagunas más importantes son Potosí, Mitla, Nuxco, Coyuca, Tres Palos, San Marcos (Tecomate), Chautengo, Tila, Huamuxtitlán, Tuxpan, Tixtla, Tecomate.

Clima

Más del 60 % de la superficie estatal disfruta de clima cálido subhúmedo con precipitaciones en verano, en segundo lugar tenemos el clima semicálido con lluvias en verano, en casi la quinta parte del territorio. El resto lo ocupan climas menores, entre los que destacan semicálidos y templados, todos con lluvias moderadas.

Para los Municipios de Coyuca y Acapulco se tiene un rango de temperatura de 20 a 28° C.

Flora

La flora está compuesta principalmente por árboles de amate copal, cuagiote, organeras, huizache y palmeras.

Fauna

Entre los animales más característicos de la fauna guerrerense están las iguanas, las serpientes, las lagartijas, las liebres, los conejos y los coyotes. Los animales en peligro de extinción en el Estado de Guerrero son el venado, el jaguar, el águila, la tortuga, la iguana, así como el conejo de Omiltemi, la nauyaca guerrerense de montaña, la coqueta de Atoyac y el tlaconete de Teotepec, estos últimos, de suma importancia biológica por tratarse de endemismos.

Uso de Suelo y Vegetación

En la zona se cuenta con áreas de agricultura, grandes extensiones de zonas urbanas, predominando principalmente la Selva caducifolia y selva subcaducifolia.

4.0 Estudio Hidrológico.

Antecedentes

Para dar cumplimiento con la ejecución de los Estudios y Proyectos Constructivos correspondientes al Programa de Construcción y Modernización de Carreteras en nuestro país, las cuales permitan contar con un amplio sistema carretero eficiente, seguro, de buena calidad, y el cual permita activar la economía a lo largo y ancho del país, la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, a través de la Dirección General de Carreteras, llevará a cabo la **ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 SALINA CRUZ – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO**, como parte de estos trabajos se presenta el siguiente apartado el cual corresponde a la elaboración del estudio Hidrologico.

Objeto del estudio

El estudio Hidrológico tiene como objetivo analizar las condiciones hidrográficas de la cuenca de aportación y patrones de lluvia en la zona de estudio para determinar los gastos máximos para distintos periodos de retorno y definir la magnitud de la avenida considerada como de diseño.

4.1 Condiciones naturales de la cuenca

La zona donde se proyecta la realización de la obra se ubica dentro de la zona sur del estado de Guerrero, se trata de la Carretera Mex-200 Salina Cruz – Zihuatanejo: Tramo Pie de la Cuesta - El Embarcadero, esta vía conecta la ciudad de Acapulco con Coyuca de Benitez, prácticamente es una zona urbana. La subcuenca de estudio pertenece a la Región Hidrologica 19 (RH19) denominada Costa Grande de Guerrero, también se le conoce como cuenca del Rio Atoyac. La subcuenca que analizaremos corresponde a la Bahia de Acapulco la cual drena a la Laguna de Coyuca y posteriormente desemboca al mar.

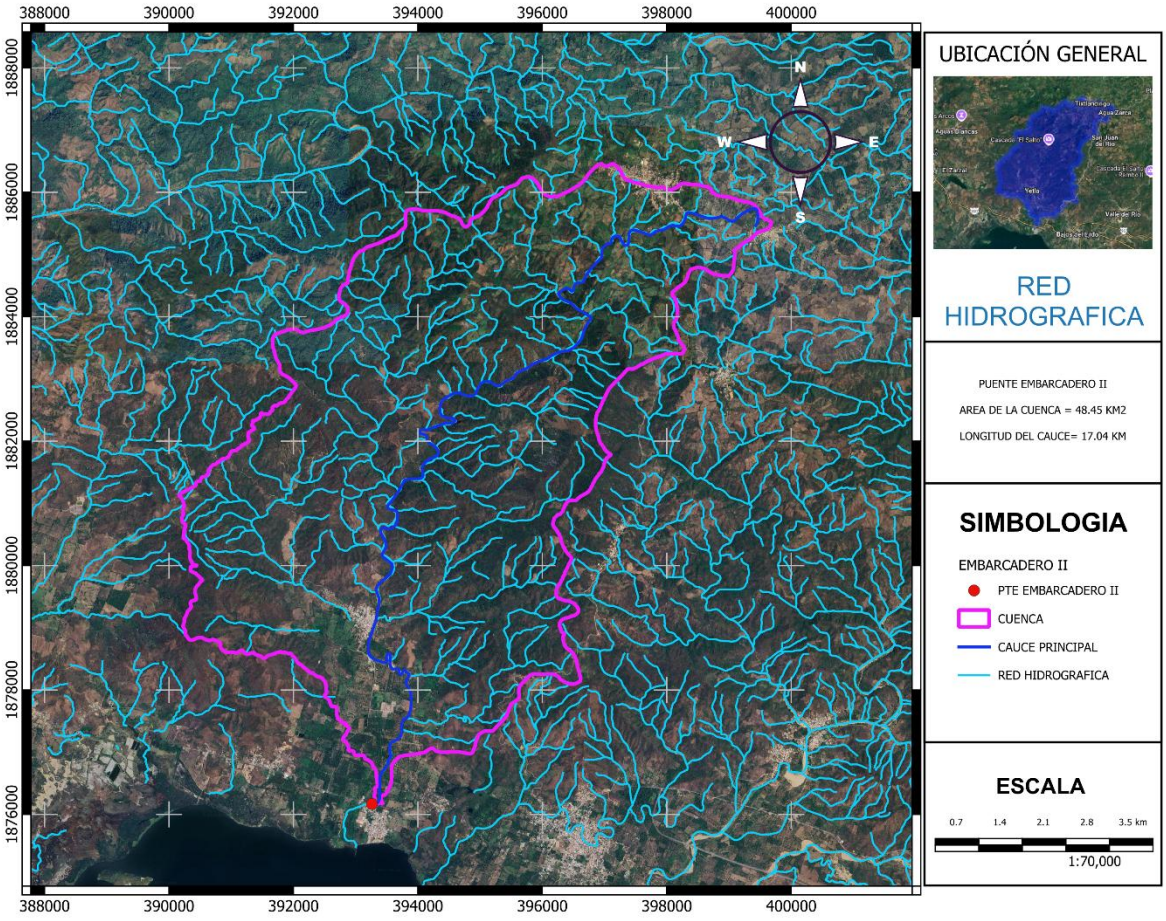


Imagen 4.- *Cuenca de estudio y su Red Hidrografica RH19.*

La topografía de la zona en la parte alta es con pendientes pronuciadas con elevaiones que van de la 1,600 hasta 0 al desembocar al mar, el desarrollo de los escurrimientos tiene muchas curvas, en general se considera un área de la cuenca en análisis de 48.45 km2, como se puede observar en el esquema de la cuenca, de igual forma como se ha descrito la zona baja de la cuenca está urbanizada, lo cual genera un escurrimiento medio.

En la siguiente imagen podemos observar de forma esquemática en color rojo la línea del tramo carretero Pie de la Cuesta - El Embarcadero



Imagen 5.- *Tramo de estudio sobre la carretera Mex-200 Salina Cruz – Zihuatanejo: Tramo Pie de la Cuesta - El Embarcadero, Fuente INEGI*

El estudio hidrológico se realiza hacia aguas arriba de cada uno de los puntos identificados como cruce del escurrimiento con la vialidad, con el fin de establecer el gasto pico en el punto de interés.

A continuación, se hara una descripción general de las características de la "Cuenca de aportacion", se ha realizado el análisis fisiográfico e hidrologico de la cuenca, de esta forma se obtendrán los gastos para la obra, al concluir con las generalidades se procedra a presentar el calculo de los gastos asociados a periodos de retorno para 5 y 1000 años, de acuerdo con su kilometraje ubicado en 20+549 de la carretera Mex-200 Salina Cruz – Zihuatanejo, Tramo Pie de la cuesta – Embarcadero.

4.1.1 Fisiografía

El relieve es la forma en que se presenta la superficie de la Tierra, En México es extraordinariamente variado, podemos encontrar desde cadenas montañosas hasta grandes planicies costeras pasando por valles, cañones, planicies y depresiones entre otras formaciones.

La Sierra Madre Occidental, con sus mesetas y cañones es uno de los rasgos más sobresalientes de este relieve, así como la Sierra Madre Oriental formada principalmente por rocas sedimentarias plegadas y el Eje Neovolcánico, al centro del país en donde encontramos las montañas más altas, con más de 5 mil metros de altitud.

Sin embargo, el conocimiento fisiográfico de una región implica, además de la identificación de los principales rasgos del relieve, la explicación de los procesos que intervinieron en su modelado y que le han dado su aspecto actual.

Las provincias fisiográficas son regiones en el que el relieve es el resultado de la acción de un mismo conjunto de agentes modeladores del terreno, así como de un mismo origen geológico, lo mismo que un mismo o muy semejante tipo de suelo y de la vegetación que sustenta.

La mayor parte de la República Mexicana está situada al sur del paralelo 30° N, es decir en la región en la que América de Norte empieza a estrecharse considerablemente; el estrechamiento se acentúa al sur del paralelo 20° N, presentándose en el istmo de Tehuantepec la primera de las depresiones orográficas inter-oceánicas que son uno de los rasgos estructurales del relieve de América Central.

El paralelo 20° N, marca cambios en la dirección de los principales accidentes del relieve del país, al norte de este paralelo los rasgos esenciales del relieve se orientan casi de oeste a este. Esta diferencia en orientación indica que en la formación del relieve de la República Mexicana intervinieron dos unidades orogénicas diferentes, de manera que estructuralmente la parte

norte pertenece a la América del Norte, en tanto que el sur pertenece a la América Central. Esto explica la enorme complejidad del relieve en la parte Central del país.

Para una mejor comprensión y estudio de esta diversidad estructural, la Dirección General de Geografía del INEGI determinó una división en 15 regiones fisiográficas que son:

1. Península de Baja California
2. Llanura Sonorense
3. Sierra Madre Occidental
4. Sierras y Llanuras del Norte
5. Sierra Madre Oriental
6. Grandes Llanuras de Norteamérica
7. Llanura Costera del Pacífico
8. Llanura Costera del Golfo Norte
9. Mesa del Centro
10. Eje Neovolcánico
11. Península de Yucatán
12. Sierra Madre del Sur
13. Llanura Costera del Golfo Sur
14. Sierras de Chiapas y Guatemala
15. Cordillera Centroamericana

La zona de estudio se ubica dentro de la zona número 12 que corresponde a la Sierra Madre del Sur, en las subprovincias Costas del Sur y Cordillera Costera del Sur, con un sistema de topoformas correspondiente en su mayoría a sierras y llanuras.



Imagen 6.- *Zonas Fisiograficas de Mexico, Fuente INEGI*

Las características fisiográficas condicionan el comportamiento hidrológico de una cuenca, ya que funciona como un colector que recibe y conduce las precipitaciones pluviales dentro de una cuenca de captación, existen pérdidas (infiltración, retención por la cubierta vegetal, etc.)

siendo una función bastante compleja que depende de numerosos factores, entre los que predominan el clima y la configuración del terreno en el que se desarrollan los fenómenos hidrológicos, los índices y magnitudes físicas de la cuenca expresan en términos simples los valores medios de ciertas características del terreno, ya que juegan un papel muy importante y rigen las condiciones de su régimen hidrológico.

Las principales características fisiográficas de una cuenca hidrográfica son:

- Área de la cuenca de aportación,
- Pendiente media del cauce principal, y
- El coeficiente de escurrimiento.

4.1.2 Geología

El estado de Guerrero se ubica en la región suroeste de México, sobre la costa del Océano Pacífico, su territorio es sumamente montañoso y uno de los más complejos de México

La estratigrafía está formada por rocas metamórficas del Precámbrico y Paleozoico que ocupan el centro y norte de la entidad. También, existen rocas metamórficas y volcánicas del Paleozoico y Mesozoico que se localizan al centro y sur del estado. Las rocas sedimentarias y volcánicas del Mesozoico y Cenozoico se localizan en el sureste del estado. Al noroeste del estado se identifican rocas sedimentarias y volcánicas del Paleozoico y Mesozoico. Los depósitos más recientes están conformados por rocas sedimentarias y volcánicas del Paleozoico y Mesozoico, además de rocas ígneas intrusivas y extrusivas del Cenozoico que se sitúan al noroeste del estado.

En los municipios de Coyuca de Benitez y Acapulco de Juarez predominan principalmente rocas metamórficas del Terciario, Jurásico, Cuaternario, Paleógeno, pudiendo encontrarse suelos de las siguientes características: Ígnea intrusiva: granitogranodiorita, granito, granodiorita y tonalita. Ígnea extrusiva: andesita. Sedimentaria: conglomerado. Metamórfica: gneis. Suelo: aluvial, litoral y lacustre.



Imagen 8.- *Provincias Geológicas Municipios de Coyuca de Benitez y Acapulco de Juarez. Fuente INEGI*

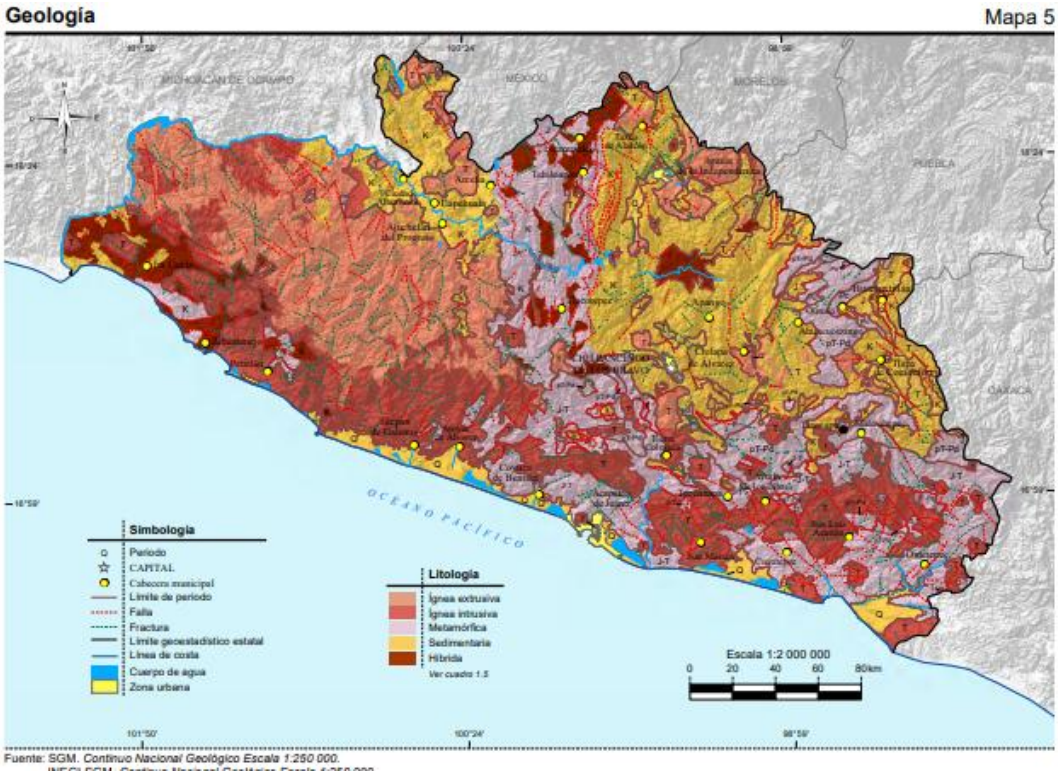


Imagen 9.- *Mapa Geológico de Guerrero*

Edafologia

Guerrero, uno de los estados más bellos de México, se caracteriza por su diversidad geográfica y suelos fértiles. La región cuenta con diferentes tipos de suelo que son propicios para distintos cultivos y actividades agrícolas.

La ubicación geográfica de Guerrero y su clima tropical lo convierten en un lugar ideal para el cultivo de diversos productos agrícolas. Sin embargo, cada tipo de suelo tiene características únicas que influyen en su potencial productivo. Conocer los tipos de suelo en Guerrero es fundamental para garantizar una agricultura sostenible y aprovechar al máximo los recursos naturales de la región.

En Guerrero, encontramos una gran diversidad de suelos, desde los más fértiles hasta los más áridos. La región donde se localizan los municipios de Coyuca de Benitez y Acapulco de Juarez se compone principalmente de los siguientes tipos de suelo: Regosol, Luvisol, Cambisol, Phaeozem, Leptosol, Solonchak, Arenosol.



Imagen 10.- *Suelos dominantes en los Municipios de Estudio. Fuente INEGI*

4.1.3 Área de cuenca

Con base en el empleo de Sistemas de Información geográfica (SIG), se localizó la coordenada del cruce del puente Pedreguero sobre el cauce en estudio, para ello se tomaron datos la topografía obtenida a partir del modelo digital de elevación MDE del INEGI con resolución de 15 x 15 m, carta topográfica E14C57 e imágenes satelitales.

Del análisis de esta información cartográfica y topográfica, se obtuvieron los principales parámetros fisiográficos de la cuenca, mismos que se emplearán para realizar los análisis lluvia - escurrimiento.

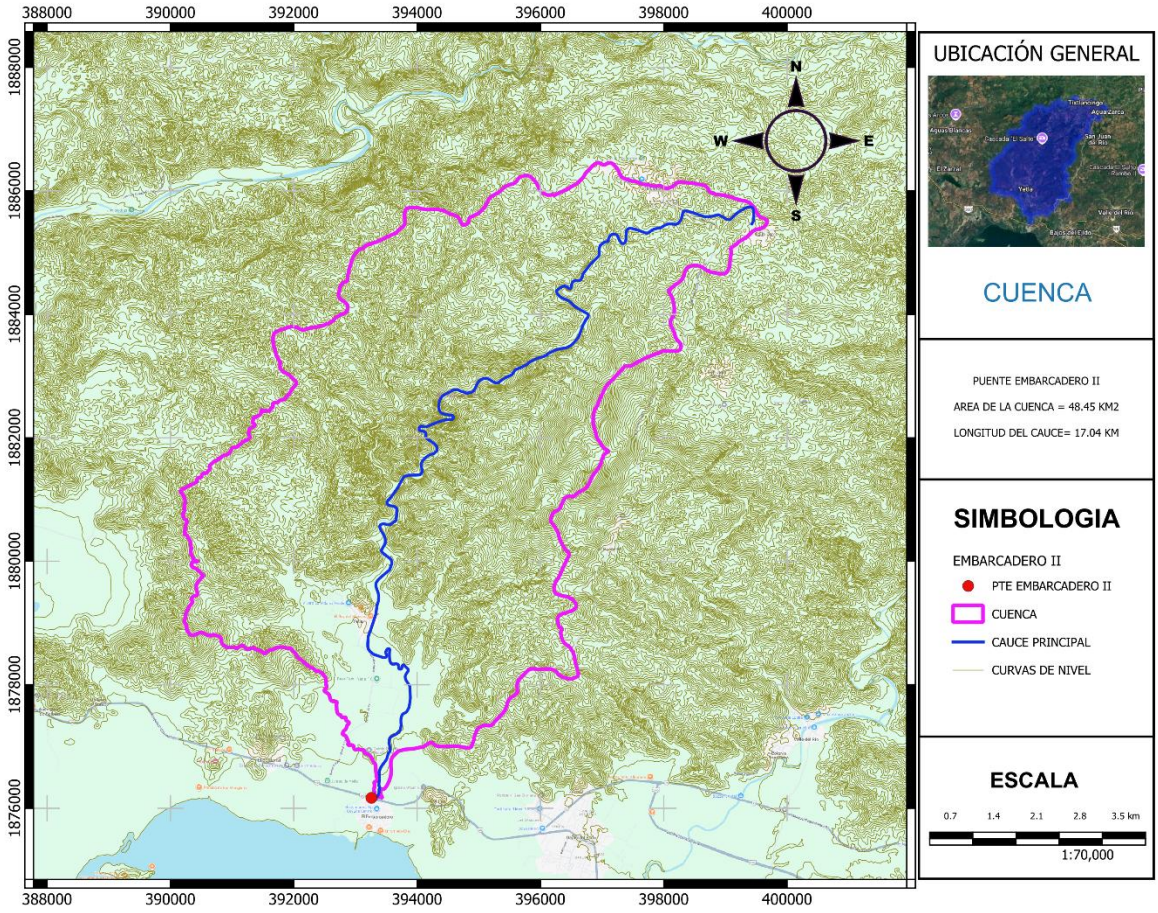


Imagen 7.- *Area de la Cuenca Bahia de Acapulco, rasgos generales, Fuente SIALT v4*

Recordemos que para este caso en particular se están analizando los puntos particulares de las obras identificadas por los escurrimientos que cruzan el tramo carretero en estudio, por lo que, fue necesario identificar cada una de estas microcuencas formadas al interior de la cuenca principal que se muestra en la imagen anterior.

4.1.4 Pendiente del cauce principal

La pendiente de la cuenca tiene una importante correlación con la infiltración del escurrimiento superficial y la humedad del suelo. Es uno de los factores físicos que controla el flujo sobre el terreno y tiene una influencia directa en la magnitud de las avenidas y crecidas.

Dado que está pendiente varia a lo largo del cauce es necesario determinar una pendiente media, para el presente estudio se utilizo el método propuesto por Taylor y Schwarz.

La fórmula propuesta considera que un río está formado por n tramos de igual longitud, cada uno de ellos con pendiente uniforme, ésta tiene una mejor aproximación, cuanto más grande sea el número de tramos, en los cuales se subdivide el perfil longitudinal del río o arroyo a analizar.

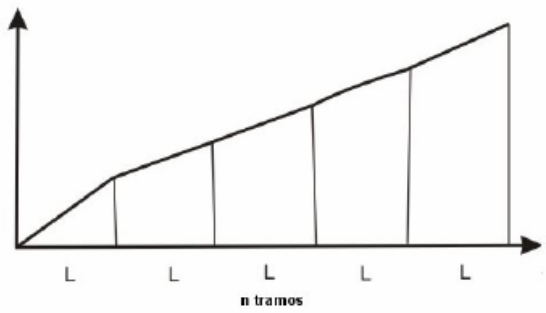
$$S = \left[\frac{n}{\frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + ... + \frac{1}{\sqrt{S_n}}} \right]^2 \quad ... (2.17)$$

donde:

n = número de tramos iguales, en los cuales se subdivide el perfil

$S_1, S_2, \ldots, S_n$ = pendiente de cada tramo, según $S = \frac{H}{L}$

S = pendiente media del cauce



N tramos de la longitud de un cauce

4.1.5 Tiempo de concentración

El tiempo de concentración (tc) se define como el tiempo teórico que tarda una partícula, gota de agua, en trasladarse por el cauce principal desde su nacimiento en la parte alta de la cuenca, hasta su salida en el sitio de estudio. Se calcula en función de la longitud y la pendiente media del cauce principal, su unidad de medida es en horas y se determinó mediante los siguientes métodos.

Como se indicó la condición para obtener el gasto máximo es que la duración, de la lluvia sea igual o mayor que el tiempo Tc de concentración de la cuenca. Si se logra determinar este último, se puede definir la lluvia en exceso y la intensidad para el tiempo de concentración seleccionado, que es uno de los elementos de la expresión del coeficiente de escurrimiento C.

Algunos autores han propuesto formulas empíricas para determinar de manera aproximada el tiempo de concentración, entre las cuales se presentan las siguientes:

Formula de Rowe:

$$Tc = \left(\frac{0.86\,L^2}{S}\right)^{0.385}$$

Donde:

Tc= Tiempo de concentración de la cuenca en horas
L = Longitud del colector principal en kilómetros
S = Pendiente del colector principal expresada al millar.

Formula de Kirpich:

$$Tc = 0.0003245\left(\frac{L}{\sqrt{S}}\right)^{0.77}$$

Donde:

Tc= Tiempo de concentración de la cuenca en horas
L = Longitud del colector principal en metros

S = Pendiente del colector principal (relación directa).

Formula del Servicio de Conservación del Suelo (SCS):

$$Tc = \left(\frac{L^{1.15}}{3085D^{0.38}}\right)$$

Donde:

Tc= Tiempo de concentración de la cuenca en horas
L = Longitud del colector principal en metros
D = Desnivel máximo sobre el colector principal en metros.

Formula de Chow:

La fórmula de Chow es aplicable a cuencas pequeñas, como el caso que se desarrolla en este proyecto, de igual forma al aplicar la fórmula para cuencas pequeñas se determina que TC = Tr (el tiempo de concentración es igual al tiempo de retraso), a continuación, se presenta la fórmula para cuencas pequeñas:

$$Tc \approx Tr = 0.00505\left(\frac{L}{\sqrt{S}}\right)^{0.64}$$

Donde:

Tc= Tiempo de concentración en horas o de retraso en cuencas pequeñas.
Tr = Tiempo de retraso en horas
L = Longitud del colector principal en metros
S = Pendiente del colecto principal en por ciento.

4.1.6 Coeficiente C y número de escurrimiento N

El coeficiente C representa la relación entre el volumen escurrido y el llovido, y depende del tipo de terreno o superficie de la cuenca en estudio.

Cuando el área de la cuenca está constituida por diferentes tipos de cubierta y superficies, el coeficiente de escurrimiento C puede obtenerse en función de las características de cada porción del área como un promedio ponderado, con el apoyo de la expresión:

$$C = \frac{C_1A_1 + C_2A_2 + \cdots + C_nA_n}{A_1 + A_2 + \cdots . + A_n}$$

donde: C = Coeficiente de escurrimiento.

Ai = Área parcial.

Ci = Coeficiente parcial.

Una estimación el coeficiente de escurrimiento C puede obtenerse con la tabla 3, indicada en el manual "M-PRY-CAR-1-06-003-00" de la Secretaría de Infraestructura de Comunicaciones y Transportes.

Tipo de superficie por drenar	Pendiente (%)	Coeficiente de escurrimiento (*C*)	
		Mínimo	Máximo
A) Praderas:			
1. Suelo arenoso plano	< 2	0,05	0,10
2. Suelo arenoso medio	2 a 7	0,10	0,15
3. Suelo arenoso empinado	> 7	0,15	0,20
4. Suelo arcilloso plano	< 2	0,13	0,17
5. Suelo arcilloso medio	2 a 7	0,18	0,22
6. Suelo arcilloso empinado	> 7	0,25	0,35
B) Zonas pavimentadas:			
1. Pavimento asfáltico	---	0,70	0,95
2. Pavimento de concreto hidráulico	---	0,80	0,95
3. Pavimento adoquinado	---	0,70	0,85
4. Estacionamientos	---	0,75	0,85
5. Patios de ferrocarril	---	0,20	0,40
C) Zonas residenciales:			
1. Unifamiliares	---	0,30	0,50
2. Multifamiliares, espaciados	---	0,40	0,60
3. Multifamiliares, juntos	---	0,60	0,75
4. Suburbanas	---	0,25	0,40
5. Casas habitación	---	0,50	0,70
D) Zonas comerciales:			
1. Zona comercial (áreas céntricas)	---	0,70	0,95
2. Areas vecinas	---	0,50	0,70
E) Zonas industriales:			
1. Construcciones espaciadas	---	0,50	0,80
2. Construcciones juntas	---	0,60	0,90
F) Campos cultivados	---	0,20	0,40
G) Zonas forestadas	---	0,10	0,30
H) Parques y cementerios	---	0,10	0,25
I) Areas de recreo y campos de juego	---	0,20	0,35
J) Azoteas y techados	---	0,75	0,95

Tabla 4. Valor del coeficiente de escurrimiento C.

Una variable importante dentro del análisis hidrológico es el **Número de escurrimiento N**, el cual depende del uso, tipo y composición del suelo y pendiente del terreno, es decir de las propiedades y condiciones hidrológicas de infiltración del suelo. El valor de N puede variar entre 0 y 100, siendo N = 0 cuando no hay escurrimiento y N = 100 cuando el volumen de escurrimiento es igual al de la precipitación.

Tabla 1. Selección del Número de escurrimiento.

Uso de la tierra o cobertura	Condición de la superficie	Tipo de suelo			
		A	B	C	D
Bosques sembrados y cultivados	Ralo, baja transpiración	45	66	77	83
	Normal, transpiración media	36	60	73	79
	Espeso o alta transpiración	25	55	70	77
Caminos	De tierra	72	82	87	89
	De superficie dura	72	84	90	92
Bosques naturales	Muy ralo o baja transpiración	56	75	86	91
	Ralo, baja transpiración	46	68	78	84
	Normal, transpiración media	36	60	70	76
	Espeso o alta transpiración	26	52	62	69
	Muy espeso o alta transpiración	15	44	54	61
Descanso (sin cultivo)	Surcos rectos	77	86	91	94
Cultivos de surco	Surcos rectos	70	80	87	90
	Surcos en curvas de nivel	67	77	83	87
	Terrazas	64	73	79	82
Cereales	Surcos rectos	64	76	84	88
	Surcos en curvas de nivel	62	74	82	85
	Terrazas	60	71	79	82
Leguminosas (sembradas con maquinaria al voleo) o potrero de rotación	Surcos rectos	62	75	83	87
	Surcos en curvas de nivel	60	72	81	84
	Terrazas	57	70	78	82
Pastizal	Pobre	68	79	86	89
	Normal	49	69	79	84
	Bueno	39	61	74	80
	Curvas de nivel, pobre	47	67	81	88
	Curvas de nivel, normal	25	59	75	83
	Curvas de nivel, bueno	6	35	70	79
Potreo (permanente)	Normal	30	58	71	78
Superficie impermeable		100	100	100	100

Este se pude determinar por medio de las cartas de tipo de suelo (edafología), uso de suelo y vegetación obtenida del INEGI.

Grupo de suelos	*Descripción de las características del suelo*
Tipo A	Suelos con potencial de escurrimiento mínimo. Incluye gravas y arenas de tamaño medio, limpias y mezcla de ambas.
Tipo B	Suelos con infiltración media inferior a la del grupo A. Incluye arenas finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezclas de arena y limo.
Tipo C	Suelos con infiltración media inferior a la del grupo B. Comprende arenas muy finas, arcillas de baja plasticidad, mezclas de arena, limo y arcilla.
Tipo D	Suelos con potencial de escurrimiento máximo. Incluye principalmente arcillas de alta plasticidad, suelos poco profundos con subhorizontes casi impermeables cerca de la superficie.

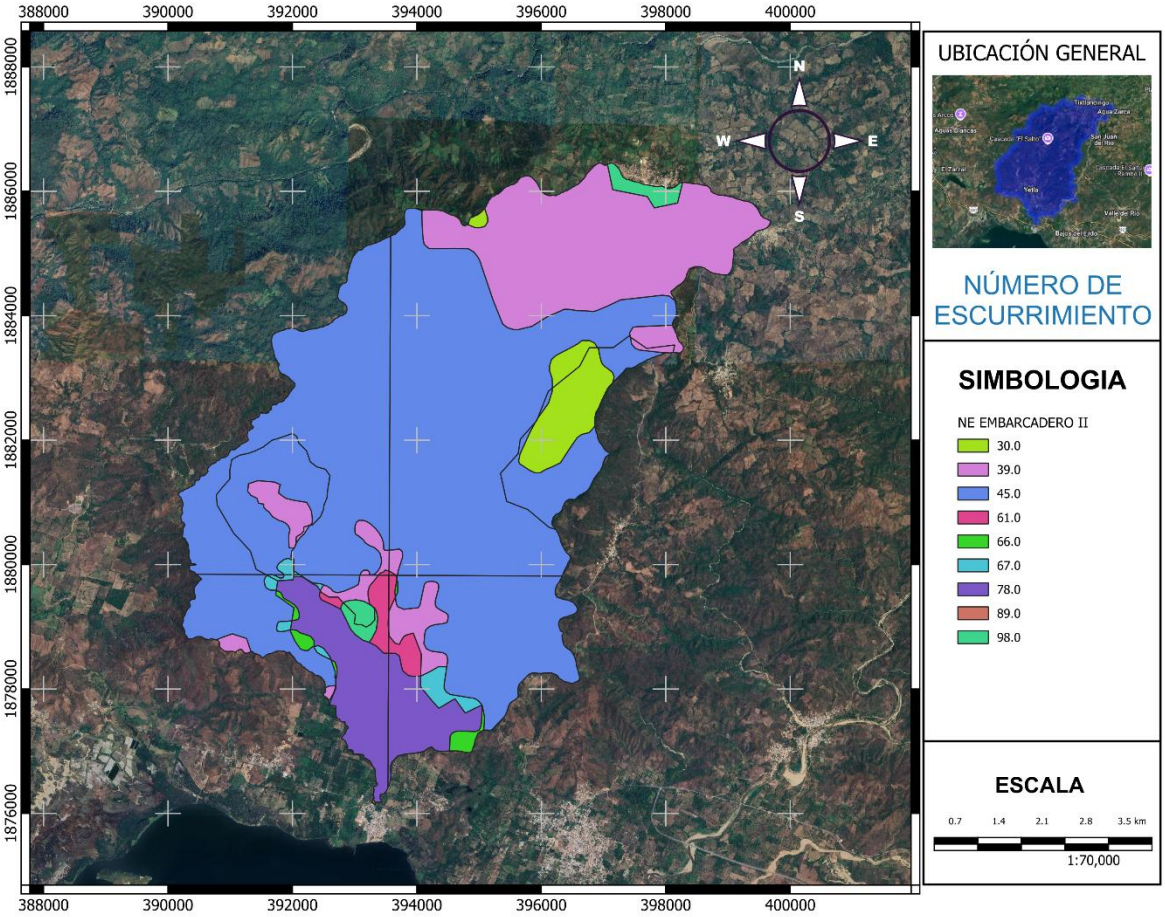


Imagen 13.- *Numero de escurrimiento en la zona de estudio*

A continuación, en la siguiente tabla se indican los valores de los principales parámetros fisiográficos calculados en la cuenca de estudio.

DATOS DE CUENCA		
Area	48.450	km^2
Longitud de cauce principal	17,038.18	m
	17.04	km
Elevación del punto mas alejado	577.00	msmn
Elevación del punto de salida	5.29	msnm
Diferencia de elevaciones de entrada y salida	571.71	m
Pendiente Taylor Schwarz	0.00442	
Tiempo de concentración (kirpich)	4.743	horas
	284.59	minutos

4.2 Análisis de Lluvias

Con la información de las estaciones climatológicas seleccionadas anteriormente, se procedió a efectuar un análisis probabilístico con el programa AFA, aplicando funciones de Probabilidad, de acuerdo a los métodos: Gumbel, Nash, Normal, Log Normal, Gamma 2, Pearson III, etc.

Aplicando a la muestra de lluvias de la Zona, las funciones de Probabilidad anteriores, se determinó la función con mejor ajuste probabilístico, de esta forma se podrá extrapolar con dicha función, los valores de lluvias correspondientes a diferentes períodos de retorno.

Esos valores puntuales obtenidos a partir de los registros históricos de cada estación son representativos de sólo el sitio donde se ubica dicha Estación Climatológica, a continuación, se presenta el procedimiento para obtener los resultados adecuados a toda la cuenca.

4.2.1 Información climatológica

La zona de estudio cuenta con varias estaciones climatológicas, por lo que se ubicaron cada una de las que podrían tener incidencia en la zona de proyecto y se establecieron los polígonos de Thiessen con el objetivo de determinar la influencia de cada una de las estaciones seleccionadas.

