Área que clasifica. -Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental

Identificación del documento. -Versión pública del presente estudio en materia de impacto ambiental.

Partes clasificadas.- Nombre, correo electrónico, teléfono(s), domicilio, RFC, CURP, fotografías, firmas concernientes a las personas físicas identificadas e identificables, diversas al promovente o su representante legal.

Fundamento Legal. - La clasificación de la información confidencial se realiza con fundamento en el artículo 115 segundo párrafo de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

Razones. - Por tratarse de datos personales concernientes a una persona física identificada o identificable.

Firma del titular.- Julio César García Vergara

Fecha y número del acta de la sesión del Comité donde se aprobó la versión pública.– Resolución **ACTA_15_2026_SIPOT_2T_2026_ART 67_FVI,** en la sesión celebrada el 17 de Julio del 2026.

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

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL, MODALIDAD REGIONAL

DEL

PROYECTO:

“CONSTRUCCIÓN Y MODERNIZACIÓN DEL CAMINO: E. C. (CALLE 36 NORTE) – DESEMBOQUE, TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 21+385.75, SUBTRAMO DEL KM 13+000 AL KM 21+385.75, EN EL MUNICIPIO DE PITIQUITO, ESTADO DE SONORA”.

PRESENTADO A CONSIDERACION DE LA

SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES, SEMARNAT

Contenido

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL. 1
I.1 Nombre del proyecto 1
I.2 Ubicación del proyecto 1
I.3 Duración del proyecto 3
I.4 Datos generales del promovente 4
I.4.1 Nombre o razón social 4
I.4.2 Registro Federal de Contribuyentes del promovente 4
I.4.3 Nombre y cargo del presentante legal 4
I.4.4 Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones 4
I.4.5 Nombre del responsable técnico del Estudio 4
II. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES, Y EN SU CASO, DE LOS PROGRAMAS O PLANES PARCIALES DE DESARROLLO 5
II.1 Información general del proyecto, plan o programa 5
II.1.1 Naturaleza del proyecto, plan o programa 7
II.1.2 Justificación 9
II.1.3 Ubicación física y dimensiones del proyecto 12
II.1.4 Inversión requerida 29
II.2 Características particulares del proyecto, plan o programa 30
II.2.1 Programa de trabajo 36
II.2.2 Preparación del sitio y construcción 39
II.2.3 Operación y mantenimiento 47
II.2.4 Desmantelamiento y abandono de las instalaciones 50
II.2.5 Residuos 54
II.2.6 Generación de gases efecto invernadero 58
II.2.6.1 Identificar por etapas del proyecto, en su caso las fuentes generadoras de gases de efecto invernadero 58
II.2.6.2 Determinación de los gases de efecto invernadero que se generaran durante las diferentes etapas del proyecto, como sea el caso de vapor de agua, C02, CH4, N20, CFC, O3, entre otros 60
III. VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTO JURÍDICO APLICABLE Y EN SU CASO, CON LA REGULACION DEL USO DEL SUELO 62
III.1 ORDENAMIENTOS FUNDAMENTALES. 64
III.1.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. 64
III.1.2 Plan Nacional de Desarrollo (2025 – 2030) 65
III.1.3 Plan Estatal de Desarrollo (PED), Sonora 2021 – 2027 67
III.1.4 Plan Municipal de Desarrollo de Pitiquito: 2019-2021 69
III.2 LEGISLACIÓN AMBIENTAL QUE ESTABLECE LA REGULACIÓN DE ACTIVIDADES EN EL PROYECTO 70
III.2.1 Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) 70

III.2.2 Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental. 71
III.2.3 Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. 73
III.2.4 Reglamento de la Ley de Desarrollo Forestal Sustentable. 74
III.2.5 Ley General de la Vida Silvestre. 75
III.2.6 Reglamento de la Ley General de la Vida Silvestre. 76
III.2.7 Ley de Aguas Nacionales. 77
III.2.8 Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales. 78
III.2.9 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos (LGPGIR). 78
III.2.10 Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos (LGPGIR). 79
III.2.11 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) 80
III.2.12 Decreto y Programa de la Conservación y Manejo de las Áreas Naturales Protegidas 85
III.2.12.1 Áreas Naturales Protegidas Estatal o Federal 85
III.2.13 Regiones prioritarias para la conservación de la biodiversidad en México 86
III.2.14 Áreas prioritarias para la conservación de las aves (AICAS). 86
III.2.15 Región Terrestre Prioritaria de México. 87
III.2.16 Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal (CAPUFE). 89
III.3 Normas Oficiales Mexicanas, aplicable al proyecto. 90
III.4 Normatividad STPS 92
III.5 Análisis de otros Instrumentos de Planeación. 93
III.5.1 Programa Sectorial de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (PS-SICT) 2025-2030. 93
IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN. 95
IV.1 Delimitación y justificación del sistema ambiental regional (SAR) donde pretende establecerse el proyecto. 95
IV.2 Caracterización y análisis del sistema ambiental regional. 100
IV.2.1 Metodología y Criterios de Selección 100
IV.2.2 Análisis de la Homeostasis y Resiliencia Ecosistémica (El "Estado Cero") 101
IV.2.3 Diagnóstico Integrador de los Componentes Ambientales 103
IV.2.4 Selección y Validez de Parámetros de Medición 104
IV.2.5 Análisis de los Usos del Suelo y del Agua 106
IV.2.6 Tendencias y Efectos Acumulativos 107
IV.3 Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad ambiental del SAR. 110
IV.3.1 Medio abiótico 110
IV.3.2 Medio biótico 123
IV.3.2.1 Vegetación 125
IV.3.2.2 Tipos de vegetación que se verán afectados 126
IV.3.2.3 Caracterización de la vegetación 131
IV.3.2.4 Medición de los atributos de las especies vegetales silvestres en el SAR. 136

IV.3.2.5 Composición y estructura florística de la vegetación 145
IV.3.2.6 Análisis de diversidad de la vegetación 157
IV.3.3 Fauna 166
IV.3.3.1 Caracterización de la fauna 166
IV.3.3.2 Análisis de diversidad de la fauna 184
IV.3.4 Medio socioeconómico 187
IV.3.4.1 Caracterización Demográfica y Social 187
IV.3.4.2 Vivienda y Servicios 189
IV.3.4.3 Actividades Económicas y Población Económicamente Activa 193
IV.3.4.4 Educación y Salud 197
IV.3.5 Paisaje 200
IV.4 Diagnóstico ambiental. 206
IV.4.1 Síntesis del estado actual y grado de conservación 206
IV.4.2 Valoración de la Resistencia y Resiliencia 207
IV.4.3 Identificación de Áreas Críticas y Vulnerabilidad 209
IV.4.4 Índice de Vulnerabilidad y Escenarios de Riesgo 210
V. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL 213
V.1 Identificación de impactos. 213
V.1.1 Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales. 213
V.1.2 Identificación de las obras y actividades del Proyecto susceptibles de producir impactos ambientales 214
V.1.3 Identificación de los componentes y factores del entorno ambiental susceptibles de recibir impactos.Principio del formulario 215
V.1.4 Identificación de las interacciones Proyecto-entorno 220
V.1.4.1 Matrices de interacción 220
V.2 Caracterización de los impactos. 225
V.2.1 Indicadores de impacto. 225
V.3 Valoración de los impactos. 228
V.4 Impactos residuales. 248
V.5 Impactos acumulativos. 249
V.6 Resumen y conclusiones. 251
VI. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL 253
VI.1 Descripción de la medida o programa de medidas de la mitigación o correctivas por componente ambiental 253
VI.2 Programa de vigilancia ambiental. 254
VI.2.1 Programa de Vigilancia Ambiental para las etapas de preparación del sitio y construcción. 255
VI.2.2 Programa de Vigilancia Ambiental para la etapa de operación y mantenimiento. 260
VI.3 Seguimiento y control (monitoreo) 261

VII. PRONOSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS 265
VII.1 Descripción y análisis del escenario sin proyecto 267
VII.1.1 Escenario sin proyecto 269
VII.2 Descripción y análisis del escenario con proyecto 271
VII.3 Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de prevención, mitigación, compensación y/o corrección. 274
VII.4 Pronóstico ambiental 277
VIII. DENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN PRESENTADA EN LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL 279
VIII.1 Presentación de la información 279
VIII.2 Cartografía 279
VIII.3 Fotografías 280
VIII.4 Videos 280
VIII.5 Otros anexos 280
VIII.6 Memorias 280

Índice de Figuras

Figura I. 1 Ubicación geográfica de El Desemboque de los Seris 3

Figura II. 1 Ubicación del proyecto. 28
Figura II. 2 Bancos de Materiales 01, km. 1+200, sobre camino 34
Figura II. 3 Banco de material 07, km. 17+000. 34

Figura III. 1 Estructura Jerárquica Ambiental 63
Figura III. 2 Esquematización de la UGA 81
Figura III. 3 Unidades de Gestión Ambiental del proyecto. 83
Figura III. 4 Ubicación del proyecto. ANP federal cercana 86
Figura III. 5 RHP Región Hidrológica Prioritaria. 86
Figura III. 6 AICAS. 87
Figura III. 7 RTP 17 87

Figura IV. 1 Sistema Ambiental Regional definido para el proyecto. 96
Figura IV. 2 Plano cartográfico con los vértices del polígono del SAR del proyecto. 96
Figura IV. 3 Mapa climático de México donde se enmarca el estado de Sonora con contorno negro para resaltar el subtipo de clima presente (Seco muy árido). 110
Figura IV. 4 Climograma representativo de la precipitación y la temperatura. 112
Figura IV. 5 Mapa de trayectoria e intensidad de ciclones (1940 – 2007) 113
Figura IV. 6 Tipos de elementos geológicos del SAR del proyecto 116
Figura IV. 7 Plano cartográfico que muestra los tipos de suelos del SAR del proyecto. 117
Figura IV. 8 Subcuencas hidrológicas de la región hidrológica RH08A. 120
Figura IV. 9 Imagen cartográfica que muestra el drenaje superficial de la CH del proyecto. 121
Figura IV. 10 Plano cartográfico que señala la ubicación del acuífero 2618 Arivaipa 122
Figura IV. 11 Regiones o zonas biogeográficas de México. 123
Figura IV. 12 Provincias biogeográficas de México (Morrone, 2005). 1, California; 2, Baja California; 3, Sonora; 4, Altiplano Mexicano; 5, Tamaulipas; 6, Península de Yucatán; 7, Sierra Madre Occidental; 8, Sierra Madre Oriental; 9, Eje Volcánico Transmexicano; 10. 124
Figura IV. 13 Ubicación de la Cuenca Hidrográfica del proyecto en relación a las provincias florísticas del país. 125
Figura IV. 14 Tipos de vegetación del SAR del proyecto, de acuerdo a la Serie VII del INEGI. 127
Figura IV. 15 Imagen fotográfica que muestra la forma de crecimiento arbustivo del mezquite. 135
Figura IV. 16 Ejemplificación básica del proceso para establecer el área mínima de muestreo. 138
Figura IV. 17 Expresión gráfica de la curva área de muestreo vs número de especies. 139
Figura IV. 18 Plano cartográfico que muestra los sitios de muestreo en el área de influencia del proyecto. 144
Figura IV. 19 Ubicación de la Cuenca Hidrográfica del proyecto en relación a las provincias herpetofaunísticas del país. 167
Figura IV. 20 Ubicación de la cuenca hidrográfica del proyecto en relación a las provincias mastofaunísticas del país. 170
Figura IV. 21 Sitios de muestreo de fauna silvestre en la cuenca hidrográfica del proyecto. 177
Figura IV. 22 Distribución territorial en el municipio de Pitiquito. 188
Figura IV. 23 Composición por edad y sexo en el municipio de Pitiquito. 188

Figura IV. 24 Disponibilidad de servicios y equipamiento en el municipio de Pitiquito. 190
Figura IV. 25 Vivienda y disponibilidad de bienes en el municipio de Pitiquito. 191
Figura IV. 26 Características económicas en el municipio de Pitiquito. 194
Figura IV. 27 Características educativas en el municipio de Pitiquito. 198
Figura IV. 28 Afiliación a servicios de salud en el municipio de Pitiquito. 199

Figura V. 1. Diagrama metodológico propuesto para la identificación y evaluación de los impactos ambientales derivado de las interacciones entre los factores involucrados y las obras y actividades del Proyecto. 214
Figura V. 2. Ejemplificación de las redes de interacción entre obras y actividades del Proyecto para sus diferentes etapas y los componentes y factores ambientales. 218
Figura V. 3. Representación gráfica de la proporción por naturaleza y nivel de los impactos ambientales del Proyecto. 238
Figura V. 4. Representación gráfica de la proporción de los impactos totales, benéficos y adversos según su nivel de significancia estimado. 239

Índice de Tablas

Tabla II. 1 Características de Caminos tipo “E” 7
Tabla II. 2 Características geométricas 8
Tabla II. 3 Análisis comparativo para la selección del sitio 11
Tabla II. 4 Coordenadas del trazo (UTM ZONA 12, WGS84) 12
Tabla II. 5 Superficie de afectación 29
Tabla II. 6 Tipo de vegetación y superficie 29
Tabla II. 7 Distribución de la inversión. 30
Tabla II. 8 Características técnicas del proyecto. 30
Tabla II. 9 Relación de las obras de drenaje menor. 31
Tabla II. 10 Sondeo de los bancos de material para la capa de sub-rasante 32
Tabla II. 11 Bancos de material proporcionados por el Laboratorio de Geotécnica 35
Tabla II. 12 Bancos de material por la SCT, que se utilizaran para el proyecto 36
Tabla II. 13 Programa de actividades del proyecto 37
Tabla II. 14 Tipos de señales utilizada en el proyecto 44
Tabla II. 15 Separación de Señales por velocidad del proyecto. 44
Tabla II. 16 Criterio de dimensionamiento de señales. 45
Tabla II. 17 Señalamientos verticales del proyecto. 45
Tabla II. 18 Señales horizontales de lado derecho 45
Tabla II. 19 Señales horizontales de lado izquierdo 46
Tabla II. 20 Numero y tipos de maquinarías y equipos a utilizar 48
Tabla II. 21 Principales fuentes generadoras de gases de efecto invernadero. 60
Tabla II. 22 GEI por Componente y Actividad 61

Tabla III. 1 Vinculación de la CPEUM con el Proyecto. 65
Tabla III. 2 Vinculación del PND con el Proyecto. 66
Tabla III. 3 Vinculación del Plan Estatal de Desarrollo con el Proyecto 68
Tabla III. 4 Vinculación con el Plan Municipal de Desarrollo de Pitiquito. 69
Tabla III. 5 Vinculación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente 70
Tabla III. 6 Vinculación del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. 72
Tabla III. 7 Vinculación de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable 74
Tabla III. 8 Vinculación del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable 75
Tabla III. 9 Vinculación con Ley General de Vida Silvestre 75
Tabla III. 10 Vinculación con el Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre 76
Tabla III. 11 Vinculación con la Ley de Agua Nacionales 77
Tabla III. 12 Vinculación con el Reglamento de la Ley de Agua Nacionales 78
Tabla III. 13 Vinculación con la LGPGIR 79
Tabla III. 14 Vinculación con el Reglamento de la LGPGIR 80
Tabla III. 15 Vinculación de los criterios de regulación del POET con el proyecto. 83
Tabla III. 16 Características de la Región Terrestre Prioritaria 88
Tabla III. 17 Vinculación con la Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal 89
Tabla III. 18 Normatividad aplicable al proyecto 90
Tabla III. 19 Normatividad relativa a las medidas mínimas de seguridad en el ambiente laboral 92
Tabla III. 20 Vinculación con el Programa Sectorial de Infraestructura, Comunicaciones y Transporte 2025-2030 94

Tabla IV. 1 Cuadro de construcción de la cuenca hidrográfica. 97
Tabla IV. 2 Normales climatológicas de la estación 26035 Felix Gomez. 112
Tabla IV. 3 Elementos geológicos del área de estudio. 114
Tabla IV. 4 Tipos de vegetación y su cobertura en el SAR del proyecto. 127
Tabla IV. 5 Especies vegetales presentes en los ecosistemas el SAR del proyecto que podrían ser afectados por el desarrollo del proyecto. 132
Tabla IV. 6 Sinonimia taxonómica de las especies vegetales identificadas. 133
Tabla IV. 7 Categorías taxonómicas de las especies vegetales presentes en el área del proyecto. 133
Tabla IV. 8 Presencia de las especies vegetales por tipo de vegetación en el SAR del proyecto y que podrían ser afectados por el desarrollo del proyecto. 133
Tabla IV. 9 Formas de vida de las especies vegetales presentes en el área de influencia del proyecto. 134
Tabla IV. 10 Características de las formas geométricas en parcelas para el muestreo de vegetación. 136
Tabla IV. 11 Coordenadas UTM que precisan la ubicación geográfica de los sitios de muestreo. 144
Tabla IV. 12 Densidad de especies identificadas en el sitio 2. 146
Tabla IV. 13 Densidad de especies identificadas en el sitio 3. 146
Tabla IV. 14 Densidad de especies identificadas en el sitio 4. 147
Tabla IV. 15 Densidad de especies identificadas en el sitio 5. 147
Tabla IV. 16 Densidad de especies identificadas en el sitio 9. 147
Tabla IV. 17 Densidad de especies identificadas en el sitio 6 148
Tabla IV. 18 Densidad de especies identificadas en el sitio 7. 148
Tabla IV. 19 Densidad de especies identificadas en el sitio 8. 148
Tabla IV. 20 Densidad de especies identificadas en el sitio 10. 149
Tabla IV. 21 Densidad de especies identificadas en el sitio 1. 149
Tabla IV. 22 Valores de los atributos ecológicos de las especies del estrato arbóreo que habitan en el matorral desértico micrófilo en el SAR. 151
Tabla IV. 23 Valores de los atributos ecológicos de las especies del estrato arbustivo que habitan en el matorral desértico micrófilo. 152
Tabla IV. 24 Valores de los atributos ecológicos de las especies de cactáceas que habitan en el matorral desértico micrófilo. 153
Tabla IV. 25 Valores de los atributos ecológicos de las especies del estrato arbustivo que habitan en el matorral sarcocaule. 153
Tabla IV. 26 Valores de los atributos ecológicos de las especies del estrato herbáceo que habitan en el matorral sarcocaule. 154
Tabla IV. 27 Valores de los atributos ecológicos de las especies de cactáceas que habitan en el matorral sarcocaule. 154
Tabla IV. 28 Valores de los atributos ecológicos de las especies del estrato arbóreo que habitan en el mezquital xerófilo. 155
Tabla IV. 29 Valores de los atributos ecológicos de las especies del estrato arbustivo que habitan en el mezquital xerófilo. 155
Tabla IV. 30 Valores de los atributos ecológicos de las especies del estrato herbáceo que habitan en el mezquital xerófilo. 155
Tabla IV. 31 Valores de los atributos ecológicos de las especies de cactáceas que habitan en el mezquital xerófilo. 156
Tabla IV. 32 Valores de los atributos ecológicos de las especies del estrato arbóreo que habitan en el ecosistema con vegetación secundaria arbustiva de matorral sarcocaule de la cuenca

hidrográfica del proyecto. 156
Tabla IV. 33 Valores de los atributos ecológicos de las especies del estrato arbustivo que habitan en el ecosistema con vegetación secundaria arbustiva de matorral sarcocaule. 157
Tabla IV. 34 Valores de los atributos ecológicos de las especies de cactáceas que habitan en el ecosistema con vegetación secundaria arbustiva de matorral sarcocaule. 157
Tabla IV. 35 Valores del índice de diversidad de las especies de arbóreas del ecosistema de matorral desértico micrófilo. 159
Tabla IV. 36 Valores del índice de diversidad de las especies de arbustivas del ecosistema de matorral desértico micrófilo. 159
Tabla IV. 37 Valores del índice de diversidad de las cactáceas del ecosistema de matorral desértico micrófilo. 160
Tabla IV. 38 Valores del índice de diversidad de las especies de arbustivas del ecosistema de matorral sarcocaule. 160
Tabla IV. 39 Valores del índice de diversidad de las especies herbáceas del ecosistema de matorral sarcocaule. 161
Tabla IV. 40 Valores del índice de diversidad de las cactáceas del ecosistema de matorral sarcocaule. 161
Tabla IV. 41 Valores del índice de diversidad de las especies de arbóreas del ecosistema de mezquital xerófilo. 162
Tabla IV. 42 Valores del índice de diversidad de las especies de arbustivas del ecosistema de mezquital xerófilo. 162
Tabla IV. 43 Valores del índice de diversidad de las especies herbáceas del ecosistema de mezquital xerófilo. 163
Tabla IV. 44 Valores del índice de diversidad de las cactáceas del ecosistema de mezquital xerófilo. 163
Tabla IV. 45 Valores del índice de diversidad de las especies de arbóreas del ecosistema de vegetación secundaria arbustiva de matorral sarcocaule. 164
Tabla IV. 46 Valores del índice de diversidad de las especies de arbustivas del ecosistema de vegetación secundaria arbustiva de matorral sarcocaule. 164
Tabla IV. 47 Valores del índice de diversidad de las cactáceas del ecosistema de vegetación secundaria arbustiva de matorral sarcocaule. 165
Tabla IV. 48 Anfibios que pueden desarrollarse en el SAR del proyecto y su estatus de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010. 167
Tabla IV. 49 Reptiles que ocurren en el área de la cuenca de estudio y su estatus de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010. 168
Tabla IV. 50 Mamíferos en el área de la cuenca de estudio y su estatus de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010. 170
Tabla IV. 51 Especies de aves que pueden presentarse en el SAR y su estatus de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010. 173
Tabla IV. 52 Especies de reptiles observadas en los sitios muestreados y su estado de protección bajo las normas oficiales. 179
Tabla IV. 53 Densidades de las especies de reptiles encontradas en los muestreos. 179
Tabla IV. 54 Valores de los atributos ecológicos de las especies de reptiles que habitan en el SAR. 179
Tabla IV. 55 Rasgos ecológicos de las poblaciones de las especies de reptiles identificados. 180
Tabla IV. 56 Especies de mamíferos encontrados en los sitios de muestreo. 181
Tabla IV. 57 Densidades de las especies de mamíferos encontrados en los sitios muestreados. 181
Tabla IV. 58 Valores de los atributos ecológicos de las especies de mamíferos que habitan en

el SAR del proyecto. 181
Tabla IV. 59 Rasgos ecológicos de las poblaciones de las especies de mamíferos identificados en los muestreos. 182
Tabla IV. 60 Listado de especies de aves encontradas en los sitios muestreados. 182
Tabla IV. 61 Densidades de especies aves encontradas en los sitios muestreados. 183
Tabla IV. 62 Valores de los atributos ecológicos de las especies de aves identificadas en el área de incidencia del proyecto. 183
Tabla IV. 63 Rasgos ecológicos de las poblaciones de las especies de aves en los sitios muestreados....183
Tabla IV. 64 Valores del índice de diversidad de las especies de reptiles registrados en los sitios muestreados. 184
Tabla IV. 65 Valores del índice de diversidad de las especies de mamíferos registrados en los sitios muestreados. 185
Tabla IV. 66 Valores del índice de diversidad de las especies de aves registrados en los sitios muestreados....186
Tabla IV. 67 Tabla comparativa de demografía del municipio de Pitiquito y la localidad de El Desemboque de los Seris 189
Tabla IV. 68 Tabla comparativa de brecha de servicios públicos del municipio de Pitiquito y la localidad de El Desemboque de los Seris 191
Tabla IV. 69 Tendencia de la dinámica poblacional del municipio de Pitiquito....193
Tabla IV. 70 Estructura de la PEA en El Desemboque (2020)....195
Tabla IV. 71 Comparativa de Ocupación por Sector (Municipio de Pitiquito)....197
Tabla IV. 72 Tendencia de salud y seguridad social en el municipio y localidad El Desemboque de los Seris 199