NOMBRE	CLAVE	PERIODO DE REGISTRO		LATITUD	LONGITUD
TEPETIXTLA	12086	01/12/1962	31/10/2022	17.2166667	-100.11222
CARRERA LARGA	12016	01/03/1953	31/12/2021	17.0416667	-100.11667
LAGUNA DE COYUCA	12219	01/09/1981	31/05/2023	17.0072222	-100.0875
ACAPULCO DE JUAREZ (SMN)	12142	01/08/1972	30/04/2023	16.8663889	-99.905556
LA SABANA	12183	01/06/1978	31/05/2023	16.8880556	-99.861944
LAGUNA TRES PALOS	12223	01/12/1981	31/12/2022	16.8297222	-99.778333

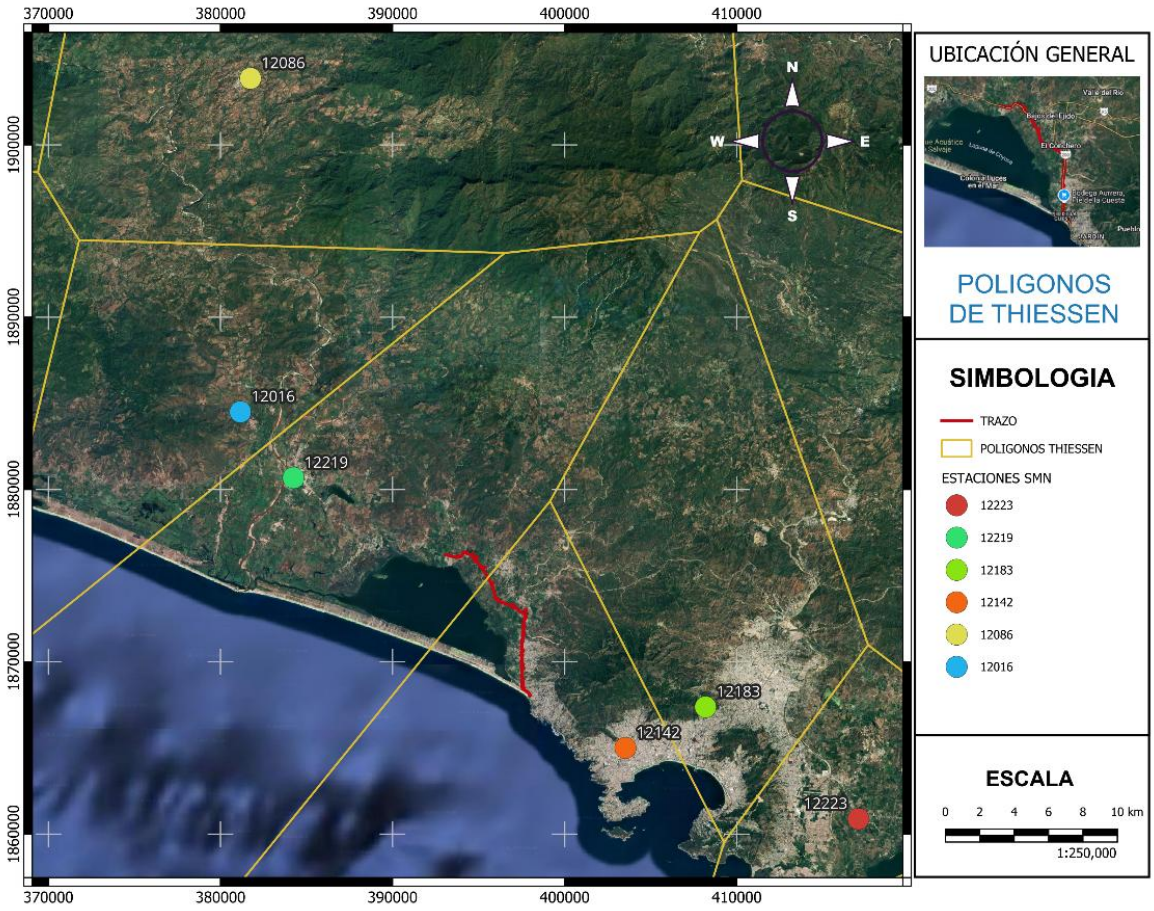


Imagen 11.- *Estaciones Climatologicas en el área de estudio.*

Como se puede observar en la siguiente imagen, al establecer los polígonos de Thiessen formados apartir de la ubicación de las estaciones climatológicas de la zona, se determina que la estación con influencia en la zona de estudio es: 12219 Coyuca de Benitez, la cual presenta datos desde 1981 hasta 2024.

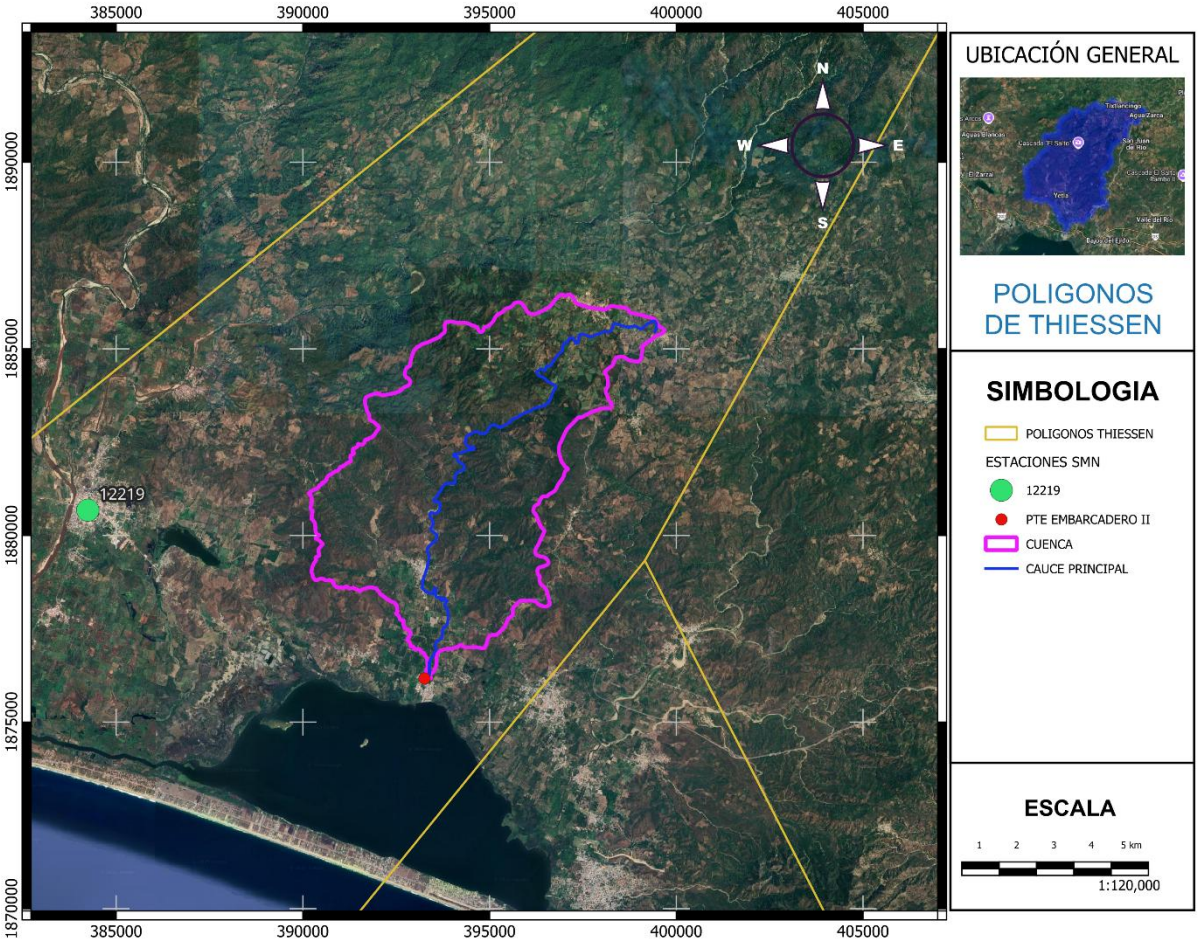


Imagen 12.- *Poligonos de Thiessen en el área de estudio.*

A continuación, se muestran los datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua, a través del Sistema Metereologico Nacional, mismos que corresponden a los registros de Precipitación Máxima en 24 horas

NOMBRE : LAGUNA DE COYUCA
ESTADO : GUERRERO
MUNICIPIO : COYUCA DE BENÍTEZ
SITUACIÓN : OPERANDO
CLAVE: 12219
LATITUD : 17.00722222 °
LONGITUD : -100.0875 °
ALTITUD : 40 msnm

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MAXIMAS	DATOS
1981									10.5	105.7	8.8	0	105.7	100
1982	0	0	0	0	33.5	70.1	42.5	20	100	19.5	0	0	100	89
1983	3	0	0	0	0	89	82	43.5	42	70	2.5	4.5	89	280
1984	33.5	0	0	0	2.5	60	89.5	62.5	280	8	2.5	0	280	97
1985	6.5	0	0	0	0	98	67.5						98	77
1986	0	0	0	14	13	59	60	97	87	39.5	10	2	97	120
1987	0	2.5	16	2.5	25	67	40	65	31	3.5	77	0	77	157
1988	0	0	0	0	0	63.5	60	120	47	6	0	0	120	125
1989	0	0	0	0	0	80	52	78.5	157	20	1.5	0.4	157	62
1990	0	0	0	0	0	60	50	125	30	10	0	0	125	101.5
1991	0	0	0	0	0	53	62	19	52	35.5	20.2	21.5	62	141.5
1992	51	35	0	0.01	0.01	25	51.5	78	101.5	58	8.5	17.5	101.5	75
1993	0	0	0	0	0	141.5	101	35.5	60	21	1.5	0	141.5	138.5
1994	0	0	0	0	20.5	60	75	25	32.5	27	4.5	0	75	175
1995	0	8	0	2	17	32	52.5	138.5	60	67	3.5	28	138.5	342.5
1996	0	0	0	0	6	175	40	95	112.5	100	2	0	175	71.5
1997	0	0	0	0	42	50	14	17	93.5	342.5	23.5	8.5	342.5	180.5
1998	0	0	0	0	0	49.5	61	54.5	71.5	45	0.01	0	71.5	114.5
1999	0	0	0	0	0	180.5	54.5	60	90	38	45	0	180.5	83.5
2000	0												0	124
2001							76.5	40	53	0	0	15	76.5	80.5
2002	10.5	0	0	0	7	60.4	10	14.5	114.5	30.5	0	0	114.5	120.7
2003	0	0	0	0	0	67	20	40.5	83.5	18.4	0	0	83.5	84
2004	30	0	0	0	85.5	37	80	40	124	44	0	0	124	145.3
2005	10	0	0	0	0	22	80.4	60.8	80.5	80.5	0		80.5	105.3
2006			0	0	0	120	110	120.7	80.5	74.5	16.5	0	120.7	170.2
2007	0	0	0	0	15.5	70.7	20	84	20	22	0	0	84	125.2
2008	0	0	0	0	17	80	60.4	70.4	60.3	145.3	0	0	145.3	140.3
2009	0	0	0	0	5.5	105.3	85.2	90.2	85.2	60.2	0	0	105.3	90.2
2010	70.2	70.2	0	0	0	65	80.2	170.2	95.3	0	0	0	170.2	125
2011	0	0	0	0	10.2	125.2	110.2		75	110.2	0	0	125.2	90.3
2012	0	0	0	0	3	140.3	10.2	80.3	50.2	55.2	0	0	140.3	150
2013	10	0	0	0	0	25	65.3	15.2	30.2	90.2	10	0	90.2	85.2
2014	0	0	0	0	110.8	125	15.2	110	80	90	60	30	125	86
2015	0	0	15	0	15	65.2	60.3	40.3	90.3	50.2	50.3	0	90.3	120
2016	0	0	75	0	0	40.3	70	150	110	30.2	20.2	0	150	180.3
2017	0	0	0	0	70	60.3	85.2	65.2	60.2	50	0	0	85.2	110
2018	0	0	0	0	23.2	86	30	34	60.2	53	35	0	86	180
2019	0.6	6	0	0	15	120	40	80	72	50	45	0	120	80
2020	0	0	0	0	0	55	65	180.3	35	5	0	0	180.3	
2021	0	0	0	0	0	70	75	110	80	40	0	0	110	
2022	0	0	0	0	25	120	40	50	180	60	10	0	180	
2023	0	0	0	0	0								0	
2024	0	0	0	0		40	55	75	40	80	0		80	

Asignación del periodo de retorno a los datos

El periodo de retorno se define como el número de años en que un evento puede ser igualado o excedido en promedio y a la larga. También es conocido intervalo de recurrencia.

Si se tienen n datos de una muestra de series máximas anuales, para asignar un periodo de retorno a cada evento se suele utilizar la fórmula de Weibull (Gumbel, 1985).

$$Tr = \frac{n+1}{m}$$

En donde

m número de orden del gasto máximo anual, en una lista de mayor a menor.

n años de registro, igual al número de gastos máximos anuales.

Tm periodo de retorno correspondiente, en años.

El periodo de retorno está asociado con la probabilidad de que un evento sea igualado o excedido en un año dado mediante la ecuación:

$$\boldsymbol{Tr = \frac{1}{P}}$$

Como el valor de la *fda* es la probabilidad de que una variable X tome un valor menor o igual a x, es decir $F(x) = P(X \leq x)$F(x), el, periodo de retorno se define en función de la *fda* como:

$$\boldsymbol{Tr = \frac{1}{1 - F(x)}}$$

Prueba de Homogeneidad

Las características estadísticas de las series hidrológicas, como la media, la desviación estándar y los coeficientes de correlación serial, se afectan cuando la serie presenta tendencia en la media o varianza, o cuando ocurren saltos negativos o positivos; tales anomalías son producidas por la pérdida de la homogeneidad o la inconsistencia.

La falta de homogeneidad es en general producida por actividades humanas, tales como la deforestación, apertura de nuevas áreas de cultivo, rectificación de cauces, construcción de embalses y reforestación. Las pruebas estadísticas que miden la homogeneidad de una serie de datos parten de una hipótesis nula y usan una regla para aceptarla o rechazarla. Se enlistan las siguientes:

- Método de Helmert
- Método de T de Student
- Método de Cramer

Independencia de Eventos

Para poder realizar el análisis de frecuencias se requiere que la muestra x_i de la serie de datos esté compuesta por variables aleatorias, es decir, los elementos de la muestra deben ser independientes entre sí. Para probarlo se puede aplicar la prueba de independencia de

Anderson, la cual hace uso del coeficiente de autocorrelación serial r_k para diferentes tiempos de retraso k

La expresión para obtener el coeficiente de autocorrelación serial de retraso k es:

$$r_k = \frac{\sum_{i=1}^{n-k}(x_i - \bar{x})(x_{i+k} - \bar{x})}{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}, \text{ para } r_0 = 1 \text{ y } k = 1,2,\ldots,\frac{n}{3}$$

Demás, los límites al 95% (o 5% del nivel de significancia) de confianza para r_k se puede obtener como γ_k

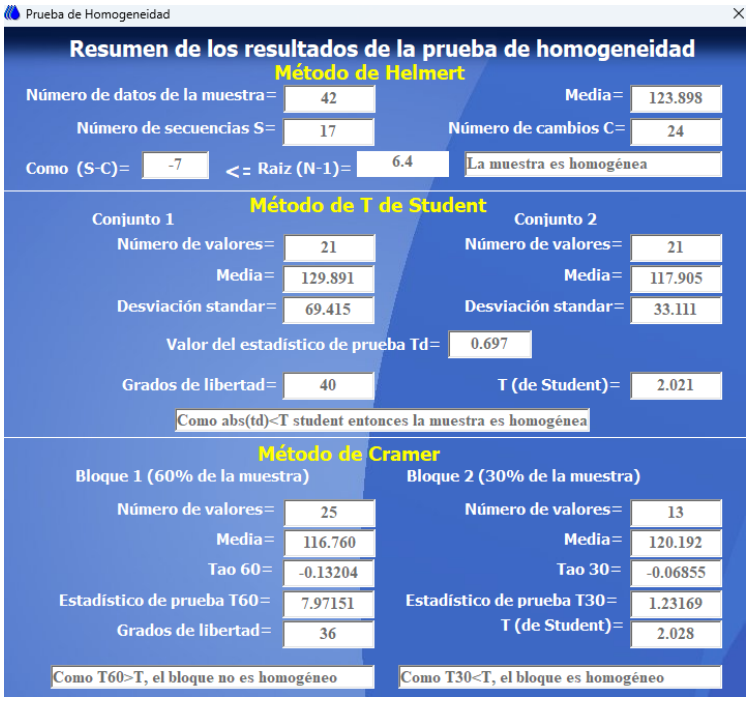
$$r_k(95\%) = \frac{-1 \pm 1.96\sqrt{n-k-1}}{n-k}$$

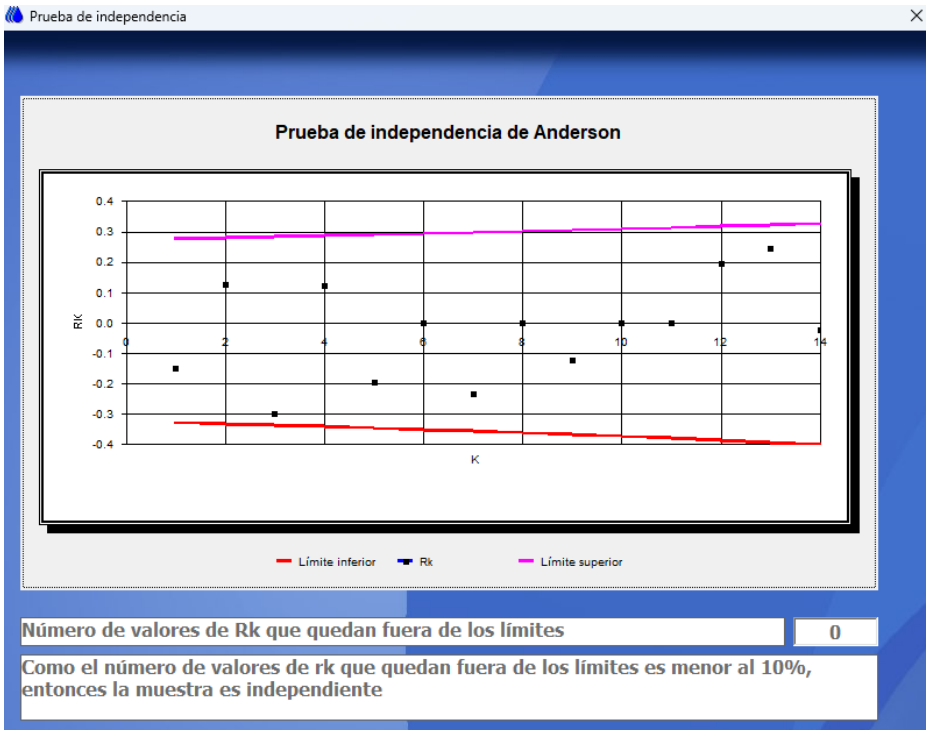
La gráfica de los valores estimados para (ordenadas) contra los tiempos de retraso k (abcisas), junto con sus correspondientes límites de confianza, se llama correlograma de la muestra.

Si sólo el 10% de los valores de r_k sobrepasan los límites de confianza se dice que la serie es independiente.

Análisis de Pruebas de homogeneidad e independenciacon los de Registros de lluvia máxima en 24 horas con el programa de Análisis de Frecuencias AFA V 1.1

Estación 12219





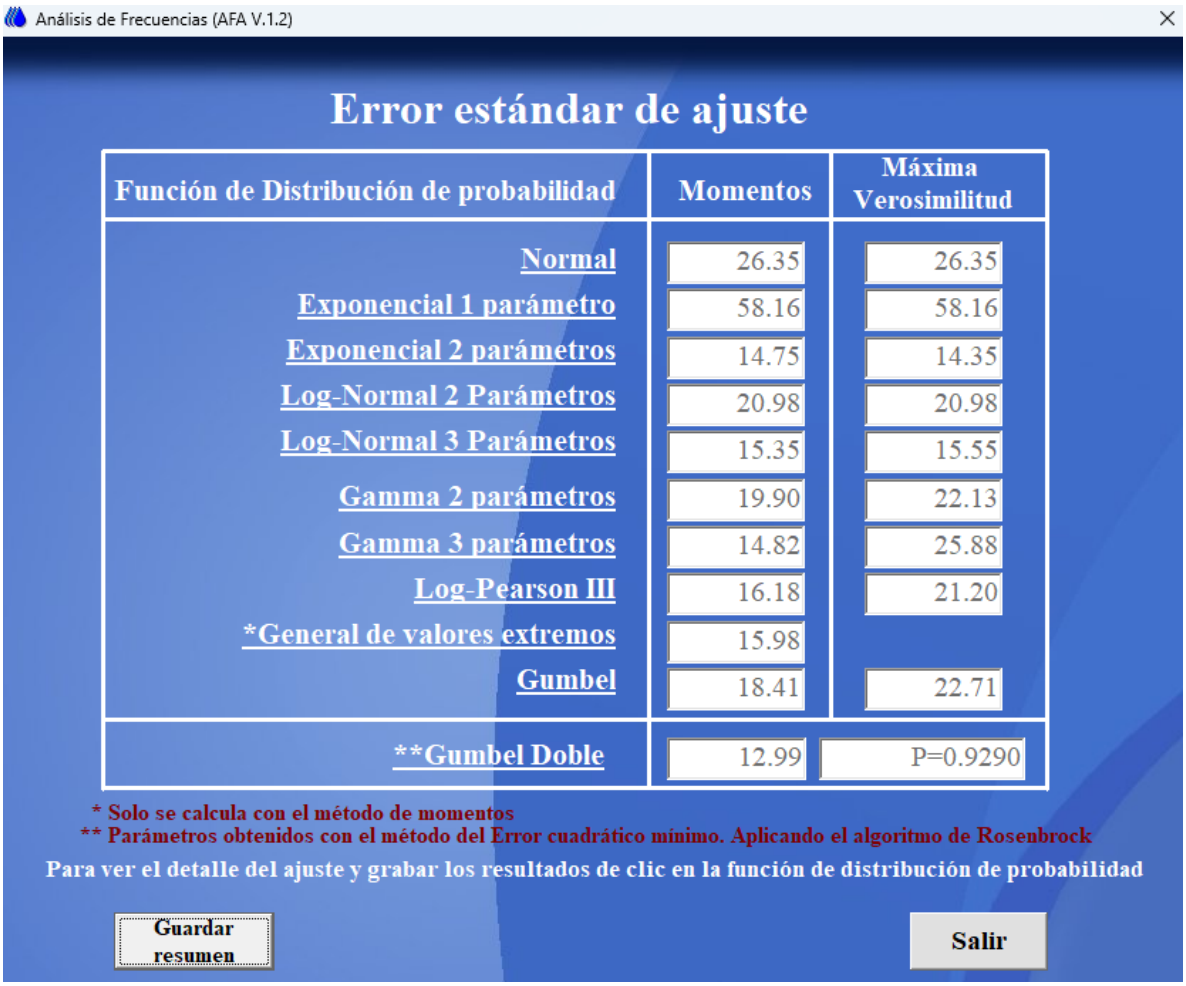
Análisis de frecuencia de Registros de lluvia máxima en 24 horas con el programa de Análisis de Frecuencias AFA V 1.1

Para los registros de gastos máximos de la estaciónes se realizará un análisis estadístico de los datos históricos con el fin de encontrar la distribución de frecuencia que mejor se adapte a los datos, para después encontrar los gastos máximos para los periodos de retorno considerados.

Las distribuciones de frecuencias más comunes a utilizar se presentan a continuación.

Para el ajuste de los datos de gastos máximos se utilizó el software AFA que involucra diversas funciones de distribución algunas como son: Normal, Exponencial, Log normal, Gumbel, Exponencial, Gamma, LogPearson III y doble Gumbel.

Estación 12219



Análisis de Frecuencias (AFA V.1.2)

DISTRIBUCIÓN GUMBEL DOBLE

========== DATOS ESTADÍSTICOS ==========

NÚMERO DE DATOS: 42

POBLACIÓN 1

MEDIA: 267.667

DESVIACIÓN ESTÁNDAR: 81.701

POBLACIÓN 2

MEDIA: 112.839

DESVIACIÓN ESTÁNDAR: 32.312

OPTIMIZACIÓN DE PROBABILIDAD (P)

PARÁMETROS:

MÉTODO DE ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO

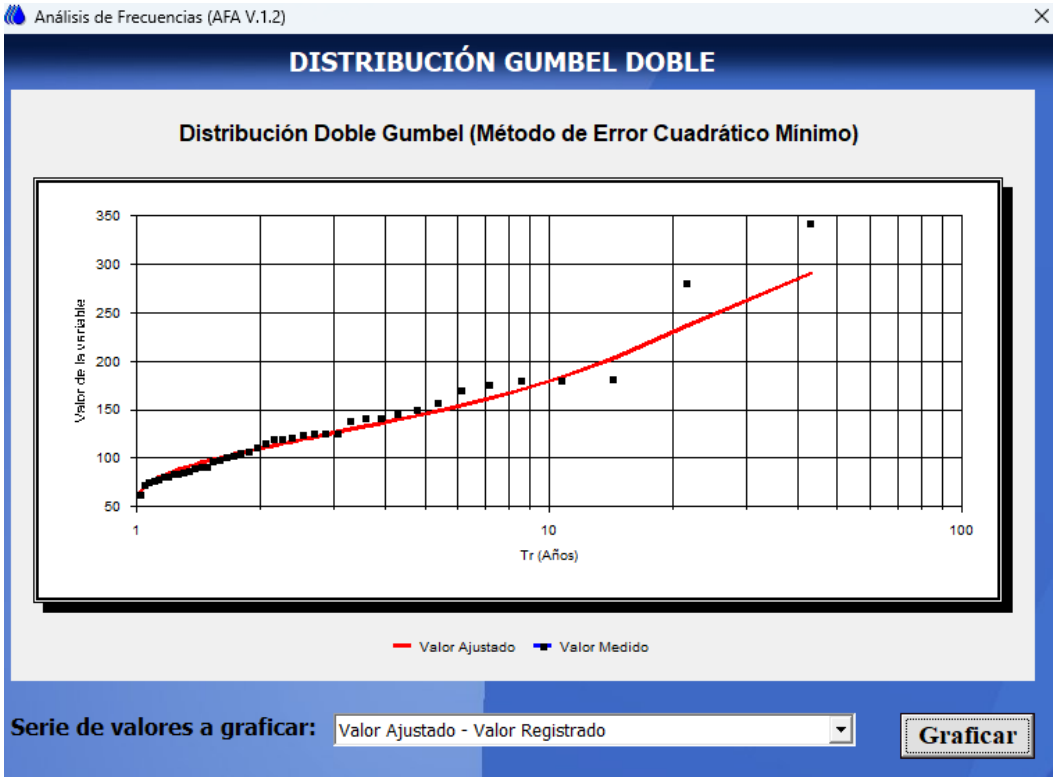
P	0.929
ALFA 1	25.194
BETA 1	98.297
ALFA 2	63.702
BETA 2	230.898
ERROR ESTANDAR DE AJUSTE	12.99

No. Orden	Tr (años)	F (x)	Valor Registrado	Valor Ajustado
1	43	0.9767	342.5	291.264
2	21.5	0.9535	280	236.361
3	14.333	0.9302	180.5	203.652
4	10.75	0.907	180.3	183.745
5	8.6	0.8837	180	170.848
6	7.167	0.8605	175	161.651
7	6.143	0.8372	170.2	154.575
8	5.375	0.814	157	148.835
9	4.778	0.7907	150	144.001
10	4.3	0.7674	145.3	139.813
11	3.909	0.7442	141.5	136.107
12	3.583	0.7209	140.3	132.774
13	3.308	0.6977	138.5	129.735

Tr (años)	Valor Extrapolado
1.2	84.66
2	110.353
5	145.845
10	179.337
20	230.371
50	302.431
75	331.404
100	351.269
200	397.694
300	424.268
400	442.964
500	457.403
600	469.163

Graficar

Regresar



Corrección por intervalo fijo de observación

Se realizó la corrección al valor de las lluvias máximas diarias para adecuar la lámina, lo mejor posible al valor real. L.L. Weiss, en base a estudio de miles de estaciones-año datos de lluvia, encontró que los resultados de un análisis probabilístico llevado a cabo con lluvias máximas anuales tomadas en un único y fijo intervalo de observación, para cualquier duración comprendida entre 1 y 24 horas, al ser incrementados en un 13 %, conducían a magnitudes más aproximadas a las obtenidas en el análisis de lluvias máximas verdaderas.

De acuerdo a lo anterior, el valor representativo adoptado para cada cuenca deberá ser multiplicado por 1.13, para ajustarlo por intervalo fijo y único de observación, pues los registros de lluvias diarias se toman de 8 AM de un día a 8 AM del día siguiente. Finalmente, el valor de corrección que deberá efectuarse a las lluvias es el resultado de multiplicar el factor de corrección por intervalo fijo de observación, quedando:

Evento de diseño	
T (años)	P (mm)
2	124.70
5	164.80
10	202.65
25	281.12
50	341.74
75	374.48
100	396.93
500	516.86
1000	567.26

4.3 CURVA I-D-Tr A PARTIR DE LA FORMULA CHENG LUNG CHEN

Para elaborar las Curvas I – D – Tr, necesarias para la determinación del gasto de diseño de las corrientes de agua que cruzan la zona en estudio, se aplicó la formula empírica propuesta por Cheng (1983), la cual utiliza las tres alturas de lluvia siguientes que de acuerdo al autor, describen adecuadamente su variación geográfica en la zona en estudio en términos de la relación altura-duración (R_1^T/R_{24}^T) para cualquier periodo de retorno T, y de la relación altura – periodo de retorno (R_d^{100}/R_d^{10}) para cualquier duración d.

Altura de lluvia R, para una duración de una hora y periodo de retorno de 10 años (R_1^{10}), altura de lluvia para 24 horas asociada a un periodo de retorno de 10 años (R_{24}^{10}) y altura de lluvia en una hora y periodo de retorno de 100 años (R_1^{100}).

Metodología utilizada para obtener las curvas I–D–Tr a partir de la información de pluviómetros, lluvia en 24 horas.

- Se Identificó y recopiló la información de lluvia en 24 horas de las estaciones pluviométricas representativas de la precipitación en la zona en estudio.

- Se consideró como datos las precipitaciones ocurridas en 24 horas con sus respectivos periodos de retorno, calculados estadísticamente cuyos resultados se presentan en el inciso "Distribuciones de Probabilidad" de la presente memoria.

Ecuación de Cheng

$$P_t^{Tr} = \frac{aP_1^{10}\, log(10^{2-F} * Tr^{F-1})t}{60(t+b)^c}$$

"La lluvia con duración de una hora y un periodo de retorno de dos años o más, se puede evaluar con una relación a la de 24 horas con igual periodo de retorno, denominada cociente lluvia/duración (R). Este cociente se calcula con la fórmula:

$$R = \frac{P_1^{Tr}}{P_{24}^{Tr}}$$

Donde:

P_1^{Tr} y P_{24}^{Tr} corresponden respectivamente a la lluvia de una hora y 24 horas con periodo de retorno (Tr) de dos o más años.

La metodología requiere también del cálculo del cociente lluvia/periodo de retorno

$$X = \frac{P_t^{100}}{P_t^{10}}$$

P_t^{100} P_t^{10} son la lluvia de 24 horas y periodo de retorno de 100 años y 10 años, respectivamente.

Con el valor promedio de los cocientes *R* (R_{prom}), se obtuvieron los parámetros *a, b y c* que se han expresado en forma de ecuaciones de regresión polinomial. Las siguientes expresiones que son válidas para el intervalo $0.20 \leq R \leq 0.70$.

$$a = 21.03453 - 186.4683R + 825.4915R^2 - 1084.846R^3 + 524.06R^4$$

$$b = 3.487775 - 68.13976R + 389.4625R^2 - 612.4041R^3 + 315.8721R^4$$

$$c = 0.2677553 + 0.9481759R + 2.109415R^2 - 4.827012R^3 + 2.459584R^4$$

a, b y c son parámetros regionales que depende del cociente (R).

En la figura siguiente, se muestran, para el caso de la República Mexicana, los valores del factor R, agrupados en 3 clases: $R < 0.37$; $0.37 < R < 0.55$, y $R > 0.55$, siendo el primer caso, el de la zona del Proyecto, Cuenca del puente: R = 0.3635

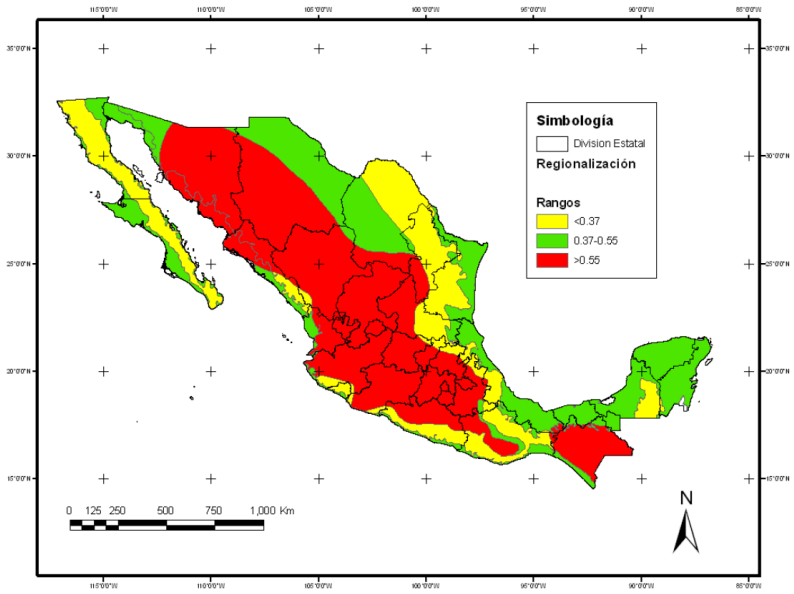


Imagen 13. Regionalización del factor de convectividad R.

CONSTANTES	VALORES
a	19.37
b	6.28
c	0.70
P10m	73.67

Tabla 2. Coeficientes para la ecuación de Chen

Duración	Tr, años					
min	5	10	50	100	500	1000
5	185.18	260.30	434.73	509.86	684.29	759.41
10	143.12	201.18	336.00	394.06	528.87	586.93
15	118.58	166.69	278.39	326.50	438.20	486.30
30	81.53	114.61	191.40	224.48	301.28	334.35
45	63.94	89.88	150.11	176.05	236.28	262.22
60	53.40	75.06	125.36	147.02	197.32	218.98
90	41.08	57.75	96.45	113.11	151.81	168.48
120	33.96	47.73	79.72	93.49	125.48	139.25
180	25.84	36.33	60.67	71.16	95.50	105.98
240	21.24	29.86	49.87	58.49	78.50	87.11
360	16.07	22.60	37.74	44.26	59.40	65.92
720	9.94	13.97	23.33	27.37	36.73	40.76
1440	6.13	8.61	14.38	16.87	22.64	25.13

Tabla 15. Intensidades de Lluvia para distintas duraciones y periodos de retorno

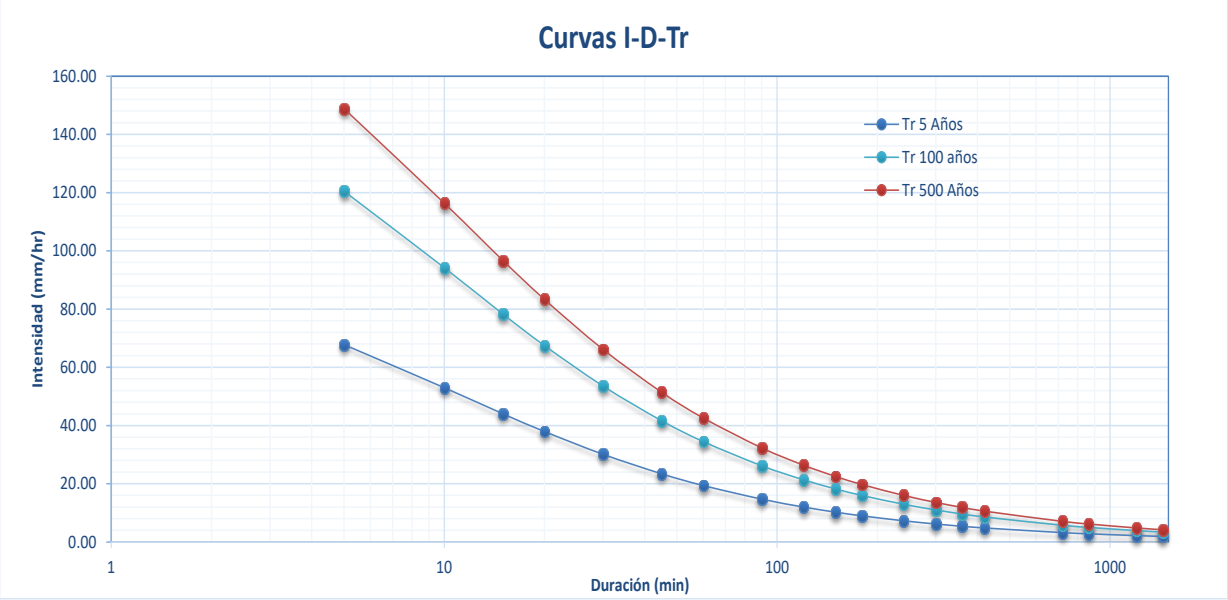


Imagen 14. Curvas I-d-Tr.

4.4 Periodo de Retorno

A partir del acuerdo establecido entre la SICT y la CONAGUA mediante el Oficio Núm. B00.7.-395 en el cual se establece el criterio para definir los periodos de retorno Tr que han de considerarse para el diseño de puentes carreteros que cruzan las corrientes de agua visualizadas en el Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas SIATL.

Puentes Carreteros para el paso de corrientes visualizadas en el simulador de flujos de agua de cuencas hidrográficas (SIATL).

A continuación, se presenta un extracto del contenido del Oficio Núm. B00.7.-395

Estructura	Tipo de viabilidad	Localización geográfica	Periodo de retorno Tr (años)
En caminos locales que comunican poblador de menos de 100,000 habitantes.	Carretera Estatal o municipal	1	25
		2	50
En caminos regionales que comunican poblados de más de 100,000 habitantes y hasta 500,000 habitantes.	Jurisdicción Federal ET. C. D	1	50
		2	100
En caminos primarios que comunican poblados de más de 500,000 habitantes.	Jurisdicción Federal ET. A. B	1	500
		2	1000
Cualquier tipo de camino localizado en una llanura de inundación en altiplanos o depresiones.		1	100
		2	500
Cualquier tipo de camino localizado en una llanura de inundación costera.		1	500
		2	1000

Nomenclatura (Clasificación conforme a la normativa de SCT y que son Jurisdicción Federal):

ET Ejes del Transporte. Cuyas características geométricas y estructurales permiten la operación de todos los vehículos autorizados con las máximas dimensiones, capacidad y peso.

A Carretera tipo A. Transito promedio diario anual de 1,500 a 3,000 vehículos, equivalente a un tránsito horario máximo anual de 180 a 360 vehículos. Se permite la operación de todos los vehículos excepto aquellos que por sus dimensiones y peso solo se permiten en las carreteras tipo ET.
B Carretera tipo B, red primaria. Transito promedio diario anual de 500 a 1500 equivalente a un tránsito horario máximo anual de 60 a 180 vehículos.
C Carretera tipo C, red secundaria. Transito promedio diario anual de 1,500 a 3,000 equivalente a un tránsito horario máximo anual de 180 a 360 vehículos.
D Carretera tipo D, red alimentadora. Transito promedio diario anual de 500 a 1,500 equivalente a un tránsito horario máximo anual de 60 a 180 vehículos.
1 zona de altiplano o Zona deshabitada.
2 zona costera o zona habitada.
Con base en el criterio establecido en el oficio arriba citado, se definió el periodo de retorno considerado como de diseño para este estudio de **Tr = 1000 años.**

4.5 Métodos lluvia - escurrimiento

METODO RACIONAL

El Método Racional es posiblemente el modelo más antiguo de la relación lluvia-escurrimiento. Su origen se remonta a 1851 ó 1889. Este modelo toma en cuenta, además del área de la cuenca, la altura o intensidad de la precipitación, y es hoy en día muy utilizado.
A pesar de estar basado este método en ciertas hipótesis que generalmente no se cumplen y que se apartan más de la realidad mientras mayor es el área de la cuenca considerada, su uso se ha extendido ampliamente en muchos países debido a su gran sencillez. En el sistema métrico la fórmula del método racional se puede escribir de la siguiente manera:

$$Qp = 0.278\ C\ I\ A$$

donde:
- Q_p = Gasto de pico, m^3/s.
- C = Coeficiente de escurrimiento, adimensional. Representa la relación entre el volumen escurrido y el llovido y depende de las características de la cuenca (Tabla 4).
- I = Intensidad de la lluvia para una duración igual al tiempode concentración, mm/hr.
- A = Área drenada, Km^2.
- 0.278 = Factor de homogeneidad de unidades.

METODO DE VEN TE CHOW

Este método considera que el gasto de pico del escurrimiento directo Qp de una cuenca puede calcularse como el producto de la altura de precipitación exceso Pe por el gasto de pico de un hidrograma unitario, qp o sea:

$Qp = qp\ Pe$

donde: Qp = Gasto de pico del hidrograma de escurrimiento directo, m3/s.
qp = Gasto de pico del hidrograma unitario, en m3/s por cm de precipitación en exceso para una duración de t horas.
Pe = Precipitación en exceso para la duración de tormenta seleccionada y el periodo de retorno establecido, cm.

Considerando una precipitación en exceso igual a 1 cm, con una duración de t horas sobre una cuenca de A Km2, el escurrimiento de equilibrio, o sea el escurrimiento producido por una precipitación de intensidad constante continuando indefinidamente, será igual a 2.78 A/t. La relación del gasto de pico del hidrograma unitario qp a 2.78 A/t, se define como el factor de reducción del pico, Z:

$$Z = \frac{q_p t}{2.78\ A}$$

donde: Z = Factor de reducción del pico, adimensional.
A = Área de la cuenca, Km2.
t = Duración total de la tormenta, horas.
qp = Gasto de pico del hidrograma unitario, en m3/s por cm de precipitación en exceso para una duración de t horas.

entonces:

$$\boldsymbol{q_p = \frac{2.78\ AZ}{t}}$$

Llamando X al cociente de $\boldsymbol{P_e}$

$$\boldsymbol{X = \frac{P_e}{t}}$$

donde: X = Factor de escurrimiento, cm/h..
P_e = Precipitación en exceso para la duración de tormenta seleccionada y el periodo de retorno establecido, cm.
t = Duración total de la tormenta, horas.

por tanto la ecuación para obtener el gasto queda:

$$\boldsymbol{Q_p} = 2.78\ \boldsymbol{A\ X\ Z}$$

donde: Q_p = Gasto de pico del hidrograma de escurrimiento directo m^3/s.
A = Área de la cuenca, Km2.
X = Factor de escurrimiento, cm/h..
Z = Factor de reducción del pico, adimensional.

2.78 = Factor de homogeneidad de unidades.

METODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO TRINAGULAR

Mockus desarrollo un hidrograma unitario sintético de forma triangular.

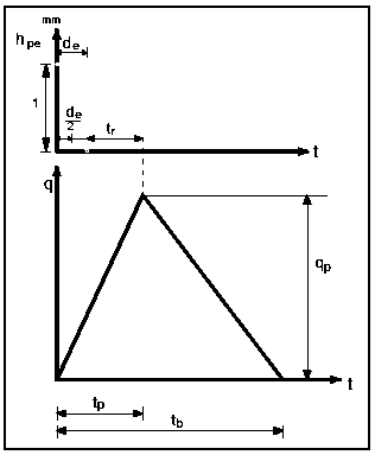


Figura 1. Hidrograma Unitario Triangular.

De la geometría del hidrograma unitario, se escribe el gasto de pico como:

$$\boldsymbol{q_p = \frac{0.555\ A}{t_b}} \qquad (1)$$

donde: A = Área de la cuenca, Km2
t_p = Tiempo de pico, h.
q_p = Gasto de pico, m3/s/mm.

Del análisis de varios hidrogramas, Mockus concluye que el tiempo base y el tiempo de pico t_p se relacionan mediante la expresión:

$t_b = 2.67\ t_p$ (2)

A su vez el tiempo de pico se expresa como:

$$t_p = \frac{de}{2} + tr \quad (3)$$

Donde d_e es la duración en exceso y t_r el tiempo de retraso, el cual se estima mediante el tiempo de concentración t_c.

$t_r = 0.6\ t_c$ (4)

Además, la duración en exceso con la que se tiene mayor gasto de pico, a falta de mejores datos, se puede calcular aproximadamente como:

$d_e = 2\sqrt{t_c}$ (5)

Para cuencas grandes, o bien $d_e = t_c$ para las pequeñas. Todos los tiempos y la duración en exceso en las fórmulas (84-2 a la 87-5) están en h. Sustituyendo (84-2 en 83-1) se obtiene:

$$q_p = \frac{0.208\ A}{t_p} \quad (6)$$

Donde (ecuaciones 3 a la 5): $t_p = \sqrt{t_c} + 0.6\ t_c$ (7)

Con las ecuaciones (2, 3 y 7) se calculan las características del hidrograma unitario triangular.

El hidrograma de escurrimiento directo Q_p se calcula multiplicando la altura de precipitación en exceso P_e en mm, por el gasto de pico del hidrograma unitario q_p.

Resumen de Gastos obtenidos

Una vez aplicados los modelos lluvia escurrimiento antes descritos, enseguida se presenta las tablas con los gastos obtenidos para los periodos de retorno de 5, 10, 50,100, 500 y 1000 años.

DURACIÓN minutos	METODO HIDROGRAMA TRIANGULAR					
	GASTO MÁXIMO (m^3/s)					
284.40	Tr= 5 años	Tr= 10 años	Tr= 50 años	Tr= 100 años	Tr= 500 años	Tr= 1000 años
	7.31	28.51	112.22	158.17	279.35	335.84

DURACIÓN minutos	METODO RACIONAL AMERICANO					
	GASTO MÁXIMO (m^3/s)					
284.40	Tr= 5 años	Tr= 10 años	Tr= 50 años	Tr= 100 años	Tr= 500 años	Tr= 1000 años
	104.36	146.69	244.99	287.34	385.64	427.98

DURACIÓN minutos	METODO DE CHOW					
	GASTO MÁXIMO (m^3/s)					
284.40	Tr= 5 años	Tr= 10 años	Tr= 50 años	Tr= 100 años	Tr= 500 años	Tr= 1000 años
	24.82	35.04	131.15	183.18	319.38	382.87

5.0 Gasto de diseño

- Se delimitó la cuenca en estudio hasta el cruce con el puente de 48.45 km^2.

- Con base el criterio establecido entre la SCT y la CONAGUA mediante el **Oficio Núm. B00.7.-395**, se definió un periodo de retorno Tr = 1000 años.

- Para cálculo de los gastos máximos en la cuenca de aportación, se aplicaron métodos que relacionan la lluvia escurrimiento (Racional, Ven Te Chow e Hidrograma Unitario Triangular).

- Con base en lo anterior, el método racional americano (MRA) proporciona resultados más confiables resultando un gasto de diseño de **335.84m^3/s** asociado a un periodo de retorno de 1000 años.

6.0 Anexos

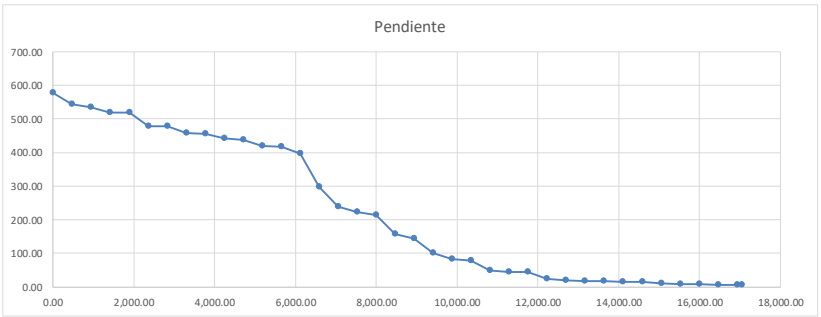
SECRETARÌA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES		
Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS, DIRECCIÒN EJECUTIVA DE PROYECTOS, DIRECCION TECNICA	[redacted]

CARRETERA:	MEX-200 SALINA CRUZ - ZIHUATANEJO
OBRA:	EMBARCADERO II

CÁLCULO DE LA PENDIENTE MEDIA POR EL MÉTODO DE TAYLOR-SCHWARTZ

TRAMO	LONGITUD Metros	ELEVACION	DESNIVEL H en metros	PENDIENTE s	RAIZ (s)	1/RAIZ (s)
0	0.00	577.00				
1	470.13	544.00	33.00	0.070	0.2649	1774.452
2	470.13	535.00	9.00	0.019	0.1384	3397.817
3	470.13	519.10	15.90	0.034	0.1839	2556.364
4	470.13	519.00	0.10	0.000	0.0146	32234.524
5	470.13	479.10	39.90	0.085	0.2913	1613.745
6	470.13	479.00	0.10	0.000	0.0146	32234.524
7	470.13	458.00	21.00	0.045	0.2114	2224.394
8	470.13	457.00	1.00	0.002	0.0461	10193.452
9	470.13	442.00	15.00	0.032	0.1786	2631.938
10	470.13	437.00	5.00	0.011	0.1031	4558.650
11	470.13	419.00	18.00	0.038	0.1957	2402.620
12	470.13	417.00	2.00	0.004	0.0652	7207.859
13	470.13	398.00	19.00	0.040	0.2010	2338.538
14	470.12	297.00	101.00	0.215	0.4635	1014.283
15	470.12	240.00	57.00	0.121	0.3482	1350.152
16	470.12	222.00	18.00	0.038	0.1957	2402.613
17	470.12	214.00	8.00	0.017	0.1304	3603.919
18	470.12	157.00	57.00	0.121	0.3482	1350.152
19	470.12	144.00	13.00	0.028	0.1663	2827.147
20	470.12	100.00	44.00	0.094	0.3059	1536.716
21	470.12	84.00	16.00	0.034	0.1845	2548.356
22	470.12	78.00	6.00	0.013	0.1130	4161.447
23	470.12	50.00	28.00	0.060	0.2440	1926.376
24	470.12	45.00	5.00	0.011	0.1031	4558.637
25	470.12	44.00	1.00	0.002	0.0461	10193.422
26	470.12	24.71	19.29	0.041	0.2026	2320.886
27	470.12	20.68	4.03	0.009	0.0926	5077.705
28	470.12	17.43	3.25	0.007	0.0831	5654.293
29	470.12	16.53	0.90	0.002	0.0438	10744.810
30	470.12	16.14	0.39	0.001	0.0288	16322.539
31	470.12	15.64	0.50	0.001	0.0326	14415.676
32	470.12	9.78	5.86	0.012	0.1116	4210.864
33	470.12	9.16	0.62	0.001	0.0363	12945.659
34	470.12	8.91	0.25	0.001	0.0231	20386.844
35	470.12	6.34	2.57	0.005	0.0739	6358.482
36	470.12	5.73	0.61	0.001	0.0360	13051.340
37	113.71	5.29	0.44	0.004	0.0622	1827.981
	17038.22				**suma**	**256159.17**

Longitud = 17,038.22 metros
S media por Taylor-Schwartz = 0.0044 decimales



Gobierno de México | Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTE** **Dirección General de Carreteras** **Dirección Ejecutiva de Proyectos** **Dirección Técnica**
"ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 ACAPULCO – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO.	**ESTUDIO HIDROLOGICO**

SECRETARÌA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**DIRECCIÒN GENERAL DE CARRETERAS, DIRECCIÒN EJECUTIVA DE PROYECTOS, DIRECCION TECNICA**	[redacted]

CARRETERA: MEX-200 SALINA CRUZ - ZIHUATANEJO

OBRA: EMBARCADERO II

CÁLCULO DE LA LLUVIA EN EXCESO Y EL COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO "c"

Fórmula: $Pe=(P-508/N+5.08)^2/P+2032/N-20.32$

$c = Pe/p$

Tr= 5 años

Duración minutos	horas	i mm/hr	p mm	N				Pe mm	c
284.40	4.74	19.32	91.58	46.94	34.15	1,166.46	321.27	3.63	0.040

Tr= 10 años

Duración minutos	horas	i mm/hr	p mm	N				Pe mm	c
261.34	4.36	27.16	118.30	46.94	60.88	3,705.97	347.99	10.65	0.090

Tr= 50 años

Duración minutos	horas	i mm/hr	p mm	N				Pe mm	c
261.34	4.36	45.36	197.57	46.94	140.15	19,641.96	427.27	45.97	0.233

Tr= 100 años

Duración minutos	horas	i mm/hr	p mm	N				Pe mm	c
261.34	4.36	53.20	231.72	46.94	174.30	30,379.86	461.41	65.84	0.284

Tr= 500 años

Duración minutos	horas	i mm/hr	p mm	N				Pe mm	c
261.34	4.36	71.40	310.99	46.94	253.57	64,298.42	540.69	118.92	0.382

Tr= 1000 años

Duración minutos	horas	i mm/hr	p mm	N				Pe mm	c
261.34	4.36	79.24	345.14	46.94	287.72	82,782.66	574.84	144.01	0.417

Gobierno de México | Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTE** **Dirección General de Carreteras** **Dirección Ejecutiva de Proyectos** **Dirección Técnica**
"ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 ACAPULCO – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO.	**ESTUDIO HIDROLOGICO**

SECRETARÌA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes

DIRECCIÒN GENERAL DE CARRETERAS, DIRECCIÒN EJECUTIVA DE PROYECTOS, DIRECCION TECNICA

[redacted]

CARRETERA: MEX-200 SALINA CRUZ - ZIHUATANEJO

COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO PARA DISTINTOS PERIODOS DE RETORNO

Tr (Años)	hpd (mm)	hpe (mm)	Ce
5	16.48	2.92	0.18
10	20.26	4.88	0.24
50	34.17	14.14	0.41
100	39.69	18.39	0.46
500	51.69	28.27	0.55
1000	56.73	32.61	0.57

SECRETARÌA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes

DIRECCIÒN GENERAL DE CARRETERAS, DIRECCIÒN EJECUTIVA DE PROYECTOS, DIRECCION TECNICA

[redacted]

CARRETERA: MEX-200 SALINA CRUZ - ZIHUATANEJO

OBRA: EMBARCADERO II

FÓRMULA **Q = C i A * 2.778** Area= 48.45 km²

Tr= 5 años			Tr= 10 años		
c=	0.18		c=	0.24	
i=	19.32	mm	i=	27.16	mm
A=	4,845.00	ha.	A=	4,845.00	ha.
Q=	**46.11**	**(m^3/s)**	**Q=**	**88.09**	**(m^3/s)**

Tr= 50 años			Tr= 100 años		
c=	0.41		c=	0.46	
i=	45.36	mm	i=	53.20	mm
A=	4,845.00	ha.	A=	4,845.00	ha.
Q=	**252.79**	**(m^3/s)**	**Q=**	**331.98**	**(m^3/s)**

Tr= 500 años			Tr= 1000 años		
c=	0.55		c=	0.57	
i=	71.40	mm	i=	79.24	mm
A=	4,845.00	ha.	A=	4,845.00	ha.
Q=	**526.01**	**(m^3/s)**	**Q=**	**613.56**	**(m^3/s)**

Gobierno de México | Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTE** **Dirección General de Carreteras** **Dirección Ejecutiva de Proyectos** **Dirección Técnica**
"ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 ACAPULCO – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO.	**ESTUDIO HIDROLOGICO**

Con "c" ponderado

FÓRMULA **Q = C i A * 2.778** Area= 48.45 km²

Tr= 5 años			**Tr= 10 años**		
c=	0.401		c=	0.401	
i=	19.32	mm	i=	27.16	mm
A=	4,845.00	ha.	A=	4,845.00	ha.
Q=	**104.35**	**(m^3/s)**	**Q=**	**146.69**	**(m^3/s)**

Tr= 50 años			**Tr= 100 años**		
c=	0.401		c=	0.401	
i=	45.36	mm	i=	53.20	mm
A=	4,845.00	ha.	A=	4,845.00	ha.
Q=	**244.99**	**(m^3/s)**	**Q=**	**287.34**	**(m^3/s)**

Tr= 500 años			**Tr= 1000 años**		
c=	0.401		c=	0.401	
i=	71.40	mm	i=	79.24	mm
A=	4,845.00	ha.	A=	4,845.00	ha.
Q=	**385.64**	**(m^3/s)**	**Q=**	**427.98**	**(m^3/s)**

Gobierno de México | Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTE** **Dirección General de Carreteras** **Dirección Ejecutiva de Proyectos** **Dirección Técnica**
"ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 ACAPULCO – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO.	**ESTUDIO HIDROLOGICO**

SECRETARÌA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**DIRECCIÒN GENERAL DE CARRETERAS, DIRECCIÒN EJECUTIVA DE PROYECTOS, DIRECCION TECNICA**	[redacted]

CARRETERA : MEX-200 SALINA CRUZ - ZIHUATANEJO

OBRA: EMBARCADERO II

MÉTODO DE VEN TE CHOW

$Qp = (0.278\ A*Pe*Z/\ de)*60$

Área : 48.4500 Km2 **Tc :** 284.40 minutos **N :** 46.94 **tr :** 170.6 minutos

PERIODO DE RETORNO (Tr) : 5 Años

de (min)	de (hr)	I (mm)	I (cm)	HP (cm)	HE (cm)	X	Tp (mm)	de/tr	Z1	Qp m3/seg.
5	0.08	185.18	18.52	1.54	0.72	8.63	3.35	0.02	0.02	24.82
10	0.17	143.12	14.31	2.39	0.44	2.67	3.35	0.05	0.04	14.46
30	0.50	81.53	8.15	4.08	0.10	0.21	3.35	0.15	0.12	3.20
45	0.75	63.94	6.39	4.80	0.03	0.04	3.35	0.22	0.17	1.00
60	1.00	53.40	5.34	5.34	0.01	0.01	3.35	0.30	0.23	0.18
90	1.50	41.08	4.11	6.16	0.01	0.00	3.35	0.45	0.34	0.19
120	2.00	33.96	3.40	6.79	0.04	0.02	3.35	0.60	0.44	1.10
240	4.00	21.24	2.12	8.50	0.24	0.06	3.35	1.19	0.74	6.00
360	6.00	16.07	1.61	9.64	0.47	0.08	3.35	1.79	0.93	9.77

24.82

PERIODO DE RETORNO (Tr) : 10 Años

de (min)	de (hr)	I (mm)	I (cm)	HP (cm)	HE (cm)	X	Tp (mm)	de/tr	Z1	Qp m3/seg.
5	0.08	260.30	26.03	2.17	0.51	6.09	3.35	0.02	0.02	17.53
10	0.17	201.18	20.12	3.35	0.22	1.30	3.35	0.05	0.04	7.05
30	0.50	114.61	11.46	5.73	0.00	0.00	3.35	0.15	0.12	0.00
45	0.75	89.88	8.99	6.74	0.03	0.04	3.35	0.22	0.17	1.04
60	1.00	75.06	7.51	7.51	0.10	0.10	3.35	0.30	0.23	3.15
90	1.50	57.75	5.78	8.66	0.27	0.18	3.35	0.45	0.34	8.29
120	2.00	47.73	4.77	9.55	0.44	0.22	3.35	0.60	0.44	13.17
240	4.00	29.86	2.99	11.94	1.10	0.28	3.35	1.19	0.74	27.44
360	6.00	22.60	2.26	13.56	1.67	0.28	3.35	1.79	0.93	35.04

35.04

PERIODO DE RETORNO (Tr) : 50 Años

de (min)	de (hr)	I (mm)	I (cm)	HP (cm)	HE (cm)	X	Tp (mm)	de/tr	Z1	Qp m3/seg.
5	0.08	434.73	43.47	3.62	0.17	2.03	3.35	0.02	0.02	5.83
10	0.17	336.00	33.60	5.60	0.00	0.00	3.35	0.05	0.04	0.02
30	0.50	191.40	19.14	9.57	0.45	0.90	3.35	0.15	0.12	14.05
45	0.75	150.11	15.01	11.26	0.89	1.19	3.35	0.22	0.17	27.54
60	1.00	125.36	12.54	12.54	1.30	1.30	3.35	0.30	0.23	40.14
90	1.50	96.45	9.65	14.47	2.03	1.36	3.35	0.45	0.34	62.57
120	2.00	79.72	7.97	15.94	2.67	1.34	3.35	0.60	0.44	79.16
240	4.00	49.87	4.99	19.95	4.70	1.18	3.35	1.19	0.74	117.12
360	6.00	37.74	3.77	22.64	6.26	1.04	3.35	1.79	0.93	131.15

131.15

PERIODO DE RETORNO (Tr) : 100 Años

de (min)	de (hr)	I (mm)	I (cm)	HP (cm)	HE (cm)	X	Tp (mm)	de/tr	Z1	Qp m3/seg.
5	0.08	509.86	50.99	4.25	0.08	0.98	3.35	0.02	0.02	2.83
10	0.17	394.06	39.41	6.57	0.02	0.14	3.35	0.05	0.04	0.75
30	0.50	224.48	22.45	11.22	0.88	1.76	3.35	0.15	0.12	27.42
45	0.75	176.05	17.61	13.20	1.54	2.05	3.35	0.22	0.17	47.69
60	1.00	147.02	14.70	14.70	2.13	2.13	3.35	0.30	0.23	65.80
90	1.50	113.11	11.31	16.97	3.15	2.10	3.35	0.45	0.34	97.06
120	2.00	93.49	9.35	18.70	4.03	2.01	3.35	0.60	0.44	119.22
240	4.00	58.49	5.85	23.40	6.72	1.68	3.35	1.19	0.74	167.42
360	6.00	44.26	4.43	26.56	8.75	1.46	3.35	1.79	0.93	183.18

183.18

PERIODO DE RETORNO (Tr) : 500 Años

de (min)	de (hr)	I (mm)	I (cm)	HP (cm)	HE (cm)	X	Tp (mm)	de/tr	Z1	Qp m3/seg.
5	0.08	684.29	68.43	5.70	0.00	0.00	3.35	0.02	0.02	0.00
10	0.17	528.87	52.89	8.81	0.30	1.78	3.35	0.05	0.04	9.66
30	0.50	301.28	30.13	15.06	2.28	4.57	3.35	0.15	0.12	71.30
45	0.75	236.28	23.63	17.72	3.53	4.70	3.35	0.22	0.17	109.27
60	1.00	197.32	19.73	19.73	4.58	4.58	3.35	0.30	0.23	141.52
90	1.50	151.81	15.18	22.77	6.34	4.23	3.35	0.45	0.34	195.06
120	2.00	125.48	12.55	25.10	7.79	3.90	3.35	0.60	0.44	230.64
240	4.00	78.50	7.85	31.40	12.11	3.03	3.35	1.19	0.74	301.59
360	6.00	59.40	5.94	35.64	15.25	2.54	3.35	1.79	0.93	319.38

319.38

PERIODO DE RETORNO (Tr) : 1000 Años

de (min)	de (hr)	I (mm)	I (cm)	HP (cm)	HE (cm)	X	Tp (mm)	de/tr	Z1	Qp m3/seg.
5	0.08	759.41	75.94	6.33	0.01	0.14	3.35	0.02	0.02	0.40
10	0.17	586.93	58.69	9.78	0.50	2.99	3.35	0.05	0.04	16.21
30	0.50	334.35	33.44	16.72	3.04	6.07	3.35	0.15	0.12	94.72
45	0.75	262.22	26.22	19.67	4.55	6.06	3.35	0.22	0.17	140.91
60	1.00	218.98	21.90	21.90	5.82	5.82	3.35	0.30	0.23	179.62
90	1.50	168.48	16.85	25.27	7.91	5.27	3.35	0.45	0.34	243.25
120	2.00	139.25	13.93	27.85	9.62	4.81	3.35	0.60	0.44	284.64
240	4.00	87.11	8.71	34.84	14.65	3.66	3.35	1.19	0.74	364.87
360	6.00	65.92	6.59	39.55	18.28	3.05	3.35	1.79	0.93	382.87

382.87

Gobierno de México | Comunicaciones, Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTE** **Dirección General de Carreteras** **Dirección Ejecutiva de Proyectos** **Dirección Técnica**
"ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 ACAPULCO – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO.	**ESTUDIO HIDROLOGICO**

SECRETARÌA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES		
Comunicaciones, Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**DIRECCIÒN GENERAL DE CARRETERAS, DIRECCIÒN EJECUTIVA DE PROYECTOS, DIRECCION TECNICA**	[redacted]

CARRETERA :	**MEX-200 SALINA CRUZ - ZIHUATANEJO**
OBRA:	**EMBARCADERO II**

DETERMINACIÓN DEL GASTO MÁXIMO PROBABLE

MÉTODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR

Fórmula: $q_p = 0.208AP/0.5d+0.6Tc$ donde: qp = gasto pico en m^3/seg

$q_e = c * q_p$ donde: c = coef. de escurrimiento y qe = gasto efectivo

Duración en exceso=	**4.36**	horas	Tiempo de retraso=	**2.846**	horas	qpico=	**2.010**	m3/s/mm
	261.34	minutos	Tiempo pico=	**5.024**	horas	**N=**	**46.94**	
iempo de concentración=	**4.74**	horas	Tiempo base=	**13.413**	horas			

	Duración minutos horas		i mm/hr	p cm	Precipitación excedente (cm)	q_p m^3/s
Tr= 5 años	284.40	4.74	19.32	9.16	0.36	7.31

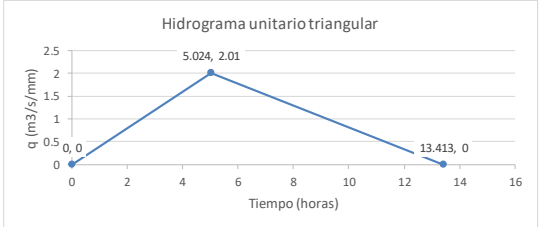
	Duración minutos horas		i mm/hr	p cm	Precipitación excedente (cm)	q_p m^3/s
Tr= 10 años	284.40	4.74	27.16	12.87	1.42	28.51

	Duración minutos horas		i mm/hr	p cm	Precipitación excedente (cm)	q_p m^3/s
Tr= 50 años	261.34	4.36	45.36	21.50	5.58	112.22

	Duración minutos horas		i mm/hr	p cm	Precipitación excedente (cm)	q_p m^3/s
Tr= 100 años	284.40	4.74	53.20	25.22	7.87	158.17

	Duración minutos horas		i mm/hr	p cm	Precipitación excedente (cm)	q_p m^3/s
Tr= 500 años	284.40	4.74	71.40	33.84	13.90	279.35

	Duración minutos horas		i mm/hr	p cm	Precipitación excedente (cm)	q_p m^3/s
Tr= 1000 años	261.34	4.36	79.24	37.56	16.72	335.84



Comunicaciones
Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS

INFORME TOPOHIDRAULICO - HIDROLOGICO

CRUCE : PUENTE “EMBARCADERO II”
CARRETERA : MEX-200 SALINA CRUZ - ZIHUATANEJO
KM : 20+549
ORIGEN : ESTADO DE GUERRERO

INFORME GENERAL

Objetivo del estudio: El objetivo del presente estudio, es revisar las condiciones de funcionamiento hidrológico e hidráulico en el cruce en estudio y proporcionar las recomendaciones del nivel de agua y velocidad en función del gasto de diseño para el proyecto de reparación o de sustitución construcción del puente.

I.- GENERALIDADES

La corriente nace a 17.04 km del cruce y desemboca a 1.10 Km en La Laguna de Coyuca; su descarga no provoca influencia hidráulica en el cruce. El área de la cuenca drenada hasta el cruce es de 48.45 km^2 y pertenece a la Región Hidrológica No. 19 Costa Grande según clasificación de la CONAGUA.

Las coordenadas geográficas del cruce, en grados, minutos y segundos, son: 16°58'0.85"Ny 100° 0'9.13"O En la zona de cruce la vegetación se puede clasificar como Vegetación arbustiva.

La topografía es:

Terreno plano	X	Lomerío		Montañoso	

Elevación y descripción del banco de nivel:

El cauce en la zona de cruce es:

Sinuoso		Estable	X	Encajonado	X
Sensiblemente recto	X	Divagante		Con llanuras de inundación	

El escurrimiento es de carácter:

Torrencial		Perenne		Intermitente	X

Tipo y longitud de cuerpos flotantes: ramazón y troncos de hasta 3.0 m de longitud.

El periodo de lluvias en la región comprende los meses de junio a octubre.

La precipitación media anual es de más de 2000 mm.

Información adicional (erosión marginal, caídas, ubicación del cruce en un meandro del río, etc.):

Geología superficial del cauce del río:

En el fondo	Gravas
En la margen izquierda	Gravas
En la margen derecha	Gravas

El eje del trazo en el cruce es:

Normal	X	Esviajado	

con respecto a la dirección de la corriente.

Ángulo de esviaje:

El paso actual de vehículos se efectúa por: El puente actual, Km 20+549 de la carretera Mex 200 Salina Cruz - Zihuatanejo

II.- ESTUDIO HIDROLOGICO

Método aplicado: Modelos lluvia escurrimientos (Método racional, Ven Te Chow e Hidrograma Unitario Triangular (HUT).

Justificación del método aplicado: A partir de los modelos que relacionan la lluvia con el escurrimiento (Método Racional, Ven Te Chow e Hidrograma Unitario Triangular) para la avenida máxima considerada como de diseño, con base en los resultados obtenidos se elige el método Hidrograma Unitario Triangular ya que proporciona resultados más confiables en función de las características de la cuenca y los análisis de precipitación. Por lo tanto, el gasto de diseño resultó de 335.84 m^3/s, asociado al periodo de retorno de 1000 años

Información utilizada: Intensidades de lluvia determinadas con el método de Cheng Lung Chen a partir de información de lluvia máxima en 24 horas de las estaciones pluviométricas Laguna de Coyuca (12219) La Información pluviométrica utilizada en el desarrollo de este estudio fue consultada de las bases de datos Comisión Nacional del Agua, CONAGUA.

Se obtuvo un gasto de 335.84 m^3/s, asociado a un período de retorno de 1000 años.

El gasto asociado a un período de retorno de 5 años, que definirá el Nivel de Aguas que puede presentarse durante la Construcción del puente, NAC, resultó de 7.31 m^3/s.

Observaciones (fuentes de información, confiabilidad de los datos y de los métodos empleados, etc.): Fuentes de información INEGI, CONAGUA.

III.- ESTUDIO HIDRAULICO

III.1 Modelación hidráulica unidimensional aplicando el programa de cómputo HEC-RAS 1D.

El gasto de diseño que resultó del estudio hidrológico fue de 335.84 m^3/s, asociado a un período de retorno de 1000 años.

PUENTE ACTUAL
Se obtuvo un Nivel de Aguas de Diseño, NADI, de 9.31 m y una velocidad del agua bajo el puente a la entrada de 2.22 m/s, con un Bordo Libre 0.29 m.

PUENTE (ALTERNATIVA DE PROYECTO)
Se obtuvo un Nivel de Aguas de Diseño, NADI, de 9.17 m y una velocidad del agua bajo el puente a la entrada de 2.35 m/s, con un Bordo Libre 1.50 m.

IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El gasto en la cuenca es de 335.84 m^3/s; sin embargo, de los resultados del análisis hidráulico en dos dimensiones hacia el puente nuevo solo reconocen 110.77 m^3/s, asociado a un período de retorno de 1000 años con el Hidrograma Unitario Triangular esto debido a que el resto del gasto se drena por la llanura de inundación y hacia el puente Embarcadero I.

De acuerdo con los estudios hidrológicos e hidráulicos efectuados, se concluye que el puente actual es hidráulicamente insuficiente ya que al transitarte la avenida de diseño se obtuvo un bordo libre de 0.29 m, con lo que compromete el funcionamiento hidráulico del puente actual.

Por lo tanto, para drenar el gasto de diseño, se recomienda un nuevo puente con una longitud de 100.00 m, de tres claros, la rasante sugerida podrá ser la elevación 12.28 m. La estructura podrá estar ubicado entre los km 20+535 al km 20+635. El NADI deberá ser la elevación 9.31 m con una velocidad máxima bajo el puente de 2.35 m/s. El bordo libre entre el NADI y el nivel inferior de la trabe de la superestructura deberá ser de 1.50 m como mínimo. Cabe mencionar que los apoyos del puente deberán estar orientados respecto a la trayectoria de la corriente.

Bajo estas condiciones, el funcionamiento hidráulico para la propuesta del puente de proyecto se considera aceptable desde el punto de vista hidráulico.

Los datos de diseño hidráulico deberán ser considerados para los análisis de socavación correspondientes.

Observaciones:

Lugar y Fecha: Ciudad de México, octubre de 2025.

CONTENIDO

1.0 ANTECEDENTES 3

2.0 OBJETIVOS Y ALCANCES. 4

3.0 NORMATIVA 5

4.0 ZONA DE ESTUDIO 5

5.0 ESTUDIO HIDRÁULICO..... 7

6.0 ANÁLISIS HIDRÁULICO EN CONDICIONES ACTUALES..... 12

7.0 MODELO HIDRÁULICO EN CONDICIONES ACTUALES. 16

8.0 CONCLUSIONES..... 22

Introducción

El presente estudio se utilizó para identificar las condiciones hidráulicas del puente existente "La Loma", ubicado en el Km. 18+485.50 del tramo en estudio.

El diseño hidráulico del puente, proporcionara al proyectista los datos requeridos para la revisión y funcionamiento hidráulico de la estructura, y es el conjunto de trabajos de campo y gabinete, lo que permitirá establecer para este caso en particular si la infraestructura existente es adecuada o se deberá diseñar una obra con las características necesarias para el paso del gasto calculado.

Previo a este estudio se obtuvieron los gastos de diseño los cuales serán la base para el diseño y revisión hidráulica. El mismo se analizó con ayuda de información de mediciones en campo, mediante la realización de trabajos de topografía y aforos de niveles. Esta información a su vez se utilizó para realizar el modelo matemático y obtener los datos necesarios que caracterizaran la zona de estudio y el funcionamiento presente en la actualidad.

Durante los análisis realizados en el modelo generado en el software HEC-RAS se modelaron varios escenarios, obteniendo diversos datos de la zona, operando en condiciones variables, quedando establecido que para las condiciones de operación del modelo se debería identificar el gasto de operación del sistema a diferentes periodos de retorno del estudio hidrológico realizado en la cuenca.