Tabla V. 1. Listado de actividades del proyecto por etapas. 215
Tabla V. 2. Componentes del sistema ambiental del proyecto.....219
Tabla V. 3. Matriz de identificación de interacciones donde se determinaron las relaciones Proyecto-entrono para las etapas de preparación del sitio y construcción.....222
Tabla V. 4. Matriz de identificación de interacciones donde se determinaron las relaciones Proyecto-entrono para las etapas de operación y mantenimiento y, abandono. 223
Tabla V. 5. Resumen de la matriz de identificación de interacciones donde se determinaron las relaciones Proyecto-entrono para las etapas del Proyecto.....224
Tabla V. 6. Criterios de magnitud en la valoración de impactos ambientales.....229
Tabla V. 7. Criterios de extensión en la valoración de impactos ambientales. 229
Tabla V. 8. Criterios de duración en la valoración de impactos ambientales. 230
Tabla V. 9. Criterios de continuidad en la valoración de impactos ambientales. 230
Tabla V. 10. Criterios de intensidad en la valoración de impactos ambientales. 230
Tabla V. 11. Criterios de acumulación y sinergia en la valoración de impactos ambientales.....231
Tabla V. 12. Criterios de importancia en la valoración de impactos ambientales....232
Tabla V. 13. Resumen de valoración de magnitud e importancia del proyecto....234
Tabla V. 14. Matriz de valoración de significancia que adiciona la Importancia y Magnitud de los impactos ambientales del proyecto....235
Tabla V. 15. Resumen de valoración de magnitud e importancia del proyecto....236
Tabla V. 16. Matriz de nivel de significancia de impactos ambientales. 237
Tabla V. 17. Resumen de significancia de impactos ambientales.....238
Tabla V. 18. Cribado de matriz de impactos ambientales significativos adversos del Proyecto. 244
Tabla V. 19 Ficha descriptiva impactos adversos sobre calidad del aire 245

Tabla V. 20 Ficha descriptiva impactos adversos sobre Provisión o infiltración de agua al subsuelo 245
Tabla V. 21 Ficha descriptiva impactos adversos sobre Calidad del suelo 245
Tabla V. 22 Ficha descriptiva impactos adversos sobre Erosión 246
Tabla V. 23 Ficha descriptiva impactos adversos sobre Captura de Carbono 246
Tabla V. 24 Ficha descriptiva impactos adversos sobre Distribución y abundancia de Flora....246
Tabla V. 25 Ficha descriptiva impactos adversos sobre Distribución y abundancia de Fauna ..246
Tabla V. 26 Ficha descriptiva impactos adversos sobre Biodiversidad Fauna 247
Tabla V. 27 Ficha descriptiva impactos adversos sobre Fragilidad visual 247
Tabla V. 28 Ficha descriptiva impactos adversos sobre Empleo y mano de obra 247
Tabla V. 29 Ficha descriptiva impactos adversos sobre Actividades productivas....248
Tabla V. 30 Impactos residuales del proyecto....248
Tabla V. 31 Impactos acumulativos del proyecto 249

Tabla VI. 1 Programa de vigilancia ambiental para las etapas de preparación del sitio y construcción 255
Tabla VI. 2 Programa de vigilancia ambiental para las etapas de Operación y mantenimiento y Abandono 260
Tabla VI. 3 Tabla de seguimiento y control del proyecto 262

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

El presente proyecto **"CONSTRUCCIÓN Y MODERNIZACIÓN DEL CAMINO: E. C. (CALLE 36 NORTE) – DESEMBOQUE, TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 21+385.75, SUBTRAMO DEL KM 13+000 AL KM 21+385.75, EN EL MUNICIPIO DE PITIQUITO, ESTADO DE SONORA."**, consiste en la continuación a partir del **Km 13+000 al Km 21+385.75** de las obras de construcción y modernización de un camino carretero iniciado en el año de 2022 del **km 0+000 al km 13+000** para conectar al "Desemboque de los Seris" con la Carretera Federal No.36, conocida como Calle 36 Norte. El objetivo de esta Manifestación de Impacto Ambiental es obtener la autorización de las autoridades ambientales mostrando la proyección e indicadores que confluyen en el sistema ambiental, dando la pauta para fijar el alcance de la sustentabilidad y el desarrollo, así como dar certeza a las variables que dan pie a la prevención, control y mitigación de los efectos adversos, tal como fue planteado en la etapa anterior a este proyecto y cuya autorización de dio a través del oficio resolutivo No. SGPA/DGIRA/DG/05831-21 de fecha 6 de diciembre del año 2021.

Por lo anterior, y con base en el artículo 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de Impacto Ambiental, se presenta el estudio para su valoración.

I.1 Nombre del proyecto

"CONSTRUCCIÓN Y MODERNIZACIÓN DEL CAMINO: E. C. (CALLE 36 NORTE) – DESEMBOQUE, TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 21+385.75, SUBTRAMO DEL KM 13+000 AL KM 21+385.75, EN EL MUNICIPIO DE PITIQUITO, ESTADO DE SONORA".

I.2 Ubicación del proyecto

El proyecto denominado se localiza geográficamente en la región noroeste del estado de Sonora, dentro de la jurisdicción administrativa del municipio de Pitiquito. El trazo de la obra se desarrolla específicamente en una zona de transición entre la llanura costera del Golfo de California y las zonas de matorral desértico, proveyendo conectividad vital hacia la comunidad indígena de El Desemboque de los Seris, perteneciente a la Nación Comcaac.

El área de intervención directa, que comprende la modernización de un camino Tipo E a una carretera Tipo D, se sitúa entre las coordenadas extremas que delimitan un polígono de afectación de 12.75 hectáreas. El subtramo objeto del presente análisis inicia en el kilómetro 13+000 y concluye en el kilómetro 21+385.75, punto donde la infraestructura se integra con la zona urbana de la comunidad. Esta ubicación es estratégica desde una perspectiva regional, ya que el camino constituye la única vía de acceso terrestre que vincula a la población Seri con la

red carretera federal a través de la Calle 36 Norte.

Cartográficamente, el proyecto se ubica dentro de la región hidrológica RH-08 (Sonora Sur), de acuerdo con la clasificación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). El entorno físico se caracteriza por un relieve predominantemente plano con pendientes transversales suaves, lo que ha permitido un diseño geométrico que minimiza los cortes y terraplenes fuera del derecho de vía existente. La ubicación ha sido validada mediante el uso de sistemas de posicionamiento global (GPS) bajo el datum WGS84, asegurando la precisión en la delimitación de la zona de estudio.

Camino: Desde la Ciudad de Hermosillo, se toma la ruta con rumbo a Bahía Kino, se encuentra la Camino 36 Norte, por la cual, después de aproximadamente 120km se encuentra el entronque al Camino que lleva a la Sierra de “Desemboque de los Seris”, desde el km 13 + 000 al km 21 + 385.75.

Número: Km 13 + 000 al km 21 + 385.75

Colonia: “Desemboque de los Seris”

Municipio: Pitiquito. **Estado**: Sonora **C.P.** 83960

Referente. Es una localidad del Estado Mexicano de Sonora y uno de los mayores asentamientos, que aún conservan la denominación de “Tribu”. *La Tribu Seri* se ubica en el Poblado conocido como “Desemboque de los Seris”, al sur de la capital de Hermosillo, en el estado de Sonora.

El Desemboque de los Seris se localiza aproximadamente a 370 km al noroeste de la capital de Sonora (Hermosillo), al Sur con Puerto Libertad y la Costa del Golfo de California. Pertenece geográficamente al Municipio de Pitiquito.

Por su parte, el Municipio de Pitiquito, al cual pertenece la referida tribu, se ubica al Noroeste del Estado de Sonora, la cabecera de la población se localiza en el en 30° 40´ de Latitud Norte y en 112° 04’ de Longitud al Oeste del Meridiano de Greenwich, a una altura de 305 metros sobre el nivel del mar. Colinda con los siguientes municipios: al Noroeste colinda con el Municipio de Altar, al Este con Trincheras, al Sur con Hermosillo, al Sureste con Carbo, al Noroeste con Caborca y su límite natural, al Oeste con el Golfo de California.

El municipio de Pitiquito, ocupa el 5.48% de la superficie del estado, cuenta con 328 localidades, una de las cuales pertenece al poblado de “Desemboque de los Seris”. Respecto a la ubicación, la siguiente imagen muestra el sitio en el que se ubica y la proyección de caminos; de manera particular, la zona de estudio no muestra cambios en los últimos años, en relación al trazo del camino.

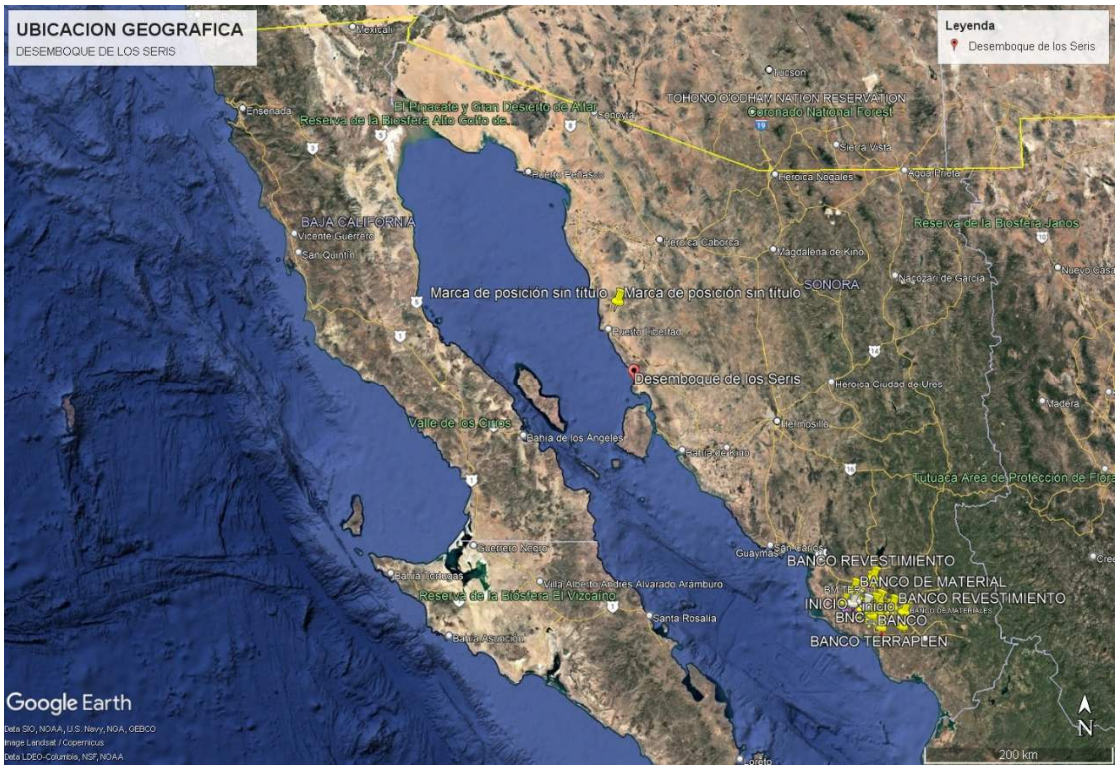


Figura I. 1 Ubicación geográfica de El Desemboque de los Seris

I.3 Duración del proyecto

La ejecución integral del proyecto de modernización del camino hacia El Desemboque de los Seris se ha planificado para desarrollarse en un periodo estimado de 24 meses, contados a partir de la obtención de los resolutivos favorables en materia de impacto ambiental y el cambio de uso de suelo en terrenos forestales. Este horizonte temporal se divide en: preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, asegurando que cada fase cumpla con los estándares técnicos de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT).

La etapa de preparación del sitio y construcción tendrá una duración prevista de 24 meses. Durante los primeros meses se llevarán a cabo las actividades críticas de desmonte y despalme, así como el rescate y reubicación de ejemplares de flora y fauna silvestre. Los meses restantes se destinarán a la conformación de terracerías, tendido de la estructura de pavimento para la carretera Tipo D, y la instalación de obras de drenaje y señalamiento. Es importante reiterar que el cronograma de obra está sujeto a la autorización del Estudio Técnico Justificativo (ETJ), actualmente en proceso de evaluación, por lo que no se iniciará ninguna actividad de remoción de vegetación hasta contar con el dictamen oficial de la SEMARNAT.

Finalmente, la etapa de operación y mantenimiento se proyecta para una vida útil de 30 años, periodo durante el cual la vía funcionará como una conexión estratégica para la Nación Comcaac.

Durante esta fase, se implementarán programas de mantenimiento preventivo y correctivo de forma anual para garantizar la seguridad vial y la funcionalidad del sistema de drenaje. La durabilidad de la infraestructura está diseñada para resistir las condiciones climáticas extremas de la región de Pitiquito, asegurando que la inversión pública cumpla con los objetivos de conectividad y bienestar social previstos en el programa nacional de infraestructura.

I.4 Datos generales del promovente

I.4.1 Nombre o razón social

Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas.

I.4.2 Registro Federal de Contribuyentes del promovente

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

I.4.3 Nombre y cargo del presentante legal

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

I.4.4 Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

I.4.5 Nombre del responsable técnico del Estudio

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

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, plan o programa

El proyecto consiste en la modernización de un camino rural, el cual tendrá una longitud de 8+385.75 kilómetros, esta modernización queda dentro de la jurisdicción municipal de Pitiquito, Estado de Sonora. El camino a construir inicia en el km. 13+000 y termina en el km. 21+385.75, sobre el camino de terracería que conecta con la localidad conocida como “Desemboque de los Seris”, finalizando antes de llegar al Entronque Carretero conocido como “Calle 36 Norte”. Con la modernización se pretende beneficiar a los habitantes y a las localidades intermedias, con el objetivo de tener una mejor vía de comunicación con el municipio de Pitiquito y Bahía Kino principalmente, así como hacer un tiempo más cercano y fluido a la capital del Estado. Actualmente el camino, aunque data de hace más de cincuenta años, sigue siendo de terracerías.

El Gobernador Tradicional, en coordinación con el Consejo de Ancianos COMCAAC (SERIS), han iniciado con las gestiones para el mejoramiento de dicho camino. La modernización del presente tramo del camino requiere de la Manifestación de Impacto Ambiental debido a que su realización generará un factor de decremento en la naturaleza del sistema, de acuerdo a las condiciones ambientales.

Las características geométricas del proyecto, obedecen a un camino tipo rural, de acuerdo a las Características Técnicas dadas por la Secretaria de Comunicaciones de Transporte (SCT), con una velocidad de 30 km/hrs, con un ancho de corona de 7.24metros y de 7.24metros de calzada, la superficie total considerando el derecho de vía será de 33-54-30 hectáreas, la superficie total de construcción será de 6-07-12 hectáreas con remoción de vegetación forestal de 8.8085 hectáreas (entre línea de ceros) correspondiente dos tipos de Matorral, misma que se describirá con más detalle en los siguientes apartados. De acuerdo a los establecido en el artículo 28 la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente específicamente en la fracción VII así como en el inciso O fracción III del artículo 5 de su Reglamento en materia de la Evaluación del Impacto Ambiental, es preciso contar con la autorización de impacto ambiental y el artículo 14 del mismo reglamento en materia de impacto ambiental.

Breve descripción general del proyecto.

1.- Relativo a las etapas que integran el proyecto, desde el punto de vista ambiental. Las etapas en las que se realizará el proyecto, se integra al menos con el listado señalado a continuación, de manera que se cuente con los instrumentos y elementos necesarios para generar las etapas de preparación, construcción, mantenimiento y en su caso, abandono del sitio.

Previo al inicio físico de las obras, se realizan actividades de carácter técnico-administrativo

indispensables para sustentar el proyecto, tales como estudios topográficos y geotécnicos, integración del expediente técnico, gestión de permisos y autorizaciones, y la implementación de lineamientos ambientales y de seguridad aplicables. Estas acciones habilitan el arranque de las etapas evaluadas.

a) Preparación del sitio.

   Una vez obtenidas las autorizaciones correspondientes, esta etapa comprende las acciones iniciales para habilitar el frente de obra y el derecho de vía. Incluye preliminares como instalación logística temporal, transporte de equipo y maquinaria, y el desmonte y despalme únicamente en aquellas superficies donde exista vegetación forestal y sea procedente el cambio de uso de suelo (CUSTF), conforme al trazo y niveles definidos por topografía. En paralelo, se implementan controles de seguridad, salud, calidad y ambiente mediante supervisión en campo, bitácoras y reportes de seguimiento.

b) Construcción.

   Corresponde a la ejecución de las obras para la modernización del camino, incluyendo terracerías y habilitación de accesos, cortes y excavaciones, conformación y compactación del cuerpo del terraplén, y la construcción de obras complementarias asociadas al manejo de escurrimientos (obras de drenaje, cunetas y estructuras afines). Posteriormente se realiza la colocación de la estructura de pavimento de concreto hidráulico y la instalación de señalamiento y dispositivos de seguridad vial conforme a la normatividad aplicable. Durante esta etapa se mantiene la supervisión ambiental y el cumplimiento de las medidas de prevención y mitigación establecidas en la MIA.

c) Operación y mantenimiento.

   Concluida la construcción y verificado el cumplimiento de las condicionantes aplicables, se procede a la puesta en servicio de la carretera. Esta etapa incluye el tránsito vehicular y las actividades de mantenimiento rutinario y periódico (conservación del cuerpo carretero, señalización y atención de obras de drenaje), orientadas a preservar condiciones de seguridad, funcionalidad y vida útil.

d) Abandono.

   Esta etapa corresponde al conjunto de actividades asociadas al retiro total de la infraestructura carretera una vez concluida su vida útil, estimada en aproximadamente 30 años. Esta etapa incluye la desincorporación y retiro de elementos estructurales (por ejemplo, estructura de pavimento y obras asociadas según aplique), la gestión integral de residuos de demolición, la estabilización de superficies intervenidas para evitar procesos erosivos, y la implementación de acciones de restauración y seguimiento posteriores al cierre conforme lo establezcan las autoridades competentes. No considera el retiro de instalaciones temporales de obra al finalizar la etapa de construcción, las cuales se tratan dentro del cierre operativo de la propia etapa constructiva.

2.- Referente a la obra civil. El proyecto se sujetará a lo dispuesto en la Secretaria de Comunicaciones y Transportes mediante su normativa, manuales y reglamentación. En este contexto y siguiendo con los lineamientos, el actual camino "rural", el cual será cubierto por concreto hidráulico con franjas intermedias cubiertas con piedras ahogadas, y se convertirá en una del tipo "E". Las características técnicas del camino a proyectar están en función del tránsito diario promedio anual (TDPA), la tabla inferior muestra los detalles y diferencias más representativas entre uno y otro.

3. Relativo al aspecto sociocultural, económico y demográfico.

El Desemboque de los Seris, presenta un alto rezago en términos de comunicaciones, siguen empleando el camino de terracería, el cual además recorre un largo trayecto para el entronque carretero, lo que implica entre otros la poca afluencia, el poco crecimiento económico y promoción de su comercio, arte y cultura; por otro lado, la carencia de los servicios e infraestructura básica, así como el ambiente desértico y pedregoso, los pone en constantes situaciones vulnerables.

Tabla II. 1 Características de Caminos tipo "E"

Especificaciones	Camino actual
Tipo de carretera	Tipo E
TDPA	40 vehículos máximo
Velocidad	20 km/h
Pendiente máxima	12%
Pendiente gobernadora	15%
Grado máx. de curvatura	30%
Ancho de corona	4m
Ancho de calzada	4m

Fuente: Manual de volúmenes de tránsito en carreteras. 2016. SCT

En este contexto, el proyecto, se inserta como una de las vías de comunicación asequible que integra a la dinámica del progreso a las poblaciones beneficiadas. En el apartado "Medio socioeconómico" del capítulo IV (indicadores socioeconómicos, calidad de vida y estatus de pobreza...) del presente Estudio, se muestran los argumentos relativos al análisis del medio socioeconómico de la población.

II.1.1 Naturaleza del proyecto, plan o programa

Una de las obras indispensables en el territorio nacional es la construcción de carreteras, las cuales además de servir de medio de comunicación, dan la oportunidad de acceder a servicios que, de otra manera, sería más tardado y costoso trasladar. La Secretaria de Comunicaciones y

Transporte (SCT), a través de la Dirección General de Carreteras en material de Caminos Rurales y Alimentadores, apoyan la construcción y modernización de caminos rurales en comunidades lejanas. El objetivo del gobierno estatal y federal es promover el desarrollo de las regiones con mayor rezago en materia de infraestructura carretera.

Todas las etapas del proyecto se realizan conforme a los lineamientos y especificaciones técnicas de las Normas de Servicios Técnicos, Proyecto Geométrico de Carreteras de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Las características técnicas del camino a proyectar están en función del tránsito diario promedio anual (TDPA), a continuación, se enlistan las características del camino a construir.

Tabla II. 2 Características geométricas

Geometría del Camino	
Camino	E
Tránsito (TDPA)	Hasta 100
Pendiente Gobernadora	6%
Grado de curvatura	60°
Pendiente Máxima	8%
Velocidad de Proyecto:	40 km/hr
Ancho de Corona	6.0 m
Ancho de calzada	6.0 m
Tipo de Terreno	Lomeríos fuertes y Montañoso

Fuente: Datos de proyecto

Desde el punto de vista Obra Civil, este proyecto se realizará en varias etapas, de manera breve se describen a continuación:

1. Etapa de Preparación del sitio. En la cual, desde gabinete se plantean las rutas de acceso, posteriormente se plantea el diseño del trazo, y se consiguen los recursos materiales y capital humano. Se van dibujando y proyectando las líneas para el trazo, de manera simultánea el desmonte, despalme y cortes en donde el proyecto lo requiera.

2. Etapa de construcción. Se forman terraplenes, obras de drenaje, subrasante, base hidráulica, carpeta asfáltica, que para este caso será de concreto hidráulico, señalamiento de ingeniería de tránsito y en general obras complementarias.

3. Etapa de Operación y mantenimiento. Se realizará inmediatamente después del término de la obra, en este punto, la vigilancia queda a cargo del Gobierno del estado, al ser un trazo de camino estatal, e igual uniendo esfuerzos, con el apoyo municipal y federal. Se pretende se realice en los próximos treinta años.

4. Etapa de Abandono. Esta consiste en el retiro de toda la infraestructura desarrollada, sin embargo, por el tipo de proyecto e infraestructura, no se contempla una fecha definida pero si un tiempo de vida útil de treinta años.

II.1.2 Justificación

La justificación se fundamenta en la imperativa necesidad de integrar a la comunidad indígena de El Desemboque de los Seris con los polos de desarrollo regional en el estado de Sonora. Actualmente, el acceso de Tipo E presenta deficiencias estructurales y geométricas que limitan la movilidad, incrementan los costos de operación vehicular y elevan los tiempos de respuesta ante emergencias médicas. La transición a una carretera de Tipo D no solo representa una mejora en la infraestructura física, sino que constituye un acto de justicia social que garantiza el derecho a la movilidad y el acceso a servicios fundamentales de salud, educación y abastecimiento para la población local.

Desde la perspectiva del desarrollo regional y económico, la modernización de la vía fortalecerá las actividades productivas de la Nación Comcaac, principalmente la pesca artesanal y el turismo sustentable. Al contar con una superficie de rodamiento pavimentada y diseñada bajo los estándares de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT), se optimizará la cadena de suministro de productos marinos hacia los mercados de Hermosillo y la frontera norte. Esta mejora técnica reduce el desgaste de las unidades de transporte y garantiza que los productos lleguen en condiciones óptimas, impulsando la economía local y fomentando la creación de empleos directos e indirectos durante las etapas de construcción y operación.

En el ámbito técnico y ambiental, el proyecto se justifica mediante la optimización del derecho de vía existente para minimizar la fragmentación de los ecosistemas. La remoción de la vegetación, cuyo Estudio Técnico Justificativo (ETJ) se encuentra en proceso de evaluación, ha sido calculada bajo criterios de mínima afectación. El diseño de la carretera Tipo D integra obras de drenaje y medidas de mitigación que previenen la erosión y protegen la hidrología superficial, resultando en una infraestructura más resiliente y segura que el camino actual. En conclusión, el proyecto es congruente con el Programa Sectorial de Infraestructura 2025-2030, al ser una obra necesaria para el bienestar social que se ejecuta bajo un estricto compromiso de responsabilidad ambiental.