1.0 Antecedentes

Para dar cumplimiento con la ejecución de los Estudios y Proyectos Constructivos correspondientes al Programa de Construcción y Modernización de Carreteras en nuestro país, las cuales permitan contar con un amplio sistema carretero eficiente, seguro, de buena calidad, y el cual permita activar la economía a lo largo y ancho del país, la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, a través de la Dirección General de Carreteras, llevará a cabo la **ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 SALINA CRUZ – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO**, como parte de estos trabajos se presenta el siguiente apartado el cual corresponde a la elaboración del Estudio Hidráulico.

2.0 Objetivos y Alcances.

Realizar el estudio topohidráulico del puente La Loma mediante un modelo hidráulico unidimensional 1D con el programa HEC-RAS, y determinar los niveles de agua y velocidad alcanzadas con el tránsito de los gastos de diseño en la condición actual del puente existente y en su caso proponer las dimensiones requeridas del puente de proyecto.

3.0 Normativa

N-PRY-CAR-1-06-004/18, Estudio Hidráulico – Hidrológico para puentes
MPRY-CAR-1-06-004, Análisis Hidrológicos. Secretaria de Comunicaciones y Transportes.
NPRY-CAR-1-06-001, Ejecución de Estudios Hidráulicos – Hidrológicos para Puentes. Secretaria de Comunicaciones y Transportes.
M-PRY-CAR-1-06-003-00, Estudios Hidráulico-Hidrológicos para Puentes.

4.0 Zona de estudio

Localización

El estado de Guerrero está ubicado en la región suroeste del país, limitando al norte con el Estado de México, Morelos y Puebla, al sureste con Oaxaca, al suroeste con el océano Pacífico y al noroeste con el río Balsas que lo separa de Michoacán.



Figura 1. *Estado de Guerrero.*

El tramo de estudio se encuentra localizado entre los municipios de Coyuca de Benítez y Acapulco de Juárez, para el caso de Coyuca de Benítez tenemos que se ubica entre los paralelos 16° 54' y 17° 28' de latitud norte; los meridianos 99° 48' y 100° 19' de longitud

oeste; altitud entre 0 y 3 400 m. Colinda al norte con los municipios de Atoyac de Álvarez, General Heliodoro Castillo y Chilpancingo de los Bravo; al este con los municipios de Chilpancingo de los Bravo y Acapulco de Juárez; al sur con el municipio de Acapulco de Juárez, con el Océano Pacífico y con el municipio de Benito Juárez; al oeste con el Océano Pacífico y los municipios de Benito Juárez y Atoyac de Álvarez.

Por otro lado, tenemos que Acapulco de Juárez se ubica entre los paralelos 16° 41' y 17° 14' de latitud norte; los meridianos 99° 28' y 101° 00' de longitud oeste; altitud entre 0 y 2 000 m. Colindando al norte con los municipios de Coyuca de Benítez, Chilpancingo de los Bravo y Juan R. Escudero; al este con los municipios de Juan R. Escudero y San Marcos; al sur con el municipio de San Marcos y el Océano Pacífico, al oeste con el Océano Pacífico y el municipio de Coyuca de Benítez.



Figura 2.. ***Municipios de Coyuca de Benítez y Acapulco de Juárez, en el Estado de Guerrero.***



Figura 3. ***Localización Puente La Loma.***

5.0 Estudio Hidráulico.

5.1 Metodología

Con la información de los trabajos de topografía se desarrollaron los modelos matemáticos, estos sirvieron para determinar las características hidráulicas de la zona en estudio en condiciones actuales a su vez éste modeló sirve para determinar los niveles de rasante del puente.

En las Figuras siguientes se muestra la información de campo utilizada para armar los modelos del tramo en estudio. La planta se utilizó para identificar la forma y el eje de proyecto, determinando la separación de las secciones, mismas que no tendrían intersección alguna al momento de procesar dicha información. Y finalmente armar el modelo georreferenciado con dicha información. (Figura 2 y 3).

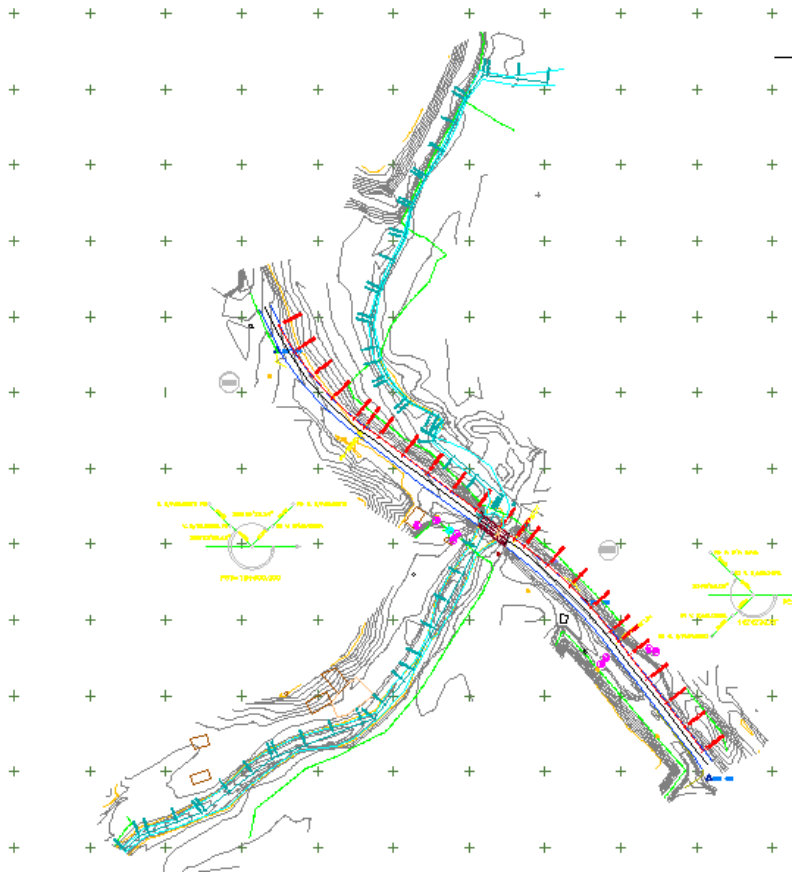


Figura 3. Planta topográfica de la zona de estudio (Ver plano)

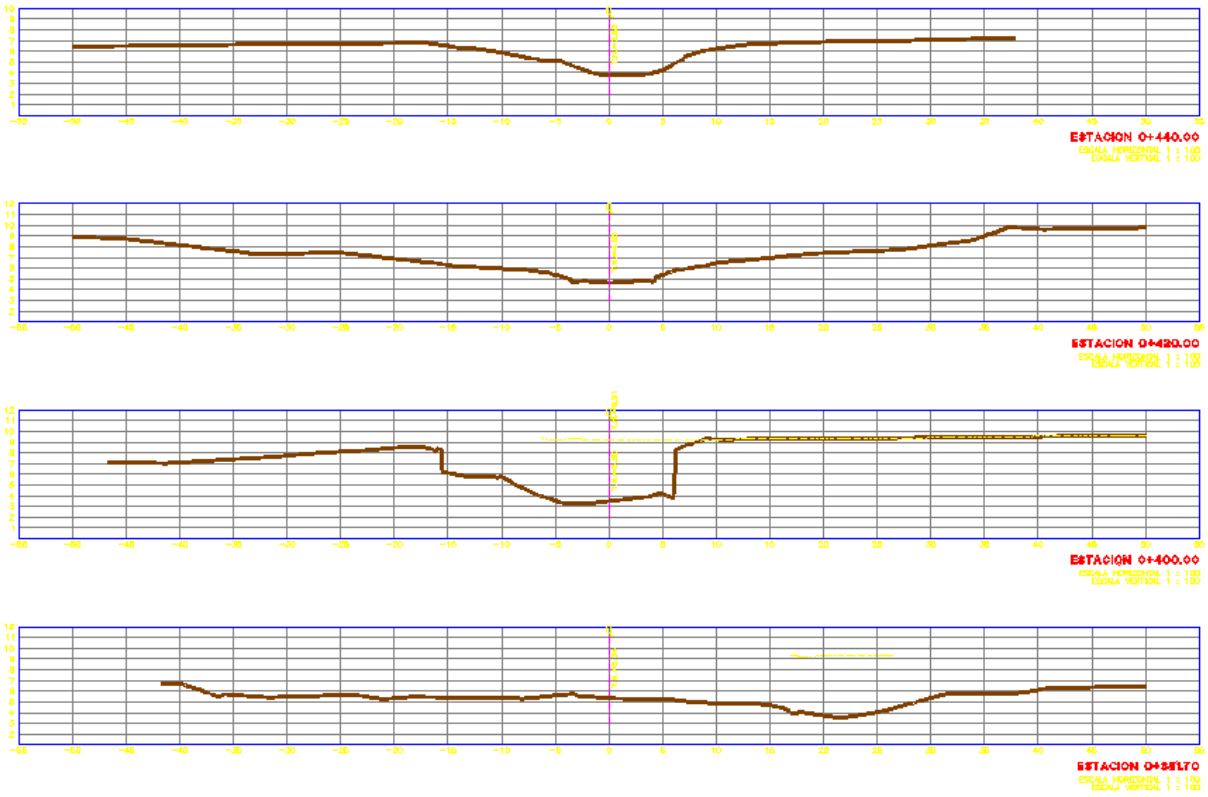


Figura 4. Secciones del cauce de la zona de estudio (Ver plano)

Con la información formateada se armó el modelo del cauce en estudio en un programa de cómputo que permite la simulación hidráulica de ríos en condiciones de flujo unidimensional y permanente.

Los cálculos computacionales del programa están basados en la determinación de perfiles a base de la ecuación de la energía, a continuación, se muestra la ecuación general y el diagrama de la ecuación.

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \qquad \text{Ec.-1}$$

Donde:

Y1, Y2; profundidad del agua en la sección transversal.
Z1, Z2; elevación del canal referido a un datum.
V1, V2; promedio de velocidad (descarga total/área total).
α1, α2; coeficiente de velocidad.
g; aceleración de la gravedad.
he; principales perdidas de energía.

En la Figura 4. Se muestra el diagrama general de la representación de los términos de la ecuación de la energía.

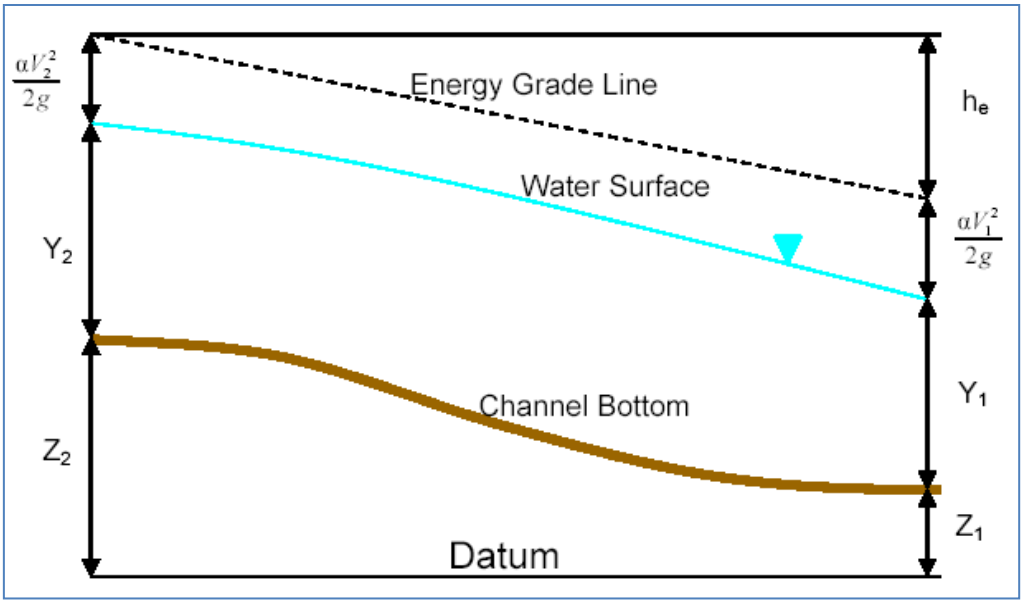


Figura 5. Secciones del cauce de la zona de estudio

Representación de los términos en la ecuación de la energía.

Las pérdidas de energía (he) entre dos secciones transversales comprende a las pérdidas de fricción y contracción o perdidas por expansión. La ecuación para las pérdidas de energía es la siguiente:

$$h_e = LS_f + C\left[\frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g}\right] \qquad \text{Ec.-2}$$

Dónde:

L; Longitud entre secciones.
Sf; Pérdida de fricción entre dos secciones.
C; Coeficiente de pérdidas de expansión o contracción.

6.0 Análisis Hidráulico en condiciones actuales.

6.1 Generalidades

Actualmente, el cruce del arroyo con la carretera Mex-200 Acapulco – Zihuatanejo en el Km 18+485, esta resuelto mediante un puente de tres claros con una longitud total de 20.00 m y ancho de corona de 7.50 m



Figura 6. Puente La Loma, Km 18+485 carretera Mex-200 Acapulco – Zihuatanejo.



Figura 7. Aguas arriba del puente La Loma, se aprecia una densa vegetación en la trayectoria del arroyo.

El arroyo en la zona de cruces es de carácter interminetente, con una trayectoria sensiblemente rect. Cuenta con presencia de vegetación en sus márgenes y el material del fondo consisten en gravasy boleos.

Para determinar el coeficiente de rugosidad se utilizó el criterio mencionado por manning donde de acuerdo a al tipo de vegetación existente se le asigna un valor característico. Los Coeficientes de rugosidad de Manning se tomaron de la clasificación hecha por Ven Te Chow (ver tabla 2). Para el caso de este estudio se consideró de acuerdo a la vegetación existente, teniendo un cauce es de fondo regular con piedras y maleza alta.



Figura 8. Caracteristicas físicas del arroyo en estudio.

Tabla 1. Valores de rugosidad del coeficiente de Manning (n)

Descripción de la corriente	Mínimo	Normal	Máximo
A *Cauces naturales*			
A.1 Cursos secundarios (ancho de la superficie libre en crecida < 30 m)			
A.1.1 Cursos en planicies			
- Limpios, rectos, sin fallas ni pozos	0,025	0,030	0,033
- Rectos con algunas piedras y pastos	0,030	0,035	0,040
- Limpios con meandros, con algunos pozos y bancos	0,033	0,040	0,045
- Meandros con algunas piedras y pastos	0,035	0,045	0,050
- Meandros con muchas piedras	0,045	0,050	0,060
- Tramos sucios, con pastos y pozos profundos	0,050	0,070	0,080
- Tramo con mucho pasto, pozos profundos y cauce en crecida con muchos arbustos y matorral	0,075	0,100	0,150
A.1.2 Cursos montañosos, carentes de vegetación en el fondo, laderas con pendientes pronunciadas y árboles y arbustos en las laderas que se sumergen en niveles de crecida			
- Cauce de grava, cantos rodados y algunas rocas	0,030	0,040	0,050
- Cauce de cantos rodados, con grandes rocas	0,040	0,050	0,070
A.2 Cursos en planicies inundadas			
A..2.1 Zonas de pastos, sin arbustos			
- Pasto corto	0,025	0,030	0,035
- Pasto alto	0,030	0,035	0,050
A.2.2 Zonas cultivadas			
- Sin cultivo	0,020	0,030	0,030
- Cultivos sembrados en línea en fase de madurez fisiológica	0,025	0,035	0,045
- Cultivos sembrados a voleo en fase de madurez fisiológica	0,030	0,040	0,050
A.2.3 Zonas arbustivas			
- Escasos arbustos y pasto abundante	0,035	0,050	0,070
- Pequeños árboles y arbustos sin follaje (parada invernal)	0,035	0,050	0,060
- Pequeños árboles y arbustos con follaje (fase vegetativa)	0,040	0,060	0,080
- Arbustos medianos a densos durante la parada invernal	0,045	0,070	0,110
- Arbustos medianos a densos durante la fase vegetativa	0,070	0,100	0,160
A.2.4 Zonas arbóreas			
- Sauces densos, temporada invernal	0,110	0,150	0,200
- Terreno claro con ramas sin brotes	0,030	0,040	0,050
- Terreno claro con ramas con gran crecimiento de brotes	0,050	0,060	0,080
-Zonas de explotación maderera con árboles caídos, poco crecimiento en las zonas bajas y nivel de inundación por debajo de las ramas	0,080	0,100	0,120
-Zonas de explotación maderera con árboles caídos, poco crecimiento en las zonas bajas y nivel de inundación que alcanza a las ramas	0,100	0,120	0,160
A.3 Cursos importantes (ancho de la superficie libre en crecida > 30 m)			
En este caso, los valores del coeficiente *n* son inferiores a los correspondientes de cauces secundarios análogos, ya que los bancos ofrecen una resistencia efectiva menor,			
- Sección regular sin rocas ni arbustos	0,025		0,060
- Sección irregular y rugosa	0,035		0,100

Gasto de Diseño y Gasto de Construcción

Del estudio hidrológico realizado en subcuenca en estudio se determinaron los gastos de diseño y de construccion con los cuales se evaluó el funcionamiento del cauce, estos se muestran a continuación.

Tabla 2. Gastos obtenidos del estudio hidrológico

Tr (años)	Q m3/s
5	28.99
1000	146.27

7.0 Modelo Hidráulico en condiciones actuales.

Una vez analizada la topográfica, identificado los sentidos naturales de escurrimiento y los gastos de operación a diferentes periodos de retorno, se realizó el hidráulico de la zona de estudio, mismo que incluye los gastos del estudio hidrológico, las condiciones iniciales y de frontera, siendo esto para la evaluación y determinación de las características hidráulicas principales, mismas que se muestran a continuación.

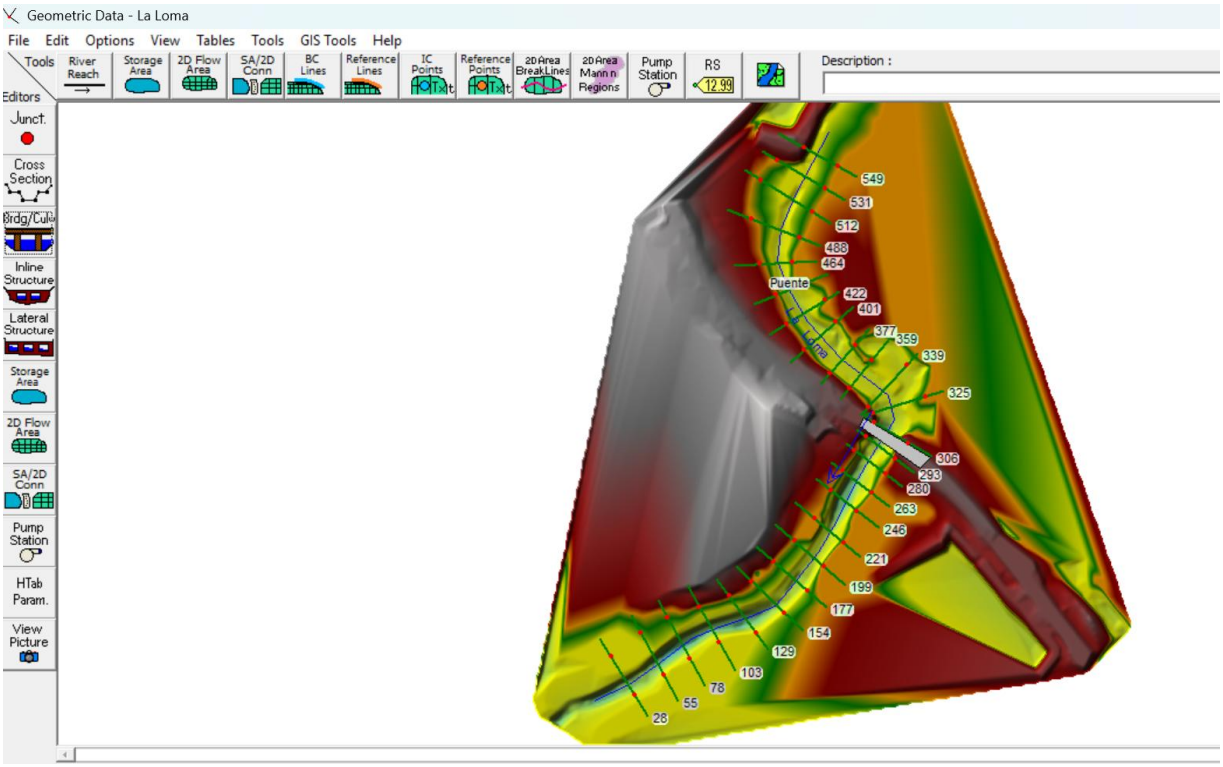
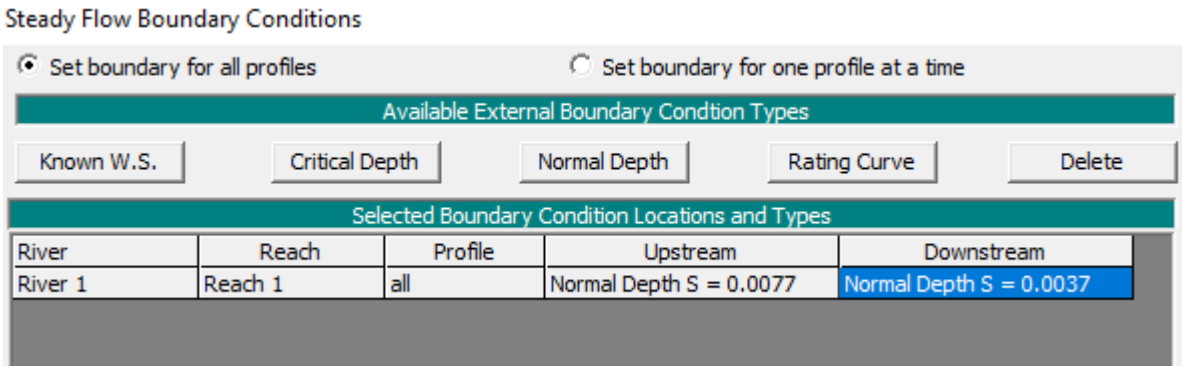


Figura 9. Vista en Planta georreferenciada de las secciones utilizadas en el modelo matemático

Tabla 3. Consideraciones finales cargadas en el modelo matemático



7.1 Resultados condiciones actuales

Tabla 4. Resultados Secciones Hidraulicos, TR 1000 años.

Profile Output Table - Standard Table 1

File Options Std. Tables Locations Help

HEC-

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Reach 1	641	QTR1000	24.17	5.02	6.93	6.37	6.95	0.000861	0.73	33.24	38.35	0.25
Reach 1	601	QTR1000	24.17	5.02	6.93		6.93	0.000165	0.36	67.21	67.37	0.11
Reach 1	560	QTR1000	24.17	6.00	6.91		6.92	0.000609	0.49	49.14	83.95	0.21
Reach 1	523	QTR1000	24.17	5.50	6.86		6.89	0.001150	0.71	33.94	53.35	0.29
Reach 1	481	QTR1000	24.17	5.50	6.63	6.57	6.77	0.012492	1.63	14.81	40.38	0.86
Reach 1	441	QTR1000	24.17	5.00	6.47		6.53	0.002888	1.12	21.61	34.56	0.45
Reach 1	413	QTR1000	24.17	5.14	6.47		6.49	0.000529	0.51	47.53	69.59	0.20
Reach 1	396	QTR1000	24.17	5.50	6.46		6.48	0.000608	0.54	44.34	64.45	0.21
Reach 1	381	QTR1000	24.17	5.50	6.46		6.47	0.000456	0.48	50.14	71.08	0.18
Reach 1	363	QTR1000	24.17	5.50	6.42		6.45	0.001451	0.81	29.85	46.45	0.32
Reach 1	333	QTR1000	24.17	3.63	6.42	4.72	6.43	0.000229	0.60	40.20	22.99	0.15
Reach 1	327.5		Bridge									
Reach 1	322	QTR1000	24.17	3.97	6.40		6.43	0.000349	0.70	34.50	21.24	0.18
Reach 1	314	QTR1000	24.17	4.90	6.35		6.42	0.002145	1.15	21.10	25.90	0.41
Reach 1	305	QTR1000	24.17	4.51	6.33		6.40	0.001875	1.18	20.53	21.64	0.39
Reach 1	289	QTR1000	24.17	3.85	6.35		6.38	0.000428	0.71	34.12	25.24	0.19
Reach 1	268	QTR1000	24.17	3.50	6.35		6.37	0.000293	0.65	36.92	22.60	0.16
Reach 1	243	QTR1000	24.17	4.91	6.17		6.33	0.005527	1.79	13.53	17.27	0.64
Reach 1	198	QTR1000	24.17	4.50	5.61	5.61	5.94	0.014195	2.53	9.54	14.59	1.00
Reach 1	161	QTR1000	24.17	3.50	5.46	4.61	5.52	0.001286	1.14	21.17	17.42	0.33
Reach 1	122	QTR1000	24.17	3.50	5.32		5.45	0.002560	1.62	14.88	11.56	0.46
Reach 1	81	QTR1000	24.17	3.49	5.23		5.35	0.002194	1.49	16.21	13.04	0.43
Reach 1	39	QTR1000	24.17	3.50	5.04	4.56	5.22	0.003698	1.87	12.95	10.64	0.54

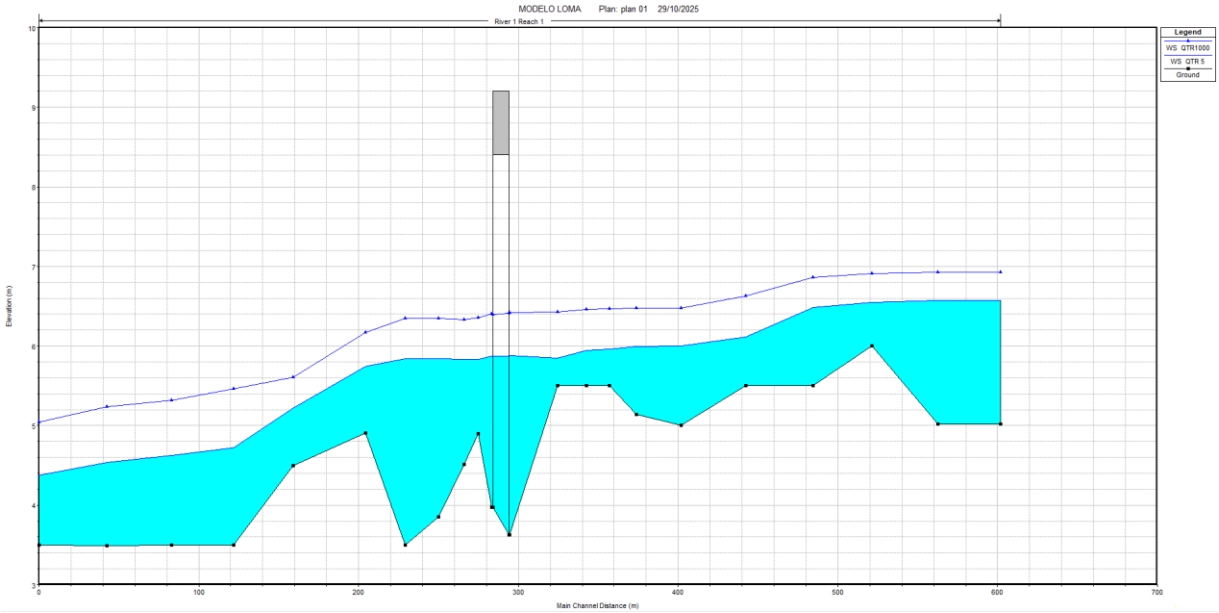


Figura 10. Perfil de la lámina de agua para los gastos Tr 1000 y 5 años.

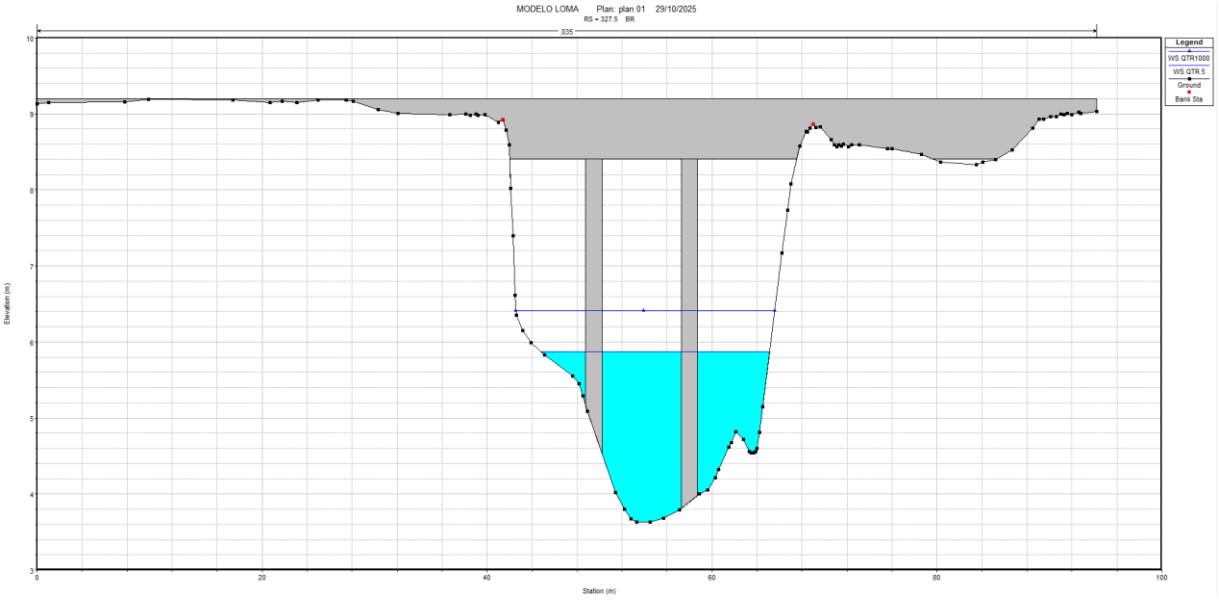


Figura 11. Sección Hidráulica bajo el puente La Loma para los gastos Tr 1000 y 5 años.

Tabla 5. Resultados Hidraulicos puente actual TR 1000 años.

Bridge Output

File Type Options Help

River: River 1 Profile: QTR 1000

Reach Reach 1 RS: 327.5 Plan: plan 01

Plan: plan 01 River 1 Reach 1 RS: 327.5 Profile: QTR 1000

E.G. US. (m)	6.44	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	6.42	E.G. Elev (m)	6.44	6.43
Q Total (m3/s)	24.17	W.S. Elev (m)	6.42	6.40
Q Bridge (m3/s)	24.17	Crit W.S. (m)	4.81	4.98
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	2.79	2.43
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	0.71	0.83
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	34.23	29.07
Weir Submerg		Froude # Chl	0.17	0.21
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	38.82	31.67
Min El Weir Flow (m)	9.20	Hydr Depth (m)	1.70	1.59
Min El Prs (m)	8.41	W.P. Total (m)	29.64	27.19
Delta EG (m)	0.01	Conv. Total (m3/s)	1076.8	868.4
Delta WS (m)	0.02	Top Width (m)	20.09	18.30
BR Open Area (m2)	69.67	Frctn Loss (m)	0.01	0.00
BR Open Vel (m/s)	0.83	C & E Loss (m)	0.00	0.00
BR Sluice Coef		Shear Total (N/m2)	5.71	8.12
BR Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	4.03	6.75

De acuerdo con los resultados para la condición actual, con el tránsito de la avenida de diseño el puente existente es hidráulicamente suficiente, teniendo una elevación del agua de 6.42 m y un Bordo Libre de 2.00 m, hasta el nivel bajo trabe de la superestructura.

7.2 Resumene de Resultados condición actual

Efectuado el análisis del tránsito de las diferentes avenidas máximas consideradas, en la siguiente tabla se muestra los resultados obtenidos del modelo hidraulico HEC-RAS.

Tabla 10. Resultados Hidraulicos puente actual.

RESULTADOS HECRAS				
GASTO	Q	NADI	V	BL
	(m^3/s)	(m^3/s)	(m/s)	m
TR 5	9.00	5.88 (NAC)	0.44	2.54
TR 1000	24.17	6.42	0.83	2.00

8.0 Conclusiones

Los gastos máximos de diseño y de construcción se obtuvieron del estudio hidrológico realizado 24.17 y 9.00 m^3/s, respectivamente.

De acuerdo a la normatividad de la SICT, el tipo de carretera y su ubicación se considera un TR 1000 años.

De acuerdo con el estudio hidráulico efectuado, se estableció un Nivel de Aguas de Diseño de elevación 6.42 m, con una velocidad del agua de 0.83 m/s. Se obtuvo un bordo libre de de 2.0 m, por lo que presenta un comportamiento hidráulico aceptable.

Por lo tanto, se concluye que el puente actual de 21.52 m de Longitud es hidráulicamente suficiente para dar paso a la avenida de diseño asociada al periodo de retorno de 1000 años. Por lo que puede conservar su ubicacion (Inicio: Km 18+471.34 – Fin: Km 18+492.86) dimensiones y rasante actual.

Por otro lado, si del resultado del dictamen de la inspección física estructural del puente recomiendan su sustitución, en este caso el puente de proyecto deberá contar con una longitud mínima de 25.00 m y conservar la rasante actual del camino. Podrá ser ubicado en los mismos cadenamientos actuales.

RESULTADOS HECRAS (PROYECTO)				
GASTO	Q	NADI	V	BL
	(m^3/s)	(m)	(m/s)	m
TR 1000	24.17	6.42	0.83	2.00

Los datos de diseño hidráulico deberán ser considerados para los análisis de socavación correspondientes.

CONTENIDO

1.0 ANTECEDENTES 2

2.0 OBJETIVOS Y ALCANCES. 3

3.0 DATOS GENERALES. 4

4.0 ESTUDIO HIDROLÓGICO. 8

4.1 CONDICIONES NATURALES DE LA CUENCA 9
4.1.1 FISIOGRAFÍA 11
4.1.2 GEOLOGÍA 13
4.1.3 ÁREA DE CUENCA 16
4.1.4 PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL 17
4.1.5 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN 18
4.1.6 COEFICIENTE C Y NÚMERO DE ESCURRIMIENTO N 20
4.2 ANÁLISIS DE LLUVIAS 24
4.2.1 INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA 24
4.3 CURVA I-D-TR A PARTIR DE LA FORMULA CHENG LUNG CHEN 33
4.4 PERIODO DE RETORNO 38
4.5 MÉTODOS LLUVIA - ESCURRIMIENTO 39
Resumen de Gastos obtenidos 43

5.0 GASTO DE DISEÑO 43

6.0 ANEXOS 44

1.0 Antecedentes

Durante décadas se ha venido realizando la explotación desmedida de los bosques, además de la ampliación de las áreas agrícolas y urbanas, lo cual se traduce en un gran daño ecológico irreversible para el planeta, debido a estas acciones, uno de los principales factores afectados es el ciclo natural de agua, esto puede observarse en el incremento de volumen de cualquier escurrimiento natural y a su vez en la disminución del tiempo de respuesta de una avenida, este fenomeo puede observarse fácilmente en los escurrimientos que cruzan zonas urbanas, que en la mayoría de los casos han sufrido modificaciones en su cauce natural principalmente por rectificaciones, enbovedameinto, estrangulación, etc., lo que reduce la capacidad de conducción y el tiempo de recorrido de l as corrientes de forma natural.

Dentro de las acciones del Gobierno Federal, en este caso la *Secretaria de Infraestructura Comunicaciones y Transporte* a travez de la *Direccion General de Carreteras* a encomendado la "ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 ACAPULCO – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO, donde se realizaran los trabajos necesarios para garantizar el correcto funcionamiento de las obras de drenaje menor existentes y en su caso proyectar la infraestructura requerida.

El estudio consiste en la realización de los trabajos de gabinete necesarios, como son la recopilación y el análisis de la información existente en los diferentes organismos que cuentan con información oficial de: datos climatológicos, compendios de información geográfica municipal, cartografia y mapas digitales, etc.

2.0 Objetivos y Alcances.

Obtener los gastos de diseño para periodos de retorno de 5 Y 1000 años en el cruce con el puente "La Loma" km 18+485.50 de la Carretera Mex-200 Acapulco – Zihuatanejo: Tramo Pie de la Cuesta - El Embarcadero.

Para alcanzar los objetivos descritos se requiere ejecutar trabajos de gabinete, utilizando para ello los métodos y técnicas más actualizadas con que se disponga, empleando las teorías y procedimientos comunes en la práctica, así como softwares o modelos matemáticos sin contravenir las normas utilizadas por la Comisión Nacional del Agua, debiendo para estos casos indicar la bibliografía y/o condiciones bajo las cuales operan los mismos.