La selección del sitio y del trazo del proyecto carretero se realizó con base en criterios ambientales, técnicos y socioeconómicos orientados a optimizar la conectividad regional y la seguridad vial, manteniendo la intervención dentro de una huella previamente modificada y minimizando la apertura de nuevas superficies. En términos generales, la alternativa seleccionada corresponde a la modernización del camino existente, concentrando las obras dentro de la franja de afectación directa prevista para el proyecto y dentro del derecho de vía, lo cual reduce la fragmentación adicional del territorio y facilita la implementación de medidas de prevención, mitigación y control durante todas las etapas del proyecto.

Criterios considerados para la selección

Criterios ambientales

- **Minimización de la huella nueva de intervención:** se priorizó utilizar un corredor ya impactado (camino existente) para reducir la remoción adicional de vegetación, la pérdida de hábitat y la exposición de suelos susceptibles a erosión.

- **Reducción del riesgo de impactos acumulativos:** al evitar la apertura de un nuevo corredor, se limita el incremento de fragmentación del paisaje y el aumento de presiones indirectas (ruido, polvo, perturbación de fauna) sobre áreas adyacentes.

- **Compatibilidad hidrológica:** el trazo seleccionado permite incorporar obras de drenaje localizadas y medidas de estabilización, minimizando cambios no deseados en escurrimientos superficiales y en la conectividad hidrológica.

- **Gestión diferenciada de áreas con vegetación forestal:** la intervención se plantea considerando que no todo el polígono de la MIA presenta vegetación forestal; por ello, el cambio de uso de suelo (cuando aplique) se acota a los segmentos con presencia de vegetación forestal.

Criterios técnicos

- **Factibilidad constructiva y logística:** la existencia de un camino previo reduce movimientos de tierra adicionales, facilita accesos para maquinaria y suministro de materiales y disminuye requerimientos de habilitación de caminos auxiliares.

- **Seguridad vial y funcionalidad:** la modernización sobre un corredor existente permite corregir tramos puntuales (geometría y sección) y mejorar condiciones de operación (señalamiento, obras complementarias y drenaje), incrementando seguridad.

- **Mantenibilidad:** al consolidarse una infraestructura formal, las tareas de conservación rutinaria pueden planearse y ejecutarse con mayor eficiencia, manteniendo el nivel de servicio durante su vida útil.

Criterios socioeconómicos

- **Conectividad con infraestructura de mayor relevancia:** se priorizó una alternativa que conectara de manera más directa con una vialidad de importancia económica y social, facilitando el acceso a servicios, abastecimiento, movilidad cotidiana y atención de emergencias.

- **Beneficio directo a la población usuaria:** la alternativa seleccionada reduce tiempos y costos de traslado y mejora la seguridad, con efectos positivos en la dinámica social y económica local.

Análisis comparativo de alternativas

Se consideraron, al menos, tres escenarios: el trazo seleccionado y dos alternativas de localización/trazo.

Alternativa seleccionada: Modernización sobre el camino existente (tramo km 13+000 al km 21+385.75)

Consiste en aprovechar el corredor actual y modernizarlo, concentrando la intervención en una huella previamente impactada, con obras de terracerías, terraplenes, drenaje y pavimento, además de señalamiento y obras complementarias.

Opción 1: Conectar Punta Chueca con El Desemboque de los Seris por la costa (camino de terracería)

Corresponde a un trazo costero de mayor longitud, con mayor presupuesto requerido. Adicionalmente, no conecta de forma directa con una carretera de relevancia económica y social, lo que reduce su eficiencia funcional como eje de integración territorial.

Opción 2: Nueva carretera lateral paralela al camino existente

Implicaría la construcción de un nuevo corredor, paralelo a la vialidad actual. Esta opción incrementa el costo por ausencia de camino preexistente y eleva de manera significativa el impacto ambiental al duplicar la huella de intervención y fragmentación.

Tabla II. 3 Análisis comparativo para la selección del sitio

Criterio	Alternativa seleccionada: modernización sobre trazo existente	Opción 1: Punta Chueca–Desemboque por costa	Opción 2: carretera lateral paralela
Longitud / inversión	Menor longitud efectiva y mejor relación costo–beneficio	Mayor longitud → mayor presupuesto	Mayor costo por obra nueva completa
Conectividad estratégica	Conecta de forma más directa con vialidad relevante	No conecta directamente con carretera de importancia económica y social	Similar conectividad, pero sin ventaja funcional adicional
Impacto ambiental directo	Menor: concentra obras en huella ya impactada	Mayor: ampliación del corredor de intervención por	Mayor: apertura de nuevo corredor (duplicación de

		longitud	huella)
Fragmentación y presiones indirectas	Menor incremento incremental	Mayor por extensión del corredor y posibles presiones costeras	Mayor por duplicar infraestructura lineal y accesos
Factibilidad constructiva	Alta: logística y accesos más favorables	Media: mayor extensión y logística más compleja	Media–baja: mayor movimiento de tierras y habilitación
Compatibilidad hidrológica	Mejor control: obras puntuales en corredor consolidado	Variable: trazo costero puede requerir más obras especiales	Menor: nuevas obras de drenaje y modificaciones adicionales

Con base en el análisis comparativo, la alternativa de modernizar el camino existente es la opción preferente por su menor huella ambiental incremental, mayor factibilidad técnica, y mejor eficiencia socioeconómica al conectar más directamente con una vialidad de relevancia regional. La Opción 1 se descarta por su mayor longitud y presupuesto y por no cumplir de manera equivalente el criterio de conectividad estratégica; la Opción 2 se descarta por su mayor costo y por implicar un impacto ambiental superior al abrir un corredor nuevo paralelo, incrementando la fragmentación y las afectaciones directas.

II.1.3 Ubicación física y dimensiones del proyecto

El proyecto se realiza en el municipio de Pitiquito, Sonora, beneficiando a los habitantes de las localidades de Desemboque de los Seris. Las coordenadas del proyecto se muestran en la tabla inferior. Los detalles de la obra se presentan en el Anexo 5. Planos del proyecto.

Tabla II. 4 Coordenadas del trazo (UTM ZONA 12, WGS84)

VERTICE	UTM X	UTM Y	VERTICE	UTM X	UTM Y	VERTICE	UTM X	UTM Y
1	367337.8	3276825.7	863	367027.5	3281983.5	1725	367067.2	3281555.7
2	367328.2	3276837.2	864	367027.0	3281985.3	1726	367072.1	3281542.1
3	367398.7	3276897.5	865	367026.4	3281987.1	1727	367220.6	3281127.4
4	367409.7	3276906.8	866	367025.8	3281988.8	1728	367225.4	3281113.9
5	367409.7	3276906.8	867	367025.1	3281990.5	1729	367226.7	3281110.3
6	367409.7	3276906.9	868	367024.5	3281992.3	1730	367228.1	3281106.9
7	367415.9	3276912.1	869	367023.8	3281994.0	1731	367229.5	3281103.4
8	367416.0	3276912.1	870	367023.0	3281995.7	1732	367230.9	3281100.0
9	367416.0	3276912.2	871	367022.3	3281997.4	1733	367232.5	3281096.5
10	367422.3	3276917.3	872	367021.5	3281999.0	1734	367238.4	3281083.5
11	367422.3	3276917.3	873	367020.7	3282000.7	1735	367239.6	3281081.0
12	367422.3	3276917.3	874	367019.8	3282002.3	1736	367291.1	3280968.1
13	367428.7	3276922.4	875	367019.0	3282004.0	1737	367352.8	3280832.8
14	367428.8	3276922.4	876	367018.1	3282005.6	1738	367392.4	3280746.1
15	367428.8	3276922.5	877	367017.2	3282007.2	1739	367407.8	3280712.5
16	367435.2	3276927.4	878	367016.2	3282008.8	1740	367413.7	3280699.4
17	367435.3	3276927.4	879	367015.2	3282010.3	1741	367415.3	3280696.0
18	367435.3	3276927.4	880	367014.2	3282011.9	1742	367416.9	3280692.6
19	367446.8	3276936.1	881	367013.2	3282013.4	1743	367418.6	3280689.3
20	367447.1	3276936.4	882	367012.1	3282014.9	1744	367420.4	3280686.0
21	367458.6	3276945.1	883	367011.0	3282016.4	1745	367422.2	3280682.8
22	367461.6	3276947.4	884	367009.9	3282017.9	1746	367424.0	3280679.5

23	367464.6	3276949.8	885	367008.8	3282019.3	1747	367425.9	3280676.3
24	367467.5	3276952.2	886	367007.6	3282020.8	1748	367427.9	3280673.2
25	367470.4	3276954.7	887	366998.4	3282031.9	1749	367429.9	3280670.0
26	367473.3	3276957.2	888	366927.5	3282118.0	1750	367432.0	3280666.9
27	367476.1	3276959.8	889	366918.3	3282129.1	1751	367434.1	3280663.8
28	367478.8	3276962.4	890	366918.3	3282129.1	1752	367436.3	3280660.8
29	367481.5	3276965.1	891	366918.3	3282129.1	1753	367438.5	3280657.8
30	367484.2	3276967.8	892	366917.0	3282130.7	1754	367440.8	3280654.9
31	367486.8	3276970.6	893	366917.0	3282130.7	1755	367443.1	3280652.0
32	367489.4	3276973.4	894	366917.0	3282130.7	1756	367445.5	3280649.1
33	367491.9	3276976.3	895	366915.7	3282132.3	1757	367447.9	3280646.2
34	367494.4	3276979.2	896	366915.7	3282132.4	1758	367450.3	3280643.4
35	367496.9	3276982.1	897	366915.7	3282132.4	1759	367452.9	3280640.7
36	367499.2	3276985.1	898	366914.9	3282133.5	1760	367462.6	3280630.1
37	367501.6	3276988.1	899	366914.5	3282134.0	1761	367526.9	3280560.8
38	367503.8	3276991.2	900	366914.5	3282134.0	1762	367536.7	3280550.3
39	367506.0	3276994.3	901	366914.4	3282134.1	1763	367536.7	3280550.2
40	367508.2	3276997.4	902	366913.2	3282135.7	1764	367536.7	3280550.2
41	367510.3	3277000.6	903	366913.2	3282135.7	1765	367539.3	3280547.3
42	367512.4	3277003.8	904	366913.2	3282135.8	1766	367539.4	3280547.3
43	367520.1	3277016.0	905	366912.0	3282137.4	1767	367539.4	3280547.3
44	367525.4	3277024.5	906	366912.0	3282137.5	1768	367542.0	3280544.3
45	367533.0	3277036.7	907	366912.0	3282137.5	1769	367542.0	3280544.3
46	367533.0	3277036.7	908	366910.8	3282139.2	1770	367542.0	3280544.3
47	367533.1	3277036.7	909	366910.8	3282139.2	1771	367544.6	3280541.3
48	367536.4	3277042.0	910	366910.8	3282139.2	1772	367544.6	3280541.3
49	367536.5	3277042.0	911	366909.7	3282140.9	1773	367544.6	3280541.3
50	367536.5	3277042.0	912	366909.7	3282141.0	1774	367547.1	3280538.2
51	367539.9	3277047.2	913	366909.7	3282141.0	1775	367547.1	3280538.2
52	367540.0	3277047.3	914	366908.6	3282142.7	1776	367547.2	3280538.2
53	367540.0	3277047.3	915	366908.6	3282142.8	1777	367549.6	3280535.1
54	367543.5	3277052.5	916	366908.5	3282142.8	1778	367549.6	3280535.1
55	367543.6	3277052.5	917	366907.5	3282144.5	1779	367549.6	3280535.0
56	367543.6	3277052.5	918	366907.5	3282144.6	1780	367552.0	3280531.9
57	367547.2	3277057.6	919	366907.5	3282144.6	1781	367552.0	3280531.9
58	367547.2	3277057.7	920	366906.4	3282146.3	1782	367552.1	3280531.9
59	367547.2	3277057.7	921	366906.4	3282146.4	1783	367554.4	3280528.7
60	367551.0	3277062.7	922	366906.4	3282146.4	1784	367554.4	3280528.7
61	367551.0	3277062.8	923	366905.4	3282148.2	1785	367554.4	3280528.7
62	367551.0	3277062.8	924	366905.4	3282148.2	1786	367556.7	3280525.5
63	367554.8	3277067.8	925	366905.4	3282148.2	1787	367556.7	3280525.5
64	367554.8	3277067.8	926	366904.4	3282150.0	1788	367556.8	3280525.4
65	367554.8	3277067.8	927	366904.4	3282150.1	1789	367559.0	3280522.2
66	367558.7	3277072.8	928	366904.4	3282150.1	1790	367559.0	3280522.2
67	367558.7	3277072.8	929	366903.5	3282151.9	1791	367559.0	3280522.1
68	367558.7	3277072.8	930	366903.4	3282151.9	1792	367561.2	3280518.9
69	367567.7	3277084.0	931	366903.4	3282151.9	1793	367561.2	3280518.8
70	367568.4	3277084.9	932	366902.5	3282153.8	1794	367561.2	3280518.8
71	367571.2	3277088.4	933	366902.5	3282153.8	1795	367563.4	3280515.5
72	367573.6	3277091.4	934	366902.5	3282153.8	1796	367563.4	3280515.5
73	367575.9	3277094.4	935	366901.6	3282155.7	1797	367563.4	3280515.5
74	367578.1	3277097.5	936	366901.6	3282155.7	1798	367565.5	3280512.1
75	367580.3	3277100.6	937	366901.6	3282155.7	1799	367565.5	3280512.1
76	367582.5	3277103.7	938	366900.8	3282157.6	1800	367565.5	3280512.1
77	367584.6	3277106.9	939	366900.8	3282157.6	1801	367567.5	3280508.7
78	367586.6	3277110.1	940	366900.8	3282157.6	1802	367567.5	3280508.7
79	367588.6	3277113.4	941	366895.0	3282170.8	1803	367567.5	3280508.6
80	367590.5	3277116.6	942	366805.4	3282374.7	1804	367569.5	3280505.2

81	367592.3	3277119.9	943	366799.6	3282387.9	1805	367569.5	3280505.2
82	367594.2	3277123.3	944	366799.6	3282387.9	1806	367569.5	3280505.2
83	367598.4	3277131.2	945	366799.6	3282387.9	1807	367571.4	3280501.7
84	367598.7	3277131.8	946	366798.3	3282390.9	1808	367571.4	3280501.7
85	367605.4	3277144.6	947	366798.3	3282390.9	1809	367571.4	3280501.7
86	367605.4	3277144.6	948	366798.3	3282391.0	1810	367573.3	3280498.2
87	367605.4	3277144.6	949	366797.0	3282394.0	1811	367573.3	3280498.2
88	367607.3	3277148.1	950	366797.0	3282394.0	1812	367573.3	3280498.2
89	367607.3	3277148.1	951	366797.0	3282394.0	1813	367575.1	3280494.7
90	367607.3	3277148.1	952	366795.8	3282397.1	1814	367575.1	3280494.6
91	367609.3	3277151.6	953	366795.8	3282397.1	1815	367575.1	3280494.6
92	367609.3	3277151.6	954	366795.8	3282397.1	1816	367576.8	3280491.1
93	367609.3	3277151.6	955	366794.7	3282400.2	1817	367576.8	3280491.0
94	367611.3	3277155.0	956	366794.7	3282400.2	1818	367576.9	3280491.0
95	367611.3	3277155.0	957	366794.7	3282400.2	1819	367578.5	3280487.4
96	367611.3	3277155.1	958	366793.6	3282403.3	1820	367578.5	3280487.4
97	367613.4	3277158.4	959	366793.6	3282403.3	1821	367578.5	3280487.4
98	367613.4	3277158.5	960	366793.6	3282403.4	1822	367580.1	3280483.8
99	367613.4	3277158.5	961	366792.5	3282406.5	1823	367580.1	3280483.8
100	367615.5	3277161.8	962	366792.5	3282406.5	1824	367580.2	3280483.7
101	367615.5	3277161.8	963	366792.5	3282406.5	1825	367581.7	3280480.1
102	367615.5	3277161.9	964	366788.1	3282420.2	1826	367581.7	3280480.1
103	367617.7	3277165.2	965	366751.5	3282533.0	1827	367581.7	3280480.1
104	367617.7	3277165.2	966	366747.0	3282546.9	1828	367583.2	3280476.4
105	367617.7	3277165.2	967	366742.6	3282560.5	1829	367583.2	3280476.4
106	367619.9	3277168.5	968	366741.6	3282563.5	1830	367583.2	3280476.4
107	367620.0	3277168.5	969	366740.6	3282566.3	1831	367584.6	3280472.7
108	367620.0	3277168.5	970	366739.5	3282569.2	1832	367584.6	3280472.7
109	367622.2	3277171.8	971	366738.4	3282572.0	1833	367584.7	3280472.6
110	367622.3	3277171.8	972	366737.2	3282574.9	1834	367586.0	3280469.0
111	367622.3	3277171.8	973	366736.0	3282577.7	1835	367586.0	3280468.9
112	367624.6	3277175.0	974	366734.8	3282580.5	1836	367586.0	3280468.9
113	367624.6	3277175.0	975	366733.5	3282583.2	1837	367587.3	3280465.2
114	367624.6	3277175.1	976	366732.1	3282586.0	1838	367587.3	3280465.2
115	367627.0	3277178.2	977	366725.7	3282598.9	1839	367587.3	3280465.1
116	367627.1	3277178.2	978	366654.0	3282742.3	1840	367588.6	3280461.4
117	367627.1	3277178.2	979	366650.1	3282750.2	1841	367588.6	3280461.4
118	367629.5	3277181.3	980	366614.1	3282822.3	1842	367588.6	3280461.3
119	367629.5	3277181.4	981	366613.8	3282822.8	1843	367589.7	3280457.6
120	367629.5	3277181.4	982	366607.6	3282835.2	1844	367589.7	3280457.6
121	367632.0	3277184.5	983	366606.3	3282837.7	1845	367589.8	3280457.5
122	367632.0	3277184.5	984	366605.0	3282840.3	1846	367590.9	3280453.8
123	367632.1	3277184.5	985	366603.6	3282842.8	1847	367590.9	3280453.7
124	367634.6	3277187.5	986	366602.2	3282845.3	1848	367590.9	3280453.7
125	367634.6	3277187.6	987	366600.7	3282847.8	1849	367591.9	3280449.9
126	367634.6	3277187.6	988	366599.2	3282850.3	1850	367591.9	3280449.9
127	367637.2	3277190.5	989	366597.6	3282852.7	1851	367591.9	3280449.9
128	367637.2	3277190.6	990	366596.6	3282854.3	1852	367595.6	3280436.0
129	367637.3	3277190.6	991	366596.0	3282855.1	1853	367834.2	3279534.1
130	367639.9	3277193.5	992	366588.1	3282867.1	1854	367996.5	3278920.6
131	367639.9	3277193.5	993	366481.4	3283026.7	1855	368000.2	3278906.7
132	367639.9	3277193.6	994	366459.5	3283059.5	1856	368001.1	3278903.4
133	367649.6	3277204.2	995	366451.5	3283071.4	1857	368002.1	3278900.0
134	367711.4	3277271.7	996	366451.5	3283071.5	1858	368003.1	3278896.8
135	367721.1	3277282.4	997	366451.5	3283071.5	1859	368004.1	3278893.5
136	367721.1	3277282.4	998	366449.3	3283074.8	1860	368005.3	3278890.2
137	367721.1	3277282.4	999	366449.2	3283074.9	1861	368006.4	3278887.0
138	367724.4	3277285.9	1000	366449.2	3283074.9	1862	368007.6	3278883.7

139	367724.4	3277285.9	1001	366449.2	3283074.9	1863	368012.8	3278870.3
140	367724.4	3277286.0	1002	366447.0	3283078.4	1864	368035.9	3278810.2
141	367727.8	3277289.4	1003	366447.0	3283078.4	1865	368041.1	3278796.8
142	367727.8	3277289.4	1004	366447.0	3283078.4	1866	368041.1	3278796.8
143	367727.8	3277289.5	1005	366444.9	3283081.9	1867	368041.1	3278796.8
144	367731.2	3277292.9	1006	366444.9	3283081.9	1868	368042.4	3278793.3
145	367731.2	3277292.9	1007	366444.9	3283082.0	1869	368042.5	3278793.2
146	367731.2	3277292.9	1008	366442.8	3283085.5	1870	368042.5	3278793.1
147	367734.7	3277296.3	1009	366442.8	3283085.5	1871	368042.5	3278793.1
148	367734.7	3277296.3	1010	366442.8	3283085.5	1872	368043.8	3278789.5
149	367734.7	3277296.3	1011	366440.8	3283089.1	1873	368043.8	3278789.4
150	367738.2	3277299.6	1012	366440.8	3283089.1	1874	368043.8	3278789.4
151	367738.3	3277299.6	1013	366440.8	3283089.1	1875	368045.0	3278785.7
152	367738.3	3277299.7	1014	366438.8	3283092.7	1876	368045.0	3278785.7
153	367741.8	3277302.9	1015	366438.8	3283092.8	1877	368045.1	3278785.7
154	367741.8	3277302.9	1016	366438.8	3283092.8	1878	368046.2	3278782.0
155	367741.9	3277302.9	1017	366436.9	3283096.4	1879	368046.2	3278782.0
156	367743.0	3277303.9	1018	366436.9	3283096.4	1880	368046.3	3278782.0
157	367743.8	3277304.7	1019	366436.9	3283096.4	1881	368047.4	3278778.3
158	367744.9	3277305.6	1020	366435.1	3283100.1	1882	368047.4	3278778.2
159	367747.4	3277307.9	1021	366435.1	3283100.1	1883	368047.4	3278778.2
160	367749.8	3277310.2	1022	366435.1	3283100.1	1884	368048.4	3278774.5
161	367752.2	3277312.6	1023	366428.8	3283113.1	1885	368048.4	3278774.5
162	367754.6	3277314.9	1024	366305.5	3283368.8	1886	368048.5	3278774.4
163	367756.9	3277317.4	1025	366291.9	3283396.9	1887	368049.4	3278770.7
164	367759.2	3277319.8	1026	366095.7	3283803.7	1888	368049.4	3278770.7
165	367761.4	3277322.3	1027	366089.5	3283816.7	1889	368049.5	3278770.6
166	367763.6	3277324.9	1028	366089.4	3283816.7	1890	368050.4	3278766.9
167	367765.8	3277327.4	1029	366089.4	3283816.7	1891	368050.4	3278766.9
168	367767.9	3277330.1	1030	366087.7	3283820.3	1892	368050.4	3278766.9
169	367776.9	3277341.3	1031	366087.7	3283820.3	1893	368053.8	3278752.9
170	367804.6	3277376.1	1032	366087.7	3283820.4	1894	368094.8	3278581.5
171	367813.6	3277387.3	1033	366086.1	3283824.0	1895	368108.0	3278526.6
172	367814.3	3277388.3	1034	366086.0	3283824.0	1896	368112.0	3278509.5
173	367815.0	3277389.2	1035	366086.0	3283824.1	1897	368112.0	3278509.5
174	367815.7	3277390.2	1036	366084.4	3283827.8	1898	368112.0	3278509.5
175	367816.4	3277391.2	1037	366084.4	3283827.8	1899	368112.5	3278507.5
176	367817.1	3277392.2	1038	366084.4	3283827.8	1900	368112.5	3278507.5
177	367817.7	3277393.2	1039	366082.9	3283831.5	1901	368112.5	3278507.5
178	367818.4	3277394.2	1040	366082.9	3283831.6	1902	368112.9	3278505.5
179	367819.0	3277395.2	1041	366082.9	3283831.6	1903	368112.9	3278505.5
180	367819.6	3277396.2	1042	366081.4	3283835.3	1904	368112.9	3278505.4
181	367820.2	3277397.3	1043	366081.4	3283835.3	1905	368113.3	3278503.5
182	367820.7	3277398.3	1044	366081.4	3283835.4	1906	368113.3	3278503.5
183	367821.3	3277399.4	1045	366080.0	3283839.1	1907	368113.3	3278503.4
184	367821.8	3277400.5	1046	366080.0	3283839.2	1908	368113.7	3278501.5
185	367822.3	3277401.6	1047	366080.0	3283839.2	1909	368113.7	3278501.4
186	367822.8	3277402.6	1048	366078.7	3283843.0	1910	368113.7	3278501.4
187	367823.3	3277403.7	1049	366078.6	3283843.0	1911	368114.0	3278499.4
188	367823.7	3277404.8	1050	366078.6	3283843.0	1912	368114.0	3278499.4
189	367824.2	3277406.0	1051	366077.4	3283846.8	1913	368114.0	3278499.4
190	367824.6	3277407.1	1052	366077.4	3283846.8	1914	368114.3	3278497.4
191	367825.0	3277408.2	1053	366077.4	3283846.9	1915	368114.3	3278497.3
192	367825.3	3277409.3	1054	366076.2	3283850.7	1916	368114.3	3278497.3
193	367825.7	3277410.5	1055	366076.2	3283850.7	1917	368114.5	3278495.3
194	367826.0	3277411.6	1056	366076.1	3283850.8	1918	368114.5	3278495.3
195	367826.3	3277412.8	1057	366075.0	3283854.6	1919	368114.6	3278495.3
196	367826.6	3277413.9	1058	366075.0	3283854.6	1920	368114.8	3278493.3

197	367826.9	3277415.1	1059	366075.0	3283854.7	1921	368114.8	3278493.2
198	367827.2	3277416.3	1060	366073.9	3283858.5	1922	368114.8	3278493.2
199	367827.4	3277417.4	1061	366073.9	3283858.6	1923	368115.0	3278491.2
200	367828.8	3277424.8	1062	366073.9	3283858.6	1924	368115.0	3278491.2
201	367830.1	3277431.5	1063	366073.8	3283859.1	1925	368115.0	3278491.2
202	367830.3	3277433.0	1064	366072.9	3283862.5	1926	368115.1	3278489.2
203	367830.3	3277433.0	1065	366072.9	3283862.5	1927	368115.1	3278489.1
204	367830.3	3277433.0	1066	366072.9	3283862.6	1928	368115.1	3278489.1
205	367831.3	3277437.9	1067	366072.0	3283866.4	1929	368115.2	3278487.1
206	367831.3	3277437.9	1068	366072.0	3283866.5	1930	368115.2	3278487.1
207	367831.3	3277438.0	1069	366071.9	3283866.5	1931	368115.2	3278487.0
208	367832.4	3277442.8	1070	366071.1	3283870.4	1932	368115.3	3278485.0
209	367832.4	3277442.9	1071	366071.1	3283870.5	1933	368115.3	3278485.0
210	367832.4	3277442.9	1072	366071.1	3283870.5	1934	368115.3	3278485.0
211	367833.5	3277447.7	1073	366070.3	3283874.4	1935	368115.4	3278483.0
212	367833.6	3277447.8	1074	366070.3	3283874.4	1936	368115.4	3278482.9
213	367833.6	3277447.8	1075	366070.3	3283874.5	1937	368115.4	3278482.9
214	367834.8	3277452.6	1076	366069.5	3283878.4	1938	368115.4	3278480.9
215	367834.8	3277452.7	1077	366069.5	3283878.5	1939	368115.4	3278480.9
216	367834.8	3277452.7	1078	366069.5	3283878.5	1940	368115.4	3278480.8
217	367836.1	3277457.5	1079	366068.9	3283882.4	1941	368115.4	3278478.8
218	367836.1	3277457.6	1080	366068.9	3283882.5	1942	368115.4	3278478.8
219	367836.1	3277457.6	1081	366068.9	3283882.5	1943	368115.4	3278478.8
220	367837.5	3277462.4	1082	366068.3	3283886.5	1944	368115.3	3278476.8
221	367837.5	3277462.4	1083	366068.3	3283886.5	1945	368115.3	3278476.7
222	367837.5	3277462.4	1084	366068.3	3283886.5	1946	368115.3	3278476.7
223	367839.0	3277467.2	1085	366068.2	3283886.8	1947	368115.2	3278474.7
224	367839.0	3277467.2	1086	366067.7	3283890.5	1948	368115.2	3278474.7
225	367839.0	3277467.2	1087	366067.7	3283890.5	1949	368115.2	3278474.7
226	367840.6	3277472.0	1088	366067.7	3283890.6	1950	368115.1	3278472.7
227	367840.6	3277472.0	1089	366067.3	3283894.5	1951	368115.1	3278472.6
228	367840.6	3277472.0	1090	366067.3	3283894.6	1952	368115.1	3278472.6
229	367842.2	3277476.7	1091	366067.3	3283894.6	1953	368114.9	3278470.6
230	367842.2	3277476.8	1092	366066.9	3283898.6	1954	368114.9	3278470.6
231	367842.2	3277476.8	1093	366066.9	3283898.6	1955	368114.9	3278470.5
232	367844.0	3277481.5	1094	366066.9	3283898.7	1956	368114.7	3278468.5
233	367844.0	3277481.5	1095	366066.5	3283902.6	1957	368114.7	3278468.5
234	367844.0	3277481.6	1096	366066.5	3283902.7	1958	368114.7	3278468.5
235	367845.8	3277486.2	1097	366066.5	3283902.7	1959	368114.5	3278466.5
236	367845.8	3277486.2	1098	366066.3	3283906.7	1960	368114.5	3278466.5
237	367845.8	3277486.3	1099	366066.3	3283906.7	1961	368114.5	3278466.5
238	367847.7	3277490.9	1100	366066.3	3283906.8	1962	368112.8	3278452.2
239	367847.7	3277490.9	1101	366066.1	3283910.8	1963	368096.5	3278317.0
240	367847.7	3277490.9	1102	366066.1	3283910.8	1964	368094.7	3278302.7
241	367849.6	3277495.5	1103	366066.1	3283910.8	1965	368094.6	3278301.5
242	367849.7	3277495.6	1104	366066.0	3283914.8	1966	368094.5	3278300.3
243	367849.7	3277495.6	1105	366066.0	3283914.9	1967	368094.4	3278299.2
244	367851.7	3277500.1	1106	366066.0	3283914.9	1968	368094.3	3278298.0
245	367851.7	3277500.2	1107	366065.9	3283918.9	1969	368094.3	3278296.8
246	367851.7	3277500.2	1108	366066.0	3283918.9	1970	368094.3	3278295.6
247	367853.8	3277504.7	1109	366065.9	3283919.0	1971	368094.3	3278294.4
248	367853.9	3277504.7	1110	366066.0	3283923.0	1972	368094.3	3278293.2
249	367853.9	3277504.8	1111	366066.0	3283923.0	1973	368094.3	3278292.0
250	367856.0	3277509.2	1112	366066.0	3283923.1	1974	368094.3	3278290.8
251	367856.1	3277509.3	1113	366066.1	3283927.1	1975	368094.4	3278289.6
252	367856.1	3277509.3	1114	366066.1	3283927.1	1976	368094.5	3278288.4
253	367858.3	3277513.7	1115	366066.1	3283927.1	1977	368094.6	3278287.2
254	367858.3	3277513.7	1116	366066.2	3283931.1	1978	368094.8	3278286.0

255	367858.4	3277513.8	1117	366066.2	3283931.2	1979	368094.9	3278284.9
256	367860.7	3277518.2	1118	366066.2	3283931.2	1980	368095.1	3278283.7
257	367860.7	3277518.2	1119	366066.5	3283935.2	1981	368095.3	3278282.5
258	367860.7	3277518.3	1120	366066.5	3283935.2	1982	368095.5	3278281.3
259	367863.1	3277522.6	1121	366066.5	3283935.3	1983	368095.8	3278280.2
260	367863.2	3277522.6	1122	366066.8	3283939.2	1984	368096.0	3278279.0
261	367863.2	3277522.6	1123	366066.8	3283939.3	1985	368096.3	3278277.8
262	367870.2	3277535.2	1124	366066.8	3283939.3	1986	368096.6	3278276.7
263	367889.4	3277569.1	1125	366067.1	3283943.3	1987	368096.9	3278275.5
264	367896.5	3277581.6	1126	366067.2	3283943.3	1988	368097.2	3278274.4
265	367896.5	3277581.6	1127	366067.2	3283943.4	1989	368097.3	3278274.0
266	367896.5	3277581.6	1128	366067.6	3283947.3	1990	368097.6	3278273.2
267	367899.7	3277587.2	1129	366067.6	3283947.4	1991	368098.0	3278272.1
268	367899.7	3277587.2	1130	366067.6	3283947.4	1992	368098.4	3278271.0
269	367899.7	3277587.3	1131	366068.1	3283951.4	1993	368098.8	3278269.9
270	367903.0	3277592.8	1132	366068.1	3283951.4	1994	368099.2	3278268.7
271	367903.0	3277592.8	1133	366068.1	3283951.5	1995	368099.7	3278267.6
272	367903.1	3277592.8	1134	366068.7	3283955.4	1996	368100.2	3278266.5
273	367906.4	3277598.3	1135	366068.7	3283955.4	1997	368100.7	3278265.5
274	367906.5	3277598.3	1136	366068.7	3283955.5	1998	368101.2	3278264.4
275	367906.5	3277598.4	1137	366069.3	3283959.4	1999	368101.7	3278263.3
276	367910.0	3277603.8	1138	366069.3	3283959.5	2000	368102.2	3278262.2
277	367910.0	3277603.8	1139	366069.4	3283959.5	2001	368102.8	3278261.2
278	367910.0	3277603.8	1140	366070.1	3283963.4	2002	368103.4	3278260.2
279	367913.6	3277609.2	1141	366070.1	3283963.5	2003	368104.0	3278259.1
280	367913.6	3277609.2	1142	366070.1	3283963.5	2004	368104.6	3278258.1
281	367913.6	3277609.2	1143	366070.9	3283967.4	2005	368105.3	3278257.1
282	367917.3	3277614.5	1144	366070.9	3283967.5	2006	368105.9	3278256.1
283	367917.3	3277614.6	1145	366070.9	3283967.5	2007	368113.9	3278244.1
284	367917.3	3277614.6	1146	366071.7	3283971.4	2008	368118.9	3278236.7
285	367921.1	3277619.8	1147	366071.7	3283971.4	2009	368126.9	3278224.8
286	367921.1	3277619.8	1148	366071.7	3283971.5	2010	368126.9	3278224.7
287	367921.1	3277619.9	1149	366072.6	3283975.4	2011	368127.0	3278224.7
288	367925.0	3277625.0	1150	366072.7	3283975.4	2012	368128.1	3278223.0
289	367925.0	3277625.1	1151	366072.7	3283975.4	2013	368128.1	3278223.0
290	367925.0	3277625.1	1152	366073.6	3283979.3	2014	368128.1	3278223.0
291	367928.9	3277630.2	1153	366073.6	3283979.4	2015	368129.2	3278221.3
292	367929.0	3277630.2	1154	366073.7	3283979.4	2016	368129.2	3278221.3
293	367929.0	3277630.2	1155	366074.7	3283983.3	2017	368129.2	3278221.2
294	367933.0	3277635.3	1156	366074.7	3283983.3	2018	368130.2	3278219.5
295	367933.0	3277635.3	1157	366074.7	3283983.3	2019	368130.3	3278219.5
296	367933.0	3277635.3	1158	366075.8	3283987.2	2020	368130.3	3278219.5
297	367942.1	3277646.5	1159	366075.8	3283987.2	2021	368131.3	3278217.7
298	367990.6	3277706.3	1160	366075.8	3283987.2	2022	368131.3	3278217.7
299	367999.6	3277717.5	1161	366077.0	3283991.1	2023	368131.3	3278217.7
300	368002.7	3277721.4	1162	366077.0	3283991.1	2024	368132.3	3278215.9
301	368005.7	3277725.3	1163	366077.0	3283991.1	2025	368132.3	3278215.9
302	368008.7	3277729.3	1164	366078.3	3283994.9	2026	368132.4	3278215.9
303	368011.6	3277733.3	1165	366078.3	3283994.9	2027	368133.3	3278214.1
304	368014.4	3277737.3	1166	366078.3	3283995.0	2028	368133.3	3278214.1
305	368017.2	3277741.4	1167	366079.6	3283998.8	2029	368133.3	3278214.1
306	368019.9	3277745.5	1168	366079.6	3283998.8	2030	368134.3	3278212.3
307	368022.6	3277749.7	1169	366079.6	3283998.8	2031	368134.3	3278212.2
308	368030.2	3277761.9	1170	366081.0	3284002.6	2032	368134.3	3278212.2
309	368041.0	3277779.2	1171	366081.0	3284002.6	2033	368135.2	3278210.4
310	368048.6	3277791.5	1172	366081.0	3284002.6	2034	368135.2	3278210.4
311	368048.6	3277791.5	1173	366086.1	3284016.1	2035	368135.2	3278210.4
312	368048.6	3277791.5	1174	366086.9	3284018.2	2036	368136.1	3278208.6

313	368054.5	3277800.8	1175	366168.8	3284236.5	2037	368136.1	3278208.5
314	368054.5	3277800.9	1176	366173.8	3284249.9	2038	368136.1	3278208.5
315	368054.5	3277800.9	1177	366175.1	3284253.4	2039	368137.0	3278206.7
316	368060.6	3277810.1	1178	366176.3	3284257.0	2040	368137.0	3278206.6
317	368060.6	3277810.2	1179	366177.5	3284260.5	2041	368137.0	3278206.6
318	368060.6	3277810.2	1180	366178.6	3284264.1	2042	368137.0	3278206.5
319	368066.8	3277819.4	1181	366179.6	3284267.6	2043	368137.8	3278204.8
320	368066.8	3277819.4	1182	366180.6	3284271.2	2044	368137.8	3278204.7
321	368066.8	3277819.4	1183	366181.5	3284274.8	2045	368137.8	3278204.7
322	368073.2	3277828.5	1184	366182.4	3284278.5	2046	368138.6	3278202.9
323	368073.2	3277828.5	1185	366183.2	3284282.1	2047	368138.6	3278202.8
324	368073.2	3277828.5	1186	366183.9	3284285.8	2048	368138.6	3278202.8
325	368079.6	3277837.5	1187	366184.6	3284289.4	2049	368139.3	3278200.9
326	368079.7	3277837.5	1188	366185.2	3284293.1	2050	368139.4	3278200.9
327	368079.7	3277837.5	1189	366185.8	3284296.8	2051	368139.4	3278200.9
328	368088.1	3277849.2	1190	366186.3	3284300.5	2052	368140.1	3278199.0
329	368125.0	3277899.8	1191	366186.7	3284304.2	2053	368140.1	3278199.0
330	368132.5	3277910.1	1192	366187.1	3284307.9	2054	368140.1	3278198.9
331	368140.9	3277921.7	1193	366187.4	3284311.6	2055	368140.8	3278197.0
332	368142.0	3277923.2	1194	366187.6	3284315.3	2056	368140.8	3278197.0
333	368143.1	3277924.7	1195	366187.8	3284319.1	2057	368140.8	3278197.0
334	368144.1	3277926.3	1196	366188.4	3284333.4	2058	368141.4	3278195.1
335	368145.1	3277927.8	1197	366188.9	3284347.4	2059	368141.4	3278195.1
336	368146.1	3277929.4	1198	366189.5	3284361.8	2060	368141.5	3278195.0
337	368147.0	3277931.0	1199	366189.5	3284361.9	2061	368142.1	3278193.1
338	368147.9	3277932.6	1200	366189.5	3284361.9	2062	368142.1	3278193.1
339	368148.8	3277934.2	1201	366189.7	3284365.8	2063	368142.1	3278193.0
340	368149.7	3277935.9	1202	366189.7	3284365.8	2064	368142.7	3278191.1
341	368150.5	3277937.5	1203	366189.7	3284365.9	2065	368142.7	3278191.1
342	368151.3	3277939.2	1204	366189.9	3284369.8	2066	368142.7	3278191.1
343	368152.1	3277940.9	1205	366189.9	3284369.8	2067	368143.2	3278189.1
344	368152.8	3277942.6	1206	366189.9	3284369.9	2068	368143.3	3278189.1
345	368153.5	3277944.3	1207	366190.3	3284373.8	2069	368143.3	3278189.1
346	368154.2	3277946.0	1208	366190.3	3284373.8	2070	368143.8	3278187.1
347	368154.9	3277947.7	1209	366190.3	3284373.9	2071	368143.8	3278187.1
348	368155.5	3277949.5	1210	366190.7	3284377.8	2072	368143.8	3278187.1
349	368156.1	3277951.2	1211	366190.7	3284377.8	2073	368144.3	3278185.1
350	368156.7	3277953.0	1212	366190.7	3284377.9	2074	368144.3	3278185.1
351	368157.2	3277954.8	1213	366191.1	3284381.8	2075	368144.3	3278185.0
352	368157.7	3277956.6	1214	366191.1	3284381.8	2076	368144.7	3278183.1
353	368158.2	3277958.4	1215	366191.1	3284381.9	2077	368144.7	3278183.1
354	368158.6	3277960.2	1216	366191.6	3284385.8	2078	368144.8	3278183.0
355	368159.0	3277962.0	1217	366191.7	3284385.8	2079	368145.2	3278181.1
356	368159.4	3277963.8	1218	366191.7	3284385.8	2080	368145.2	3278181.0
357	368159.7	3277965.6	1219	366192.2	3284389.7	2081	368145.2	3278181.0
358	368160.1	3277967.4	1220	366192.3	3284389.8	2082	368145.6	3278179.0
359	368160.3	3277969.2	1221	366192.3	3284389.8	2083	368145.6	3278179.0
360	368160.6	3277971.1	1222	366192.9	3284393.7	2084	368145.6	3278179.0
361	368160.8	3277972.9	1223	366192.9	3284393.7	2085	368145.9	3278177.0
362	368161.0	3277974.8	1224	366192.9	3284393.8	2086	368145.9	3278177.0
363	368161.2	3277976.6	1225	366193.6	3284397.6	2087	368145.9	3278177.0
364	368161.3	3277978.5	1226	366193.7	3284397.7	2088	368148.3	3278162.8
365	368161.4	3277980.3	1227	366193.7	3284397.7	2089	368170.0	3278033.4
366	368161.4	3277982.2	1228	366194.4	3284401.6	2090	368172.4	3278019.1
367	368161.5	3277984.0	1229	366194.5	3284401.6	2091	368174.8	3278004.9
368	368161.5	3277985.9	1230	366194.5	3284401.6	2092	368174.8	3278004.9
369	368161.4	3277987.7	1231	366195.3	3284405.5	2093	368174.8	3278004.9
370	368161.4	3277989.6	1232	366195.3	3284405.5	2094	368175.1	3278002.9

371	368161.3	3277991.4	1233	366195.3	3284405.5	2095	368175.1	3278002.8
372	368161.1	3277993.3	1234	366196.2	3284409.4	2096	368175.1	3278002.8
373	368161.0	3277995.1	1235	366196.3	3284409.4	2097	368175.4	3278000.8
374	368160.8	3277996.9	1236	366196.3	3284409.4	2098	368175.4	3278000.7
375	368160.5	3277998.8	1237	366197.2	3284413.3	2099	368175.4	3278000.7
376	368160.3	3278000.6	1238	366197.3	3284413.3	2100	368175.7	3277998.7
377	368160.0	3278002.5	1239	366197.3	3284413.3	2101	368175.7	3277998.6
378	368157.6	3278016.6	1240	366198.3	3284417.1	2102	368175.7	3277998.6
379	368133.5	3278160.3	1241	366198.3	3284417.2	2103	368175.9	3277996.6
380	368131.2	3278174.5	1242	366198.3	3284417.2	2104	368175.9	3277996.5
381	368130.8	3278176.3	1243	366199.4	3284421.0	2105	368175.9	3277996.5
382	368130.5	3278178.1	1244	366199.4	3284421.0	2106	368176.1	3277994.5
383	368130.1	3278179.8	1245	366199.4	3284421.0	2107	368176.1	3277994.4
384	368129.7	3278181.6	1246	366200.6	3284424.8	2108	368176.1	3277994.4
385	368129.3	3278183.4	1247	366200.6	3284424.9	2109	368176.2	3277992.4
386	368128.8	3278185.1	1248	366200.6	3284424.9	2110	368176.2	3277992.3
387	368128.3	3278186.9	1249	366201.9	3284428.6	2111	368176.2	3277992.3
388	368127.8	3278188.6	1250	366201.9	3284428.6	2112	368176.3	3277990.3
389	368127.2	3278190.3	1251	366201.9	3284428.7	2113	368176.3	3277990.2
390	368126.6	3278192.1	1252	366203.2	3284432.4	2114	368176.3	3277990.2
391	368126.0	3278193.8	1253	366203.2	3284432.4	2115	368176.4	3277988.2
392	368125.4	3278195.5	1254	366203.2	3284432.5	2116	368176.4	3277988.1
393	368124.7	3278197.2	1255	366204.6	3284436.2	2117	368176.4	3277988.1
394	368124.0	3278198.9	1256	366204.6	3284436.2	2118	368176.4	3277986.0
395	368123.3	3278200.5	1257	366204.6	3284436.2	2119	368176.4	3277986.0
396	368122.5	3278202.2	1258	366206.0	3284439.9	2120	368176.4	3277986.0
397	368121.7	3278203.8	1259	366206.1	3284439.9	2121	368176.4	3277983.9
398	368120.9	3278205.4	1260	366206.1	3284440.0	2122	368176.4	3277983.9
399	368120.1	3278207.0	1261	366207.6	3284443.6	2123	368176.4	3277983.9
400	368119.2	3278208.6	1262	366207.6	3284443.7	2124	368176.4	3277981.8
401	368118.3	3278210.2	1263	366207.6	3284443.7	2125	368176.4	3277981.8
402	368117.4	3278211.8	1264	366209.1	3284447.3	2126	368176.4	3277981.8
403	368116.5	3278213.4	1265	366209.1	3284447.3	2127	368176.3	3277979.7
404	368115.5	3278214.9	1266	366209.1	3284447.4	2128	368176.3	3277979.7
405	368114.5	3278216.4	1267	366214.9	3284460.5	2129	368176.3	3277979.6
406	368106.5	3278228.4	1268	366256.5	3284555.5	2130	368176.2	3277977.6
407	368101.5	3278235.8	1269	366270.2	3284549.5	2131	368176.2	3277977.6
408	368093.5	3278247.8	1270	366228.7	3284454.5	2132	368176.2	3277977.5
409	368093.5	3278247.8	1271	366222.9	3284441.4	2133	368176.1	3277975.5
410	368093.5	3278247.8	1272	366221.4	3284437.9	2134	368176.1	3277975.5
411	368092.7	3278248.9	1273	366220.0	3284434.4	2135	368176.1	3277975.4
412	368092.7	3278249.0	1274	366218.6	3284430.9	2136	368175.9	3277973.4
413	368092.7	3278249.0	1275	366217.3	3284427.4	2137	368175.9	3277973.4
414	368091.9	3278250.2	1276	366216.1	3284423.8	2138	368175.9	3277973.3
415	368091.9	3278250.2	1277	366214.9	3284420.3	2139	368175.7	3277971.3
416	368091.9	3278250.2	1278	366213.8	3284416.7	2140	368175.7	3277971.3
417	368091.2	3278251.4	1279	366212.7	3284413.1	2141	368175.7	3277971.2
418	368091.1	3278251.4	1280	366211.7	3284409.4	2142	368175.5	3277969.2
419	368091.1	3278251.5	1281	366210.8	3284405.8	2143	368175.5	3277969.2
420	368090.4	3278252.7	1282	366209.9	3284402.2	2144	368175.4	3277969.1
421	368090.4	3278252.7	1283	366209.1	3284398.5	2145	368175.2	3277967.1
422	368090.4	3278252.7	1284	366208.4	3284394.8	2146	368175.2	3277967.1
423	368089.7	3278253.9	1285	366207.7	3284391.1	2147	368175.2	3277967.0
424	368089.7	3278254.0	1286	366207.1	3284387.4	2148	368174.8	3277965.0
425	368089.7	3278254.0	1287	366206.5	3284383.7	2149	368174.8	3277965.0
426	368089.0	3278255.2	1288	366206.0	3284380.0	2150	368174.8	3277965.0
427	368089.0	3278255.3	1289	366205.6	3284376.2	2151	368174.5	3277962.9
428	368089.0	3278255.3	1290	366205.2	3284372.5	2152	368174.5	3277962.9