Con la elaboración del presente estudio se determinarán los gastos que transitaran en los cruces de las obras de drenaje menor de la vialidad, lo cual permitirá realizar la revisión hidrulica de las mismas para garantizar su correcto funcionamiento.

3.0 Datos Generales.

Localización

El estado de Guerrero esta ubicado en la región suroeste del país, limitando al norte con el Estado de México, Morelos y Puebla, al sureste con Oaxaca, al suroeste con el océano Pacífico y al noroeste con el río Balsas que lo separa de Michoacán.



Imagen 1. *Estado de Guerrero.*

El tramo de estudio se encuentra localizado entre los municipios de Coyuca de Benitez y Acapulco de Juárez, para el caso de Coyuca de Benitez tenemos que se ubica entre los paralelos 16° 54' y 17° 28' de latitud norte; los meridianos 99° 48' y 100° 19' de longitud oeste; altitud entre 0 y 3 400 m. Colinda al norte con los municipios de Atoyac de Álvarez, General Heliodoro Castillo y Chilpancingo de los Bravo; al este con los municipios de Chilpancingo de los Bravo y Acapulco de Juárez; al sur con el municipio de Acapulco de Juárez, con el Océano Pacífico y con el municipio de Benito Juárez; al oeste con el Océano Pacífico y los municipios de Benito Juárez y Atoyac de Álvarez.

Por otro lado, tenemos que Acapulco de Juárez se ubica entre los paralelos 16° 41' y 17° 14' de latitud norte; los meridianos 99° 28' y 101° 00' de longitud oeste; altitud entre 0 y 2 000 m. Colindando al norte con los municipios de Coyuca de Benítez, Chilpancingo de los Bravo y Juan R. Escudero; al este con los municipios de Juan R. Escudero y San Marcos; al sur con el municipio de San Marcos y el Océano Pacífico, al oeste con el Océano Pacífico y el municipio de Coyuca de Benítez.



Imagen 2. Municipios de Coyuca de Benitez y Acapulco de Juárez, en el Estado de Guerrero.



Imagen 3. Municipios de Coyuca de Benitez y Acapulco de Juárez, en el Estado de Guerrero.

Extensión Teritorial

Ambos municipios representan el 5.57% del total del territorio estatal.

Orografía

El estado de Guerrero es sumamente montañoso, tiene serranías, además de ser muy irregular por sus sierras madres. Es atravesado por la Sierra Madre del Sur. El Eje Volcánico Transversal origina las sierras de Sultepec y Taxco. Junto con Oaxaca, extiende su territorio por la llamada Depresión Austral, y es recorrido por la sección sureste de la Sierra Madre del Sur. El Eje Volcánico Transversal atraviesa parte de Guerrero, principalmente la Región Norte.

Hidrografía

El estado de Guerrero es cruzado por el Río Balsas, que es uno de los ríos más importantes de México. El territorio del estado se encuentra sobre tres regiones hidrológicas. La región 18 del río Balsas, de la que Guerrero ocupa el 31 % de la superficie. Tiene como presas más importantes a la Valerio Trujano en Tepecoacuilco, que surte de energía eléctrica a gran parte de la Región Norte. La región 19 de la Costa Grande ocupa el 20 % del territorio estatal, y sus ríos más importantes son el Ixtapa, Tecpan, Coyuca, La Sabana, Coyuquilla y Petatlán, además del Atoyac. Por último, la región 20 de la Costa Chica, de la que el 26,4 % de la superficie pertenece a Guerrero. No tiene muchos ríos, pero destacan el Nexpa, Ometepec y Papagayo. Los lagos y lagunas más importantes son Potosí, Mitla, Nuxco, Coyuca, Tres Palos, San Marcos (Tecomate), Chautengo, Tila, Huamuxtitlán, Tuxpan, Tixtla, Tecomate.

Clima

Más del 60 % de la superficie estatal disfruta de clima cálido subhúmedo con precipitaciones en verano, en segundo lugar tenemos el clima semicálido con lluvias en verano, en casi la quinta parte del territorio. El resto lo ocupan climas menores, entre los que destacan semicálidos y templados, todos con lluvias moderadas.

Para los Municipios de Coyuca y Acapulco se tiene un rango de temperatura de 20 a 28° C.

Flora

La flora está compuesta principalmente por árboles de amate copal, cuagiote, organeras, huizache y palmeras.

Fauna

Entre los animales más característicos de la fauna guerrerense están las iguanas, las serpientes, las lagartijas, las liebres, los conejos y los coyotes. Los animales en peligro de extinción en el Estado de Guerrero son el venado, el jaguar, el águila, la tortuga, la iguana, así como el conejo de Omiltemi, la nauyaca guerrerense de montaña, la coqueta de Atoyac y el tlaconete de Teotepec, estos últimos, de suma importancia biológica por tratarse de endemismos.

Uso de Suelo y Vegetación

En la zona se cuenta con áreas de agricultura, grandes extensiones de zonas urbanas, predominando principalmente la Selva caducifolia y selva subcaducifolia.

4.0 Estudio Hidrológico.

Antecedentes

Para dar cumplimiento con la ejecución de los Estudios y Proyectos Constructivos correspondientes al Programa de Construcción y Modernización de Carreteras en nuestro país, las cuales permitan contar con un amplio sistema carretero eficiente, seguro, de buena calidad, y el cual permita activar la economía a lo largo y ancho del país, la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, a través de la Dirección General de Carreteras, llevará a cabo la **ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 SALINA CRUZ – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO**, como parte de estos trabajos se presenta el siguiente apartado el cual corresponde a la elaboración del estudio Hidrologico.

Objeto del estudio

El estudio Hidrológico tiene como objetivo analizar las condiciones hidrográficas de la cuenca de aportación y patrones de lluvia en la zona de estudio para determinar los gastos máximos para distintos periodos de retorno y definir la magnitud de la avenida considerada como de diseño.

4.1 Condiciones naturales de la cuenca

La zona donde se proyecta la realización de la obra se ubica dentro de la zona sur del estado de Guerrero, se trata de la Carretera Mex-200 Salina Cruz – Zihuatanejo: Tramo Pie de la Cuesta - El Embarcadero, esta vía conecta la ciudad de Acapulco con Coyuca de Benitez, prácticamente es una zona urbana. La subcuenca de estudio pertenece a la Región Hidrologica 19 (RH19) denominada Costa Grande de Guerrero, también se le conoce como cuenca del Rio Atoyac. La subcuenca que analizaremos corresponde a la Bahia de Acapulco la cual drena a la Laguna de Coyuca y posteriormente desemboca al mar.

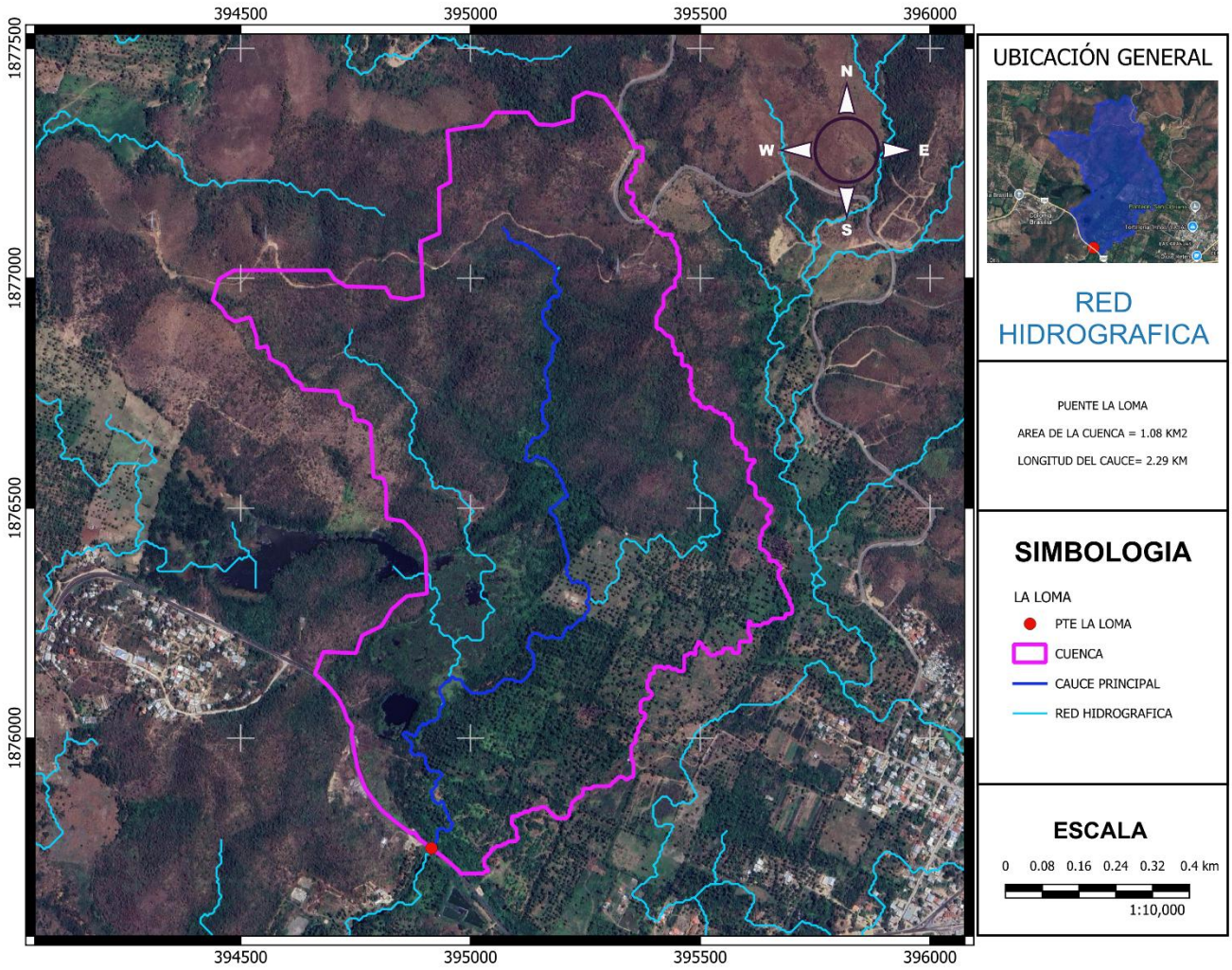


Imagen 4.- *Cuenca de estudio y su Red Hidrografica RH19.*

La topografía de la zona en la parte alta es con pendientes pronuciadas con elevaiones que van de la 1,600 hasta 0 al desembocar al mar, el desarrollo de los escurrimientos tiene muchas curvas, en general se considera un área de la cuenca en análisis de 0.83 km2, como se puede observar en el esquema de la cuenca, de igual forma como se ha descrito la zona baja de la cuenca está urbanizada, lo cual genera un escurrimiento medio.

En la siguiente imagen podemos observar de forma esquemática en color rojo la línea del tramo carretero Pie de la Cuesta - El Embarcadero



Imagen 5.- *Tramo de estudio sobre la carretera Mex-200 Salina Cruz – Zihuatanejo: Tramo Pie de la Cuesta - El Embarcadero, Fuente INEGI*

El estudio hidrológico se realiza hacia aguas arriba de cada uno de los puntos identificados como cruce del escurrimiento con la vialidad, con el fin de establecer el gasto pico en el punto de interés.

A continuación, se hara una descripción general de las características de la "Cuenca de aportacion", se ha realizado el análisis fisiográfico e hidrologico de la cuenca, de esta forma se obtendrán los gastos para la obra, al concluir con las generalidades se procedra a presentar el calculo de los gastos asociados a periodos de retorno para 5 y 1000 años, de acuerdo con su kilometraje ubicado en 20+075 de la carretera Mex-200 Salina Cruz – Zihuatanejo, Tramo Pie de la cuesta – Embarcadero.

4.1.1 Fisiografía

El relieve es la forma en que se presenta la superficie de la Tierra, En México es extraordinariamente variado, podemos encontrar desde cadenas montañosas hasta grandes planicies costeras pasando por valles, cañones, planicies y depresiones entre otras formaciones.

La Sierra Madre Occidental, con sus mesetas y cañones es uno de los rasgos más sobresalientes de este relieve, así como la Sierra Madre Oriental formada principalmente por rocas sedimentarias plegadas y el Eje Neovolcánico, al centro del país en donde encontramos las montañas más altas, con más de 5 mil metros de altitud.

Sin embargo, el conocimiento fisiográfico de una región implica, además de la identificación de los principales rasgos del relieve, la explicación de los procesos que intervinieron en su modelado y que le han dado su aspecto actual.

Las provincias fisiográficas son regiones en el que el relieve es el resultado de la acción de un mismo conjunto de agentes modeladores del terreno, así como de un mismo origen geológico, lo mismo que un mismo o muy semejante tipo de suelo y de la vegetación que sustenta.

La mayor parte de la República Mexicana está situada al sur del paralelo 30° N, es decir en la región en la que América de Norte empieza a estrecharse considerablemente; el estrechamiento se acentúa al sur del paralelo 20° N, presentándose en el istmo de Tehuantepec la primera de las depresiones orográficas inter-oceánicas que son uno de los rasgos estructurales del relieve de América Central.

El paralelo 20° N, marca cambios en la dirección de los principales accidentes del relieve del país, al norte de este paralelo los rasgos esenciales del relieve se orientan casi de oeste a este. Esta diferencia en orientación indica que en la formación del relieve de la República Mexicana intervinieron dos unidades orogénicas diferentes, de manera que estructuralmente la parte

norte pertenece a la América del Norte, en tanto que el sur pertenece a la América Central. Esto explica la enorme complejidad del relieve en la parte Central del país.

Para una mejor comprensión y estudio de esta diversidad estructural, la Dirección General de Geografía del INEGI determinó una división en 15 regiones fisiográficas que son:

1. Península de Baja California
2. Llanura Sonorense
3. Sierra Madre Occidental
4. Sierras y Llanuras del Norte
5. Sierra Madre Oriental
6. Grandes Llanuras de Norteamérica
7. Llanura Costera del Pacífico
8. Llanura Costera del Golfo Norte
9. Mesa del Centro
10. Eje Neovolcánico
11. Península de Yucatán
12. Sierra Madre del Sur
13. Llanura Costera del Golfo Sur
14. Sierras de Chiapas y Guatemala
15. Cordillera Centroamericana

La zona de estudio se ubica dentro de la zona número 12 que corresponde a la Sierra Madre del Sur, en las subprovincias Costas del Sur y Cordillera Costera del Sur, con un sistema de topoformas correspondiente en su mayoría a sierras y llanuras.



Imagen 6.- *Zonas Fisiograficas de Mexico, Fuente INEGI*

Las características fisiográficas condicionan el comportamiento hidrológico de una cuenca, ya que funciona como un colector que recibe y conduce las precipitaciones pluviales dentro de una cuenca de captación, existen pérdidas (infiltración, retención por la cubierta vegetal, etc.)

siendo una función bastante compleja que depende de numerosos factores, entre los que predominan el clima y la configuración del terreno en el que se desarrollan los fenómenos hidrológicos, los índices y magnitudes físicas de la cuenca expresan en términos simples los valores medios de ciertas características del terreno, ya que juegan un papel muy importante y rigen las condiciones de su régimen hidrológico.

Las principales características fisiográficas de una cuenca hidrográfica son:

- Área de la cuenca de aportación,
- Pendiente media del cauce principal, y
- El coeficiente de escurrimiento.

4.1.2 Geología

El estado de Guerrero se ubica en la región suroeste de México, sobre la costa del Océano Pacífico, su territorio es sumamente montañoso y uno de los más complejos de México

La estratigrafía está formada por rocas metamórficas del Precámbrico y Paleozoico que ocupan el centro y norte de la entidad. También, existen rocas metamórficas y volcánicas del Paleozoico y Mesozoico que se localizan al centro y sur del estado. Las rocas sedimentarias y volcánicas del Mesozoico y Cenozoico se localizan en el sureste del estado. Al noroeste del estado se identifican rocas sedimentarias y volcánicas del Paleozoico y Mesozoico. Los depósitos más recientes están conformados por rocas sedimentarias y volcánicas del Paleozoico y Mesozoico, además de rocas ígneas intrusivas y extrusivas del Cenozoico que se sitúan al noroeste del estado.

En los municipios de Coyuca de Benitez y Acapulco de Juarez predominan principalmente rocas metamórficas del Terciario, Jurásico, Cuaternario, Paleógeno, pudiendo encontrarse suelos de las siguientes características: Ígnea intrusiva: granitogranodiorita, granito, granodiorita y tonalita. Ígnea extrusiva: andesita. Sedimentaria: conglomerado. Metamórfica: gneis. Suelo: aluvial, litoral y lacustre.



Imagen 8.- *Provincias Geológicas Municipios de Coyuca de Benitez y Acapulco de Juarez. Fuente INEGI*

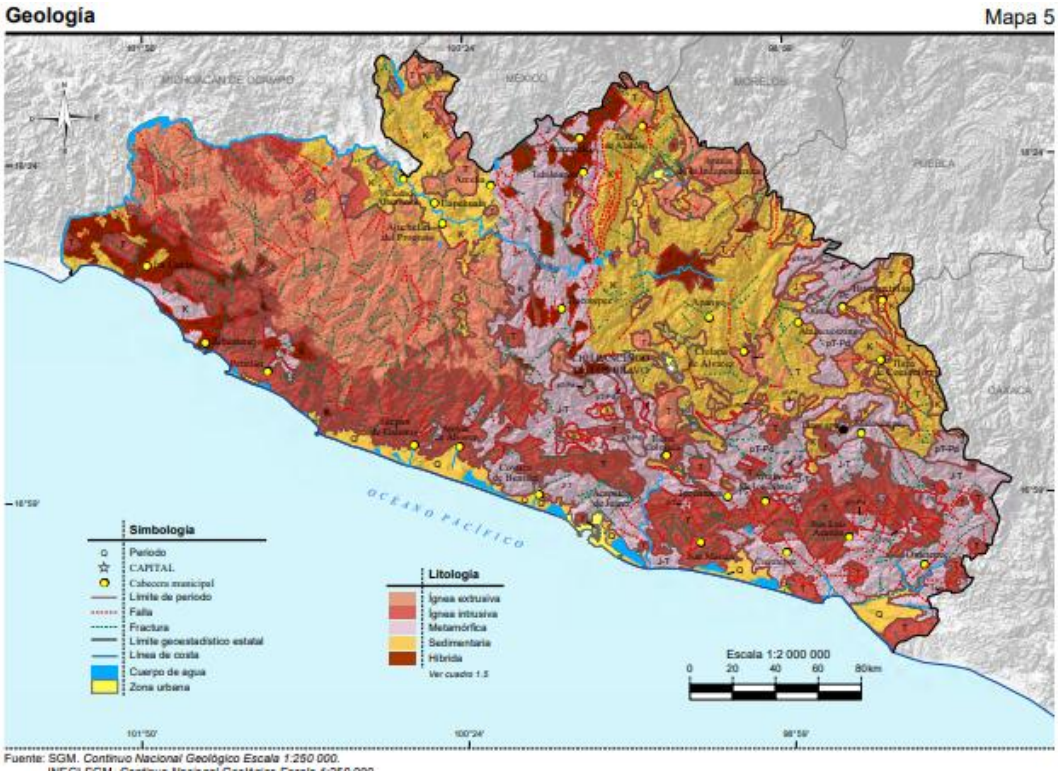


Imagen 9.- *Mapa Geológico de Guerrero*

Edafologia

Guerrero, uno de los estados más bellos de México, se caracteriza por su diversidad geográfica y suelos fértiles. La región cuenta con diferentes tipos de suelo que son propicios para distintos cultivos y actividades agrícolas.

La ubicación geográfica de Guerrero y su clima tropical lo convierten en un lugar ideal para el cultivo de diversos productos agrícolas. Sin embargo, cada tipo de suelo tiene características únicas que influyen en su potencial productivo. Conocer los tipos de suelo en Guerrero es fundamental para garantizar una agricultura sostenible y aprovechar al máximo los recursos naturales de la región.

En Guerrero, encontramos una gran diversidad de suelos, desde los más fértiles hasta los más áridos. La región donde se localizan los municipios de Coyuca de Benitez y Acapulco de Juarez se compone principalmente de los siguientes tipos de suelo: Regosol, Luvisol, Cambisol, Phaeozem, Leptosol, Solonchak, Arenosol.



Imagen 10.- *Suelos dominantes en los Municipios de Estudio. Fuente INEGI*

4.1.3 Área de cuenca

Con base en el empleo de Sistemas de Información geográfica (SIG), se localizó la coordenada del cruce del puente Embarcadero I sobre el cauce en estudio, para ello se tomaron datos la topografía obtenida a partir del modelo digital de elevación MDE del INEGI con resolución de 15 x 15 m, carta topográfica E14C57 e imágenes satelitales.

Del análisis de esta información cartográfica y topográfica, se obtuvieron los principales parámetros fisiográficos de la cuenca, mismos que se emplearán para realizar los análisis lluvia - escurrimiento.

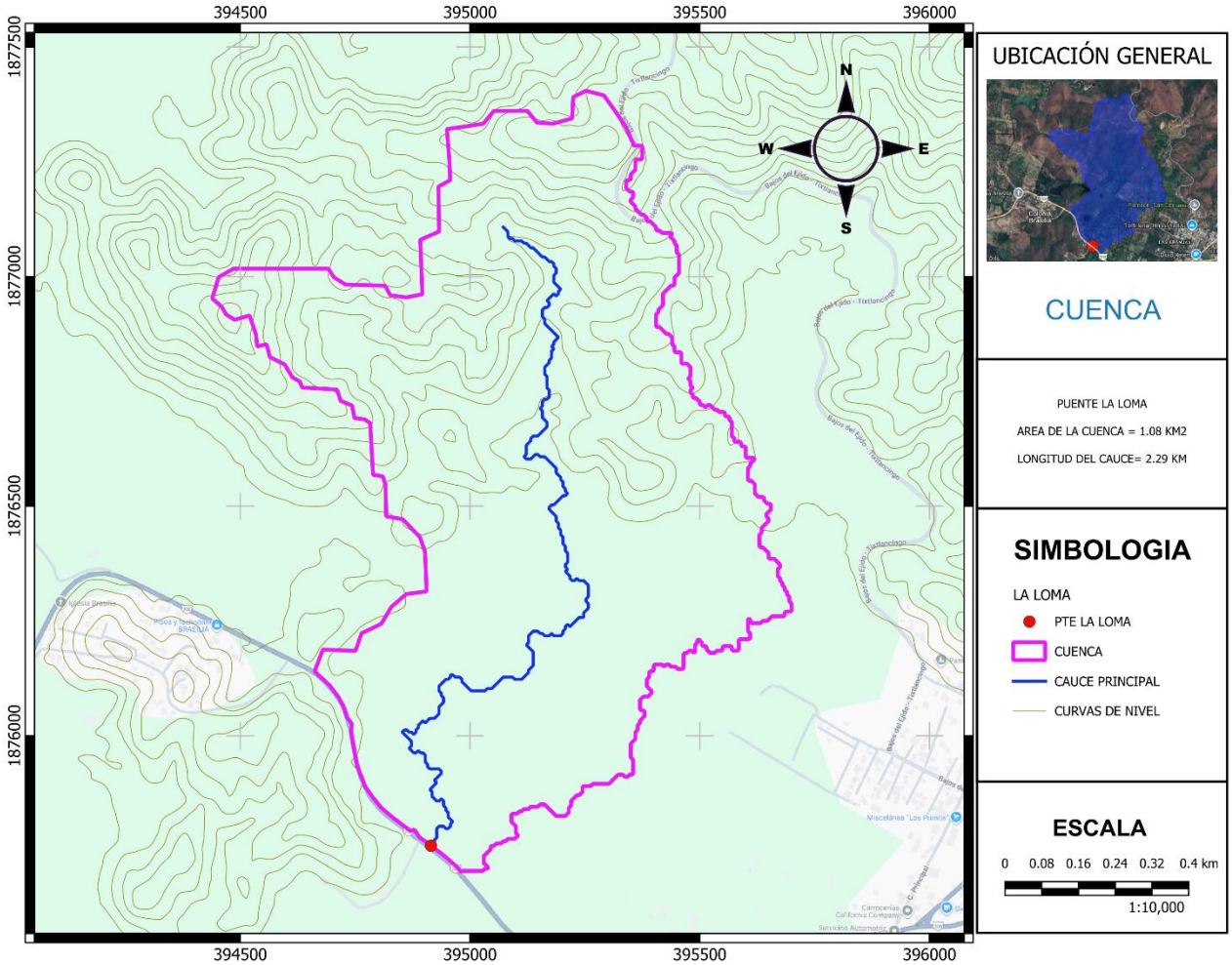


Imagen 7.- *Area de la Cuenca Concheros II, Trazo con LIDAR de INEGI*

Recordemos que para este caso en particular se están analizando los puntos particulares de las obras identificadas por los escurrimientos que cruzan el tramo carretero en estudio, por lo que, fue necesario identificar cada una de estas microcuencas formadas al interior de la cuenca principal que se muestra en la imagen anterior.

4.1.4 Pendiente del cauce principal

La pendiente de la cuenca tiene una importante correlación con la infiltración del escurrimiento superficial y la humedad del suelo. Es uno de los factores físicos que controla el flujo sobre el terreno y tiene una influencia directa en la magnitud de las avenidas y crecidas.

Dado que está pendiente varia a lo largo del cauce es necesario determinar una pendiente media, para el presente estudio se utilizo el método propuesto por Taylor y Schwarz.

La fórmula propuesta considera que un río está formado por n tramos de igual longitud, cada uno de ellos con pendiente uniforme, ésta tiene una mejor aproximación, cuanto más grande sea el número de tramos, en los cuales se subdivide el perfil longitudinal del río o arroyo a analizar.

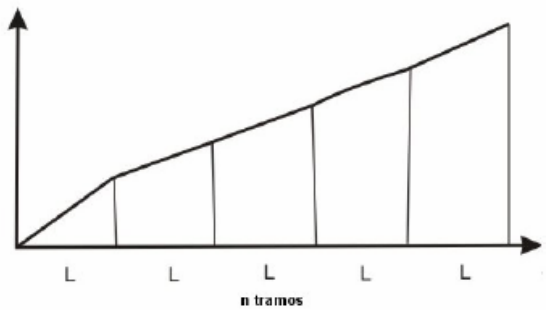
$$S = \left[\frac{n}{\frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + ... + \frac{1}{\sqrt{S_n}}} \right]^2 \quad ... (2.17)$$

donde:

n = número de tramos iguales, en los cuales se subdivide el perfil

$S_1, S_2, \ldots, S_n$ = pendiente de cada tramo, según $S = \frac{H}{L}$

S = pendiente media del cauce



N tramos de la longitud de un cauce

4.1.5 Tiempo de concentración

El tiempo de concentración (tc) se define como el tiempo teórico que tarda una partícula, gota de agua, en trasladarse por el cauce principal desde su nacimiento en la parte alta de la cuenca, hasta su salida en el sitio de estudio. Se calcula en función de la longitud y la pendiente media del cauce principal, su unidad de medida es en horas y se determinó mediante los siguientes métodos.

Como se indicó la condición para obtener el gasto máximo es que la duración, de la lluvia sea igual o mayor que el tiempo Tc de concentración de la cuenca. Si se logra determinar este último, se puede definir la lluvia en exceso y la intensidad para el tiempo de concentración seleccionado, que es uno de los elementos de la expresión del coeficiente de escurrimiento C.

Algunos autores han propuesto formulas empíricas para determinar de manera aproximada el tiempo de concentración, entre las cuales se presentan las siguientes:

Formula de Rowe:

$$Tc = \left(\frac{0.86\,L^2}{S}\right)^{0.385}$$

Donde:

Tc= Tiempo de concentración de la cuenca en horas
L = Longitud del colector principal en kilómetros
S = Pendiente del colector principal expresada al millar.

Formula de Kirpich:

$$Tc = 0.0003245\left(\frac{L}{\sqrt{S}}\right)^{0.77}$$

Donde:

Tc= Tiempo de concentración de la cuenca en horas
L = Longitud del colector principal en metros

S = Pendiente del colector principal (relación directa).

Formula del Servicio de Conservación del Suelo (SCS):

$$Tc = \left(\frac{L^{1.15}}{3085D^{0.38}}\right)$$

Donde:

Tc= Tiempo de concentración de la cuenca en horas
L = Longitud del colector principal en metros
D = Desnivel máximo sobre el colector principal en metros.

Formula de Chow:

La fórmula de Chow es aplicable a cuencas pequeñas, como el caso que se desarrolla en este proyecto, de igual forma al aplicar la fórmula para cuencas pequeñas se determina que TC = Tr (el tiempo de concentración es igual al tiempo de retraso), a continuación, se presenta la fórmula para cuencas pequeñas:

$$Tc \approx Tr = 0.00505\left(\frac{L}{\sqrt{S}}\right)^{0.64}$$

Donde:

Tc= Tiempo de concentración en horas o de retraso en cuencas pequeñas.
Tr = Tiempo de retraso en horas
L = Longitud del colector principal en metros
S = Pendiente del colecto principal en por ciento.

4.1.6 Coeficiente C y número de escurrimiento N

El coeficiente C representa la relación entre el volumen escurrido y el llovido, y depende del tipo de terreno o superficie de la cuenca en estudio.

Cuando el área de la cuenca está constituida por diferentes tipos de cubierta y superficies, el coeficiente de escurrimiento C puede obtenerse en función de las características de cada porción del área como un promedio ponderado, con el apoyo de la expresión:

$$C = \frac{C_1A_1 + C_2A_2 + \cdots + C_nA_n}{A_1 + A_2 + \cdots . + A_n}$$

donde: C = Coeficiente de escurrimiento.

Ai = Área parcial.

Ci = Coeficiente parcial.

Una estimación el coeficiente de escurrimiento C puede obtenerse con la tabla 3, indicada en el manual "M-PRY-CAR-1-06-003-00" de la Secretaría de Infraestructura de Comunicaciones y Transportes.

Tipo de superficie por drenar	Pendiente (%)	Coeficiente de escurrimiento (*C*)	
		Mínimo	Máximo
A) Praderas:			
1. Suelo arenoso plano	< 2	0,05	0,10
2. Suelo arenoso medio	2 a 7	0,10	0,15
3. Suelo arenoso empinado	> 7	0,15	0,20
4. Suelo arcilloso plano	< 2	0,13	0,17
5. Suelo arcilloso medio	2 a 7	0,18	0,22
6. Suelo arcilloso empinado	> 7	0,25	0,35
B) Zonas pavimentadas:			
1. Pavimento asfáltico	---	0,70	0,95
2. Pavimento de concreto hidráulico	---	0,80	0,95
3. Pavimento adoquinado	---	0,70	0,85
4. Estacionamientos	---	0,75	0,85
5. Patios de ferrocarril	---	0,20	0,40
C) Zonas residenciales:			
1. Unifamiliares	---	0,30	0,50
2. Multifamiliares, espaciados	---	0,40	0,60
3. Multifamiliares, juntos	---	0,60	0,75
4. Suburbanas	---	0,25	0,40
5. Casas habitación	---	0,50	0,70
D) Zonas comerciales:			
1. Zona comercial (áreas céntricas)	---	0,70	0,95
2. Areas vecinas	---	0,50	0,70
E) Zonas industriales:			
1. Construcciones espaciadas	---	0,50	0,80
2. Construcciones juntas	---	0,60	0,90
F) Campos cultivados	---	0,20	0,40
G) Zonas forestadas	---	0,10	0,30
H) Parques y cementerios	---	0,10	0,25
I) Areas de recreo y campos de juego	---	0,20	0,35
J) Azoteas y techados	---	0,75	0,95

Tabla 4. Valor del coeficiente de escurrimiento C.

Una variable importante dentro del análisis hidrológico es el **Número de escurrimiento N**, el cual depende del uso, tipo y composición del suelo y pendiente del terreno, es decir de las propiedades y condiciones hidrológicas de infiltración del suelo. El valor de N puede variar entre 0 y 100, siendo N = 0 cuando no hay escurrimiento y N = 100 cuando el volumen de escurrimiento es igual al de la precipitación.

Tabla 1. Selección del Número de escurrimiento.

Uso de la tierra o cobertura	Condición de la superficie	Tipo de suelo			
		A	B	C	D
Bosques sembrados y cultivados	Ralo, baja transpiración	45	66	77	83
	Normal, transpiración media	36	60	73	79
	Espeso o alta transpiración	25	55	70	77
Caminos	De tierra	72	82	87	89
	De superficie dura	72	84	90	92
Bosques naturales	Muy ralo o baja transpiración	56	75	86	91
	Ralo, baja transpiración	46	68	78	84
	Normal, transpiración media	36	60	70	76
	Espeso o alta transpiración	26	52	62	69
	Muy espeso o alta transpiración	15	44	54	61
Descanso (sin cultivo)	Surcos rectos	77	86	91	94
Cultivos de surco	Surcos rectos	70	80	87	90
	Surcos en curvas de nivel	67	77	83	87
	Terrazas	64	73	79	82
Cereales	Surcos rectos	64	76	84	88
	Surcos en curvas de nivel	62	74	82	85
	Terrazas	60	71	79	82
Leguminosas (sembradas con maquinaria al voleo) o potrero de rotación	Surcos rectos	62	75	83	87
	Surcos en curvas de nivel	60	72	81	84
	Terrazas	57	70	78	82
Pastizal	Pobre	68	79	86	89
	Normal	49	69	79	84
	Bueno	39	61	74	80
	Curvas de nivel, pobre	47	67	81	88
	Curvas de nivel, normal	25	59	75	83
	Curvas de nivel, bueno	6	35	70	79
Potreo (permanente)	Normal	30	58	71	78
Superficie impermeable		100	100	100	100

Este se pude determinar por medio de las cartas de tipo de suelo (edafología), uso de suelo y vegetación obtenida del INEGI.

Grupo de suelos	*Descripción de las características del suelo*
Tipo A	Suelos con potencial de escurrimiento mínimo. Incluye gravas y arenas de tamaño medio, limpias y mezcla de ambas.
Tipo B	Suelos con infiltración media inferior a la del grupo A. Incluye arenas finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezclas de arena y limo.
Tipo C	Suelos con infiltración media inferior a la del grupo B. Comprende arenas muy finas, arcillas de baja plasticidad, mezclas de arena, limo y arcilla.
Tipo D	Suelos con potencial de escurrimiento máximo. Incluye principalmente arcillas de alta plasticidad, suelos poco profundos con subhorizontes casi impermeables cerca de la superficie.

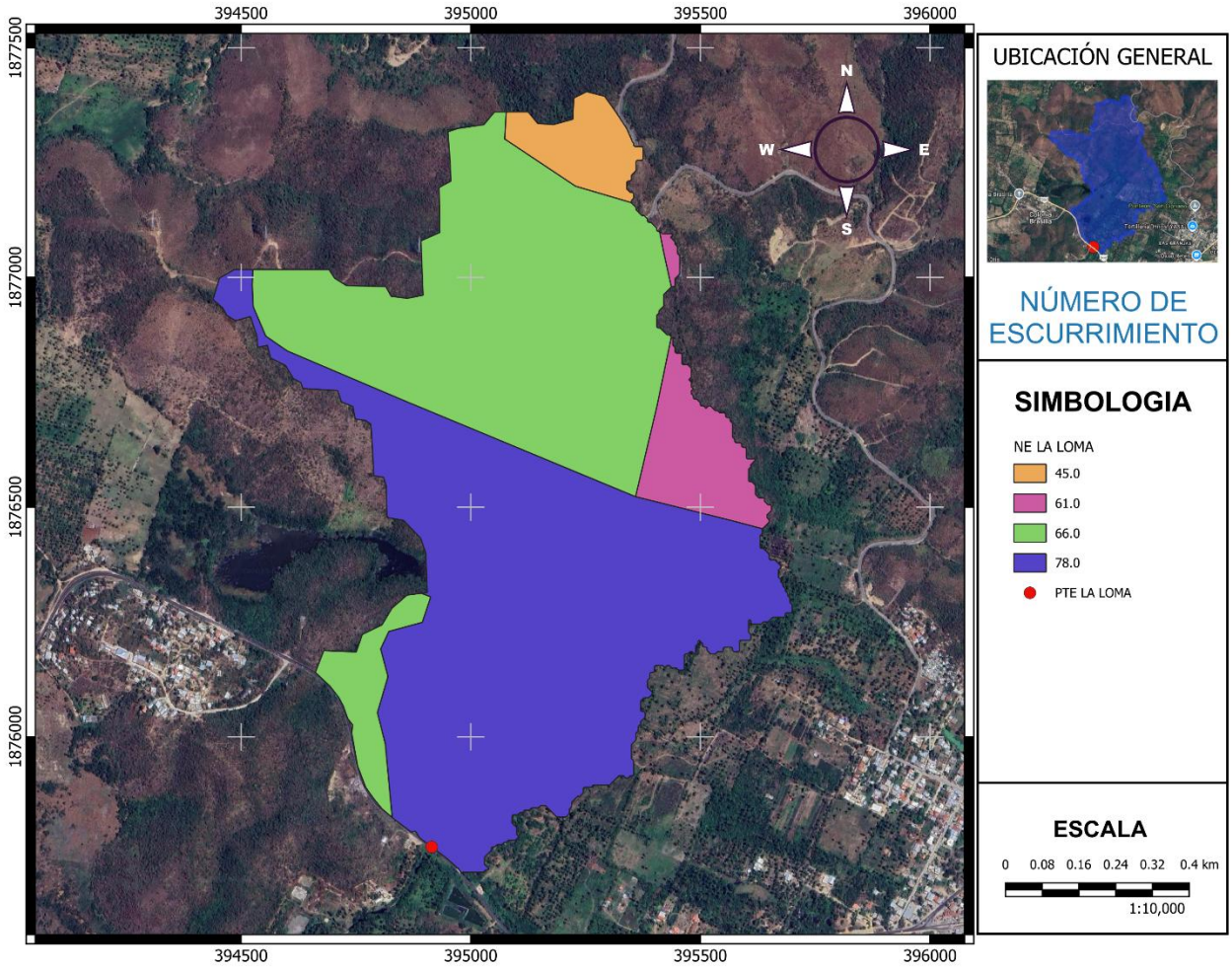


Imagen 13.- *Numero de escurrimiento en la zona de estudio*

A continuación, en la siguiente tabla se indican los valores de los principales parámetros fisiográficos calculados en la cuenca de estudio.