429	368088.3	3278256.5	1291	366204.9	3284368.7	2153	368174.5	3277962.9
430	368088.3	3278256.6	1292	366204.6	3284365.0	2154	368174.1	3277960.9
431	368088.3	3278256.6	1293	366204.5	3284361.2	2155	368174.1	3277960.8
432	368087.7	3278257.8	1294	366203.9	3284346.9	2156	368174.1	3277960.8
433	368087.7	3278257.8	1295	366203.3	3284332.8	2157	368173.7	3277958.8
434	368087.7	3278257.9	1296	366202.8	3284318.4	2158	368173.7	3277958.8
435	368087.1	3278259.1	1297	366202.8	3284318.4	2159	368173.6	3277958.7
436	368087.1	3278259.1	1298	366202.8	3284318.4	2160	368173.2	3277956.7
437	368087.0	3278259.2	1299	366202.6	3284314.5	2161	368173.2	3277956.7
438	368086.5	3278260.4	1300	366202.6	3284314.5	2162	368173.2	3277956.7
439	368086.5	3278260.5	1301	366202.6	3284314.4	2163	368172.7	3277954.7
440	368086.4	3278260.5	1302	366202.3	3284310.5	2164	368172.7	3277954.6
441	368085.9	3278261.8	1303	366202.3	3284310.5	2165	368172.7	3277954.6
442	368085.9	3278261.8	1304	366202.3	3284310.5	2166	368172.2	3277952.6
443	368085.9	3278261.8	1305	366202.0	3284306.6	2167	368172.1	3277952.6
444	368085.3	3278263.1	1306	366202.0	3284306.6	2168	368172.1	3277952.6
445	368085.3	3278263.2	1307	366202.0	3284306.5	2169	368171.6	3277950.6
446	368085.3	3278263.2	1308	366201.6	3284302.6	2170	368171.6	3277950.6
447	368084.8	3278264.5	1309	366201.6	3284302.6	2171	368171.6	3277950.6
448	368084.8	3278264.5	1310	366201.6	3284302.5	2172	368171.0	3277948.6
449	368084.8	3278264.5	1311	366201.1	3284298.7	2173	368171.0	3277948.5
450	368084.3	3278265.8	1312	366201.1	3284298.6	2174	368171.0	3277948.5
451	368084.3	3278265.9	1313	366201.1	3284298.6	2175	368170.3	3277946.6
452	368084.3	3278265.9	1314	366200.6	3284294.7	2176	368170.3	3277946.5
453	368083.8	3278267.2	1315	366200.6	3284294.7	2177	368170.3	3277946.5
454	368083.8	3278267.2	1316	366200.6	3284294.7	2178	368169.7	3277944.6
455	368083.8	3278267.3	1317	366200.0	3284290.8	2179	368169.6	3277944.6
456	368083.4	3278268.6	1318	366200.0	3284290.8	2180	368169.6	3277944.5
457	368083.4	3278268.6	1319	366200.0	3284290.7	2181	368168.9	3277942.6
458	368083.3	3278268.6	1320	366199.4	3284286.9	2182	368168.9	3277942.6
459	368082.9	3278270.0	1321	366199.4	3284286.8	2183	368168.9	3277942.5
460	368082.9	3278270.0	1322	366199.4	3284286.8	2184	368168.2	3277940.6
461	368082.9	3278270.0	1323	366198.7	3284282.9	2185	368168.2	3277940.6
462	368082.5	3278271.4	1324	366198.6	3284282.9	2186	368168.2	3277940.6
463	368082.5	3278271.4	1325	366198.6	3284282.9	2187	368167.4	3277938.7
464	368082.5	3278271.4	1326	366197.9	3284279.1	2188	368167.4	3277938.6
465	368082.1	3278272.8	1327	366197.9	3284279.0	2189	368167.4	3277938.6
466	368082.1	3278272.8	1328	366197.9	3284279.0	2190	368166.6	3277936.7
467	368082.1	3278272.8	1329	366197.0	3284275.2	2191	368166.6	3277936.7
468	368081.8	3278274.2	1330	366197.0	3284275.1	2192	368166.6	3277936.6
469	368081.7	3278274.2	1331	366197.0	3284275.1	2193	368165.8	3277934.8
470	368081.7	3278274.2	1332	366196.1	3284271.3	2194	368165.7	3277934.7
471	368081.4	3278275.6	1333	366196.1	3284271.3	2195	368165.7	3277934.7
472	368081.4	3278275.6	1334	366196.1	3284271.2	2196	368164.9	3277932.9
473	368081.4	3278275.7	1335	366195.1	3284267.4	2197	368164.9	3277932.8
474	368081.1	3278277.0	1336	366195.1	3284267.4	2198	368164.9	3277932.8
475	368081.1	3278277.0	1337	366195.1	3284267.4	2199	368164.0	3277931.0
476	368081.1	3278277.1	1338	366194.1	3284263.6	2200	368163.9	3277930.9
477	368080.8	3278278.4	1339	366194.1	3284263.6	2201	368163.9	3277930.9
478	368080.8	3278278.5	1340	366194.0	3284263.5	2202	368163.0	3277929.1
479	368080.8	3278278.5	1341	366193.0	3284259.8	2203	368163.0	3277929.1
480	368080.5	3278279.9	1342	366192.9	3284259.7	2204	368163.0	3277929.0
481	368080.5	3278279.9	1343	366192.9	3284259.7	2205	368162.0	3277927.2
482	368080.5	3278279.9	1344	366191.8	3284256.0	2206	368162.0	3277927.2
483	368080.3	3278281.3	1345	366191.8	3284255.9	2207	368162.0	3277927.1
484	368080.3	3278281.3	1346	366191.8	3284255.9	2208	368161.0	3277925.3
485	368080.3	3278281.4	1347	366190.5	3284252.2	2209	368161.0	3277925.3
486	368080.1	3278282.7	1348	366190.5	3284252.2	2210	368161.0	3277925.3

487	368080.1	3278282.8	1349	366190.5	3284252.1	2211	368160.0	3277923.5
488	368080.1	3278282.8	1350	366189.2	3284248.4	2212	368160.0	3277923.5
489	368079.9	3278284.0	1351	366189.2	3284248.4	2213	368160.0	3277923.4
490	368079.9	3278284.2	1352	366189.2	3284248.4	2214	368158.9	3277921.7
491	368079.9	3278284.2	1353	366187.9	3284244.7	2215	368158.9	3277921.7
492	368079.9	3278284.2	1354	366187.9	3284244.7	2216	368158.9	3277921.6
493	368079.7	3278285.6	1355	366187.9	3284244.7	2217	368157.8	3277919.9
494	368079.7	3278285.7	1356	366182.8	3284231.2	2218	368157.8	3277919.9
495	368079.7	3278285.7	1357	366100.1	3284010.8	2219	368157.8	3277919.8
496	368079.6	3278287.1	1358	366095.3	3283998.0	2220	368156.7	3277918.1
497	368079.6	3278287.1	1359	366095.1	3283997.4	2221	368156.6	3277918.1
498	368079.6	3278287.1	1360	366093.8	3283993.8	2222	368156.6	3277918.1
499	368079.5	3278288.5	1361	366092.5	3283990.2	2223	368155.5	3277916.4
500	368079.5	3278288.6	1362	366091.3	3283986.5	2224	368155.5	3277916.3
501	368079.5	3278288.6	1363	366090.2	3283982.9	2225	368155.5	3277916.3
502	368079.4	3278290.0	1364	366089.1	3283979.2	2226	368154.3	3277914.6
503	368079.4	3278290.0	1365	366088.1	3283975.6	2227	368154.3	3277914.6
504	368079.4	3278290.0	1366	366087.2	3283971.9	2228	368154.3	3277914.6
505	368079.3	3278291.4	1367	366086.3	3283968.2	2229	368153.1	3277912.9
506	368079.3	3278291.4	1368	366085.5	3283964.4	2230	368153.1	3277912.9
507	368079.3	3278291.5	1369	366084.8	3283960.7	2231	368153.1	3277912.9
508	368079.3	3278292.9	1370	366084.1	3283956.9	2232	368144.6	3277901.2
509	368079.3	3278292.9	1371	366083.5	3283953.2	2233	368133.0	3277885.3
510	368079.3	3278292.9	1372	366083.0	3283949.4	2234	368100.3	3277840.4
511	368079.3	3278294.3	1373	366082.5	3283945.6	2235	368091.8	3277828.7
512	368079.3	3278294.4	1374	366082.1	3283941.8	2236	368085.4	3277819.9
513	368079.3	3278294.4	1375	366081.7	3283938.0	2237	368079.2	3277810.9
514	368079.3	3278295.8	1376	366081.4	3283934.2	2238	368073.1	3277801.9
515	368079.3	3278295.8	1377	366081.2	3283930.4	2239	368067.1	3277792.7
516	368079.3	3278295.8	1378	366081.1	3283926.6	2240	368061.3	3277783.5
517	368079.3	3278297.2	1379	366081.0	3283922.8	2241	368053.7	3277771.3
518	368079.3	3278297.3	1380	366080.9	3283919.0	2242	368042.9	3277754.0
519	368079.3	3278297.3	1381	366081.0	3283915.2	2243	368035.3	3277741.8
520	368079.3	3278297.7	1382	366081.1	3283911.4	2244	368035.3	3277741.8
521	368079.4	3278298.7	1383	366081.3	3283907.5	2245	368035.3	3277741.8
522	368079.4	3278298.7	1384	366081.5	3283903.7	2246	368032.5	3277737.4
523	368079.4	3278298.8	1385	366081.8	3283899.9	2247	368032.5	3277737.4
524	368079.5	3278300.1	1386	366082.2	3283896.1	2248	368032.5	3277737.4
525	368079.5	3278300.2	1387	366082.6	3283892.4	2249	368029.7	3277733.1
526	368079.5	3278300.2	1388	366083.1	3283888.6	2250	368029.7	3277733.1
527	368079.6	3278301.6	1389	366083.7	3283884.8	2251	368029.6	3277733.1
528	368079.6	3278301.6	1390	366084.3	3283881.0	2252	368026.8	3277728.8
529	368079.6	3278301.7	1391	366085.0	3283877.3	2253	368026.8	3277728.8
530	368079.7	3278303.0	1392	366085.7	3283873.6	2254	368026.7	3277728.8
531	368079.7	3278303.1	1393	366086.6	3283869.8	2255	368023.8	3277724.6
532	368079.7	3278303.1	1394	366087.5	3283866.1	2256	368023.8	3277724.6
533	368079.9	3278304.5	1395	366088.4	3283862.4	2257	368023.8	3277724.5
534	368079.9	3278304.5	1396	366089.4	3283858.8	2258	368020.8	3277720.4
535	368079.9	3278304.5	1397	366090.5	3283855.1	2259	368020.7	3277720.4
536	368081.6	3278318.8	1398	366091.6	3283851.5	2260	368020.7	3277720.3
537	368097.9	3278454.0	1399	366092.8	3283847.8	2261	368017.7	3277716.3
538	368099.6	3278468.2	1400	366094.1	3283844.2	2262	368017.6	3277716.2
539	368099.8	3278470.1	1401	366095.4	3283840.7	2263	368017.6	3277716.2
540	368100.0	3278471.9	1402	366096.8	3283837.1	2264	368014.5	3277712.2
541	368100.1	3278473.7	1403	366098.3	3283833.6	2265	368014.5	3277712.1
542	368100.2	3278475.5	1404	366099.8	3283830.1	2266	368014.5	3277712.1
543	368100.3	3278477.3	1405	366101.3	3283826.6	2267	368011.3	3277708.1
544	368100.4	3278479.1	1406	366103.0	3283823.1	2268	368011.3	3277708.1

545	368100.4	3278480.9	1407	366109.2	3283810.2	2269	368011.3	3277708.1
546	368100.4	3278482.7	1408	366127.5	3283772.2	2270	368002.2	3277696.9
547	368100.3	3278484.5	1409	366282.1	3283451.9	2271	367953.7	3277637.1
548	368100.3	3278486.3	1410	366348.0	3283315.2	2272	367944.6	3277625.9
549	368100.2	3278488.1	1411	366431.9	3283141.3	2273	367940.7	3277621.0
550	368100.0	3278489.9	1412	366442.3	3283119.6	2274	367936.9	3277616.0
551	368099.9	3278491.7	1413	366448.6	3283106.6	2275	367933.2	3277611.0
552	368099.7	3278493.5	1414	366450.3	3283103.2	2276	367929.6	3277605.9
553	368099.4	3278495.3	1415	366452.1	3283099.7	2277	367926.0	3277600.8
554	368099.2	3278497.1	1416	366453.9	3283096.3	2278	367922.5	3277595.6
555	368098.9	3278498.9	1417	366455.8	3283092.9	2279	367919.1	3277590.3
556	368098.6	3278500.7	1418	366457.8	3283089.6	2280	367915.8	3277585.0
557	368098.2	3278502.5	1419	366459.8	3283086.3	2281	367912.6	3277579.7
558	368097.9	3278504.3	1420	366461.8	3283083.0	2282	367909.5	3277574.2
559	368097.4	3278506.0	1421	366464.0	3283079.8	2283	367902.4	3277561.7
560	368094.1	3278520.0	1422	366471.9	3283067.8	2284	367883.3	3277527.8
561	368039.2	3278749.4	1423	366479.6	3283056.4	2285	367876.2	3277515.3
562	368035.8	3278763.4	1424	366494.9	3283033.5	2286	367873.9	3277511.1
563	368034.9	3278766.9	1425	366504.3	3283019.3	2287	367871.6	3277506.9
564	368034.0	3278770.5	1426	366508.3	3283013.4	2288	367869.5	3277502.6
565	368033.0	3278774.0	1427	366522.5	3282992.2	2289	367867.4	3277498.3
566	368031.9	3278777.5	1428	366564.7	3282929.1	2290	367865.3	3277493.9
567	368030.8	3278781.0	1429	366591.6	3282888.8	2291	367863.4	3277489.6
568	368029.6	3278784.5	1430	366600.5	3282875.4	2292	367861.5	3277485.2
569	368028.4	3278788.0	1431	366608.5	3282863.4	2293	367859.7	3277480.7
570	368028.0	3278789.0	1432	366608.5	3282863.4	2294	367858.0	3277476.2
571	368027.7	3278789.8	1433	366608.5	3282863.4	2295	367856.4	3277471.7
572	368027.1	3278791.4	1434	366610.2	3282860.9	2296	367854.8	3277467.2
573	368021.9	3278804.8	1435	366610.2	3282860.8	2297	367853.3	3277462.7
574	367998.8	3278864.9	1436	366610.2	3282860.8	2298	367851.9	3277458.1
575	367993.6	3278878.4	1437	366611.9	3282858.2	2299	367850.5	3277453.5
576	367993.6	3278878.4	1438	366611.9	3282858.2	2300	367849.3	3277448.9
577	367993.6	3278878.4	1439	366611.9	3282858.2	2301	367848.1	3277444.2
578	367992.4	3278881.8	1440	366613.5	3282855.6	2302	367847.0	3277439.6
579	367992.3	3278881.8	1441	366613.5	3282855.5	2303	367846.0	3277434.9
580	367992.3	3278881.8	1442	366613.5	3282855.5	2304	367845.1	3277430.2
581	367991.1	3278885.2	1443	366615.1	3282852.9	2305	367844.8	3277428.7
582	367991.1	3278885.3	1444	366615.1	3282852.8	2306	367843.5	3277422.0
583	367991.1	3278885.3	1445	366615.1	3282852.8	2307	367842.1	3277414.6
584	367989.9	3278888.7	1446	366616.6	3282850.2	2308	367842.1	3277414.6
585	367989.9	3278888.7	1447	366616.7	3282850.1	2309	367842.1	3277414.6
586	367989.9	3278888.8	1448	366616.7	3282850.1	2310	367841.9	3277413.7
587	367988.8	3278892.2	1449	366618.1	3282847.4	2311	367841.8	3277413.2
588	367988.8	3278892.2	1450	366618.2	3282847.4	2312	367841.8	3277413.2
589	367988.8	3278892.3	1451	366618.2	3282847.4	2313	367841.8	3277413.2
590	367987.7	3278895.7	1452	366619.6	3282844.7	2314	367841.5	3277411.8
591	367987.7	3278895.8	1453	366619.6	3282844.6	2315	367841.5	3277411.8
592	367987.7	3278895.8	1454	366619.6	3282844.6	2316	367841.5	3277411.8
593	367986.7	3278899.3	1455	366621.0	3282841.9	2317	367841.2	3277410.4
594	367986.7	3278899.3	1456	366621.0	3282841.9	2318	367841.2	3277410.4
595	367986.7	3278899.3	1457	366621.0	3282841.9	2319	367841.2	3277410.3
596	367985.7	3278902.8	1458	366627.5	3282829.0	2320	367840.8	3277409.0
597	367985.7	3278902.8	1459	366739.1	3282605.6	2321	367840.8	3277409.0
598	367985.7	3278902.9	1460	366745.6	3282592.7	2322	367840.8	3277408.9
599	367982.0	3278916.8	1461	366745.6	3282592.7	2323	367840.5	3277407.6
600	367581.1	3280432.1	1462	366745.6	3282592.6	2324	367840.4	3277407.5
601	367577.4	3280446.0	1463	366747.0	3282589.7	2325	367840.4	3277407.5
602	367576.4	3280449.7	1464	366747.0	3282589.7	2326	367840.1	3277406.2

603	367575.4	3280453.2	1465	366747.0	3282589.7	2327	367840.0	3277406.1
604	367574.3	3280456.8	1466	366748.4	3282586.7	2328	367840.0	3277406.1
605	367573.1	3280460.4	1467	366748.4	3282586.7	2329	367839.6	3277404.8
606	367571.9	3280463.9	1468	366748.4	3282586.7	2330	367839.6	3277404.8
607	367570.6	3280467.4	1469	366749.7	3282583.7	2331	367839.6	3277404.7
608	367569.3	3280470.9	1470	366749.8	3282583.7	2332	367839.2	3277403.4
609	367567.9	3280474.4	1471	366749.8	3282583.7	2333	367839.2	3277403.4
610	367566.4	3280477.8	1472	366751.0	3282580.7	2334	367839.1	3277403.4
611	367564.9	3280481.2	1473	366751.1	3282580.7	2335	367838.7	3277402.1
612	367563.3	3280484.6	1474	366751.1	3282580.6	2336	367838.7	3277402.0
613	367561.7	3280488.0	1475	366752.3	3282577.6	2337	367838.7	3277402.0
614	367560.0	3280491.3	1476	366752.3	3282577.6	2338	367838.2	3277400.7
615	367558.2	3280494.6	1477	366752.3	3282577.6	2339	367838.2	3277400.7
616	367556.4	3280497.9	1478	366753.5	3282574.6	2340	367838.2	3277400.6
617	367554.6	3280501.1	1479	366753.5	3282574.5	2341	367837.7	3277399.3
618	367552.7	3280504.3	1480	366753.5	3282574.5	2342	367837.6	3277399.3
619	367550.7	3280507.5	1481	366754.7	3282571.5	2343	367837.6	3277399.3
620	367548.7	3280510.6	1482	366754.7	3282571.4	2344	367837.1	3277398.0
621	367546.6	3280513.8	1483	366754.7	3282571.4	2345	367837.1	3277398.0
622	367544.5	3280516.8	1484	366755.7	3282568.4	2346	367837.1	3277397.9
623	367542.3	3280519.9	1485	366755.8	3282568.3	2347	367836.5	3277396.7
624	367540.1	3280522.9	1486	366755.8	3282568.3	2348	367836.5	3277396.6
625	367537.8	3280525.8	1487	366756.8	3282565.2	2349	367836.5	3277396.6
626	367535.5	3280528.8	1488	366756.8	3282565.2	2350	367836.0	3277395.3
627	367533.1	3280531.7	1489	366756.8	3282565.2	2351	367835.9	3277395.3
628	367530.7	3280534.5	1490	366757.9	3282561.9	2352	367835.9	3277395.3
629	367528.2	3280537.3	1491	366761.2	3282551.5	2353	367835.3	3277394.0
630	367525.7	3280540.1	1492	366784.6	3282479.6	2354	367835.3	3277394.0
631	367515.9	3280550.6	1493	366802.3	3282424.8	2355	367835.3	3277394.0
632	367451.6	3280619.9	1494	366806.8	3282411.1	2356	367834.7	3277392.7
633	367441.9	3280630.5	1495	366807.7	3282408.2	2357	367834.7	3277392.7
634	367441.8	3280630.5	1496	366808.8	3282405.3	2358	367834.7	3277392.6
635	367441.8	3280630.5	1497	366809.8	3282402.4	2359	367834.0	3277391.4
636	367439.2	3280633.4	1498	366810.9	3282399.6	2360	367834.0	3277391.4
637	367439.2	3280633.4	1499	366812.1	3282396.7	2361	367834.0	3277391.4
638	367439.1	3280633.5	1500	366813.3	3282393.9	2362	367833.4	3277390.1
639	367436.6	3280636.4	1501	366819.1	3282380.7	2363	367833.3	3277390.1
640	367436.6	3280636.4	1502	366908.7	3282176.8	2364	367833.3	3277390.1
641	367436.5	3280636.4	1503	366914.5	3282163.7	2365	367832.6	3277388.9
642	367434.0	3280639.4	1504	366915.2	3282162.0	2366	367832.6	3277388.8
643	367434.0	3280639.4	1505	366916.0	3282160.3	2367	367832.6	3277388.8
644	367433.9	3280639.5	1506	366916.8	3282158.7	2368	367831.9	3277387.6
645	367431.5	3280642.5	1507	366917.7	3282157.0	2369	367831.9	3277387.6
646	367431.5	3280642.5	1508	366918.6	3282155.4	2370	367831.9	3277387.5
647	367431.4	3280642.5	1509	366919.5	3282153.8	2371	367831.2	3277386.4
648	367431.4	3280642.5	1510	366920.4	3282152.2	2372	367831.1	3277386.3
649	367429.0	3280645.6	1511	366921.3	3282150.6	2373	367831.1	3277386.3
650	367429.0	3280645.6	1512	366922.3	3282149.0	2374	367830.4	3277385.1
651	367428.9	3280645.7	1513	366923.3	3282147.5	2375	367830.4	3277385.1
652	367426.5	3280648.8	1514	366924.4	3282146.0	2376	367830.4	3277385.1
653	367426.5	3280648.8	1515	366925.4	3282144.5	2377	367829.6	3277383.9
654	367426.5	3280648.8	1516	366926.5	3282143.0	2378	367829.6	3277383.9
655	367424.2	3280652.0	1517	366927.6	3282141.5	2379	367829.6	3277383.9
656	367424.2	3280652.0	1518	366928.7	3282140.0	2380	367828.8	3277382.7
657	367424.1	3280652.0	1519	366929.9	3282138.6	2381	367828.8	3277382.7
658	367421.9	3280655.2	1520	366939.1	3282127.5	2382	367828.7	3277382.7
659	367421.8	3280655.2	1521	367010.0	3282041.4	2383	367828.0	3277381.5
660	367421.8	3280655.2	1522	367019.2	3282030.3	2384	367827.9	3277381.5