DATOS DE CUENCA		
Area	1.077	km^2
Longitud de cauce principal	2,291.53	m
	2.29	km
Elevación del punto mas alejado	32.84	msmn
Elevación del punto de salida	3.67	msnm
Diferencia de elevaciones de entrada y salida	29.17	m
Pendiente Taylor Schwarz	0.00149	
Tiempo de concentración (kirpich)	1.537	horas
	92.21	minutos

4.2 Análisis de Lluvias

Con la información de las estaciones climatológicas seleccionadas anteriormente, se procedió a efectuar un análisis probabilístico con el programa AFA, aplicando funciones de Probabilidad, de acuerdo con los métodos: Gumbel, Nash, Normal, Log Normal, Gamma 2, Pearson III, etc.

Aplicando a la muestra de lluvias de la Zona, las funciones de Probabilidad anteriores, se determinó la función con mejor ajuste probabilístico, de esta forma se podrá extrapolar con dicha función, los valores de lluvias correspondientes a diferentes períodos de retorno.

Esos valores puntuales obtenidos a partir de los registros históricos de cada estación son representativos de sólo el sitio donde se ubica dicha Estación Climatológica, a continuación, se presenta el procedimiento para obtener los resultados adecuados a toda la cuenca.

4.2.1 Información climatológica

La zona de estudio cuenta con varias estaciones climatológicas, por lo que se ubicaron cada una de las que podrían tener incidencia en la zona de proyecto y se establecieron los polígonos de Thiessen con el objetivo de determinar la influencia de cada una de las estaciones seleccionadas.

NOMBRE	CLAVE	PERIODO DE REGISTRO		LATITUD	LONGITUD
TEPETIXTLA	12086	01/12/1962	31/10/2022	17.2166667	-100.11222
CARRERA LARGA	12016	01/03/1953	31/12/2021	17.0416667	-100.11667
LAGUNA DE COYUCA	12219	01/09/1981	31/05/2023	17.0072222	-100.0875
ACAPULCO DE JUAREZ (SMN)	12142	01/08/1972	30/04/2023	16.8663889	-99.905556
LA SABANA	12183	01/06/1978	31/05/2023	16.8880556	-99.861944
LAGUNA TRES PALOS	12223	01/12/1981	31/12/2022	16.8297222	-99.778333

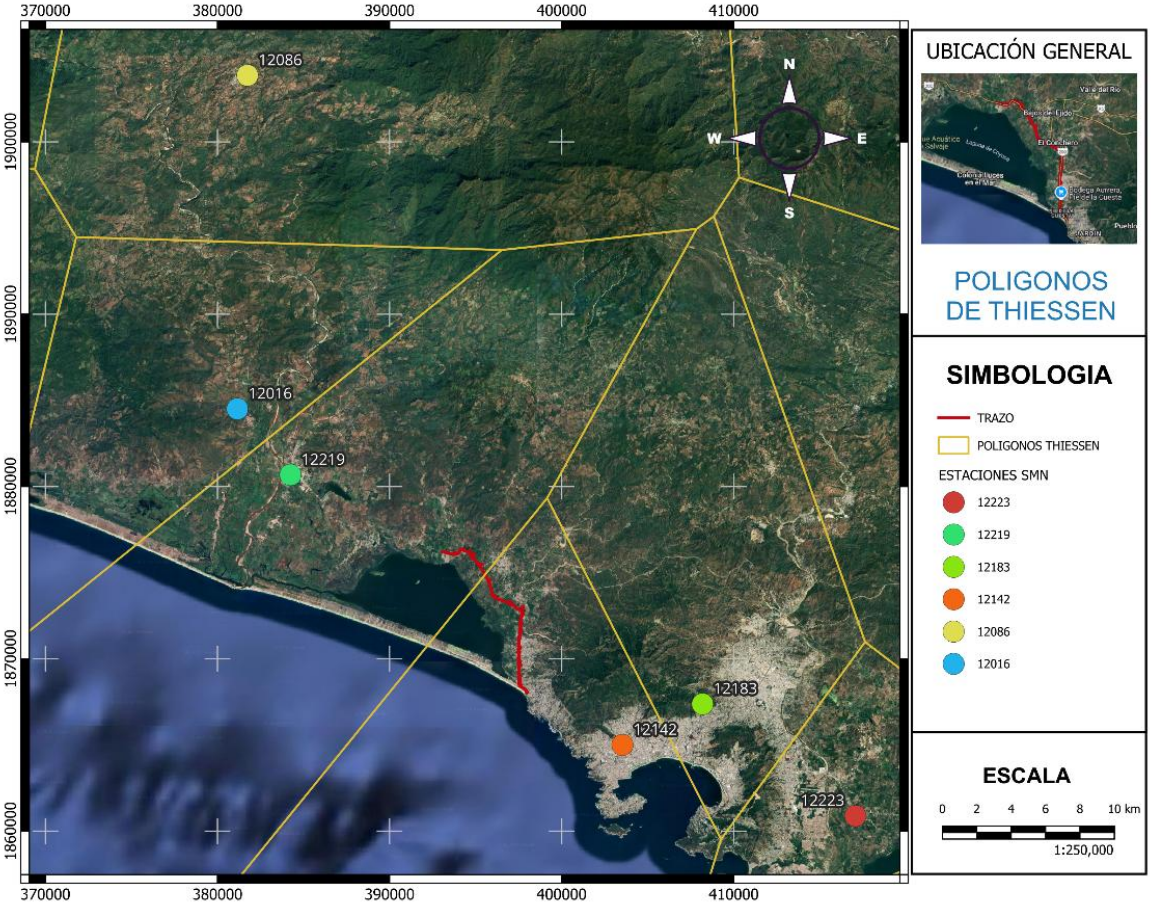


Imagen 11.- *Estaciones Climatologicas en el área de estudio.*

Como se puede observar en la siguiente imagen, al establecer los polígonos de Thiessen formados apartir de la ubicación de las estaciones climatológicas de la zona, se determina que la estación con influencia en la zona de estudio es: 12219 Coyuca de Benitez, la cual presenta datos desde 1981 hasta 2024.

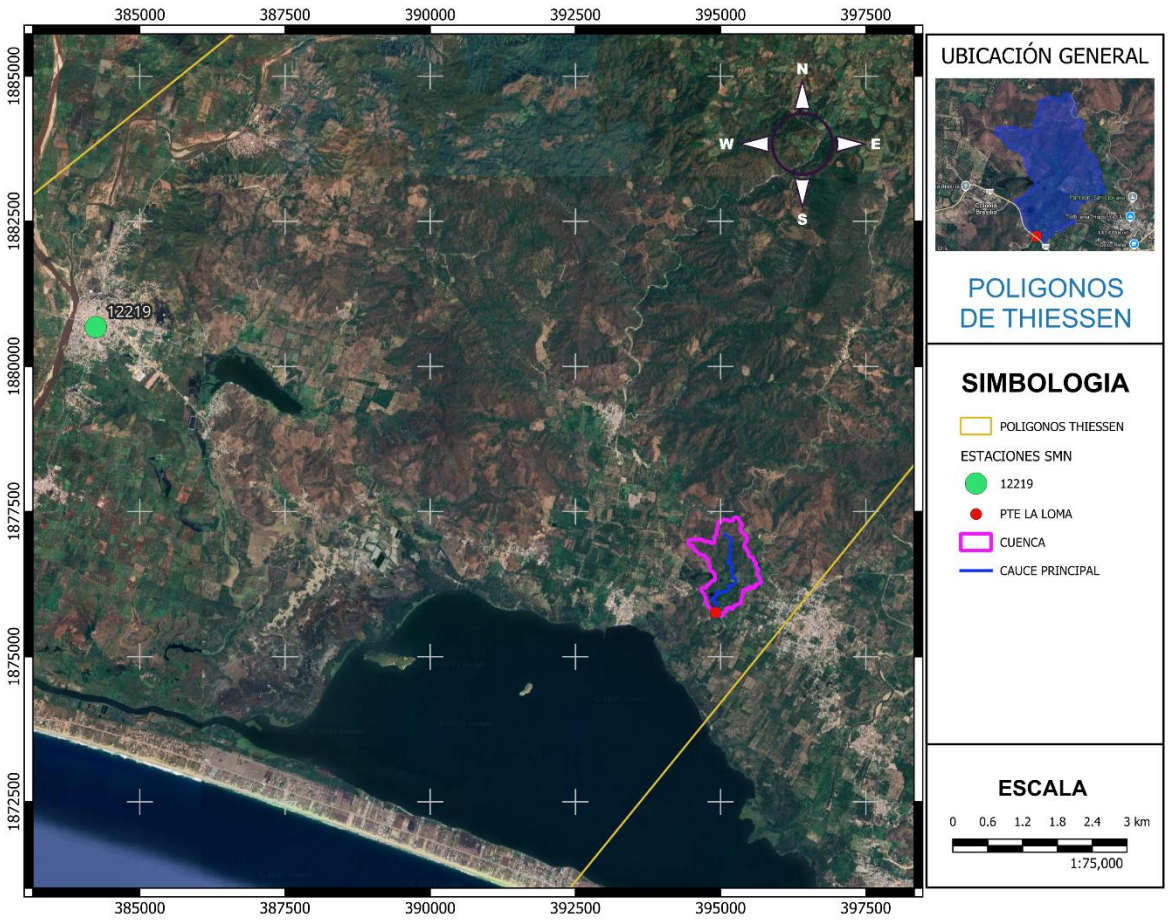


Imagen 12.- *Poligonos de Thiessen en el área de estudio.*

A continuación, se muestran los datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua, a través del Sistema Metereologico Nacional, mismos que corresponden a los registros de Precipitación Máxima en 24 horas

NOMBRE : LAGUNA DE COYUCA
ESTADO : GUERRERO
MUNICIPIO : COYUCA DE BENÍTEZ
SITUACIÓN : OPERANDO
CLAVE: 12219
LATITUD : 17.00722222 °
LONGITUD : -100.0875 °
ALTITUD : 40 msnm

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MAXIMAS	DATOS
1981									10.5	105.7	8.8	0	105.7	100
1982	0	0	0	0	33.5	70.1	42.5	20	100	19.5	0	0	100	89
1983	3	0	0	0	0	89	82	43.5	42	70	2.5	4.5	89	280
1984	33.5	0	0	0	2.5	60	89.5	62.5	280	8	2.5	0	280	97
1985	6.5	0	0	0	0	98	67.5						98	77
1986	0	0	0	14	13	59	60	97	87	39.5	10	2	97	120
1987	0	2.5	16	2.5	25	67	40	65	31	3.5	77	0	77	157
1988	0	0	0	0	0	63.5	60	120	47	6	0	0	120	125
1989	0	0	0	0	0	80	52	78.5	157	20	1.5	0.4	157	62
1990	0	0	0	0	0	60	50	125	30	10	0	0	125	101.5
1991	0	0	0	0	0	53	62	19	52	35.5	20.2	21.5	62	141.5
1992	51	35	0	0.01	0.01	25	51.5	78	101.5	58	8.5	17.5	101.5	75
1993	0	0	0	0	0	141.5	101	35.5	60	21	1.5	0	141.5	138.5
1994	0	0	0	0	20.5	60	75	25	32.5	27	4.5	0	75	175
1995	0	8	0	2	17	32	52.5	138.5	60	67	3.5	28	138.5	342.5
1996	0	0	0	0	6	175	40	95	112.5	100	2	0	175	71.5
1997	0	0	0	0	42	50	14	17	93.5	342.5	23.5	8.5	342.5	180.5
1998	0	0	0	0	0	49.5	61	54.5	71.5	45	0.01	0	71.5	114.5
1999	0	0	0	0	0	180.5	54.5	60	90	38	45	0	180.5	83.5
2000	0												0	124
2001							76.5	40	53	0	0	15	76.5	80.5
2002	10.5	0	0	0	7	60.4	10	14.5	114.5	30.5	0	0	114.5	120.7
2003	0	0	0	0	0	67	20	40.5	83.5	18.4	0	0	83.5	84
2004	30	0	0	0	85.5	37	80	40	124	44	0	0	124	145.3
2005	10	0	0	0	0	22	80.4	60.8	80.5	80.5	0		80.5	105.3
2006			0	0	0	120	110	120.7	80.5	74.5	16.5	0	120.7	170.2
2007	0	0	0	0	15.5	70.7	20	84	20	22	0	0	84	125.2
2008	0	0	0	0	17	80	60.4	70.4	60.3	145.3	0	0	145.3	140.3
2009	0	0	0	0	5.5	105.3	85.2	90.2	85.2	60.2	0	0	105.3	90.2
2010	70.2	70.2	0	0	0	65	80.2	170.2	95.3	0	0	0	170.2	125
2011	0	0	0	0	10.2	125.2	110.2		75	110.2	0	0	125.2	90.3
2012	0	0	0	0	3	140.3	10.2	80.3	50.2	55.2	0	0	140.3	150
2013	10	0	0	0	0	25	65.3	15.2	30.2	90.2	10	0	90.2	85.2
2014	0	0	0	0	110.8	125	15.2	110	80	90	60	30	125	86
2015	0	0	15	0	15	65.2	60.3	40.3	90.3	50.2	50.3	0	90.3	120
2016	0	0	75	0	0	40.3	70	150	110	30.2	20.2	0	150	180.3
2017	0	0	0	0	70	60.3	85.2	65.2	60.2	50	0	0	85.2	110
2018	0	0	0	0	23.2	86	30	34	60.2	53	35	0	86	180
2019	0.6	6	0	0	15	120	40	80	72	50	45	0	120	80
2020	0	0	0	0	0	55	65	180.3	35	5	0	0	180.3	
2021	0	0	0	0	0	70	75	110	80	40	0	0	110	
2022	0	0	0	0	25	120	40	50	180	60	10	0	180	
2023	0	0	0	0	0								0	
2024	0	0	0	0		40	55	75	40	80	0		80	

Asignación del periodo de retorno a los datos

El periodo de retorno se define como el número de años en que un evento puede ser igualado o excedido en promedio y a la larga. También es conocido intervalo de recurrencia.

Si se tienen n datos de una muestra de series máximas anuales, para asignar un periodo de retorno a cada evento se suele utilizar la fórmula de Weibull (Gumbel, 1985).

$$Tr = \frac{n+1}{m}$$

En donde

m número de orden del gasto máximo anual, en una lista de mayor a menor.

n años de registro, igual al número de gastos máximos anuales.

Tm periodo de retorno correspondiente, en años.

El periodo de retorno está asociado con la probabilidad de que un evento sea igualado o excedido en un año dado mediante la ecuación:

$$\boldsymbol{Tr = \frac{1}{P}}$$

Como el valor de la *fda* es la probabilidad de que una variable X tome un valor menor o igual a x, es decir $F(x) = P(X \leq x)$F(x), el, periodo de retorno se define en función de la *fda* como:

$$\boldsymbol{Tr = \frac{1}{1 - F(x)}}$$

Prueba de Homogeneidad

Las características estadísticas de las series hidrológicas, como la media, la desviación estándar y los coeficientes de correlación serial, se afectan cuando la serie presenta tendencia en la media o varianza, o cuando ocurren saltos negativos o positivos; tales anomalías son producidas por la pérdida de la homogeneidad o la inconsistencia.

La falta de homogeneidad es en general producida por actividades humanas, tales como la deforestación, apertura de nuevas áreas de cultivo, rectificación de cauces, construcción de embalses y reforestación. Las pruebas estadísticas que miden la homogeneidad de una serie de datos parten de una hipótesis nula y usan una regla para aceptarla o rechazarla. Se enlistan las siguientes:

- Método de Helmert
- Método de T de Student
- Método de Cramer

Independencia de Eventos

Para poder realizar el análisis de frecuencias se requiere que la muestra x_i de la serie de datos esté compuesta por variables aleatorias, es decir, los elementos de la muestra deben ser independientes entre sí. Para probarlo se puede aplicar la prueba de independencia de

Anderson, la cual hace uso del coeficiente de autocorrelación serial r_k para diferentes tiempos de retraso k

La expresión para obtener el coeficiente de autocorrelación serial de retraso k es:

$$r_k = \frac{\sum_{i=1}^{n-k}(x_i - \bar{x})(x_{i+k} - \bar{x})}{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}, \text{ para } r_0 = 1 \text{ y } k = 1,2,\ldots,\frac{n}{3}$$

Demás, los límites al 95% (o 5% del nivel de significancia) de confianza para r_k se puede obtener como

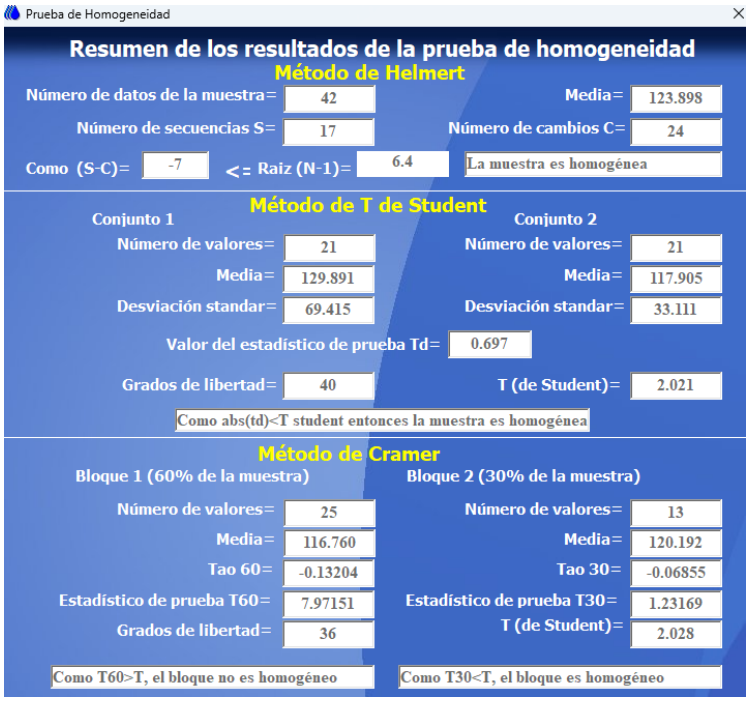
$$r_k(95\%) = \frac{-1 \pm 1.96\sqrt{n-k-1}}{n-k}$$

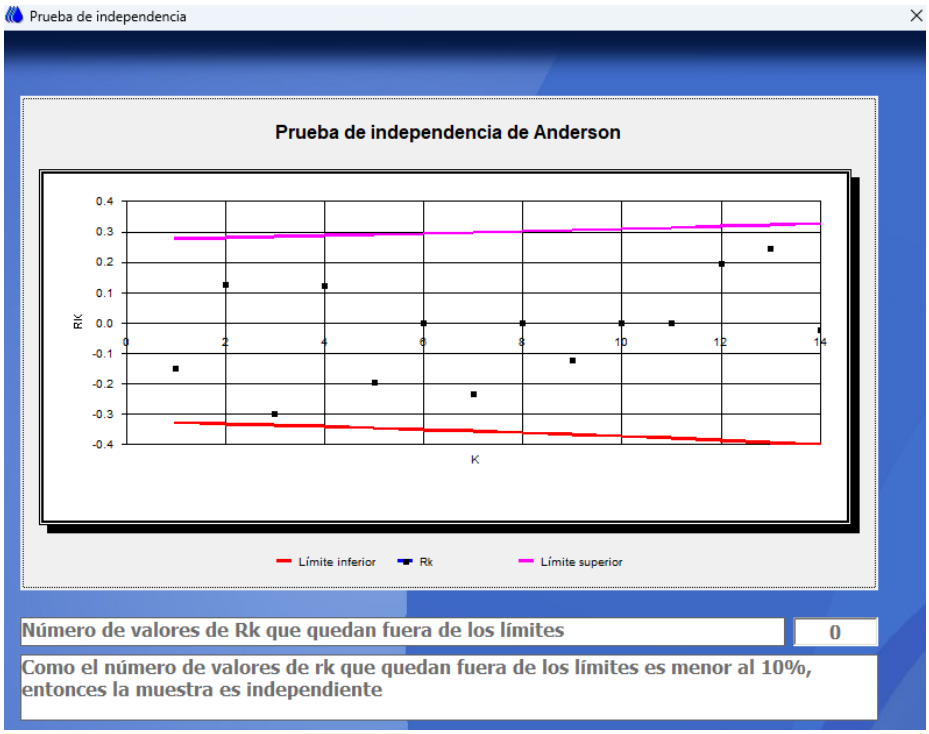
La gráfica de los valores estimados para (ordenadas) contra los tiempos de retraso k (abcisas), junto con sus correspondientes límites de confianza, se llama correlograma de la muestra.

Si sólo el 10% de los valores de r_k sobrepasan los límites de confianza se dice que la serie es independiente.

Análisis de Pruebas de homogeneidad e independenciacon los de Registros de lluvia máxima en 24 horas con el programa de Análisis de Frecuencias AFA V 1.1

Estación 12219





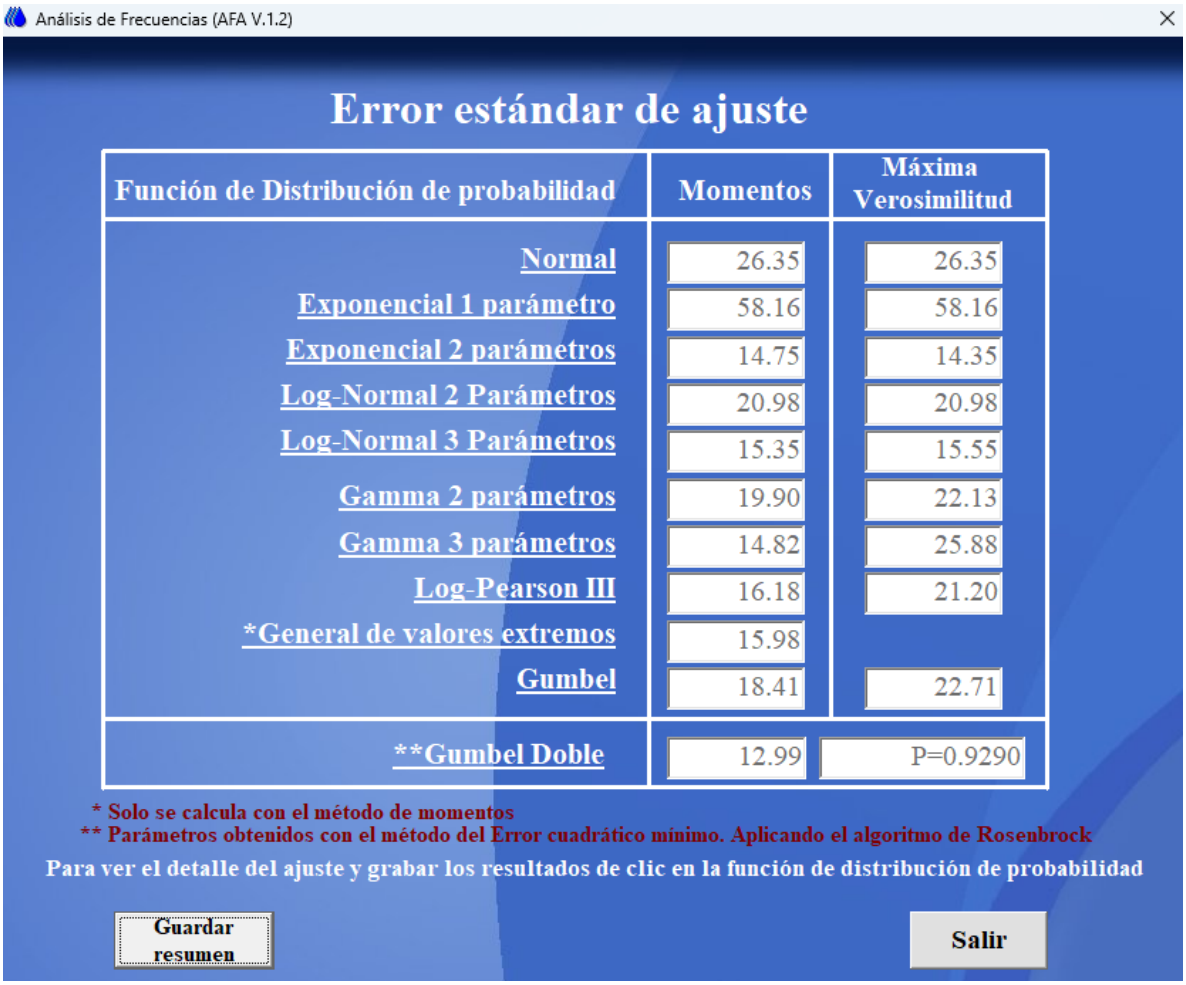
Análisis de frecuencia de Registros de lluvia máxima en 24 horas con el programa de Análisis de Frecuencias AFA V 1.1

Para los registros de gastos máximos de la estaciónes se realizará un análisis estadístico de los datos históricos con el fin de encontrar la distribución de frecuencia que mejor se adapte a los datos, para después encontrar los gastos máximos para los periodos de retorno considerados.

Las distribuciones de frecuencias más comunes a utilizar se presentan a continuación.

Para el ajuste de los datos de gastos máximos se utilizó el software AFA que involucra diversas funciones de distribución algunas como son: Normal, Exponencial, Log normal, Gumbel, Exponencial, Gamma, LogPearson III y doble Gumbel.

Estación 12219



Análisis de Frecuencias (AFA V.1.2)

DISTRIBUCIÓN GUMBEL DOBLE

========== DATOS ESTADÍSTICOS ==========

NÚMERO DE DATOS: 42

POBLACIÓN 1

MEDIA: 267.667

DESVIACIÓN ESTÁNDAR: 81.701

POBLACIÓN 2

MEDIA: 112.839

DESVIACIÓN ESTÁNDAR: 32.312

OPTIMIZACIÓN DE PROBABILIDAD (P)

PARÁMETROS:

MÉTODO DE ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO

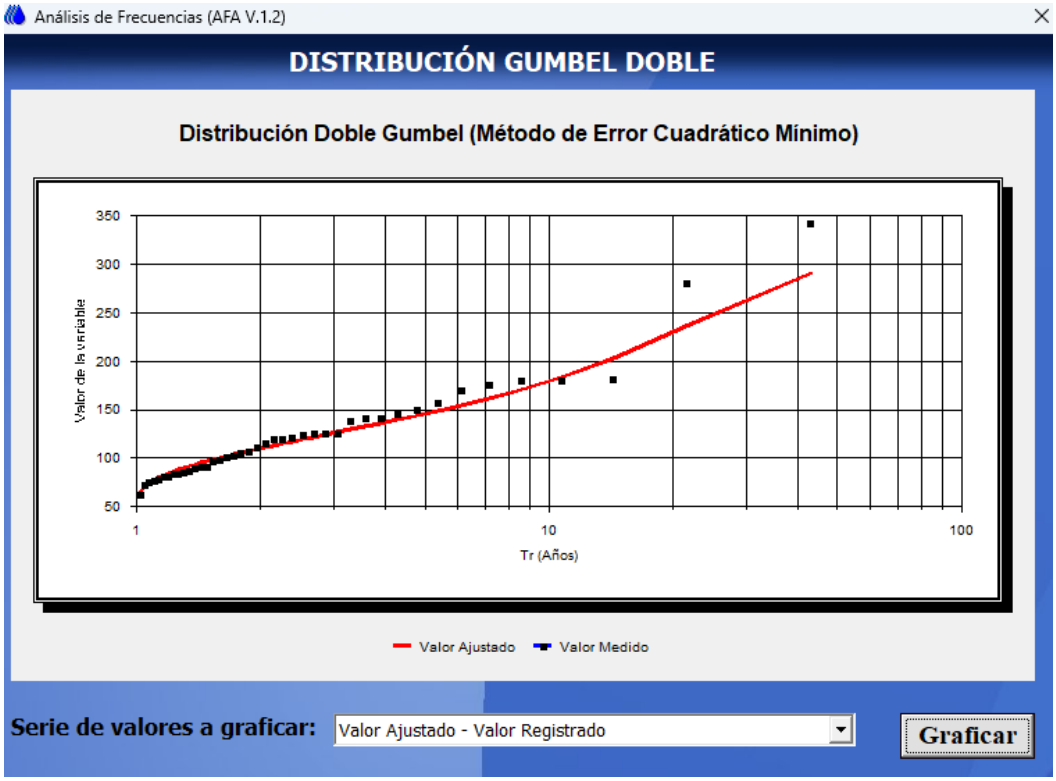
P	0.929
ALFA 1	25.194
BETA 1	98.297
ALFA 2	63.702
BETA 2	230.898
ERROR ESTANDAR DE AJUSTE	12.99

No. Orden	Tr (años)	F (x)	Valor Registrado	Valor Ajustado
1	43	0.9767	342.5	291.264
2	21.5	0.9535	280	236.361
3	14.333	0.9302	180.5	203.652
4	10.75	0.907	180.3	183.745
5	8.6	0.8837	180	170.848
6	7.167	0.8605	175	161.651
7	6.143	0.8372	170.2	154.575
8	5.375	0.814	157	148.835
9	4.778	0.7907	150	144.001
10	4.3	0.7674	145.3	139.813
11	3.909	0.7442	141.5	136.107
12	3.583	0.7209	140.3	132.774
13	3.308	0.6977	138.5	129.735

Tr (años)	Valor Extrapolado
1.2	84.66
2	110.353
5	145.845
10	179.337
20	230.371
50	302.431
75	331.404
100	351.269
200	397.694
300	424.268
400	442.964
500	457.403
600	469.163

Graficar

Regresar



Corrección por intervalo fijo de observación

Se realizó la corrección al valor de las lluvias máximas diarias para adecuar la lámina, lo mejor posible al valor real. L.L. Weiss, en base a estudio de miles de estaciones-año datos de lluvia, encontró que los resultados de un análisis probabilístico llevado a cabo con lluvias máximas anuales tomadas en un único y fijo intervalo de observación, para cualquier duración comprendida entre 1 y 24 horas, al ser incrementados en un 13 %, conducían a magnitudes más aproximadas a las obtenidas en el análisis de lluvias máximas verdaderas.

De acuerdo a lo anterior, el valor representativo adoptado para cada cuenca deberá ser multiplicado por 1.13, para ajustarlo por intervalo fijo y único de observación, pues los registros de lluvias diarias se toman de 8 AM de un día a 8 AM del día siguiente. Finalmente, el valor de corrección que deberá efectuarse a las lluvias es el resultado de multiplicar el factor de corrección por intervalo fijo de observación, quedando:

Evento de diseño	
T (años)	P (mm)
2	131.31
5	186.79
10	221.38
25	262.73
50	291.98
75	308.54
100	320.08
500	382.32
1000	408.21

4.3 CURVA I-D-Tr A PARTIR DE LA FORMULA CHENG LUNG CHEN

Para elaborar las Curvas I – D – Tr, necesarias para la determinación del gasto de diseño de las corrientes de agua que cruzan la zona en estudio, se aplicó la formula empírica propuesta por Cheng (1983), la cual utiliza las tres alturas de lluvia siguientes que de acuerdo al autor, describen adecuadamente su variación geográfica en la zona en estudio en términos de la relación altura-duración (R_1^T/R_{24}^T) para cualquier periodo de retorno T, y de la relación altura – periodo de retorno (R_d^{100}/R_d^{10}) para cualquier duración d.

Altura de lluvia R, para una duración de una hora y periodo de retorno de 10 años (R_1^{10}), altura de lluvia para 24 horas asociada a un periodo de retorno de 10 años (R_{24}^{10}) y altura de lluvia en una hora y periodo de retorno de 100 años (R_1^{100}).

Metodología utilizada para obtener las curvas I–D–Tr a partir de la información de pluviómetros, lluvia en 24 horas.

- Se Identificó y recopiló la información de lluvia en 24 horas de las estaciones pluviométricas representativas de la precipitación en la zona en estudio.

- Se consideró como datos las precipitaciones ocurridas en 24 horas con sus respectivos periodos de retorno, calculados estadísticamente cuyos resultados se presentan en el inciso "Distribuciones de Probabilidad" de la presente memoria.

Ecuación de Cheng

$$P_t^{Tr} = \frac{aP_1^{10}\, log(10^{2-F} * Tr^{F-1})t}{60(t+b)^c}$$

"La lluvia con duración de una hora y un periodo de retorno de dos años o más, se puede evaluar con una relación a la de 24 horas con igual periodo de retorno, denominada cociente lluvia/duración (R). Este cociente se calcula con la fórmula:

$$R = \frac{P_1^{Tr}}{P_{24}^{Tr}}$$

Donde:

P_1^{Tr} y P_{24}^{Tr} corresponden respectivamente a la lluvia de una hora y 24 horas con periodo de retorno (Tr) de dos o más años.

La metodología requiere también del cálculo del cociente lluvia/periodo de retorno

$$X = \frac{P_t^{100}}{P_t^{10}}$$

P_t^{100} P_t^{10} son la lluvia de 24 horas y periodo de retorno de 100 años y 10 años, respectivamente.

Con el valor promedio de los cocientes *R* (R_{prom}), se obtuvieron los parámetros *a, b y c* que se han expresado en forma de ecuaciones de regresión polinomial. Las siguientes expresiones que son válidas para el intervalo $0.20 \leq R \leq 0.70$.

$$a = 21.03453 - 186.4683R + 825.4915R^2 - 1084.846R^3 + 524.06R^4$$

$$b = 3.487775 - 68.13976R + 389.4625R^2 - 612.4041R^3 + 315.8721R^4$$

$$c = 0.2677553 + 0.9481759R + 2.109415R^2 - 4.827012R^3 + 2.459584R^4$$

a, b y c son parámetros regionales que depende del cociente (R).

En la figura siguiente, se muestran, para el caso de la República Mexicana, los valores del factor R, agrupados en 3 clases: $R < 0.37$; $0.37 < R < 0.55$, y $R > 0.55$, siendo el primer caso, el de la zona del Proyecto, Cuenca del puente: R = 0.332

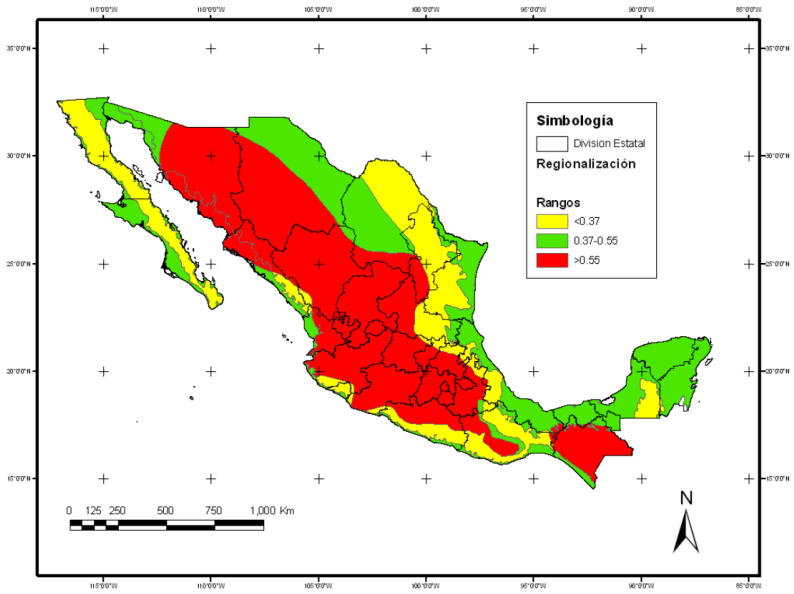


Imagen 13. Regionalización del factor de convectividad R.