661	367419.6	3280658.5	1523	367019.2	3282030.3	2385	367827.9	3277381.5
662	367419.6	3280658.5	1524	367019.2	3282030.3	2386	367827.1	3277380.3
663	367419.6	3280658.5	1525	367020.5	3282028.7	2387	367827.1	3277380.3
664	367417.4	3280661.8	1526	367020.5	3282028.7	2388	367827.1	3277380.3
665	367417.4	3280661.8	1527	367020.5	3282028.7	2389	367826.2	3277379.2
666	367417.4	3280661.8	1528	367021.8	3282027.0	2390	367826.2	3277379.1
667	367416.1	3280663.8	1529	367021.8	3282027.0	2391	367826.2	3277379.1
668	367415.2	3280665.1	1530	367021.8	3282027.0	2392	367825.3	3277378.0
669	367415.2	3280665.2	1531	367023.0	3282025.4	2393	367825.3	3277378.0
670	367415.2	3280665.2	1532	367023.1	3282025.3	2394	367825.3	3277378.0
671	367413.1	3280668.5	1533	367023.1	3282025.3	2395	367816.3	3277366.8
672	367413.1	3280668.5	1534	367024.3	3282023.7	2396	367789.8	3277333.4
673	367413.1	3280668.6	1535	367024.3	3282023.6	2397	367788.6	3277332.0
674	367411.1	3280671.9	1536	367024.3	3282023.6	2398	367779.6	3277320.7
675	367411.1	3280672.0	1537	367025.5	3282021.9	2399	367779.6	3277320.7
676	367411.1	3280672.0	1538	367025.5	3282021.9	2400	367779.6	3277320.7
677	367409.1	3280675.4	1539	367025.5	3282021.9	2401	367777.4	3277317.9
678	367409.1	3280675.4	1540	367026.7	3282020.2	2402	367777.4	3277317.9
679	367409.1	3280675.4	1541	367026.7	3282020.2	2403	367777.4	3277317.9
680	367407.2	3280678.9	1542	367026.7	3282020.1	2404	367775.1	3277315.2
681	367407.2	3280678.9	1543	367027.8	3282018.4	2405	367775.0	3277315.1
682	367407.2	3280678.9	1544	367027.8	3282018.4	2406	367775.0	3277315.1
683	367405.3	3280682.4	1545	367027.9	3282018.4	2407	367772.7	3277312.4
684	367405.3	3280682.4	1546	367028.9	3282016.6	2408	367772.7	3277312.4
685	367405.3	3280682.4	1547	367029.0	3282016.6	2409	367772.7	3277312.4
686	367403.5	3280685.9	1548	367029.0	3282016.6	2410	367770.3	3277309.8
687	367403.5	3280686.0	1549	367030.0	3282014.8	2411	367770.3	3277309.7
688	367403.5	3280686.0	1550	367030.1	3282014.8	2412	367770.3	3277309.7
689	367401.8	3280689.5	1551	367030.1	3282014.8	2413	367767.8	3277307.1
690	367401.8	3280689.5	1552	367031.1	3282013.0	2414	367767.8	3277307.1
691	367401.8	3280689.6	1553	367031.1	3282013.0	2415	367767.8	3277307.1
692	367400.1	3280693.1	1554	367031.1	3282013.0	2416	367765.3	3277304.5
693	367400.1	3280693.1	1555	367032.1	3282011.2	2417	367765.3	3277304.5
694	367400.1	3280693.1	1556	367032.1	3282011.1	2418	367765.3	3277304.5
695	367394.1	3280706.2	1557	367032.2	3282011.1	2419	367762.8	3277301.9
696	367224.8	3281077.2	1558	367033.1	3282009.3	2420	367762.8	3277301.9
697	367218.8	3281090.3	1559	367033.1	3282009.3	2421	367762.8	3277301.9
698	367218.8	3281090.3	1560	367033.1	3282009.3	2422	367760.2	3277299.4
699	367218.8	3281090.4	1561	367034.1	3282007.4	2423	367760.2	3277299.4
700	367217.2	3281093.9	1562	367034.1	3282007.4	2424	367760.2	3277299.4
701	367217.2	3281094.0	1563	367034.1	3282007.4	2425	367757.6	3277296.9
702	367217.2	3281094.0	1564	367035.0	3282005.5	2426	367757.6	3277296.9
703	367215.6	3281097.6	1565	367035.0	3282005.5	2427	367757.6	3277296.9
704	367215.6	3281097.6	1566	367035.0	3282005.5	2428	367754.9	3277294.5
705	367215.6	3281097.7	1567	367035.9	3282003.6	2429	367754.9	3277294.5
706	367214.1	3281101.3	1568	367035.9	3282003.6	2430	367754.9	3277294.5
707	367214.1	3281101.3	1569	367035.9	3282003.6	2431	367753.8	3277293.5
708	367214.1	3281101.4	1570	367036.8	3282001.7	2432	367753.0	3277292.8
709	367212.7	3281105.0	1571	367036.8	3282001.7	2433	367751.9	3277291.8
710	367212.7	3281105.1	1572	367036.8	3282001.7	2434	367748.4	3277288.6
711	367212.7	3281105.1	1573	367037.6	3281999.8	2435	367745.1	3277285.5
712	367211.3	3281108.8	1574	367037.6	3281999.7	2436	367741.8	3277282.3
713	367211.3	3281108.8	1575	367037.6	3281999.7	2437	367738.5	3277279.0
714	367211.3	3281108.8	1576	367038.4	3281997.8	2438	367735.3	3277275.6
715	367206.5	3281122.4	1577	367038.4	3281997.8	2439	367732.2	3277272.2
716	367195.1	3281154.2	1578	367038.4	3281997.8	2440	367722.4	3277261.6
717	367163.1	3281243.4	1579	367039.2	3281995.9	2441	367692.4	3277228.8
718	367058.0	3281537.1	1580	367039.2	3281995.8	2442	367686.7	3277222.5

719	367053.1	3281550.6	1581	367039.2	3281995.8	2443	367660.7	3277194.1
720	367053.1	3281550.6	1582	367039.9	3281993.9	2444	367651.0	3277183.4
721	367053.1	3281550.6	1583	367039.9	3281993.9	2445	367648.5	3277180.6
722	367051.8	3281554.3	1584	367039.9	3281993.8	2446	367646.0	3277177.8
723	367051.8	3281554.3	1585	367040.6	3281991.9	2447	367643.6	3277174.9
724	367051.8	3281554.3	1586	367040.6	3281991.9	2448	367641.2	3277172.0
725	367050.6	3281558.0	1587	367040.6	3281991.8	2449	367638.9	3277169.1
726	367050.6	3281558.0	1588	367041.2	3281989.9	2450	367636.7	3277166.1
727	367050.6	3281558.0	1589	367041.2	3281989.9	2451	367634.4	3277163.1
728	367049.4	3281561.7	1590	367041.3	3281989.8	2452	367632.3	3277160.0
729	367049.4	3281561.7	1591	367041.9	3281987.9	2453	367630.2	3277156.9
730	367049.4	3281561.7	1592	367041.9	3281987.9	2454	367628.1	3277153.7
731	367048.3	3281565.4	1593	367041.9	3281987.8	2455	367626.1	3277150.6
732	367048.3	3281565.4	1594	367042.5	3281985.9	2456	367624.2	3277147.4
733	367048.3	3281565.5	1595	367042.5	3281985.8	2457	367622.3	3277144.1
734	367047.3	3281569.2	1596	367042.5	3281985.8	2458	367620.4	3277140.9
735	367047.3	3281569.2	1597	367043.0	3281983.8	2459	367618.7	3277137.5
736	367047.3	3281569.2	1598	367043.0	3281983.8	2460	367611.9	3277124.8
737	367046.3	3281572.9	1599	367043.0	3281983.8	2461	367611.6	3277124.2
738	367046.3	3281573.0	1600	367043.5	3281981.8	2462	367607.4	3277116.3
739	367046.3	3281573.0	1601	367043.5	3281981.8	2463	367607.4	3277116.3
740	367045.4	3281576.7	1602	367043.5	3281981.7	2464	367607.4	3277116.2
741	367045.4	3281576.8	1603	367044.0	3281979.7	2465	367605.5	3277112.7
742	367045.4	3281576.8	1604	367044.0	3281979.7	2466	367605.5	3277112.7
743	367044.6	3281580.5	1605	367044.0	3281979.7	2467	367605.5	3277112.7
744	367044.6	3281580.6	1606	367044.5	3281977.7	2468	367603.5	3277109.2
745	367044.5	3281580.6	1607	367044.5	3281977.6	2469	367603.5	3277109.2
746	367043.8	3281584.3	1608	367044.5	3281977.6	2470	367603.5	3277109.1
747	367043.8	3281584.4	1609	367044.9	3281975.6	2471	367601.4	3277105.7
748	367043.8	3281584.4	1610	367044.9	3281975.6	2472	367601.4	3277105.7
749	367043.0	3281588.2	1611	367044.9	3281975.5	2473	367601.4	3277105.6
750	367043.0	3281588.2	1612	367045.3	3281973.5	2474	367599.8	3277102.9
751	367043.0	3281588.2	1613	367045.3	3281973.5	2475	367599.3	3277102.2
752	367042.4	3281592.0	1614	367045.3	3281973.5	2476	367599.3	3277102.2
753	367042.4	3281592.0	1615	367045.6	3281971.5	2477	367599.3	3277102.2
754	367042.4	3281592.0	1616	367045.6	3281971.4	2478	367597.2	3277098.8
755	367040.3	3281604.6	1617	367045.6	3281971.4	2479	367597.2	3277098.8
756	367040.0	3281606.3	1618	367045.9	3281969.4	2480	367597.1	3277098.8
757	367014.6	3281761.2	1619	367045.9	3281969.3	2481	367595.0	3277095.5
758	367012.3	3281775.4	1620	367045.9	3281969.3	2482	367594.9	3277095.4
759	367012.3	3281775.4	1621	367046.2	3281967.3	2483	367594.9	3277095.4
760	367012.3	3281775.4	1622	367046.2	3281967.2	2484	367594.9	3277095.4
761	367011.7	3281779.3	1623	367046.2	3281967.2	2485	367592.7	3277092.1
762	367011.6	3281779.3	1624	367046.3	3281965.8	2486	367592.6	3277092.0
763	367011.6	3281779.4	1625	367046.4	3281965.2	2487	367592.6	3277092.0
764	367011.1	3281783.2	1626	367046.4	3281965.1	2488	367590.3	3277088.8
765	367011.1	3281783.3	1627	367046.4	3281965.1	2489	367590.3	3277088.7
766	367011.1	3281783.3	1628	367046.6	3281963.1	2490	367590.3	3277088.7
767	367010.6	3281787.2	1629	367046.6	3281963.0	2491	367587.9	3277085.5
768	367010.6	3281787.3	1630	367046.6	3281963.0	2492	367587.9	3277085.5
769	367010.6	3281787.3	1631	367046.8	3281961.0	2493	367587.9	3277085.4
770	367010.2	3281791.2	1632	367046.8	3281961.0	2494	367585.5	3277082.3
771	367010.2	3281791.2	1633	367046.8	3281960.9	2495	367585.4	3277082.2
772	367010.2	3281791.3	1634	367046.9	3281958.9	2496	367585.4	3277082.2
773	367009.9	3281795.2	1635	367046.9	3281958.9	2497	367583.0	3277079.1
774	367009.9	3281795.2	1636	367046.9	3281958.8	2498	367583.0	3277079.0
775	367009.9	3281795.2	1637	367047.0	3281956.8	2499	367583.0	3277079.0
776	367009.6	3281799.2	1638	367047.0	3281956.8	2500	367580.1	3277075.5

777	367009.6	3281799.2	1639	367047.0	3281956.7	2501	367579.4	3277074.7
778	367009.6	3281799.2	1640	367047.0	3281954.7	2502	367570.5	3277063.4
779	367009.4	3281803.1	1641	367047.0	3281954.6	2503	367566.7	3277058.6
780	367009.4	3281803.2	1642	367047.0	3281954.6	2504	367563.0	3277053.8
781	367009.4	3281803.2	1643	367047.1	3281952.6	2505	367559.4	3277048.9
782	367009.2	3281807.1	1644	367047.0	3281952.5	2506	367555.8	3277043.9
783	367009.2	3281807.2	1645	367047.1	3281952.5	2507	367552.4	3277038.9
784	367009.2	3281807.2	1646	367047.0	3281950.5	2508	367549.0	3277033.8
785	367009.1	3281811.1	1647	367047.0	3281950.4	2509	367545.7	3277028.7
786	367009.2	3281811.2	1648	367047.0	3281950.4	2510	367538.1	3277016.5
787	367009.1	3281811.2	1649	367047.0	3281948.4	2511	367532.7	3277008.0
788	367009.1	3281815.1	1650	367047.0	3281948.3	2512	367525.1	3276995.8
789	367009.1	3281815.2	1651	367047.0	3281948.3	2513	367525.1	3276995.8
790	367009.1	3281815.2	1652	367046.9	3281946.2	2514	367525.1	3276995.8
791	367009.2	3281819.1	1653	367046.9	3281946.2	2515	367522.9	3276992.4
792	367009.2	3281819.2	1654	367046.9	3281946.2	2516	367522.9	3276992.4
793	367009.2	3281819.2	1655	367046.8	3281944.1	2517	367522.9	3276992.4
794	367009.3	3281823.1	1656	367046.8	3281944.1	2518	367520.6	3276989.0
795	367009.3	3281823.1	1657	367046.8	3281944.1	2519	367520.6	3276989.0
796	367009.3	3281823.2	1658	367046.6	3281942.0	2520	367520.6	3276989.0
797	367009.5	3281827.1	1659	367046.6	3281942.0	2521	367518.3	3276985.7
798	367009.5	3281827.1	1660	367046.6	3281942.0	2522	367518.3	3276985.7
799	367009.5	3281827.2	1661	367046.4	3281939.9	2523	367518.3	3276985.6
800	367009.8	3281831.1	1662	367046.4	3281939.9	2524	367516.0	3276982.4
801	367009.8	3281831.1	1663	367046.4	3281939.9	2525	367515.9	3276982.3
802	367009.8	3281831.2	1664	367046.2	3281937.9	2526	367515.9	3276982.3
803	367010.1	3281835.1	1665	367046.1	3281937.8	2527	367513.5	3276979.1
804	367010.1	3281835.1	1666	367046.1	3281937.8	2528	367513.5	3276979.1
805	367010.1	3281835.1	1667	367045.9	3281935.8	2529	367513.5	3276979.1
806	367010.5	3281839.0	1668	367045.9	3281935.7	2530	367511.1	3276975.9
807	367010.5	3281839.1	1669	367045.9	3281935.7	2531	367511.0	3276975.8
808	367010.5	3281839.1	1670	367045.6	3281933.7	2532	367511.0	3276975.8
809	367010.9	3281843.0	1671	367045.6	3281933.7	2533	367508.5	3276972.7
810	367011.0	3281843.0	1672	367045.6	3281933.6	2534	367508.5	3276972.7
811	367011.0	3281843.1	1673	367045.2	3281931.6	2535	367508.5	3276972.6
812	367011.5	3281847.0	1674	367045.2	3281931.6	2536	367505.9	3276969.6
813	367011.5	3281847.0	1675	367045.2	3281931.5	2537	367505.9	3276969.5
814	367011.5	3281847.0	1676	367044.8	3281929.5	2538	367505.9	3276969.5
815	367012.1	3281850.9	1677	367044.8	3281929.5	2539	367503.3	3276966.5
816	367012.1	3281850.9	1678	367044.8	3281929.5	2540	367503.3	3276966.4
817	367012.1	3281851.0	1679	367044.4	3281927.5	2541	367503.2	3276966.4
818	367012.7	3281854.9	1680	367044.4	3281927.4	2542	367500.6	3276963.4
819	367012.7	3281854.9	1681	367044.4	3281927.4	2543	367500.6	3276963.4
820	367012.7	3281854.9	1682	367044.0	3281925.4	2544	367500.5	3276963.4
821	367013.5	3281858.8	1683	367044.0	3281925.4	2545	367497.8	3276960.4
822	367013.5	3281858.8	1684	367044.0	3281925.4	2546	367497.8	3276960.4
823	367013.5	3281858.9	1685	367040.7	3281911.3	2547	367497.8	3276960.4
824	367014.3	3281862.7	1686	367032.9	3281877.3	2548	367495.0	3276957.5
825	367014.3	3281862.7	1687	367029.7	3281863.3	2549	367495.0	3276957.4
826	367014.3	3281862.8	1688	367028.9	3281859.6	2550	367495.0	3276957.4
827	367015.1	3281866.6	1689	367028.2	3281856.0	2551	367492.2	3276954.5
828	367015.1	3281866.6	1690	367027.5	3281852.3	2552	367492.1	3276954.5
829	367015.1	3281866.6	1691	367026.9	3281848.6	2553	367492.1	3276954.5
830	367018.3	3281880.7	1692	367026.3	3281844.9	2554	367489.3	3276951.7
831	367026.1	3281914.7	1693	367025.8	3281841.2	2555	367489.2	3276951.7
832	367029.4	3281928.7	1694	367025.4	3281837.5	2556	367489.2	3276951.6
833	367029.8	3281930.5	1695	367025.0	3281833.7	2557	367486.3	3276948.9
834	367030.1	3281932.3	1696	367024.7	3281830.0	2558	367486.3	3276948.9

835	367030.5	3281934.2	1697	367024.5	3281826.3	2559	367486.3	3276948.8
836	367030.8	3281936.0	1698	367024.3	3281822.5	2560	367483.3	3276946.1
837	367031.0	3281937.8	1699	367024.2	3281818.8	2561	367483.3	3276946.1
838	367031.3	3281939.6	1700	367024.1	3281815.1	2562	367483.3	3276946.1
839	367031.5	3281941.5	1701	367024.1	3281811.3	2563	367480.3	3276943.4
840	367031.7	3281943.3	1702	367024.2	3281807.6	2564	367480.2	3276943.4
841	367031.8	3281945.2	1703	367024.3	3281803.8	2565	367480.2	3276943.4
842	367031.9	3281947.0	1704	367024.5	3281800.1	2566	367477.2	3276940.8
843	367032.0	3281948.9	1705	367024.8	3281796.4	2567	367477.2	3276940.8
844	367032.0	3281949.5	1706	367025.1	3281792.6	2568	367477.1	3276940.7
845	367032.0	3281950.7	1707	367025.5	3281788.9	2569	367474.0	3276938.2
846	367032.1	3281952.6	1708	367026.0	3281785.2	2570	367474.0	3276938.2
847	367032.1	3281954.4	1709	367026.5	3281781.5	2571	367474.0	3276938.1
848	367032.0	3281956.2	1710	367027.1	3281777.8	2572	367470.9	3276935.6
849	367031.9	3281958.1	1711	367029.4	3281763.6	2573	367470.8	3276935.6
850	367031.8	3281959.9	1712	367054.8	3281608.7	2574	367470.8	3276935.6
851	367031.7	3281961.8	1713	367056.4	3281598.9	2575	367467.6	3276933.2
852	367031.5	3281963.6	1714	367057.2	3281594.5	2576	367467.6	3276933.2
853	367031.3	3281965.5	1715	367057.8	3281590.9	2577	367467.6	3276933.1
854	367031.1	3281967.3	1716	367058.5	3281587.3	2578	367456.1	3276924.4
855	367030.8	3281969.1	1717	367059.2	3281583.7	2579	367455.8	3276924.2
856	367030.5	3281970.9	1718	367060.0	3281580.2	2580	367444.3	3276915.5
857	367030.2	3281972.8	1719	367060.9	3281576.6	2581	367438.0	3276910.6
858	367029.8	3281974.6	1720	367061.8	3281573.1	2582	367431.7	3276905.7
859	367029.4	3281976.4	1721	367062.7	3281569.6	2583	367425.5	3276900.6
860	367029.0	3281978.2	1722	367063.8	3281566.1	2584	367419.4	3276895.4
861	367028.5	3281980.0	1723	367064.9	3281562.6	2585	367408.5	3276886.1
862	367028.0	3281981.8	1724	367066.0	3281559.1	2586	367375.6	3276858.0

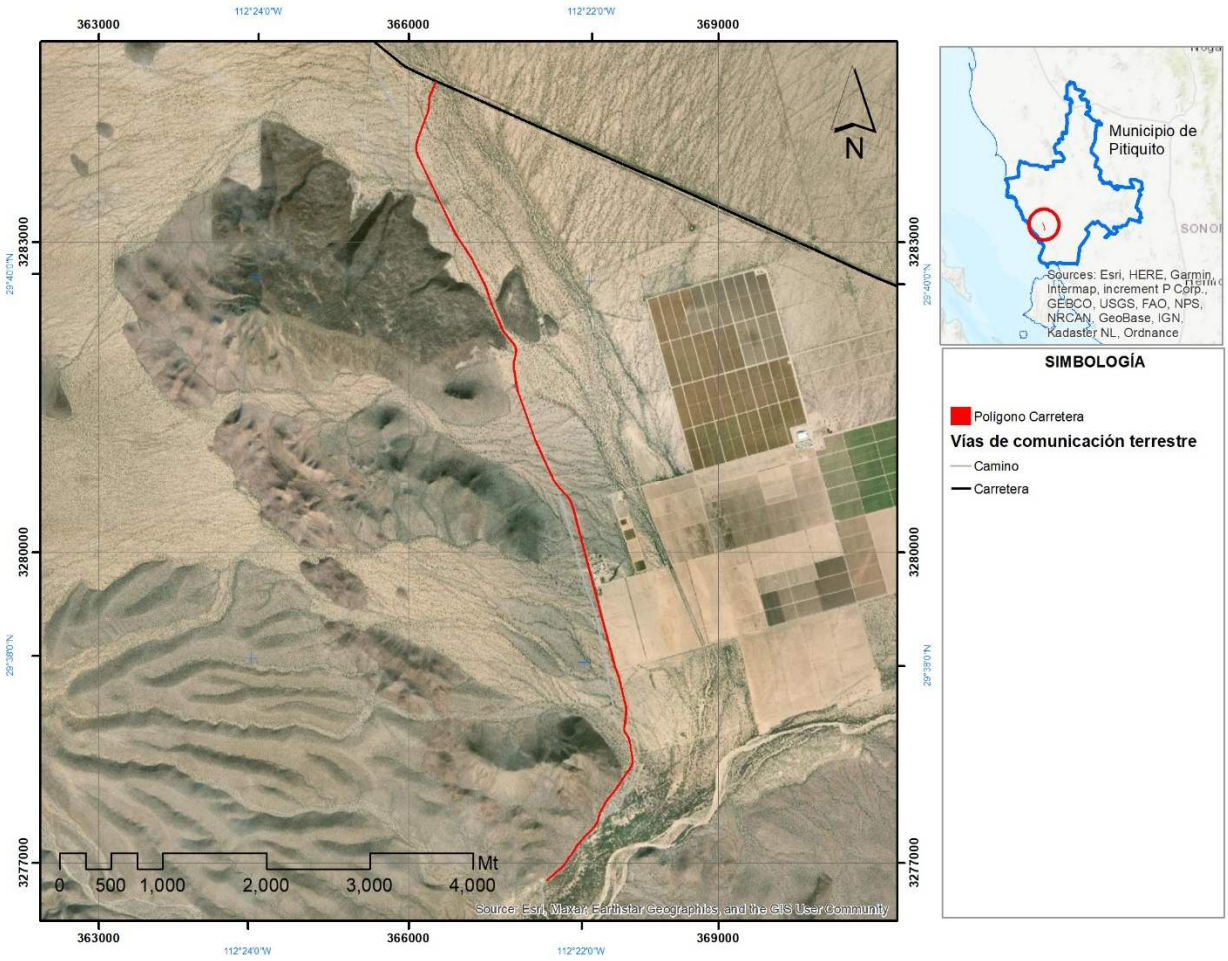


Figura II. 1 Ubicación del proyecto.

Se describen en este apartado, los datos y detalles de las obras que componen el proyecto en su totalidad.

1. **Dimensiones.** La ubicación del trazo inicia en el km. 13+000 y termina en el km. 21+385.75. La longitud del proyecto es de 8+385.75km. El camino se encuentra dentro de uno de terracería ya existente.

2. **Secciones.** El camino por construir tiene una longitud de 8+385.75 kilómetros, con un ancho de calzada de 7.24 metros por lo que ocupara una superficie de 6.071 hectáreas. El área de afectación directa de la obra considera un ancho total de 15 metros, es decir, 7.5 a cada lado del eje del trazo. Además se considera un derecho de vía 20 metros a cada lado del eje central de esta vialidad la cual corresponde a una superficie es de 34.02 hectáreas para esta sección.

3. **Superficie total requerida.** La superficie afectada para la ejecución del proyecto es de 127,495.97 m2 o 12.7496 Ha, es decir, lo que conlleva la realización de las obras y

actividades, considerando el cuerpo carretero existente. En la Tabla inferior se desglosa de la superficie afectada.