CONSTANTES	VALORES
a	16.71
b	5.16
c	0.667
P10m	73.50

Tabla 2. Coeficientes para la ecuación de Chen

Duración	Tr, años					
min	5	10	50	100	500	1000
1	2.31	2.73	3.71	4.14	5.12	5.54
5	17.74	20.99	28.54	31.80	39.35	42.60
10	26.55	31.42	42.73	47.59	58.90	63.77
15	32.46	38.42	52.24	58.19	72.01	77.96
30	44.06	52.14	70.90	78.98	97.74	105.82
45	51.84	61.35	83.42	92.92	114.99	124.49
60	57.86	68.47	93.10	103.71	128.33	138.94
90	67.11	79.41	107.98	120.28	148.85	161.16
120	74.27	87.88	119.49	133.11	164.72	178.34
180	85.27	100.90	137.19	152.83	189.12	204.75
240	93.78	110.97	150.89	168.08	208.00	225.19
360	106.86	126.45	171.93	191.52	237.01	256.60
720	132.53	156.83	213.25	237.54	293.96	318.26
1440	163.07	192.96	262.38	292.27	361.68	391.58

Tabla 15. Intensidades de Lluvia para distintas duraciones y periodos de retorno

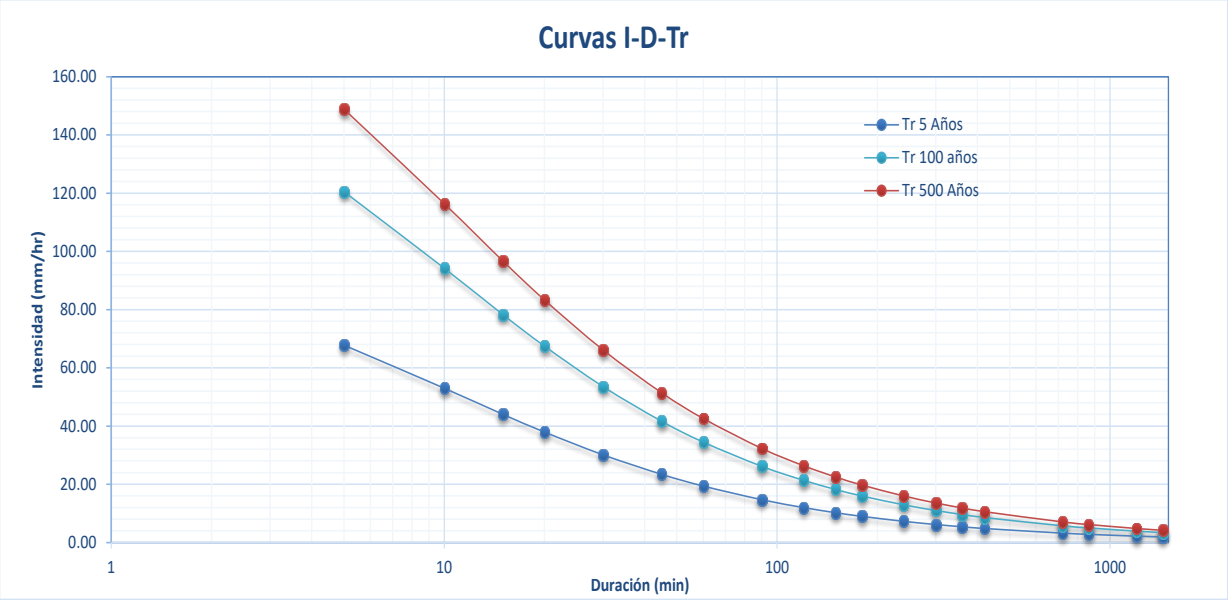


Imagen 14. Curvas I-d-Tr.

4.4 Periodo de Retorno

A partir del acuerdo establecido entre la SICT y la CONAGUA mediante el Oficio Núm. B00.7.-395 en el cual se establece el criterio para definir los periodos de retorno Tr que han de considerarse para el diseño de puentes carreteros que cruzan las corrientes de agua visualizadas en el Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas SIATL.

Puentes Carreteros para el paso de corrientes visualizadas en el simulador de flujos de agua de cuencas hidrográficas (SIATL).

A continuación, se presenta un extracto del contenido del Oficio Núm. B00.7.-395

Estructura	Tipo de viabilidad	Localización geográfica	Periodo de retorno Tr (años)
En caminos locales que comunican poblador de menos de 100,000 habitantes.	Carretera Estatal o municipal	1	25
		2	50
En caminos regionales que comunican poblados de más de 100,000 habitantes y hasta 500,000 habitantes.	Jurisdicción Federal ET. C. D	1	50
		2	100
En caminos primarios que comunican poblados de más de 500,000 habitantes.	Jurisdicción Federal ET. A. B	1	500
		2	1000
Cualquier tipo de camino localizado en una llanura de inundación en altiplanos o depresiones.		1	100
		2	500
Cualquier tipo de camino localizado en una llanura de inundación costera.		1	500
		2	1000

Nomenclatura (Clasificación conforme a la normativa de SCT y que son Jurisdicción Federal):

ET Ejes del Transporte. Cuyas características geométricas y estructurales permiten la operación de todos los vehículos autorizados con las máximas dimensiones, capacidad y peso.
A Carretera tipo A. Transito promedio diario anual de 1,500 a 3,000 vehículos, equivalente a un tránsito horario máximo anual de 180 a 360 vehículos. Se permite la operación de todos

los vehículos excepto aquellos que por sus dimensiones y peso solo se permiten en las carreteras tipo ET.
B Carretera tipo B, red primaria. Transito promedio diario anual de 500 a 1500 equivalente a un tránsito horario máximo anual de 60 a 180 vehículos.
C Carretera tipo C, red secundaria. Transito promedio diario anual de 1,500 a 3,000 equivalente a un tránsito horario máximo anual de 180 a 360 vehículos.
D Carretera tipo D, red alimentadora. Transito promedio diario anual de 500 a 1,500 equivalente a un tránsito horario máximo anual de 60 a 180 vehículos.
1 zona de altiplano o Zona deshabitada.
2 zona costera o zona habitada.
Con base en el criterio establecido en el oficio arriba citado, se definió el periodo de retorno considerado como de diseño para este estudio de **Tr = 1000 años.**

4.5 Métodos lluvia - escurrimiento

METODO RACIONAL

El Método Racional es posiblemente el modelo más antiguo de la relación lluvia-escurrimiento. Su origen se remonta a 1851 ó 1889. Este modelo toma en cuenta, además del área de la cuenca, la altura o intensidad de la precipitación, y es hoy en día muy utilizado.
A pesar de estar basado este método en ciertas hipótesis que generalmente no se cumplen y que se apartan más de la realidad mientras mayor es el área de la cuenca considerada, su uso se ha extendido ampliamente en muchos países debido a su gran sencillez. En el sistema métrico la fórmula del método racional se puede escribir de la siguiente manera:

$$Qp = 0.278\ C\ I\ A$$

donde:
Q_p = Gasto de pico, m^3/s.
C = Coeficiente de escurrimiento, adimensional. Representa la relación entre el volumen escurrido y el llovido y depende de las características de la cuenca (Tabla 4).
I = Intensidad de la lluvia para una duración igual al tiempode concentración, mm/hr.
A = Área drenada, Km^2.
0.278 = Factor de homogeneidad de unidades.

METODO DE VEN TE CHOW

Este método considera que el gasto de pico del escurrimiento directo Qp de una cuenca puede calcularse como el producto de la altura de precipitación exceso Pe por el gasto de pico de un hidrograma unitario, qp o sea:

$Qp = qp\ Pe$

donde: Qp = Gasto de pico del hidrograma de escurrimiento directo, m3/s.
qp = Gasto de pico del hidrograma unitario, en m3/s por cm de precipitación en exceso para una duración de t horas.
Pe = Precipitación en exceso para la duración de tormenta seleccionada y el periodo de retorno establecido, cm.

Considerando una precipitación en exceso igual a 1 cm, con una duración de t horas sobre una cuenca de A Km2, el escurrimiento de equilibrio, o sea el escurrimiento producido por una precipitación de intensidad constante continuando indefinidamente, será igual a 2.78 A/t. La relación del gasto de pico del hidrograma unitario qp a 2.78 A/t, se define como el factor de reducción del pico, Z:

$$Z = \frac{q_p t}{2.78\ A}$$

donde: Z = Factor de reducción del pico, adimensional.
A = Área de la cuenca, Km2.
t = Duración total de la tormenta, horas.
qp = Gasto de pico del hidrograma unitario, en m3/s por cm de precipitación en exceso para una duración de t horas.

entonces:

$$\boldsymbol{q_p = \frac{2.78\ AZ}{t}}$$

Llamando X al cociente de $\boldsymbol{P_e}$

$$\boldsymbol{X = \frac{P_e}{t}}$$

donde: X = Factor de escurrimiento, cm/h..
P_e = Precipitación en exceso para la duración de tormenta seleccionada y el periodo de retorno establecido, cm.
t = Duración total de la tormenta, horas.

por tanto la ecuación para obtener el gasto queda:

$$\boldsymbol{Q_p} = 2.78\ \boldsymbol{A\ X\ Z}$$

donde: Q_p = Gasto de pico del hidrograma de escurrimiento directo m^3/s.
A = Área de la cuenca, Km2.
X = Factor de escurrimiento, cm/h..
Z = Factor de reducción del pico, adimensional.

2.78 = Factor de homogeneidad de unidades.

METODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO TRINAGULAR

Mockus desarrollo un hidrograma unitario sintético de forma triangular.

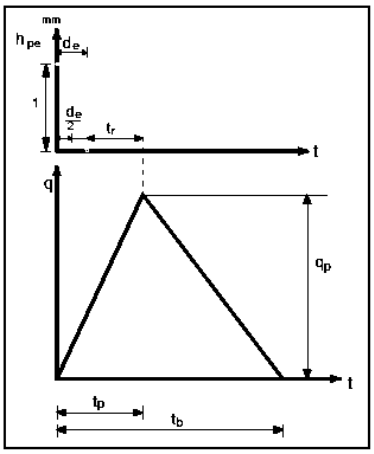


Figura 1. Hidrograma Unitario Triangular.

De la geometría del hidrograma unitario, se escribe el gasto de pico como:

$$q_p = \frac{0.555\ A}{t_b} \qquad (1)$$

donde: A = Área de la cuenca, Km2
t_p = Tiempo de pico, h.
q_p = Gasto de pico, m3/s/mm.

Del análisis de varios hidrogramas, Mockus concluye que el tiempo base y el tiempo de pico t_p se relacionan mediante la expresión:

$t_b = 2.67\ t_p$ (2)

A su vez el tiempo de pico se expresa como:

$$t_p = \frac{de}{2} + tr \quad (3)$$

Donde d_e es la duración en exceso y t_r el tiempo de retraso, el cual se estima mediante el tiempo de concentración t_c.

$t_r = 0.6\ t_c$ (4)

Además, la duración en exceso con la que se tiene mayor gasto de pico, a falta de mejores datos, se puede calcular aproximadamente como:

$d_e = 2\sqrt{t_c}$ (5)

Para cuencas grandes, o bien $d_e = t_c$ para las pequeñas. Todos los tiempos y la duración en exceso en las fórmulas (84-2 a la 87-5) están en h. Sustituyendo (84-2 en 83-1) se obtiene:

$$q_p = \frac{0.208\ A}{t_p} \quad (6)$$

Donde (ecuaciones 3 a la 5): $t_p = \sqrt{t_c} + 0.6\ t_c$ (7)

Con las ecuaciones (2, 3 y 7) se calculan las características del hidrograma unitario triangular.

El hidrograma de escurrimiento directo Q_p se calcula multiplicando la altura de precipitación en exceso P_e en mm, por el gasto de pico del hidrograma unitario q_p.

Resumen de Gastos obtenidos

Una vez aplicados los modelos lluvia escurrimiento antes descritos, enseguida se presenta las tablas con los gastos obtenidos para los periodos de retorno de 5, 10, 50,100, 500 y 1000 años.

DURACIÓN minutos	METODO HIDROGRAMA TRIANGULAR					
	GASTO MÁXIMO (m^3/s)					
92.40	Tr= 5 años	Tr= 10 años	Tr= 50 años	Tr= 100 años	Tr= 500 años	Tr= 1000 años
	2.01	2.74	4.66	5.55	7.75	8.74

DURACIÓN minutos	METODO RACIONAL AMERICANO					
	GASTO MÁXIMO (m^3/s)					
92.40	Tr= 5 años	Tr= 10 años	Tr= 50 años	Tr= 100 años	Tr= 500 años	Tr= 1000 años
	9.00	10.42	15.37	17.51	22.51	24.17

DURACIÓN minutos	METODO DE CHOW					
	GASTO MÁXIMO (m^3/s)					
92.40	Tr= 5 años	Tr= 10 años	Tr= 50 años	Tr= 100 años	Tr= 500 años	Tr= 1000 años
	3.42	4.54	7.46	8.81	12.05	13.51

5.0 Gasto de diseño

- Se delimitó la cuenca en estudio hasta el cruce con el puente de 1.077 km^2.
- Con base el criterio establecido entre la SCT y la CONAGUA mediante el **Oficio Núm. B00.7.-395**, se definió un periodo de retorno Tr = 1000 años.
- Para cálculo de los gastos máximos en la cuenca de aportación, se aplicaron métodos que relacionan la lluvia escurrimiento (Racional, Ven Te Chow e Hidrograma Unitario Triangular).
- Con base en lo anterior, el método racional americano (MRA) proporciona resultados más confiables resultando un gasto de diseño de **24.17 m^3/s** asociado a un periodo de retorno de 1000 años.

6.0 Anexos

SECRETARÌA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

Comunicaciones
Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes

DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS,
DIRECCIÒN EJECUTIVA DE PROYECTOS,
DIRECCION TECNICA

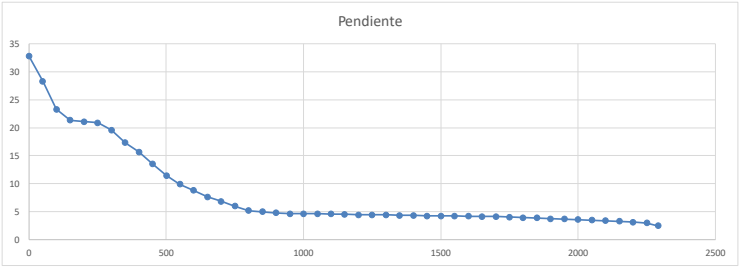
[redacted]

CARRETERA:	MEX-200 SALINA CRUZ - ZIHUATANEJO
OBRA:	LA LOMA

CÁLCULO DE LA PENDIENTE MEDIA POR EL MÉTODO DE TAYLOR-SCHWARTZ

TRAMO	LONGITUD Metros	ELEVACION	DESNIVEL H en metros	PENDIENTE s	RAIZ (s)	1/RAIZ (s)
0	0.00	32.84				
1	50.01	28.30	4.54	0.091	0.3013	165.981
2	50.01	23.31	4.99	0.100	0.3159	158.320
3	50.01	21.32	1.99	0.040	0.1995	250.703
4	50.01	21.08	0.24	0.005	0.0693	721.904
5	50.01	20.90	0.18	0.004	0.0600	833.583
6	50.01	19.57	1.33	0.027	0.1631	306.662
7	50.01	17.33	2.24	0.045	0.2116	236.299
8	50.01	15.67	1.66	0.033	0.1822	274.493
9	50.01	13.52	2.15	0.043	0.2073	241.194
10	50.01	11.45	2.07	0.041	0.2034	245.810
11	50.01	9.87	1.58	0.032	0.1777	281.356
12	50.01	8.79	1.08	0.022	0.1470	340.309
13	50.01	7.61	1.18	0.024	0.1536	325.570
14	50.01	6.80	0.81	0.016	0.1273	392.955
15	50.01	5.98	0.82	0.016	0.1280	390.552
16	50.01	5.18	0.80	0.016	0.1265	395.403
17	50.01	4.98	0.20	0.004	0.0632	790.807
18	50.01	4.75	0.23	0.005	0.0678	737.431
19	50.01	4.61	0.14	0.003	0.0529	945.195
20	50.01	4.60	0.01	0.000	0.0141	3536.595
21	50.01	4.59	0.01	0.000	0.0141	3536.595
22	50.01	4.58	0.01	0.000	0.0141	3536.595
23	50.01	4.52	0.06	0.001	0.0346	1443.809
24	50.01	4.42	0.10	0.002	0.0447	1118.369
25	50.01	4.41	0.01	0.000	0.0141	3536.595
26	50.01	4.39	0.02	0.000	0.0200	2500.750
27	50.01	4.33	0.06	0.001	0.0346	1443.809
28	50.01	4.29	0.04	0.001	0.0283	1768.297
29	50.01	4.23	0.06	0.001	0.0346	1443.809
30	50.01	4.22	0.01	0.000	0.0141	3536.595
31	50.01	4.21	0.01	0.000	0.0141	3536.595
32	50.01	4.17	0.04	0.001	0.0283	1768.297
33	50.01	4.10	0.07	0.001	0.0374	1336.707
34	50.01	4.09	0.01	0.000	0.0141	3536.595
35	50.01	3.99	0.10	0.002	0.0447	1118.369
36	50.01	3.92	0.07	0.001	0.0374	1336.707
37	50.01	3.84	0.08	0.002	0.0400	1250.375
38	50.01	3.69	0.15	0.003	0.0548	913.145
39	50.01	3.67	0.02	0.000	0.0200	2500.750
40	50.01	3.55	0.12	0.002	0.0490	1020.927
41	50.01	3.45	0.10	0.002	0.0447	1118.369
42	50.01	3.36	0.09	0.002	0.0424	1178.865
43	50.01	3.25	0.11	0.002	0.0469	1066.323
44	50.01	3.10	0.15	0.003	0.0548	913.145
45	50.01	2.93	0.17	0.003	0.0583	857.750
46	40.94	2.45	0.48	0.012	0.1083	378.095
	2291.39				**suma**	**59267.36**

Longitud = 2,291.39 metros
S media por Taylor-Schwartz = 0.0015 decimales



Gobierno de México | Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTE** **Dirección General de Carreteras** **Dirección Ejecutiva de Proyectos** **Dirección Técnica**
"ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 ACAPULCO – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO.	**ESTUDIO HIDROLOGICO**

SECRETARÌA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES		
Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**DIRECCIÒN GENERAL DE CARRETERAS, DIRECCIÒN EJECUTIVA DE PROYECTOS, DIRECCION TECNICA**	[redacted]

CARRETERA:	**MEX-200 SALINA CRUZ - ZIHUATANEJO**
OBRA:	**LA LOMA**

CÁLCULO DE LA LLUVIA EN EXCESO Y EL COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO "c"

Fórmula: $Pe=(P-508/N+5.08)^2/P+2032/N-20.32$

$c = Pe/p$

Tr= 5 años

Duración minutos	horas	i mm/hr	p mm	N				Pe mm	c
92.40	1.54	50.22	77.34	71.07	56.66	3,210.35	160.05	20.06	0.259

Tr= 10 años

Duración minutos	horas	i mm/hr	p mm	N				Pe mm	c
148.76	2.48	58.00	143.80	71.07	123.12	15,159.15	226.52	66.92	0.465

Tr= 50 años

Duración minutos	horas	i mm/hr	p mm	N				Pe mm	c
148.76	2.48	76.07	188.60	71.07	167.92	28,198.49	271.32	103.93	0.551

Tr= 100 años

Duración minutos	horas	i mm/hr	p mm	N				Pe mm	c
148.76	2.48	83.86	207.92	71.07	187.24	35,058.09	290.63	120.63	0.580

Tr= 500 años

Duración minutos	horas	i mm/hr	p mm	N				Pe mm	c
148.76	2.48	101.93	252.72	71.07	232.04	53,842.39	335.43	160.52	0.635

Tr= 1000 años

Duración minutos	horas	i mm/hr	p mm	N				Pe mm	c
148.76	2.48	109.72	272.03	71.07	251.35	63,178.65	354.75	178.09	0.655

Gobierno de México | Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTE** **Dirección General de Carreteras** **Dirección Ejecutiva de Proyectos** **Dirección Técnica**
"ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 ACAPULCO – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO.	**ESTUDIO HIDROLOGICO**

SECRETARÌA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES		
Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**DIRECCIÒN GENERAL DE CARRETERAS, DIRECCIÒN EJECUTIVA DE PROYECTOS, DIRECCION TECNICA**	[redacted]

CARRETERA:	**MEX-200 SALINA CRUZ - ZIHUATANEJO**

COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO PARA DISTINTOS PERIODOS DE RETORNO

Tr (Años)	hpd	hpe (mm)	Ce
5	18.68	10.24	0.55
10	22.14	13.25	0.60
50	29.20	19.65	0.67
100	32.01	22.26	0.70
500	38.23	28.12	0.74
1000	40.82	30.59	0.74

Gobierno de México | Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTE Dirección General de Carreteras Dirección Ejecutiva de Proyectos Dirección Técnica
"ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 ACAPULCO – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO.	ESTUDIO HIDROLOGICO

SECRETARÌA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES		
Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	DIRECCIÒN GENERAL DE CARRETERAS, DIRECCIÒN EJECUTIVA DE PROYECTOS, DIRECCION TECNICA	[redacted]

CARRETERA:	**MEX-200 SALINA CRUZ - ZIHUATANEJO**
OBRA:	**LA LOMA**

FÓRMULA **Q = C i A * 2.778** Area= 1.08 km²

Tr= 5 años			Tr= 10 años		
c=	0.55		c=	0.60	
i=	50.22	mm	i=	58.00	mm
A=	108.00	ha.	A=	108.00	ha.
Q=	**9.00**	**(m^3/s)**	**Q=**	**10.42**	**(m^3/s)**

Tr= 50 años			Tr= 100 años		
c=	0.67		c=	0.70	
i=	76.07	mm	i=	83.86	mm
A=	108.00	ha.	A=	108.00	ha.
Q=	**15.37**	**(m^3/s)**	**Q=**	**17.51**	**(m^3/s)**

Tr= 500 años			Tr= 1000 años		
c=	0.74		c=	0.74	
i=	101.93	mm	i=	109.72	mm
A=	108.00	ha.	A=	108.00	ha.
Q=	**22.51**	**(m^3/s)**	**Q=**	**24.17**	**(m^3/s)**

Con "c" ponderado

FÓRMULA **Q = C i A * 2.778** Area= 1.08 km²

Tr= 5 años			Tr= 10 años		
c=	0.666		c=	0.666	
i=	50.22	mm	i=	58.00	mm
A=	108.00	ha.	A=	108.00	ha.
Q=	**10.04**	**(m^3/s)**	**Q=**	**11.60**	**(m^3/s)**

Tr= 50 años			Tr= 100 años		
c=	0.666		c=	0.666	
i=	76.07	mm	i=	83.86	mm
A=	108.00	ha.	A=	108.00	ha.
Q=	**15.21**	**(m^3/s)**	**Q=**	**16.77**	**(m^3/s)**

Tr= 500 años			Tr= 1000 años		
c=	0.666		c=	0.666	
i=	101.93	mm	i=	109.72	mm
A=	108.00	ha.	A=	108.00	ha.
Q=	**20.38**	**(m^3/s)**	**Q=**	**21.94**	**(m^3/s)**

Gobierno de México | Comunicaciones, Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTE** **Dirección General de Carreteras** **Dirección Ejecutiva de Proyectos** **Dirección Técnica**
"ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 ACAPULCO – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO.	**ESTUDIO HIDROLOGICO**

SECRETARÌA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES		
Comunicaciones, Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**DIRECCIÒN GENERAL DE CARRETERAS, DIRECCIÒN EJECUTIVA DE PROYECTOS, DIRECCION TECNICA**	[redacted]

CARRETERA:	**MEX-200 SALINA CRUZ - ZIHUATANEJO**
OBRA:	**LA LOMA**

MÉTODO DE VEN TE CHOW

Qp = (0.278 A*Pe*Z/ de)*60

Área : 1.0800 Km2 **Tc :** 92.40 minutos **N :** 71.07 **tr :** 55.4 minutos

PERIODO DE RETORNO (Tr) : 5 Años

de (min)	de (hr)	I (mm)	I (cm)	HP (cm)	HE (cm)	X	Tp (mm)	de/tr	Z1	Qp m3/seg.
5	0.08	225.93	22.59	1.88	0.00	0.04	1.31	0.06	0.05	0.01
10	0.17	173.14	17.31	2.89	0.06	0.36	1.31	0.13	0.10	0.11
30	0.50	98.83	9.88	4.94	0.62	1.25	1.31	0.38	0.29	1.10
45	0.75	77.97	7.80	5.85	1.01	1.35	1.31	0.57	0.42	1.72
60	1.00	65.47	6.55	6.55	1.35	1.35	1.31	0.76	0.54	2.18
90	1.50	50.84	5.08	7.63	1.94	1.30	1.31	1.14	0.72	2.81
120	2.00	42.34	4.23	8.47	2.45	1.22	1.31	1.52	0.85	3.11
140	2.33	39.10	3.91	9.12	2.86	1.23	1.31	1.78	0.93	3.42
240	4.00	27.02	2.70	10.81	4.00	1.00	1.31	3.05	1.00	3.01
360	6.00	20.70	2.07	12.42	5.18	0.86	1.31	4.57	1.00	2.59

3.42

PERIODO DE RETORNO (Tr) : 10 Años

de (min)	de (hr)	I (mm)	I (cm)	HP (cm)	HE (cm)	X	Tp (mm)	de/tr	Z1	Qp m3/seg.
5	0.08	260.95	26.10	2.17	0.00	0.01	1.31	0.06	0.05	0.00
10	0.17	199.97	20.00	3.33	0.14	0.83	1.31	0.13	0.10	0.25
30	0.50	114.15	11.42	5.71	0.95	1.90	1.31	0.38	0.29	1.66
45	0.75	90.05	9.01	6.75	1.46	1.95	1.31	0.57	0.42	2.48
60	1.00	75.62	7.56	7.56	1.91	1.91	1.31	0.76	0.54	3.07
90	1.50	58.72	5.87	8.81	2.66	1.77	1.31	1.14	0.72	3.85
120	2.00	48.90	4.89	9.78	3.29	1.65	1.31	1.52	0.85	4.19
140	2.33	45.10	4.51	10.52	3.80	1.63	1.31	1.78	0.93	4.54
240	4.00	31.21	3.12	12.48	5.23	1.31	1.31	3.05	1.00	3.92
360	6.00	23.91	2.39	14.35	6.67	1.11	1.31	4.57	1.00	3.34

4.54

PERIODO DE RETORNO (Tr) : 50 Años

de (min)	de (hr)	I (mm)	I (cm)	HP (cm)	HE (cm)	X	Tp (mm)	de/tr	Z1	Qp m3/seg.
5	0.08	342.27	34.23	2.85	0.06	0.66	1.31	0.06	0.05	0.10
10	0.17	262.29	26.23	4.37	0.42	2.52	1.31	0.13	0.10	0.75
30	0.50	149.72	14.97	7.49	1.86	3.73	1.31	0.38	0.29	3.26
45	0.75	118.11	11.81	8.86	2.69	3.59	1.31	0.57	0.42	4.57
60	1.00	99.19	9.92	9.92	3.39	3.39	1.31	0.76	0.54	5.46
90	1.50	77.02	7.70	11.55	4.54	3.03	1.31	1.14	0.72	6.57
120	2.00	64.14	6.41	12.83	5.49	2.74	1.31	1.52	0.85	6.97
140	2.33	59.20	5.92	13.81	6.25	2.68	1.31	1.78	0.93	7.46
240	4.00	40.93	4.09	16.37	8.30	2.08	1.31	3.05	1.00	6.23
360	6.00	31.36	3.14	18.82	10.36	1.73	1.31	4.57	1.00	5.18

7.46

PERIODO DE RETORNO (Tr) : 100 Años

de (min)	de (hr)	I (mm)	I (cm)	HP (cm)	HE (cm)	X	Tp (mm)	de/tr	Z1	Qp m3/seg.
5	0.08	377.29	37.73	3.14	0.10	1.22	1.31	0.06	0.05	0.19
10	0.17	289.13	28.91	4.82	0.58	3.47	1.31	0.13	0.10	1.03
30	0.50	165.04	16.50	8.25	2.31	4.63	1.31	0.38	0.29	4.06
45	0.75	130.20	13.02	9.77	3.28	4.38	1.31	0.57	0.42	5.58
60	1.00	109.33	10.93	10.93	4.09	4.09	1.31	0.76	0.54	6.59
90	1.50	84.90	8.49	12.74	5.42	3.61	1.31	1.14	0.72	7.84
120	2.00	70.70	7.07	14.14	6.50	3.25	1.31	1.52	0.85	8.26
140	2.33	65.30	6.53	15.24	7.38	3.16	1.31	1.78	0.93	8.81
240	4.00	45.12	4.51	18.05	9.70	2.43	1.31	3.05	1.00	7.28
360	6.00	34.57	3.46	20.74	12.02	2.00	1.31	4.57	1.00	6.01

8.81

PERIODO DE RETORNO (Tr) : 500 Años

de (min)	de (hr)	I (mm)	I (cm)	HP (cm)	HE (cm)	X	Tp (mm)	de/tr	Z1	Qp m3/seg.
5	0.08	458.61	45.86	3.82	0.25	3.05	1.31	0.06	0.05	0.46
10	0.17	351.45	35.15	5.86	1.02	6.10	1.31	0.13	0.10	1.81
30	0.50	200.61	20.06	10.03	3.46	6.93	1.31	0.38	0.29	6.07
45	0.75	158.26	15.83	11.87	4.77	6.36	1.31	0.57	0.42	8.10
60	1.00	132.90	13.29	13.29	5.84	5.84	1.31	0.76	0.54	9.41
90	1.50	103.20	10.32	15.48	7.57	5.05	1.31	1.14	0.72	10.96
120	2.00	85.94	8.59	17.19	8.98	4.49	1.31	1.52	0.85	11.41
140	2.33	79.30	7.93	18.50	10.09	4.32	1.31	1.78	0.93	12.05
240	4.00	54.84	5.48	21.94	13.07	3.27	1.31	3.05	1.00	9.81
360	6.00	42.03	4.20	25.22	16.00	2.67	1.31	4.57	1.00	8.01

12.05

PERIODO DE RETORNO (Tr) : 1000 Años

de (min)	de (hr)	I (mm)	I (cm)	HP (cm)	HE (cm)	X	Tp (mm)	de/tr	Z1	Qp m3/seg.
5	0.08	493.63	49.36	4.11	0.34	4.05	1.31	0.06	0.05	0.62
10	0.17	378.29	37.83	6.30	1.23	7.39	1.31	0.13	0.10	2.19
30	0.50	215.93	21.59	10.80	4.00	7.99	1.31	0.38	0.29	7.00
45	0.75	170.35	17.04	12.78	5.45	7.26	1.31	0.57	0.42	9.25
60	1.00	143.05	14.31	14.31	6.63	6.63	1.31	0.76	0.54	10.69
90	1.50	111.08	11.11	16.66	8.54	5.69	1.31	1.14	0.72	12.36
120	2.00	92.50	9.25	18.50	10.09	5.04	1.31	1.52	0.85	12.81
140	2.33	85.40	8.54	19.93	11.31	4.85	1.31	1.78	0.93	13.51
240	4.00	59.03	5.90	23.61	14.56	3.64	1.31	3.05	1.00	10.93
360	6.00	45.23	4.52	27.14	17.75	2.96	1.31	4.57	1.00	8.88

13.51

Gobierno de México | Comunicaciones, Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	**SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTE** **Dirección General de Carreteras** **Dirección Ejecutiva de Proyectos** **Dirección Técnica**
"ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12.0 M DE ANCHO DE CORONA DE LA CARRETERA MEX-200 ACAPULCO – ZIHUATANEJO: TRAMO PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO (INCLUYE LIBRAMIENTO) CON UNA LONGITUD DE 11.5 KM; INCLUYE 7 ENTRONQUES A NIVEL Y 10 PARADEROS, EN EL ESTADO DE GUERRERO.	**ESTUDIO HIDROLOGICO**

SECRETARÌA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

Comunicaciones, Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes

DIRECCIÒN GENERAL DE CARRETERAS, DIRECCIÒN EJECUTIVA DE PROYECTOS, DIRECCION TECNICA

[redacted]

CARRETERA: MEX-200 SALINA CRUZ - ZIHUATANEJO

OBRA: LA LOMA

DETERMINACIÓN DEL GASTO MÁXIMO PROBABLE

MÉTODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR

Fórmula: $q_p = 0.208AP/0.5d+0.6Tc$ donde: qp = gasto pico en m^3/seg

$q_e = c * q_p$ donde: c = coef. de escurrimiento y qe = gasto efectivo

Duración en exceso=	**2.48**	horas	Tiempo de retraso=	**0.922**	horas	qpico=	**0.100**	m3/s/mm
	148.76	minutos	Tiempo pico=	**2.162**	horas	**N=**	**71.07**	
Tiempo de concentración=	**1.54**	horas	Tiempo base=	**5.772**	horas			

	Duración minutos	horas	i mm/hr	p cm	Precipitación excedente (cm)	q_p m^3/s
Tr= 5 años	92.40	1.54	50.22	7.73	2.01	2.01

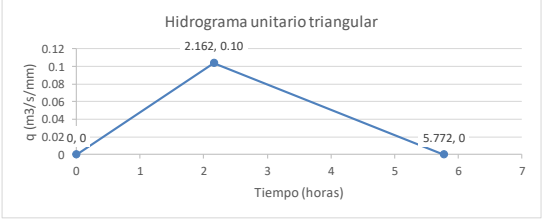
	Duración minutos	horas	i mm/hr	p cm	Precipitación excedente (cm)	q_p m^3/s
Tr= 10 años	92.40	1.54	58.00	8.93	2.74	2.74

	Duración minutos	horas	i mm/hr	p cm	Precipitación excedente (cm)	q_p m^3/s
Tr= 50 años	148.76	2.48	76.07	11.71	4.66	4.66

	Duración minutos	horas	i mm/hr	p cm	Precipitación excedente (cm)	q_p m^3/s
Tr= 100 años	92.40	1.54	83.86	12.91	5.55	5.55

	Duración minutos	horas	i mm/hr	p cm	Precipitación excedente (cm)	q_p m^3/s
Tr= 500 años	92.40	1.54	101.93	15.70	7.75	7.75

	Duración minutos	horas	i mm/hr	p cm	Precipitación excedente (cm)	q_p m^3/s
Tr= 1000 años	148.76	2.48	109.72	16.90	8.74	8.74



Comunicaciones
Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS

INFORME TOPOHIDRAULICO - HIDROLOGICO

CRUCE : PUENTE “LA LOMA”
CARRETERA : MEX-200 SALINA CRUZ - ZIHUATANEJO
KM : 18+485.50
ORIGEN : ESTADO DE GUERRERO

INFORME GENERAL

Objetivo del estudio: El objetivo del presente estudio, es revisar las condiciones de funcionamiento hidrológico e hidráulico en el cruce en estudio y proporcionar las recomendaciones del nivel de agua y velocidad en función del gasto de diseño para el proyecto de reparación o de sustitución construcción del puente.

I.- GENERALIDADES

La corriente nace a 2.29 km del cruce y desemboca a 1.2 Km en La Laguna de Coyuca; su descarga no provoca influencia hidráulica en el cruce. El área de la cuenca drenada hasta el cruce es de 1.07 km^2 y pertenece a la Región Hidrológica No. 19 Costa Grande según clasificación de la CONAGUA.

Las coordenadas geográficas del cruce, en grados, minutos y segundos, son: 16°57'47.89"N y 99°59'13.15"O. En la zona de cruce la vegetación se puede clasificar como Vegetación arbustiva.

La topografía es:

Terreno plano	X	Lomerío		Montañoso	

Elevación y descripción del banco de nivel: BN 21-1 BN. 19-2 CAD. 18+505.929 A 21.182 m LADO IZQUIERD0 CLAVO S/CONCRETO C/ELEVACION=7.626 M.S.N.M

El cauce en la zona de cruce es:

Sinuoso	X	Estable		Encajonado	
Sensiblemente recto		Divagante	X	Con llanuras de inundación	X

El escurrimiento es de carácter:

Torrencial		Perenne		Intermitente	X

Tipo y longitud de cuerpos flotantes: Ramazón y troncos de hasta 2.0 m de longitud.