Tabla II. 5 Superficie de afectación

Lado derecho		Lado Izquierdo	
No.	**Área (ha)**	**No.**	**Área (ha)**
1	2.5226 Ha (Camino actual)	1	1.4474 Ha (Camino actual)
2	2.5151 Ha (Matorral desértico micrófilo)	2	3.1974 Ha (Matorral desértico micrófilo)
3	0.3099 Ha (Matorral sarcocaule)	3	0.2223 Ha (Matorral sarcocaule)
4	0.8499 Ha (Mezquital Xerófilo)	4	0.7323 Ha (Mezquital Xerófilo)
5	0.1778 Ha (Vegetación sec. Arbustiva de Mat. Sarcocaule)	5	0.7749 Ha (Vegetación sec. Arbustiva de Mat. Sarcocaule)
Se está considerando un ancho promedio de 7.5m para ambos lados del trazo.			

Fuente: Datos de proyecto

Considerando el derecho de vía y conforme al tipo de suelo, en la Tabla II.5, se presenta la distribución de la superficie total por tipo de uso de suelo. El proyecto del camino a modernizar se encuentra inmerso dentro de la vegetación de Matorral principalmente.

Tabla II. 6 Tipo de vegetación y superficie

Tipo de vegetación	Superficie (Ha)	%	Total
Matorral Desértico micrófilo	5.7125	**44.8**	**12.7496 Ha**
Camino Actual	3.9701	**31.1**	
Mezquital Xerófilo	1.5822	**12.4**	
Vegetación sec. Arbustiva de Mat. Sarcocaule	0.9527	**7.5**	
Matorral sarcocaule	0.5321	**4.2**	

Fuente: Datos de campo

II.1.4 Inversión requerida

Para llevar al cabo la Modernización del camino Desemboque de los Seris, se necesita un monto de $120,180,543.91 pesos. XX/100 M.N.). Este porcentaje asignado puede tener modificaciones. El recurso será aportado por el Gobierno Federal.

Tabla II. 7 Distribución de la inversión.

DISTRIBUCIÓN DE LA INVERSIÓN EN PORCENTAJE									
Tipo	%	Tipo	%	Tipo	%	Tipo	%	Tipo	%
Federal:	100%	Estatal:	0%	Municipal:	0%	Otros:	0%	Total:	100%
COSTOS DE INVERSIÓN									
Preparación del sitio		Construcción		Operación y Mantenimiento	Abandono	Medidas de prevención, mitigación y/o Compensación		Total	
$ 3,773,260.08		$ 116,407,283.83		Sin definir	Sin definir	Sin definir		$ 120,180,543.91	

No habrá recuperación del monto ya que no se trata de una carretera de Cuota, este camino es un servicio a la comunidad, además responde a las necesidades de los mismos habitantes.

II.2 Características particulares del proyecto, plan o programa

La tabla siguiente muestra las características técnicas del proyecto, así mismo, se agregan los planos topográficos en el apartado: Anexos.

Tabla II. 8 Características técnicas del proyecto.

Características	Parámetros técnicos
Tipo de camino	Camino E
Tipo de terreno	Semiplano
Tipo de pavimento	Concreto hidráulico
TDPA	100vhe
Velocidad del proyecto	30km/h
Ancho de calzada	7.24
Ancho de corona	7.24
Ancho de derecho de vía	40
Carriles	2
Ancho de carril	3.62
Longitud total	8+385.75km
Espesor de la subrasante	0.30M
Curva máxima	60'00'00"
Pendiente gobernadora	9%
Pendiente máxima	12%

Fuente: Datos del proyecto

Infraestructura del proyecto.

a) **Áreas de maniobra.** Considerando que las obras y actividades se realizaran de manera gradual, iniciando su ejecución en el km.13+000, kilómetro de inicio, las áreas de maniobra de las diferentes etapas, se ubicaran dentro del área del derecho de vía propio

del proyecto, sin afectar áreas aledañas al trazo, desplazándose conforme avance la obra. El abastecimiento de materiales, se hará conforme al avance del proyecto.

Es importante señalar que dentro de las actividades se tienen contemplados los señalamientos de seguridad y de Ingeniería de tránsito, tanto para el personal operativo, como para los transeúntes en general.

b) **Obras complementarias.** En la construcción y modernización del camino, no se tienen contempladas obras de drenaje mayor, pero sí obras de drenaje menor. Se colocarán 8 alcantarillas a lo largo del trazo. Por otro lado, y derivado de la planicie del terreno del km 13 + 000 a la primera estación, la cual corresponde a 13 + 035.38, así como por la naturaleza y cercanía al nivel del mar, las pendientes tendrán una tendencia cercana al cero, por lo que no se tienen contempladas obras de drenaje. A partir de la primera estación se irán distribuyendo dichas obras a lo largo del trazo, tal como se indica en la tabla siguiente:

Tabla II. 9 Relación de las obras de drenaje menor.

Estación	Obras menores
13+035.38	Alcantarilla tipo cajón de concreto reforzado de 1.50m x 1.00m
13+498.08	Vado de 42.16 x 7.00 x 0.20 m
13+776.46	Alcantarilla tipo cajón de concreto reforzado de 1.50m x 1.00m
14+524.00	Alcantarilla tipo cajón de concreto reforzado de 1.50m x 1.00m
16+532.80	Alcantarilla tipo cajón de concreto reforzado de 1.50m x 1.00m
18+153.35	Alcantarilla tipo cajón de concreto reforzado de 1.50m x 1.00m
19+893.00	Alcantarilla tipo cajón de concreto reforzado de 1.50m x 1.00m
21+233.65	Alcantarilla tipo cajón de concreto reforzado de 1.50m x 1.00m

Fuente: Datos del proyecto

c) **Obras provisionales.** Aquellas que se instalarán de manera temporal y que se levantarán al término de la obra, como ejemplo, el almacén general que podrá utilizarse también como área de inspección vehicular y bodega de materiales, los cuales se instalarán con materiales a base de lámina y polines, de manera que se puedan trasladar conforme avance la obra; éstos tendrán un espacio para colocar una mesa y el personal operativo pueda tomar registros y colocar los botellones de agua para consumo. No se instalarán campamentos, o dormitorios, se buscarán rentas en el poblado del proyecto.

d) **Caminos de acceso.** No se tienen contemplados.

e) **Instalaciones de manejo integral de residuos y sanitarias.** A medida que la obra vaya avanzando, se irán desplazando la bodega y el almacén; será en ellos donde se habilitaran espacios para el almacenamiento temporal de residuos sólidos urbanos y peligrosos, éste último contará además con recipientes contenedores de arena, de manera que puedan utilizarse cuando la situación lo amerite y de esta manera, pueda

evitarse el contacto directo con el suelo. Se colocarán sanitarios portátiles para el servicio del personal.

f) **Bancos de material y de tiro.** Con el objeto de proponer las fuentes de aprovisionamiento de materiales apropiados para estructurar las terracerías, se utilizarán bancos de extracción para obtener materiales, es importante mencionar que dichos bancos ya han sido utilizados anteriormente por el municipio, desde la fundación de la población en actividades de infraestructura y desarrollo urbano de la población, así mismo. En relación a los sitios en los que se ubican, la vegetación es de tipo arbustiva, producto de la regeneración. No existirán bancos de tiro por que se realizara la compensación de terracerías, producto del mismo trazo, los productos de corte serán reutilizados para la construcción de terracerías del mismo camino. No obstante, lo anterior, en caso de requerir bancos de tiro, se depositarán donde indique la autoridad y su espacio se justificaría desde el punto de vista ambiental y civil en los reportes de medidas de mitigación.

Para llevar a cabo los trabajos de construcción y de acuerdo al estudio de Geotécnia, (ANEXOS), se realizaron sondeos mediante pozos a cielo abierto (PCA) a una profundidad máxima de 1.00 metro y así determinar la composición del suelo en el pozo a cielo abierto (PCA); lo anterior, siguiendo lo indicado en la norma mexicana NMX-C-431-ONNCCE2002. Dentro de la información referente a “Toma de Muestra Alterada e Inalterada”. La estratigrafía indica “... toda la superficie del tramo se encuentra conformada por una capa de revestimiento, el material es del tipo arena limosa y arena arcillosa... para la construcción de la capa subrsante se propone utilizar el material del banco de material propuesto en el banco B”. A continuación, se enlistan los sondeos realizados por el laboratorio Geotecnia, tabla inferior.

Tabla II. 10 Sondeo de los bancos de material para la capa de sub-rasante

Sondeo 13 Km 6+000	estrato 1 profundidad 0 a 1 m
Sondeo 14 Km 6+500	estrato 1 profundidad 0 a 1 m
Sondeo 15 Km 7+000	estrato 1 profundidad 0 a 1 m
Sondeo 16 Km 7+500	estrato 1 profundidad 0 a 1 m
Sondeo 17 Km 8+000 Estrato 1 De 2	estrato 1 profundidad 0 a 1 m
Sondeo 18 Km 8+500 Estrato 1 De 2	estrato 1 profundidad 0 a 0.6 m
Sondeo 19 Km 9+000 Estrato 1 De 2	Estrato 1 Profundidad 0 A 0.6 M
Sondeo 20 Km 9+500 Estrato 1	Estrato 1 Profundidad 0 A 1 M
Sondeo 21km 10+000	Estrato 1 Profundidad 0 A 1 M
Sondeo 22 Km 10+500	Estrato 1 Profundidad 0 A 1 M
Sondeo 23 Km 11+000	Estrato 1 Profundidad 0 A 1 M
Sondeo 24 Km 11+500	Estrato 1 Profundidad 0 A 1 M
Sondeo 25 Km 12+000 Estrato 1 De 2	Estrato 1 Profundidad 0 A 0.3 M
Sondeo 26 Km 12+500 Estrato 1de 2	Estrato 1 Profundidad 0 A 0.4 M
Sondeo 27 Km 13+000 Estrato 1 De 2	Estrato 1 Profundidad 0 A 0.5 M
Sondeo 28 Km 13+500	Estrato 1 Profundidad 0 A 2 M

Sondeo 29 Km 14+000 Estrato 1 De 2	Estrato 1 Profundidad 0 A 0.6 M
Sondeo 30 Km 14+500 Estrato 1 De 2	Estrato 1 Profundidad 0 A 0.3 M
Sondeo 31 Km 15+000 Estrato 1 De 2	Estrato 1 Profundidad 0 A 0.3 M
Sondeo 32 Km 15+500 Estrato 1 De 2	Estrato 1 Profundidad 0 A 0.35 M
Sondeo 34 Km 16+500 Estrato 1 De 2	Estrato 1 Profundidad 0 A 0.35 M
Sondeo 35 Km 17+000 Estrato 1 De 2	Estrato 1 Profundidad 0 A 0.4 M
Sondeo 36 Km 17+500 Estrato 1 De 2	Estrato 1 Profundidad 0 A 0.25 M
Sondeo 37 Km 18+000 Estrato 1 De 2	Estrato 1 Profundidad 0 A O.4 M
Sondeo 38 Km 18+500 Estrato 1 De 2	Estrato 1 Profundidad 0 A 0.40 M
Sondeo 39 Km 19+000 Estrato 1	Estrato 1 Profundidad 0 A 1 M

Fuente: Datos obtenidos del estudio de Geotecnia

Por otro lado, los bancos de material que indica el Laboratorio de Geotecnia, que a su vez coinciden con la composición de los materiales requeridos, se muestran en las imágenes siguientes, de manera aleatoria, Así mismo el listado de los bancos de material pétreo, registrados en la tabla inferior.

Por último, el Servicio Geológico Mexicano, registra un banco de extracción acorde al material en un radio de 10 km, el cual se menciona con detalle en el capítulo IV.

Figura II. 2 Bancos de Materiales 01, km. 1+200, sobre camino



Fuente: Estudio de Geotécnia

Figura II. 3 Banco de material 07, km. 17+000.



Fuente: Estudio de Geotecnia

Tabla II. 11 Bancos de material proporcionados por el Laboratorio de Geotécnica

BANCO No.	DENOMINACION	LOCALIZACION	CLASIFICACION PETROGRAFICA	CLASIF. PRESUP.	DESPALME. (m.)	UTILIZACION	TRATAMIENTO	VOLUMEN APROV. (m³)
1	BANCO 01 KM 1+200	SOBRE CAMINO A MANO DERECHA DISTANCIA DE ACARREO 0+200 KM	SM (ARENA LIMOSA; MEZCLAS DE ARENA, GRAVA Y LIMO)	000-100-000	0.40	TERRAPLEN, SUBYASENTE Y SUBRASANTE	NINGUNO	25,000.00
2	BANCO 02 KM 4+150	SOBRE CAMINO A MANO IZQUIERDA DISTANCIA DE ACARREO 0+050 KM	GC (GRAVA ARCILLOSA MEZCLA DE GRAVA, ARENA Y ARCILLA)	00-100-00	0.40	TERRAPLEN, SUBYASENTE Y SUBRASANTE	CRIBADO	18,000.00
3	BANCO 03 KM 8+700	SOBRE CAMINO A MANO IZQUIERDA DISTANCIA DE ACARREO 0+350 KM	SM (ARENA LIMOSA; MEZCLAS DE ARENA, GRAVA Y LIMO)	00-100-00	0.40	TERRAPLEN, SUBYASENTE Y SUBRASANTE	NINGUNO	23,000.00
4	BANCO 04 KM 11+500	SOBRE CAMINO A MANO IZQUIERDA DISTANCIA DE ACARREO 0+070 KM	SC (ARENA ARCILLOSA; MEZCLAS DE ARENA, GRAVA Y LIMO)	00-100-00	0.40	TERRAPLEN, SUBYASENTE Y SUBRASANTE	NINGUNO	27,000.00
5	BANCO 05 KM 14+500	SOBRE CAMINO A MANO IZQUIERDA DISTANCIA DE ACARREO 0+100 KM	SC (ARENA ARCILLOSA; MEZCLAS DE ARENA, GRAVA Y LIMO)	00-100-00	0.40	TERRAPLEN, SUBYASENTE Y SUBRASANTE	NINGUNO	27,000.00
6	BANCO 06 KM 17+000	SOBRE CAMINO A MANO IZQUIERDA DISTANCIA DE ACARREO 0+300 KM	SC (ARENA ARCILLOSA; MEZCLAS DE ARENA, GRAVA Y LIMO)	00-100-00	0.40	TERRAPLEN, SUBYASENTE Y SUBRASANTE	NINGUNO	25,000.00
7	BANCO 07 KM 17+000	SOBRE CAMINO A MANO IZQUIERDA DISTANCIA DE ACARREO 0+300 KM	SM (ARENA LIMOSA; MEZCLAS DE ARENA, GRAVA Y LIMO)	00-100-00	0.40	TERRAPLEN, SUBYASENTE Y SUBRASANTE	NINGUNO	21,000.00

Fuente: Estudio de Geotecnia.

Por su parte los bancos registrados por la Secretaria de comunicación y Transportes (SCT), proporciona listado de bancos de material, de acuerdo a lo requerido por el proyecto, relacionado a la construcción del pavimento con Concreto Hidráulico. De acuerdo a las necesidades de la obra civil, se decidirá a cuál de los bancos acudir para la adquisición del material a requerir. Ver tabla inferior.

Tabla II. 12 Bancos de material por la SCT, que se utilizaran para el proyecto

SCT
SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

CENTRO SCT SONORA

SON/02

UNIDAD GENERAL DE SERVICIOS TECNICOS

INVENTARIO DE BANCOS DE MATERIALES 2018

CARRETERA: CD. OBREGON – HERMOSILLO

0005	LOS HORNOS LAT.: 27°43'18.86"N; LONG.: 109°54'36.59"O	7+500	D 11000	JUL-96	OCT-17	EJID.	GRAVA-ARENA	TPC.	0013	0.00	2-7-10	NR.	P.	NO REC.
0006	ESTACION CORRAL LAT.: 27°38'36.26"N; LONG.: 109°56'35.22"O	13+500	D 4500	JUL-14	OCT-17	PART.	GRAVA-ARENA	TPC	0072	0.00	2-5-6-7-8-10	N.R	NE.	NO REC.
0007	EL ALAMITO LAT.: 27°39'37.98"N; LONG.: 110°14'44.84"O	42+000	D 07000	JUL-96	OCT-17	EJID.	GRAVA-ARENA	TPC.	0080	0.00	2-6-7-10	NR.	NE.	ACEP.
0008	MONARES 1 LATITUD: 28° 0'4.79"N; LONG.: 110°49'17.58"O	107+000	D 9000	JUL-14	JUL-18	PART.	GRAVA-ARENA	TPC.	0090	0.40	2-5-6-7-8-10	NR.	NE.	ACEP.
0009	MONARES 2 LAT.: 28° 0'52.61"N; LONG.: 110°50'31.84"O	107+000	D 11500	JUL-14	JUL-18	PART.	GRAVA-ARENA	TPC.	0080	0.00	2-5-6-7-8-10	NR.	NE.	ACEP.
0010	SAHUARO LAT.: 28° 0'55.81"N; LONG.: 110°46'53.21"O	115+000	D 07000	JUL-96	JUL-18	PART.	GRAVA-ARENA	TPC.	0050	0.00	2-6-7-10	NR.	NE.	ACEP.
0011	PRESIDIO LAT.: 28° 1'10.72"N; LONG.: 110°46'52.50"O	115+000	D 08000	JUL-96	JUL-18	PART.	GRAVA-ARENA	TPC.	0040	0.00	2-5-7-10	NR.	P.	ACEP.
0012	UVALAMA LAT.: 27°59'39.02"N; LONG.: 110°55'46.03"O	133+000	D 01000	JUL-96	JUL-18	PART.	GRAVA-ARENA	C.	0020	0.00	5-7	NR.	NE.	REC.
0013	TIGRE 2 LAT.: 28° 2'32.10"N; LONG.: 110°55'19.03"O	138+000	D 1200	JUL-14	JUL-18	PART.	GRAVA-ARENA	TPC.	0080	0.00	2-5-6-7-8-10	NR.	NE.	ACEP.
0014	EL CABALLO LAT.: 28° 4'15.25"N; LONG.: 110°56'14.33"O	141+000	D 01300	JUL-96	JUL-18	PART.	GRAVA-ARENA	TPC.	0018	0.00	5-6-7-10	NR.	NE.	CONVE.

NOMENCLATURA Y ABREVIATURAS UTILIZADAS:

- *FECHA DE ACTUALIZACION* (FECHA DE ACT.)
- *TIPO DE PROPIEDAD*
  FED.- FEDERAL
  MPL.- MUNICIPAL
  PART.- PARTICULAR
  COM.- COMUNAL
  EST.- ESTATAL
  EJID.- EJIDAL
- *TIPO DE MATERIAL*
  CONG.- CONGLOMERADO
  VOLC.- VOLCANICO
- *USO DE EXPLOSIVOS*
  NR.- NO REQUIERE
  ACEP.- ACEPTABLE
  SR.- SIN RESTRICCIONES
- *TRATAMIENTO*
  NR.- NO REQUIERE
  D.- DISGREGACION
  C.- CRIBADO
  TP.- TRITURACION PARCIAL
  TT.- TRITURACION TOTAL
  L.- LAVADO
  TPC.- TRITURACION PARCIAL Y CRIBADO
  TTC.- TRITURACION TOTAL Y CRIBADO
  CL.- CRIBADO Y LAVADO
  TPL.- TRITURACION PARCIAL Y LAVADO
  TTL.- TRITURACION TOTAL Y LAVADO
  TPCL.- TRITURACION PARCIAL, CRIBADO Y LAVADO
  EA.- ESTABILIZACION CON ASFALTO
  ECP.- ESTABILIZACION CON CEMENTO PORTLAND
- *USOS PROBABLES*
  1.- REVESTIMIENTO
  2.- SUB-BASE
  3.- SUB-BALASTO
  4.- BALASTO
  5.- BASE
  6.- CONCRETO ASFALTICO
  7.- MEZCLA ASFALTICA EN EL LUGAR
  8.- SELLO
  9.- MAMPOSTERIA
  10.- CONCRETO HIDRAULICO
  11.- ESCOLLERAS
- *RESTRICIONES ECOLOGICAS*
  NE.- NO EXISTEN
  P.- POSIBLE
  CONSIDER.- CONSIDERABLE
  IMPOR.- IMPORTANTE
- *ASPECTOS ECONOMICOS*
  REC.- RECOMENDABLE
  CONVE.- CONVENIENTE
  ACEP.- ACEPTABLE
  NO REC.- NO RECOMENDAB

Fuente: Secretaria de Comunicación y Transporte

II.2.1 Programa de trabajo

Se prevé un tiempo aproximado de 2 años para la ejecución del tramo en los trabajos de Modernización del proyecto. A continuación, se describen el programa de manera general, mediante un calendario. El mantenimiento se pretende sea cada cinco años. La ejecución del proyecto se realizará conforme al siguiente calendario.

Tabla II. 13 Programa de actividades del proyecto

Fecha: 01/01/2026

Obra: CONSTRUCCIÓN Y MODERNIZACIÓN DEL CAMINO: E. C. (CALLE 36 NORTE) – DESEMBOQUE, TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 21+385.75, SUBTRAMO DEL KM 13+000 AL KM 21+385.75, EN EL MUNICIPIO DE PITIQUITO, ESTADO DE SONORA.

Duración: 730 días naturales
Inicio obra: 01/01/2026
Fin obra: 31/12/2027

Lugar: Sonora, México

PROGRAMA DE OBRA GENERAL

Código	Descripción	Unidad	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16	Mes 17	Mes 18	Mes 19	Mes 20	Mes 21	Mes 22	Mes 23	Mes 24
A	**CONSTRUCCIÓN Y MODERNIZACIÓN DEL CAMINO: E. C. (CALLE 36 NORTE) – DESEMBOQUE, TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 21+385.75, SUBTRAMO DEL KM 13+000 AL KM 21+385.75, EN EL MUNICIPIO DE PITIQUITO, ESTADO DE SONORA.**																									
A01	**TERRACERIAS**																									
N-CTR-CAR-1-01-001	Desmonte, cualquiera que sea su tipo y características en carreteras, sin trasplante de especies vegetales previamente a los trabajos (tala, roza, desenraice, limpia y disposición final), en zona tipo semiárida, incluye carga a unidades de transporte, por unidad de obra terminada.																									
N-CTR-CAR-1-01-002	Despalme, por unidad de obra terminada incluye el movimiento de tierra Cuando el material se desperdicie																									
N-CTR-CAR-1-01-003	Excavaciones, por unidad de obra terminada En cortes y adicionales abajo de la subrasante; En ampliacion de cortes; En rebajes de la corona y/o terraplenes existentes. incluye el movimiento de tierra Cuando el material se desperdicie																									
N-CTR-CAR-1-01-009	Construcción de terraplenes utilizando materiales compactables procedentes de bancos de proyecto, en el cuerpo del terraplén compactado al 90 % de su PVSM conforme lo indicado en el proyecto, incluye carga a unidades de transporte, por unidad de obra terminada.																									
N-CTR-CAR-1-01-009/0	Construcción de terraplenes utilizando materiales compactables procedentes de bancos de proyecto, en la capa subrasante compactado al 100 % de su PVSM conforme lo indicado en el proyecto, incluye carga a unidades de transporte, por unidad de obra terminada.																									
A02	**OBRAS DE DRENAJE**																									
8	Excavación para estructuras u obras de drenaje, P.U.O.T.																									
N-CTR-CAR-1-01-005	Excavación en material tipo A en canal de sección trapezoidal con una profundidad hasta de 1.5 m, el material se desperdicia, incluye carga a unidades de transporte, PUOT(N·CTR·CAR·1·01·005/11).																									
N-CTR-CAR-1-02-003/	Plantilla de concreto hidraulico de f´c=150 kg/cm2 de 10 cm de espesor armada con malla electrosoldada.Por unidad de obra terminada.																									
N-CTR-CAR-1-02-004	Acero para concreto hidráulico con límite elástico igual o mayor de f'y= 4200 kg/cm2 en muros, aleros, losas, por unidad de obra terminada.																									
N-CTR-CAR-1-02-003	Zampeado de Concreto hidraúlico con resistencia de f´c=150 kg/cm2 por unidad de obra terminada																									
N-CTR-CAR-102.02.111	Zampeado de mampostería de piedra de tercera clase junteada con mortero cemento 1:5, para cualquier altura. por unidad de obra terminada																									
N-CTR-CAR-1-02-006	Concreto hidráulico en estructuras, colados en el sitio de f´c=200 kg/cm2 por unidad de obra terminada																									
N-CTR-CAR-1-02-006/	Concreto hidráulico en estructuras, colados en el sitio de f´c=250 kg/cm2 por unidad de obra terminada																									
N-CTR-CAR-1-03-009	Subdrenes Por Unidad de Obra Terminada.																									
N.CTR.CAR.1.01. 011/	Material de filtro para drenes de piedra quebrada de tamaño máximo 30 cm en respaldo de muros, (Incluye: Carga mecánica + Acarreo 1er kilómetro + kilómetros subsecuentes) Por unidad de obra terminada.																									
10	Concreto ciclópeo en muros y obras de drenaje, P.U.O.T.																									