El periodo de lluvias en la región comprende los meses de junio a octubre.

La precipitación media anual es de más de 2000 mm.

Información adicional (erosión marginal, caídas, ubicación del cruce en un meandro del río, etc.):

Geología superficial del cauce del río:

En el fondo _____
En la margen izquierda _____
En la margen derecha _____

El eje del trazo en el cruce es:

Normal		Esviajado	X

con respecto a la dirección de la corriente.

Ángulo de esviaje: 20°00´00” derecha

El paso actual de vehículos se efectúa por: El puente actual, Km 18+485.50 de la carretera Mex 200 Salina Cruz - Zihuatanejo

II.- ESTUDIO HIDROLOGICO

Método aplicado: Modelos lluvia escurrimientos (Método racional, Ven Te Chow e Hidrograma Unitario Triangular (HUT).

Justificación del método aplicado: A partir de los modelos que relacionan la lluvia con el escurrimiento (Método Racional, Ven Te Chow e Hidrograma Unitario Triangular) para la avenida máxima considerada como de diseño, con base en los resultados obtenidos se elige el método Racional ya que proporciona resultados más confiables en función de las características de la cuenca y los análisis de precipitación. Por lo tanto, el gasto de diseño resultó de 24.17 m^3/s, asociado al periodo de retorno de 1000 años.

Información utilizada: Intensidades de lluvia determinadas con el método de Cheng Lung Chen a partir de información de lluvia máxima en 24 horas de las estaciones pluviométricas Laguna de Coyuca (12219). La Información pluviométrica utilizada en el desarrollo de este estudio fue consultada de las bases de datos Comisión Nacional del Agua, CONAGUA.

Se obtuvo un gasto de 24.17 m^3/s, asociado a un período de retorno de 1000 años.

El gasto asociado a un período de retorno de 5 años, que definirá el Nivel de Aguas que puede presentarse durante la Construcción del puente, NAC, resultó de 9.00 m^3/s.

Observaciones (fuentes de información, confiabilidad de los datos y de los métodos empleados, etc.): Fuentes de información INEGI, CONAGUA.

III.- ESTUDIO HIDRAULICO

III.1 Modelación hidráulica unidimensional aplicando el programa de cómputo HEC-RAS 1D.

El gasto de diseño que resultó del estudio hidrológico fue de 24.17 m^3/s, asociado a un período de retorno de 1000 años.

PUENTE ACTUAL
El gasto hidráulico de 24.17 m^3/s, asociado a un período de retorno de 1000 años.

Se obtuvo un Nivel de Aguas de Diseño, NADI, de 6.42 m y una velocidad del agua bajo el puente de 0.83 m/s, con un Bordo Libre de 2.00 m.

IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se recomienda adoptar como gasto de diseño 24.17 m^3/s, asociado a un período de retorno de 1000 años, obtenido con el Método Racional.

De acuerdo con el estudio hidráulico efectuado, se estableció un Nivel de Aguas de Diseño de elevación 6.42 m, con una velocidad del agua de 0.83 m/s. Se obtuvo un bordo libre de 2.0 m, por lo que presenta un comportamiento hidráulico aceptable.

Por lo tanto, se concluye que el puente actual de 21.52 m de Longitud, es hidráulicamente suficiente para dar paso a la avenida de diseño asociada al periodo de retorno de 1000 años. Por lo que puede conservar su ubicación (Inicio: Km 18+471.34 – Fin: Km 18+492.86), dimensiones y rasante actual.

Por otro lado, si del resultado del dictamen de la inspección física estructural del puente recomiendan su sustitución, en este caso el puente de proyecto deberá contar con una longitud mínima de 21.52 m y conservar la rasante actual del camino. Podrá ser ubicado en los mismos cadenamientos actuales.

Los datos de diseño hidráulico deberán ser considerados para los análisis de socavación correspondientes.

Observaciones:

Lugar y Fecha: Ciudad de México, octubre de 2025.

1. 9+813.12

REGISTRO DE DRENAJE

ESTACION	+	⊼	−	LECTURAS INTERMEDIAS	ELEVACIONES
		DERECHA			
9+800.000	0.57	8.29		1.687	7.717
-30.000	TN.			1.696	6.603
-27.65	TN.			1.828	6.594
-25	TN.			1.999	6.462
-20	TN.			2.176	6.291
-15	TN.			2.358	6.114
-10	TN.			2.433	5.932
-5	TN.			2.603	5.857
-1.93	A.H.			0.957	5.687
-1.93	CABZT.			0.696	7.333
-0.36	O. CARP.			0.688	7.594
9+813.12	E. TRAZO			0.617	7.602
3.51	E. CARP.			0.619	7.673
5	CARP.			0.620	7.671
6.37	O. CARP.				7.670
PL.	1.283	8.96	0.615	1.234	7.675
7.66	CBZT.				7.724
PL.	1.56	7.26	3.261	1.447	5.697
7.66	A.H.			1.509	5.810
10	TN.			1.678	5.748
15	TN.			1.826	5.579
20	TN.			1.979	5.431
25	TN.			1.994	5.278
30	TN.			2.034	5.263
34.38	TN.				5.223
PL.	2.50	9.03	0.726		6.531
9+820.000			1.408		7.623

CARRETERA:SALINA CRUZ-ZIHUATANEJO

TRAMO:PIE DE LA CUESTA-EL EMBARCADERO

SUBTRAMO:KM 9+220-KM 20+880

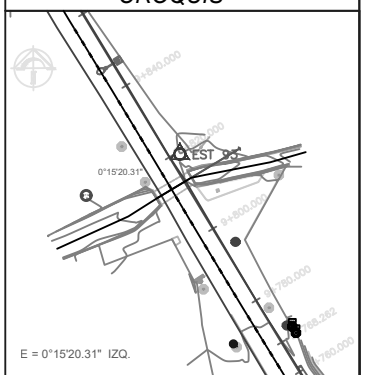
DE KM:9+200.00 AL KM 15+000.000

FECHA:JUNIO 2025

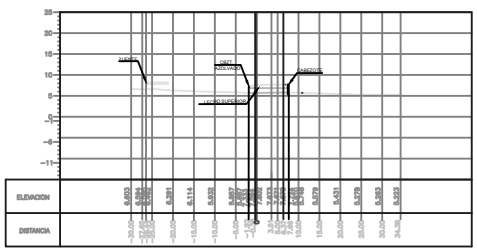
OBRA. 9+813.12

DRENA HACIA LA IZQUIERDA

CROQUIS



IZQUIERDA

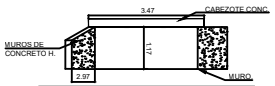


OBRA HIDRAULICA KM. 09+813.12

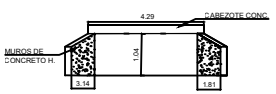
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100

ESCALA VERTICAL 1 : 100

ENTRADA



SALIDA



2. 10+151.46

REGISTRO DE DRENAJE

ESTACION	+	⊼	−	LECTURAS INTERMEDIAS	ELEVACIONES
		DERECHA			
10+140.000	0.58	8.34			7.763
-10	T.N.			2.07	6.273
-7.5	T.N.			2.15	6.194
-5	T.N.			2.54	5.801
-3.23	A.H.			2.86	5.479
-3.23	CABZT.			0.85	7.491
-0.85	O. CARP.			0.60	7.745
10+151.46	E. TRAZO			0.60	7.738
3.01	E. CARP.			0.66	7.678
5	T.N.			0.76	7.582
6.21	O. CARP.			0.82	7.524
PL.	2.02	9.47	0.89		7.452
8.51	CABZT.			2.34	7.131
8.51	A.H.			3.83	5.639
10	T.N.			3.67	5.800
13.33	T.N.			3.74	5.725
10+160.000			1.77		7.698

CARRETERA:SALINA CRUZ-ZIHUATANEJO

TRAMO:PIE DE LA CUESTA-EL EMBARCADERO

SUBTRAMO:KM 9+220-KM 20+880

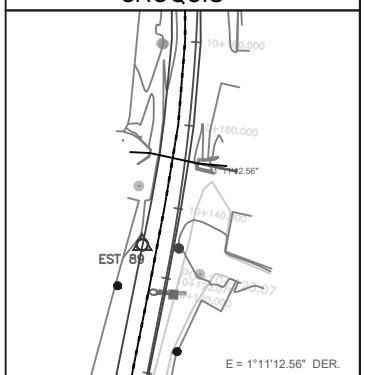
DE KM:9+200.00 AL KM 15+000.000

FECHA:JUNIO 2025

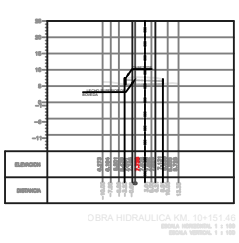
OBRA. 10+151.46

DRENA HACIA LA IZQUIERDA

CROQUIS



IZQUIERDA

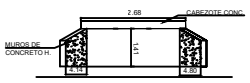


OBRA HIDRAULICA KM. 10+151.46

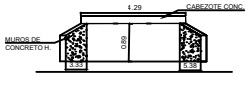
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100

ESCALA VERTICAL 1 : 100

ENTRADA



SALIDA



3. 10+448.400

REGISTRO DE DRENAJE

ESTACION	+	⅄	−	LECTURAS INTERMEDIAS	ELEVACIONES
		DERECHA			
10+460.00	1.65	11.43		2.64	9.784
-15	T.N.			2.74	8.790
-12.64	T.N.			2.79	8.691
-10	T.N.			2.88	8.647
-5	T.N.			3.18	8.556
-0.25	T.N.			1.68	8.251
10+448.400	E. TRAZO			1.68	9.752
0.18	O. CARP.			1.52	9.750
3.72	E. CARP.			1.55	9.916
5	T.N.			1.59	9.889
6.98	O. CARP.			3.26	9.847
7.27	A.H.			1.51	8.171
7.27	CABZT.			3.40	9.920
10	T.N.			3.45	8.033
12.81	T.N.				7.985
10+440.00			1.71		9.727

CARRETERA:SALINA CRUZ-ZIHUATANEJO

TRAMO:PIE DE LA CUESTA-EL EMBARCADERO

SUBTRAMO:KM 9+220-KM 20+880

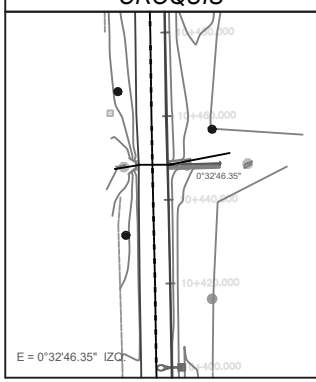
DE KM:9+200.00 AL KM 15+000.000

FECHA:JUNIO 2025

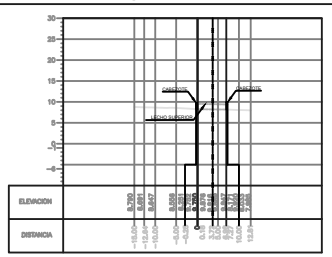
OBRA. 10+448.400

DRENA HACIA LA IZQUIERDA

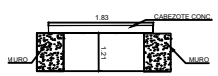
CROQUIS



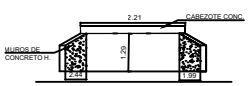
IZQUIERDA



ENTRADA



SALIDA



4. 10+902.600

REGISTRO DE DRENAJE

ESTACION	+	⅄	−	LECTURAS INTERMEDIAS	ELEVACIONES
		DERECHA			
10+940.000	0.42	11.28		2.25	10.862
-35	T.N.			2.32	9.029
-30	T.N.			2.41	8.959
-25	T.N.			2.49	8.872
-20	T.N.			2.49	8.785
-15	T.N.			2.55	8.792
-10	T.N.			2.90	8.731
-5	T.N.			3.10	8.381
-1.78	A.H.			1.30	8.178
-1.78	CABZT.			0.86	9.975
10+902.600	E. TRAZO			0.73	10.417
0.49	O. CARP.			0.74	10.545
3.2	E. CARP.			0.75	10.541
5	T.N.			0.76	10.522
6.47	O. CARP.			1.02	10.514
10	T.N.			0.97	10.254
15	T.N.			0.81	10.306
20	T.N.			0.48	10.466
23.41	PARAMENTO				10.802
10+900.000			0.76		10.519

CARRETERA:SALINA CRUZ-ZIHUATANEJO

TRAMO:PIE DE LA CUESTA-EL EMBARCADERO

SUBTRAMO:KM 9+220-KM 20+880

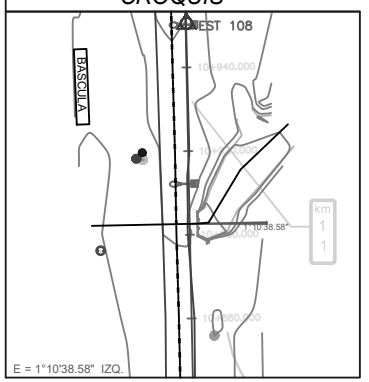
DE KM:9+200.00 AL KM 15+000.000

FECHA:JUNIO 2025

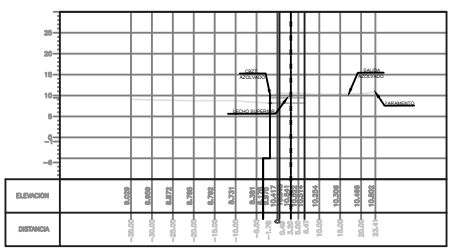
OBRA. 10+902.600

DRENA HACIA LA IZQUIERDA

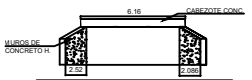
CROQUIS



IZQUIERDA



ENTRADA



SALIDA

5. 11+096.950

REGISTRO DE DRENAJE

ESTACION	+	⊼	−	LECTURAS INTERMEDIAS	ELEVACIONES
		DERECHA			
11+080+000	0.36	12.67			12.31
-25	T.N.			2.33	10.34
-20	T.N.			2.32	10.35
-15	T.N.			2.31	10.36
-10	T.N.			2.23	10.44
-5	T.N.			2.21	10.46
-0.23	A.H.			2.29	10.38
PL	3.57	13.52	2.72		9.95
-0.23	CABZT.			0.99	12.53
11+096.950	E.TRAZO			1.00	12.52
0.13	O.CARP.			1.13	12.39
3.63	E.CARP.			1.10	12.42
5	CARP.			1.11	12.40
7.33	O.CARP			1.14	12.38
7.72	CABZT.			1.08	12.44
7.72	A.H.			3.24	10.27
10	T.N.			3.44	10.08
15	T.N.			3.52	10.00
20	T.N.			3.54	9.98
25	T.N.			3.56	9.95
30	T.N.			3.52	10.00
35	T.N.			4.31	9.21
40	T.N.			3.67	9.84
45	T.N.			3.75	9.77
11+120.00					12.34

CARRETERA:SALINA CRUZ-ZIHUATANEJO

TRAMO:PIE DE LA CUESTA-EL EMBARCADERO

SUBTRAMO:KM 9+220-KM 20+880

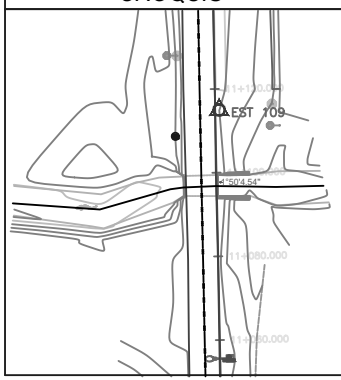
DE KM:9+200.00 AL KM 15+000.000

FECHA:JUNIO 2025

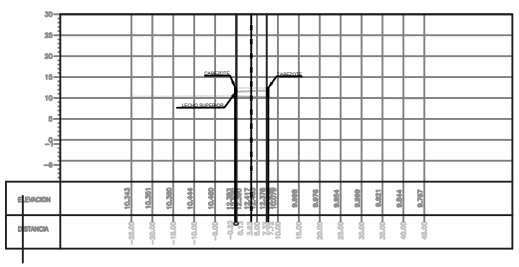
OBRA. 10+902.600

DRENA HACIA LA IZQUIERDA

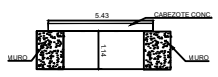
CROQUIS



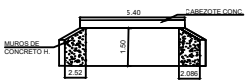
IZQUIERDA



ENTRADA



SALIDA



OBRA HIDRAULICA KM.11+096.950

ESCALA HORIZONTAL 1 : 100

ESCALA VERTICAL 1 : 100

6. 11+396.850

REGISTRO DE DRENAJE

ESTACION	+	⊼	−	LECTURAS INTERMEDIAS	ELEVACIONES
		DERECHA			
11+420.000	0.64	13.65			13.01
-3.92	T.N.			2.16	11.491
-0.84	A.H.			2.95	10.700
-0.84	CABZT.			1.20	12.455
-0.16	O.CARP.			1.27	12.381
11+396.850	E.TRAZO			0.82	12.829
3.46	E.CARP.			0.76	12.889
5	T.N.			0.82	12.832
7.21	O.CARP.			0.90	12.752
7.64	CABZT.			1.27	12.377
7.64	A.H.			2.90	10.750
10	T.N.			2.88	10.774
15	T.N.			2.85	10.799
20	T.N.			2.93	10.717
25	T.N.			3.05	10.603
30	T.N.		0.95	3.21	10.436
11+380					12.703

CARRETERA:SALINA CRUZ-ZIHUATANEJO

TRAMO:PIE DE LA CUESTA-EL EMBARCADERO

SUBTRAMO:KM 9+220-KM 20+880

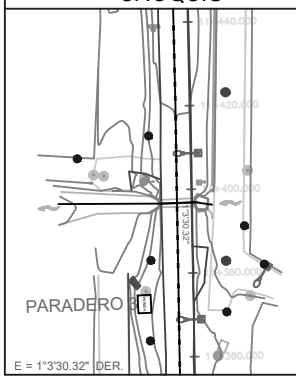
DE KM:9+200.00 AL KM 15+000.000

FECHA:JUNIO 2025

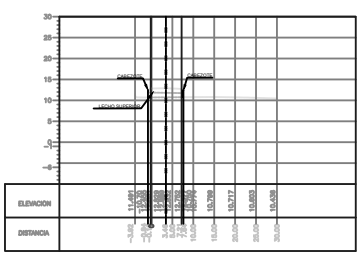
OBRA. 11+396.850

DRENA HACIA LA DERECHA

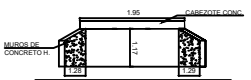
CROQUIS



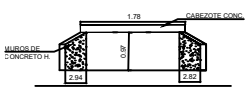
IZQUIERDA



ENTRADA



SALIDA



OBRA HIDRAULICA KM.11+396.850

ESCALA HORIZONTAL 1 : 100

ESCALA VERTICAL 1 : 100

7. 12+637.60

REGISTRO DE DRENAJE

ESTACION	+	⊼	−	LECTURAS INTERMEDIAS	ELEVACIONES
		DERECHA			
12+660.000	0.76	12.82		2.47	12.058
-20	T.N.			2.47	10.348
-15	T.N.			2.62	10.350
-10	T.N.			2.62	10.197
-5	T.N.			2.74	10.197
-2.42	A.H.			1.04	10.080
-2.42	CABZT.			0.54	11.778
-0.14	O.CARP.			0.54	12.275
12+637.60	E.TRAZO			0.54	12.277
3.37	E.CARP.			0.55	12.280
5	T.N.			0.57	12.271
7.11	O.CARP.			1.29	12.249
9.22	CABZT.			2.82	11.527
9.22	A.H.			2.77	10.000
10	T.N.			2.70	10.047
13.7	T.N.				10.118
12+620.000			0.42		12.395

9. 13+089.00

REGISTRO DE DRENAJE

ESTACION	+	⏄	−	LECTURAS INTERMEDIAS	ELEVACIONES
		DERECHA			
13+080.000	0.90	11.76		2.01	10.855
-25	T.N.			1.99	9.743
-20	T.N.			2.09	9.770
-15	T.N.			2.19	9.662
-10	T.N.			2.28	9.565
-5	T.N.			2.86	9.472
-0.4	A.H.			0.70	8.900
-0.4	CABZT.			0.80	11.060
-0.05	O.CARP.			0.82	10.958
13+089.00	E.TRAZO			0.80	10.935
4.47	E.CARP.			0.80	10.960
5	T.N.			0.86	10.951
8.47	T.N.			2.94	10.891
8.97	A.H.			0.75	8.813
8.97	CABZT.			2.92	11.009
10	T.N.			2.99	8.835
15	T.N.			3.04	8.770
20	T.N.			2.24	8.715
25	T.N.			1.84	9.512
30	T.N.		0.82		9.911
13+100.000					10.934

CARRETERA:SALINA CRUZ-ZIHUATANEJO

TRAMO:PIE DE LA CUESTA-EL EMBARCADERO

SUBTRAMO:KM 9+220-KM 20+880

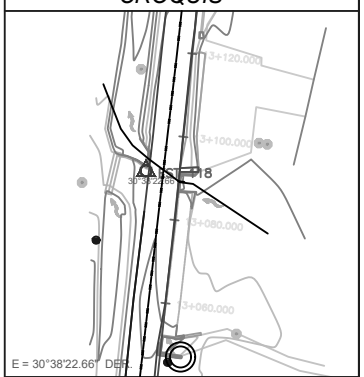
DE KM:9+200.00 AL KM 15+000.000

FECHA:JUNIO 2025

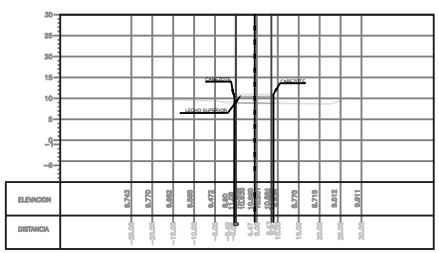
OBRA. 13+089.00

DRENA HACIA LA DERECHA

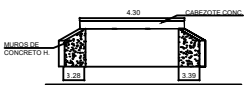
CROQUIS



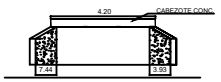
IZQUIERDA



ENTRADA



SALIDA



OBRA HIDRAULICA KM.13+089.00

ESCALA HORIZONTAL 1 : 100

ESCALA VERTICAL 1 : 100

10. 13+176.700

REGISTRO DE DRENAJE

ESTACION	+	⏄	−	LECTURAS INTERMEDIAS	ELEVACIONES
		DERECHA			
13+160.000	0.48	10.40			9.92
-15	T.N.			2.21	8.19
-10	T.N.			2.47	7.94
-8.83	A.H.			2.56	7.84
-8.83	CABZT.			2.33	8.08
-7.3	O.CARP			0.82	9.59
-5	T.N.			0.76	9.64
-3.72	E.CARP.			0.73	9.67
13+176.700	E.TRAZO.			0.80	9.60
0.04	O.CARP.			0.86	9.55
1.12	A.H.			3.76	6.65
1.12	CABZT.			1.90	8.50
5	T.N.			3.19	7.22
6.77	T.N.			2.02	8.39
13+180.000			0.87		9.54

CARRETERA:SALINA CRUZ-ZIHUATANEJO

TRAMO:PIE DE LA CUESTA-EL EMBARCADERO

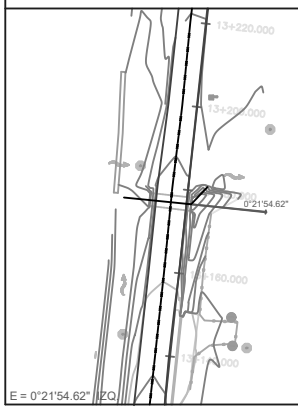
SUBTRAMO:KM 9+220-KM 20+880

DE KM:9+200.00 AL KM 15+000.000

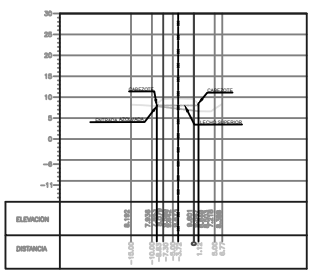
FECHA:JUNIO 2025

OBRA. 13+176.700

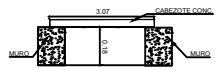
DRENA HACIA LA IZQUIERDA



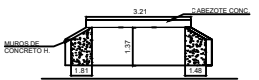
IZQUIERDA



ENTRADA



SALIDA



OBRA HIDRAULICA KM.13+176.700

ESCALA HORIZONTAL 1 : 100

ESCALA VERTICAL 1 : 100

11. 13+455.00

REGISTRO DE DRENAJE

ESTACION	+	丌	−	LECTURAS INTERMEDIAS	ELEVACIONES
		DERECHA			
13+440.000	0.62	7.54			6.916
-25	T.N.			3.14	4.393
-20	T.N.			3.35	4.188
-15	T.N.			3.22	4.312
-10	T.N.			2.97	4.562
-5	T.N.			2.72	4.821
-1.64	A.H.			2.73	4.804
-1.64	CABZTE.			0.87	6.663
-0.25	O.CARP.			0.60	6.934
13+455.000	E.TRAZO			0.61	6.923
3.39	E.CARP.			0.59	6.942
5	T.N.			0.62	6.920
7.13	O.CARP.			0.65	6.886
9.58	CABZTE.			0.77	6.769
9.58	A.H.			2.82	4.715
10	T.N.			2.80	4.737
15	T.N.			2.92	4.612
20	T.N.			3.32	4.221
25	T.N.			3.46	4.079
30	T.N.			3.26	4.277
35	T.N.			3.15	4.384
13+460.000			0.61		6.92

CARRETERA:SALINA CRUZ-ZIHUATANEJO

TRAMO:PIE DE LA CUESTA-EL EMBARCADERO

SUBTRAMO:KM 9+220-KM 20+880

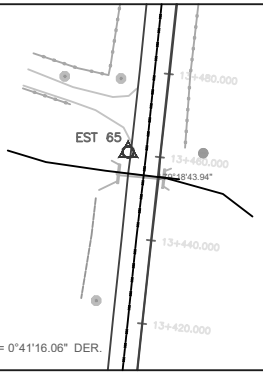
DE KM:9+200.00 AL KM 15+000.000

FECHA:JUNIO 2025

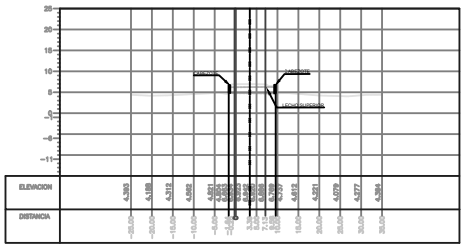
OBRA. 13+455.00

DRENA HACIA LA IZQUIERDA

CROQUIS

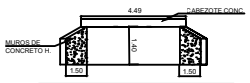


IZQUIERDA

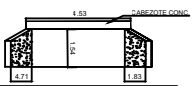


OBRA HIDRAULICA KM.13+455.000
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100
ESCALA VERTICAL 1 : 100

ENTRADA



SALIDA



1. 18+742.205

REGISTRO DE DRENAJE

ESTACION	+	⅄	—	LECTURAS INTERMEDIAS	ELEVACIONES
		IZQUIERDA			
18+740.00	0.70		14.00		13.300
-32.240	T.N.			1.679	12.317
-30.00	T.N.			1.724	12.272
-25.00	T.N.			1.823	12.173
-20.00	T.N.			1.977	12.019
-15.00	T.N.			2.979	11.017
-14.12	T.N.			3.135	10.861
-11.01	A.H.			3.350	10.646
-11.01	CBZT.			1.863	12.133
PL.	2.244	14.60	1.64		12.360
-8.16	T.N.			1.064	13.540
-7.39	O. CARP.			0.846	13.758
-3.53	E. CARP.			1.032	13.572
18+742.205	E. TRAZO			1.236	13.368
0.22	O. CARP			1.240	13.364
2.12	T.N.			1.841	12.763
PL.	0.288	11.85	3.05		11.557
4.04	CBZT.			0.396	11.449
4.04	A.H.			1.511	10.334
10.00	T.N.			1.708	10.137
15.00	T.N.			2.086	9.759
20.00	T.N.			2.464	9.381
23.76	T.N.			2.748	9.097
PL.	3.030	14.42	0.45		11.393
18+760.00			0.502		13.921
		DERECHA			

CAMINO: SALINA CRUZ – ZIHUATANEJO

TRAMO: PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO

SUBTRAMO: KM 15+000.00 - KM 20+700.00

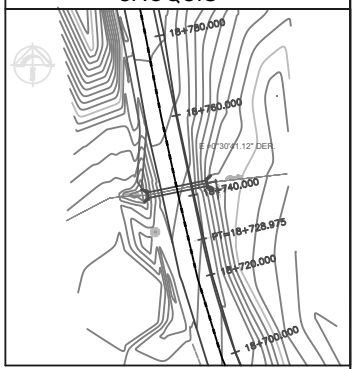
DE KM:

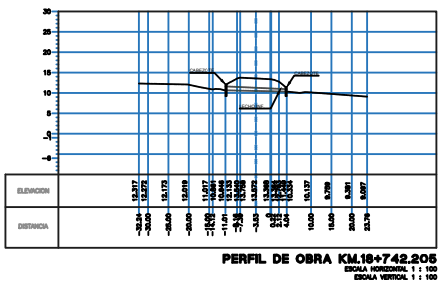
FECHA: JUNIO DE 2025

OBRA. 18+742.205

DRENA HACIA LA : DERECHA

CROQUIS





PERFIL DE OBRA KM.18+742.205

ESCALA HORIZONTAL 1 : 100

ESCALA VERTICAL 1 : 100

2.- 18+920.781

REGISTRO DE DRENAJE

ESTACION	+	⅄	—	LECTURAS INTERMEDIAS	ELEVACIONES
		IZQUIERDA			
18+920.00	0.47	19.20			18.73
PL.	2.374	17.17	4.40		14.80
-25.60	T.N.			2.42	14.75
-25.00	T.N.			2.55	14.63
-20.00	T.N.			3.58	13.59
-15.17	A.H.			4.31	12.87
-15.17	CBZT.			3.33	13.84
PL.	3.199	19.80	0.57		16.61
-8.50	T.N.			1.62	18.18
-7.83	O. CARP.			1.42	18.38
-3.71	E. CARP.			1.05	18.75
-0.33	O. CARP.			0.90	18.90
18+920.781	E. TRAZO			1.06	18.74
5.00	T.N.			4.31	15.49
PL.	0.462	15.79	4.48		15.33
9.96	LOMO T.			3.76	12.03
9.96	A.H.			4.20	11.59
14.55	CERCO			4.33	11.460
15.00	T.N.			4.40	11.388
PL.	2.847	14.16	4.48		11.314
20.00	T.N.			3.56	10.61
25.00	T.N.			3.63	10.53
30.00	T.N.			3.71	10.45
33.75	T.N.			3.76	10.40
PL.	4.298	17.82	0.64		13.52
PL.	3.541	20.58	0.79		17.04
18+940.00			1.204		19.372
		DERECHA			

CAMINO: SALINA CRUZ – ZIHUATANEJO

TRAMO: PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO

SUBTRAMO: KM 15+000.00 - KM 20+700.00

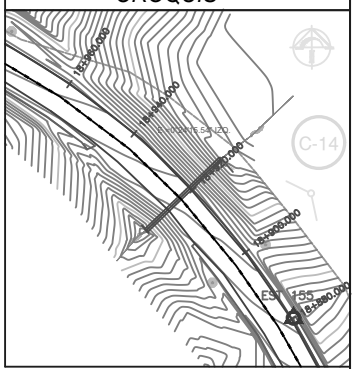
DE KM:

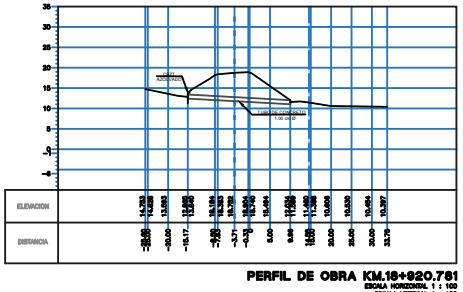
FECHA: JUNIO DE 2025

OBRA. 18+920.781

DRENA HACIA LA : DERECHA

CROQUIS





PERFIL DE OBRA KM.18+920.781

ESCALA HORIZONTAL 1 : 100

ESCALA VERTICAL 1 : 100

3.-19+105.751

REGISTRO DE DRENAJE

ESTACION	+	⅄	−	LECTURAS INTERMEDIAS	ELEVACIONES
		IZQUIERDA			
19+100.00	0.53	17.01			16.48
PL.	0.52	13.33	4.19		12.82
-30.00	T.N.			2.91	10.42
-25.00	T.N.			2.92	10.41
-20.00	T.N.			3.42	9.91
-16.95	A.H.			3.69	9.65
-16.95	CBZT.			2.83	10.50
-15.00	T.N.			1.69	11.64
PL.	4.08	16.83	0.58		12.76
-8.73	T.N.			1.51	15.33
-7.39	O. CARP.			0.54	16.29
-3.58	E. CARP.			0.49	16.35
19+105.751	E. TRAZO			0.56	16.27
0.14	O. CARP.			0.56	16.27
5.00	T.N.			3.54	13.30
PL.	1.03	13.31	4.55		12.28
9.63	CERCO			2.71	10.60
11.31	T.N.			3.06	10.25
12.35	S. AZOLV.			4.58	8.72
14.72	T.N.			3.56	9.75
PL.	3.925	16.78	0.45		12.85
19+120.00			1.025		15.754
		DERECHA			

CAMINO: SALINA CRUZ – ZIHUATANEJO

TRAMO: PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO

SUBTRAMO: KM 15+000.00 - KM 20+700.00

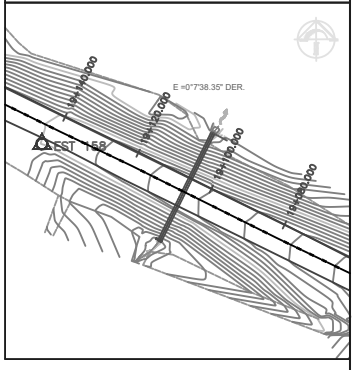
DE KM:

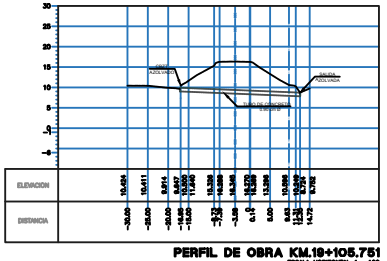
FECHA: JUNIO DE 2025

OBRA. 19+105.751

DRENA HACIA LA : DERECHA

CROQUIS





PERFIL DE OBRA KM.19+105.751

ESCALA HORIZONTAL 1 : 100

ESCALA VERTICAL 1 : 100

4.-19+424.697

REGISTRO DE DRENAJE

ESTACION	+	⅄	−	LECTURAS INTERMEDIAS	ELEVACIONES
		IZQUIERDA			
19+420.00	4.25	15.20			10.95
-23.27	T.N.			1.05	14.15
-20.00	T.N.			2.54	12.66
PL	0.65	11.56	4.29		10.91
-15.00	T.N.			0.86	10.70
-12.65	T.N.			1.57	9.99
-9.99	E. AZOLV.			2.76	8.80
-7.56	O. CARP.			1.17	10.39
-4.29	E. CARP.			0.84	10.72
-0.37	O. CARP.			0.60	10.96
19+424.697	E. TRAZO			0.58	10.98
4.96	CBZT.			2.00	9.56
5.22	S. AZOLV.			2.93	8.63
6.28	T.N.			2.19	9.37
9.30	CERCO			2.77	8.79
19+440.00			0.662		10.897
		DERECHA			

CAMINO: SALINA CRUZ – ZIHUATANEJO

TRAMO: PIE DE LA CUESTA - EL EMBARCADERO

SUBTRAMO: KM 15+000.00 - KM 20+700.00

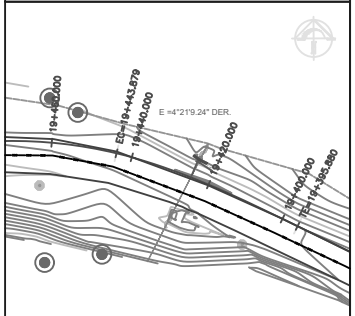
DE KM:

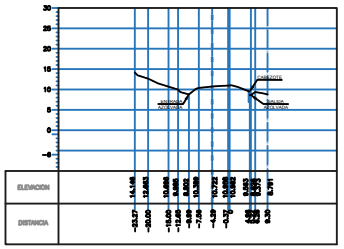
FECHA: JUNIO DE 2025

OBRA. 19+424.697

DRENA HACIA LA : DERECHA

CROQUIS





PERFIL DE OBRA KM.19+424.697

ESCALA HORIZONTAL 1 : 100

ESCALA VERTICAL 1 : 100