Fecha: 01/01/2026

Obra: CONSTRUCCIÓN Y MODERNIZACIÓN DEL CAMINO: E. C. (CALLE 36 NORTE) – DESEMBOQUE, TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 21+385.75, SUBTRAMO DEL KM 13+000 AL KM 21+385.75, EN EL MUNICIPIO DE PITIQUITO, ESTADO DE SONORA.

Duración: 730 días naturales
Inicio obra: 01/01/2026
Fin obra: 31/12/2027

Lugar: Sonora, México

PROGRAMA DE OBRA GENERAL

Código	Descripción	Unidad	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16	Mes 17	Mes 18	Mes 19	Mes 20	Mes 21	Mes 22	Mes 23	Mes 24
A03	**PAVIMENTOS**																									
18	Base hidráulica, compactada al 100 %, P.U.O.T.																									
19	Carpeta asfaltica de granulometria densa con asfalto grado PG 70S-22, P.U.O.T.																									
100	Riego de impregnación, P.U.O.T																									
110	Riego de liga, P.U.O.T																									
A04	**OBRAS COMPLEMENTARIAS**																									
15	Cunetas de sección triangular revestidas de zampeado de concreto hidráulico de f'c= 150 kg/cm2,, P.U.O.T.																									
16	Lavaderos de concreto hidráulico simple, P.U.O.T.																									
17	Bordillos concreto hidráulico, P.U.O.T.																									
A05	**SEÑALAMIENTO**																									
SP-6	Señales verticales de Alta Intensidad, P.U.O.T.: Señales preventivas en uno o dos postes: SP-6 curva: De 86 x 86 cm.																									
SP-8	Señales verticales de Alta Intensidad, P.U.O.T.: Señales preventivas en uno o dos postes: SP-8 Curva inversa: De 86 x 86 cm.																									
1.07.005/00_80	Señales verticales de Alta Intensidad, P.U.O.T.: Señales restrictiva en uno o dos postes: SR-9 Limite de velocidad: De 86 x 86 cm.																									
70	Señales verticales de Alta Intensidad, P.U.O.T.: Señales restrictiva en uno o dos postes: SR-34 Limite de velocidad: De 86 x 86 cm.																									
1-07-005/00_150	Señales verticales de Alta Intensidad, P.U.O.T.: Señales informativas: SII-14 kilometraje con ruta De 30 x 120 cm, sin escudo en un poste de perfil tubular rectangular de lados iguales.																									
1.07.005/00_90	Señales verticales de Alta Intensidad, P.U.O.T.: Señales informativas: SII-15 kilometraje sin ruta De 30 x 76 cm, sin escudo en un poste de perfil tubular rectangular de lados iguales.																									
1.07.005/00_120	Señales verticales de Alta Intensidad, P.U.O.T.: Señales informativas: SID-11 Confirmativa De 40 x 239 cm, de un tablero en un poste de perfil tubular rectangular.																									
28	Indicadores de alineamiento OD-6, de concreto hidráulico simple blanco, por unidad de obra terminada.																									
72	Marcas M-1.1 Raya separadora de sentidos de circulación continua sencilla, con pintura convencional color amarillo retrorreflejante de 10 cm de ancho, P.U.O.T.																									
73	Marcas M-3.1 Raya en la orilla derecha e izquierda, continua, con pintura convencional color blanco retrorreflejante de 10 cm de ancho, por unidad de obra terminada.																									
30	Señalamiento y dispositivos para protección de obras, por unidad de obra terminada.																									



II.2.2 Preparación del sitio y construcción

La preparación del sitio de construcción está constituida por aquellas actividades que se realizan de manera preliminar a la implantación del concreto hidráulico, como se indica en la sección, el área se prepara para recibirle. Dicha ejecución estará sujeta a lo indicado en la parte segunda y cuarta de las especificaciones generales de construcción de la S.C.T. y a la nueva normativa vignte. Con antelación al inicio de los trabajos de construcción de las terracerías, se efectuará el desmonte y despalme en las aéreas que limitan los ceros de las secciones de construcción. A continuación, se detallan:

1. **Preparación del sitio**

a) **Trazo y nivelación.** Consiste en efectuar el trazo del eje tal como se indica en proyecto, esta actividad incluye la colocación de los ceros de corte y terraplén y de las obras de drenaje menor. El equipo a utilizar en esta actividad será ejecutado por personal operativo con equipo topográfico como puede ser: estación total o tránsito, nivel fijo, nivel de mano y herramienta menor además de trompos y estacas, de acuerdo a lo indicado en el proyecto.

b) **Implementación de medidas preventivas.** A nivel ambiental, el objetivo es atenuar y mitigar los impactos que se pudieran generar por la remoción de materia vegetal, de manera que se mitiguen y controlen dichos impactos. De manera simultánea el personal de obra civil, va incluyendo medidas técnicas para realizar las actividades, de manera que se cumplan dichos objetivos.

c) **Programa de Rescate de especies de flora y acondicionamiento.** Durante la delimitación de los predios “forestales” por afectar, se identificarán individuos de especies de flora sujetas a rescate y reubicación de la misma. Para el rescate de flora se marcarán todos aquellos individuos que serán susceptibles antes de que inicien las actividades de desmonte y así evitar que sufran algún daño; posteriormente serán ubicados en un área de confinamiento temporal para su cuidado mientras son reubicados en las áreas seleccionadas para la reforestación, o bien serán trasplantados a la brevedad posible para evitar problemas de estrés prolongados, según la especie de que se trate. Anexos: capítulo 6. Programa de rescate de especie de flora.

d) **Implementación de programas de rescate y reubicación de fauna silvestre.** Una vez que técnicos haya incursionado en la zona y valorado el estado actual de la fauna silvestre, se programará la reubicación de nidos y madrigueras, así como el ahuyentado de la fauna mediante técnicas específicas de acuerdo con el grupo faunístico que se trate. Ver ANEXOS

e) **Desmonte.** Se refiere a la remoción de la vegetación existente en el derecho de vía, con objeto de eliminar la presencia de material vegetal, impedir daños a la obra y mejorar la visibilidad.

Comprende:

- La tala, que consiste en cortar los individuos arbóreos y arbustos.
- La rosa, se refiere a cortar y retirar la maleza, hierbas, zacates o residuos de siembra.
- Desenraice, consiste en sacar los troncos o tocones, con o sín raíces.
- Limpia y disposición final, se refiere a extraer el producto del desmonte al banco de desperdicio que indique el proyecto.
- No obstante, lo anterior, se hace la aclaración que el camino, en su mayoría cumple con el ancho que establece el proyecto.

f) **Despalme.** El Despalme, Consiste en remover el material superficial del terreno a un espesor de 30 cm, con objeto de evitar la mezcla del material de las terracerías con materia orgánica o con depósitos de material no utilizable. El producto del despalme se colocará en una o ambas orillas del derecho de vía y se usará para recubrir los taludes de terraplenes ayudando al crecimiento de vegetación en los mismos y evitar problemas de erosión.

Las excavaciones de despalme serán de un espesor de veinte centímetros. Esta actividad se efectuará con: Tractor de Orugas D8-K Caterpillar, Cargador Frontal 950 y camión tipo volteo.

Descripción de obras y actividades provisionales del proyecto

Para la ejecución del proyecto se contempla la instalación y operación de obras y actividades provisionales que funcionan como apoyo logístico durante las etapas de preparación del sitio y construcción, y que serán retiradas al concluir la obra, dejando el sitio en condiciones compatibles con el uso del corredor carretero. Estas obras provisionales se ubicarán preferentemente dentro de áreas ya impactadas (camino existente, claros sin vegetación o superficies previamente perturbadas) y, en lo posible, dentro del derecho de vía o zonas de maniobra estrictamente necesarias, con el fin de minimizar la remoción adicional de vegetación y la afectación a suelo.

En términos generales, las obras provisionales incluyen: rehabilitación de accesos temporales y zonas de maniobra, áreas de almacenamiento y acopio, patios de servicio, instalaciones temporales para personal (en caso de requerirse), y sistemas provisionales de manejo de residuos, sanitarios y abastecimientos. La temporalidad de estas instalaciones se asocia al periodo total de obra (aprox. 24 meses), aunque algunos elementos pueden operar por lapsos menores según el avance del frente de trabajo.

A continuación, se describen las principales obras provisionales y actividades asociadas, destacando su función, dimensiones/escala, temporalidad y criterios de diseño y operación orientados a la reducción de impactos:

1. Accesos temporales, desvíos y zonas de maniobra

   Se habilitarán y/o rehabilitarán tramos de acceso y desvíos necesarios para el tránsito de maquinaria, suministro de materiales y continuidad de la circulación local. Su anchura y longitud se limitarán a lo estrictamente indispensable y se privilegiará el uso del camino existente. La temporalidad se restringe al periodo de obra y, al finalizar, se realizará el retiro de material excedente, la nivelación y, donde aplique, estabilización superficial para evitar erosión.

2. Campamento y áreas de apoyo al personal

   En caso de requerirse campamento, será temporal y de dimensiones reducidas, con módulos ligeros desmontables (oficina, área de descanso y servicios). La ubicación prioritaria será en superficies previamente disturbadas y con acceso directo para evitar aperturas nuevas. Su operación se acompañará de señalización, control de accesos, ordenamiento de tránsito interno y medidas de seguridad e higiene.

3. Almacenes temporales, patios de acopio y resguardo de materiales

   Se contemplan áreas temporales para acopio de materiales (agregados, prefabricados, señalamientos, insumos) y resguardo de herramientas. Estas zonas serán delimitadas y compactadas superficialmente para reducir generación de polvo y evitar dispersión de materiales. El acopio se realizará con criterios de ordenamiento, protección contra viento/escorrentías y retiro oportuno de excedentes, evitando acumulaciones prolongadas.

4. Talleres provisionales y mantenimiento menor de maquinaria

   El mantenimiento rutinario menor podrá realizarse en un área controlada, con piso estabilizado, contención para escurrimientos y disposición de absorbentes. Se evitarán reparaciones mayores en sitio; cuando sean necesarias, se privilegiará su ejecución en instalaciones externas autorizadas. Se implementará manejo segregado de residuos (aceites, filtros, trapos contaminados) y almacenamiento temporal seguro.

5. Instalaciones sanitarias y manejo de aguas residuales

   Para el personal se utilizarán sanitarios portátiles. El servicio será proporcionado por un proveedor autorizado, con retiro periódico y disposición final conforme a la normatividad aplicable. No se prevé descarga directa al suelo ni a cauces; se prioriza el esquema de contención–retiro–tratamiento externo.

6. Abastecimiento y almacenamiento temporal de combustibles y lubricantes

   El abastecimiento se realizará mediante proveedores autorizados y/o unidades móviles. Si se requiere almacenamiento temporal en obra, se hará en recipientes y contenedores certificados, en un área con bandejas de contención, control de derrames, señalización y equipo contra incendios. Se contará con bitácoras de consumo y protocolos de respuesta a contingencias.

7. Manejo temporal de residuos

   Durante la construcción se habilitarán puntos de acopio temporal diferenciados para residuos sólidos urbanos, de manejo especial y, en su caso, peligrosos. Los residuos se almacenarán en recipientes adecuados, bajo techo cuando aplique, con retiro periódico por prestadores autorizados. Se prohibirá la quema y el abandono de residuos.

8. Actividades provisionales asociadas (logística y operación)

   Incluyen: transporte de insumos, control de polvo mediante riego, señalización temporal y dispositivos de seguridad vial, limpieza y ordenamiento de frentes de obra, y supervisión ambiental para verificar cumplimiento de medidas.

Criterios generales de diseño y operación para minimizar impactos

- Ubicar instalaciones en áreas previamente perturbadas y reducir huella nueva.
- Delimitar físicamente áreas de trabajo y restringir tránsito fuera del corredor.
- Implementar control de polvos (riego, límites de velocidad, mantenimiento de caminos).
- Prevenir contaminación por combustibles/aceites con contención secundaria y protocolos de derrames.
- Manejo integral de residuos y aguas residuales con proveedores autorizados.
- Retiro total de instalaciones temporales y rehabilitación del sitio al cierre de obra.

2. Construcción.

La siguiente descripción corresponde a las principales actividades de construcción, respecto a obras de terracería, drenaje y señalización e ingeniería de tránsito en general.

a) **Zonas de corte.** En las zonas cuya sección sea corte, se procederá en primera instancia

a la realización del despalme correspondiente, considerando el ancho necesario para alojar en su totalidad a la estructura del pavimento por construir. Una vez realizado el despalme y colocados los datos de construcción se procederá a realizar la excavación del corte para construir la sección fijada por el proyecto, para lo cual se verificarán el alineamiento, el perfil y la sección en su acabado, forma y anchura dentro de las siguientes tolerancias.

b) **Cuerpo de terraplén.** Para formar el cuerpo del terraplén se excavará el terreno natural cuya pendiente no exceda de 25%, estos son construidos con material procedente de los cortes o en su caso con material procedentes de los bancos de material autorizados.

Pavimento de concreto hidráulico.

Para la construcción del pavimento del camino, consiste en la construcción de huellas de rodamiento de concreto hidráulico de 20cm, de espesor, en la losa de 3.0metros de longitud por 0.80 a 0.90m de ancho, en las franjas intermedia se colocarán piedra ahogada en concreto. Para que el camino funcione correctamente y la calidad de vida del material y de los servicios con los que cuenta, la obra civil contará con las siguientes obras de apoyo:

a) Obras de alivio.

Para realizar las obras de alivio, se realizar la excavación a cielo abierto, serán construidas de zampeados, después se realizar el relleno con material producto de las excavaciones, se construirán plantillas de concreto hidráulico de f'c= 100kg/cm2, con su respectiva malla electro soldada, se colocarán acero de refuerzo de acuerdo a lo indicado en el proyecto.

b) Obras Complementaria

Dentro de las obras complementaria se encuentran la tabla II.7 que alude a las alcantarillas.

Cunetas: se construirán cunetas en los lados del corte de la corona con el objeto de interceptar el agua que escurre sobre la superficie de la corona, de los taludes de los cortes, o del terreno contiguo conduciéndola a un sitio donde no haga daño a la carretera o terceros. dentro de las obras de drenaje, se construirán 30 obras a lo largo del camino tipo alcantarillas de cajón de concreto reforzado de 1.5m x1.00m, relativo a obras de drenaje menor.

Lavaderos. estos serán de concreto hidráulico, conforme marca el proyecto, con el objeto de conducir y descargar el agua recolectada por las guarniciones y cunetas a lugares donde no causa daño la estructura de la terracería.

Guarniciones. Se construirán Guarnicione en los lados del cuerpo de terraplén.

Señalamiento. El proyecto de señalamiento se realizó con respecto a las normas del Manual De Señalización Vial y Dispositivos de Seguridad edición 2014, elaborado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y de acuerdo con la Normativa para la Infraestructura del Transporte (NORMATIVA SCT). Para la elaboración del proyecto de señalamiento se consideran los siguientes tipos de señales:

Tabla II. 14 Tipos de señales utilizada en el proyecto

Clasificación	Tipos de señales
SP	Señales Preventivas
SR	Señales Restrictivas
SI	Señales Informativas
SII	Señales Informativas de Identificación
	De nomenclatura
	De ruta
	De kilometraje
SIG	Señales de Información General
SID	Señales de Información de Destino
OD	Obras y dispositivos diversos

Fuente: Manual de señalización vial y dispositivos de seguridad, SCT

De acuerdo a las condiciones del terreno y las especificaciones técnicas del proyecto, permite establecer una velocidad de 30km. /h, lo cual determina que el distanciamiento del señalamiento es de 30, conforme se establece en la tabla inferior.

Tabla II. 15 Separación de Señales por velocidad del proyecto.

Velocidad (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Distancia (m)	30	45	65	85	110	140	170	205	245	285

Fuente: Manual de señalización vial y dispositivos de seguridad, SCT

Para el dimensionamiento de las señales se consideran como criterio, el tipo de carretera o de vialidad urbana, establecidos en la Tabla II.14. Por lo que, para las condiciones del proyecto, se determina que las dimensiones de las señales será de 86 cm x 86 cm. Por tratarse de una carretera por carril por sentido de circulación, y un ancho de calzada mayor a 6.5 m.

Tabla II. 16 Criterio de dimensionamiento de señales.

Tamaño de las señales (cm)	USO	
	Tipo de carretera	Tipo de vialidad urbana
61 x 61	No deben usarse	Únicamente cuando existan limitaciones de espacio en vías secundarias
71 x 71	Carretera con un carril por sentido de circulación y con ancho de arroyo vial de hasta 6.5 m	Vías secundarias
86 x 86	Carretera con un carril por sentido de circulación, con o sin carril adicional para el rebase y con ancho de arroyo vial superior a 6.5 m	Arterias principales
117 x 117	Carretera de dos o más carriles por sentido de circulación	Vías de circulación continua
Escolares 71 x 71	No deben usarse	En todos los casos
Escolares 86 x 86	No deben usarse	En todos los casos

Fuente: Manual de señalización vial y dispositivos de seguridad, SCT

En la tabla inferior se presentan la relación de señales que se establecerán en el tramo del proyecto del km. 13+000 al km.21+385.75.

Tabla II. 17 Señalamientos verticales del proyecto.

Tipo de señal	Clave de señal	Cantidad	Descripción
Restrictivas	SR-9 (86*86)	0	Velocidad de 30km/h
	SR-34(86*86)	0	Utilice el cinturón de seguridad
Informativa con destino	SII-14 (30x120)	1	Kilometraje con ruta
	SII-15 (30x76)	2	Kilometraje sin ruta
	SID-11(239X 40)	0	Confirmativa de destino
	SII-7 (239x40)	0	Nombre de la localidad
Preventivas	SP-6 (86x86)	6	Curva
	SP-7 (86x86)	0	Codo
	SP-8 (86x86)	1	Curva Inversa
	SP-9 (86x86)	3	Codo Inverso
	SP-26 (86x86)	1	Vado

Fuente: Datos del Proyecto

En la tabla inferior se presenta la relación de señalamiento horizontal para el tramo carretero del lado derecho, del km. 13+000 al km. 21+385.75.

Tabla II. 18 Señales horizontales de lado derecho

Señal	Cadenamiento	Tipo de señal	Dimensiones (cms)	Descripción
1	13+000.00	SII-15	30X76	KM.13+000.00
2	13+035.83	SP-6	86 X 86	CURVA DER

3	13+065.83	SP-9	86 X 86	VELOCIDAD 30KM/H
4	13+272.58	SP-9	86 X 86	CURVA INVERSO DER.
5	13+400.00	SP-26	86 X 86	VADO
6	13+625.82	SP-6	86 X 86	CURVA DER
7	13+758.60	SP-6	86 X 86	CURVA DER
8	14+459.00	SP-8	86 X 86	CURVA INVERSA DER
9	14+489.00	SP-9	86 X 86	VELOCIDAD 30KM/H
10	14+794.60	SP-6	86 X 86	CURVA IZD.
11	15+000.00	SII-14	30X120	KM. 15+000.00
12	16+844.69	SP-6	86 X 86	CURVA IZD.
13	17+000.00	SII-15	30X76	KM. 17+000
14	17+070.06	SP-6	86 X 86	CURVA DER

Fuente: Datos de proyecto

En la tabla inferior se presenta la relación de señalamiento Verticales para el tramo carretero del lado derecho, del km. 13+000 al km. 21+385.75.

Tabla II. 19 Señales horizontales de lado izquierdo

Señal	Cadenamiento	Tipo de señal	Dimensión (cms)	Descripción
15	13+243.93	SP-6	86 X 86	CURVA IZQ
16	13+519.71	SR-9	86 X 86	VELOCIDAD 30KM/H
17	13+549.71	SP-9	86 X 86	CODO INVERSO DER.
18	13+580.00	SP-26	86 X 86	VADO
19	13+748.53	SP-6	86 X 86	CURVA IZQ
20	13+946.54	SP-8	86 X 86	CURVA INVERSA IZQ
21	14+000	SII-14	30X120	KM. 14+000.00
22	14+689.67	SP-8	86 X 86	CURVA INVERSA IZQ
23	14+895.29	SR-9	86 X 86	VELOCIDAD 30KM/H
24	14+925.29	SP-6	86 X 86	CURVA DER
25	16+000.00	SII-15	30X120	KM. 15+000.00
26	17+016.75	SP-6	86 X 86	CURVA DER

Fuente: Datos de proyecto

II.2.3 Operación y mantenimiento

1. **Programa de operación y mantenimiento.**

Las actividades del mantenimiento se pueden dividir de manera general en: revisión de mantenimiento de alcantarillas, revisión y reparación a los taludes de corte, revisión de reparación de las superficies de rodamiento y limpieza de la superficie y drenaje superficial. A continuación, se indican las actividades que se realizan por cada sección.

a) **Revisión y Mantenimiento de alcantarillas:** consiste en verificar que el funcionamiento de sección sea el adecuado, ya que esta se puede interrumpir por basura, acumulación de sedimentos y crecimiento de vegetación: el mantenimiento se realizara justamente haciendo limpieza de basura y sedimento , además de retirar la vegetación que obstruya el funcionamiento de la obra de drenaje; también se revisa que estructuralmente los elementos sean estables y de calidad; en caso contrario se procede a su reparación.

b) **Revisión y reparación de la superficie de rodamiento.** La carpeta asfáltica es donde se refleja varios problemas de diseño y construcción en las estructuras del pavimento: dosificación inadecuada de cemento asfaltico, exceso en el peso de vehículos respecto al diseño original, etc. Estos factores y otro hacen que la superficie de rodamiento presente grietas, ondulamiento, bordos y finalmente escarificaciones los cuales después de ser identificados deben repararse mediante concreto asfaltico o incluso reconstruir las estructuras de pavimentos que pudieran estar afectadas.

c) **Limpieza de la superficie de rodamiento y drenaje superficial**. La acumulación de basura, tierra, restos de llantas, ramas y en general cuerpos extraños que sean colocados sobre la carpeta o cunetas se deberán limpiar periódicamente para no obstruir el paso de vehículos. Para drenar apropiadamente la carpeta asfáltica es necesario no interrumpir el flujo de agua de las cunetas, evitando que se lave el asfalto y la formación de escarificación en la misma. Una vez terminadas las obras y actividades del camino, estará abierto a su operación diaria, para lo cual se aplicará la Normatividad y Lineamiento de la Dirección General de Conservación de Carreteras, que rigen los procedimientos para la Operación y Mantenimiento.

2. **Programa de mantenimiento.**

Durante la etapa de mantenimiento, a reserva de lo que indiquen las Autoridades para el control de malezas o fauna nociva, las actividades a realizar durante esta etapa serán las siguientes según las Normas y Procedimientos de Conservación y Reconstrucción de Carreteras:

- **Reposición de señales.** Dichas actividades se llevarán al cabo, cada vez que una señal deba reponerse o cambiarse; con el fin de brindar una adecuada señalización y se

prevengan accidentes.

- **Mantenimiento Preventivo.** Esta etapa consiste en la realización de trabajos de conservación en los que no se requiere de herramientas especiales o de gran tamaño para procedimientos como reposición de señales, mantenimiento de taludes, pintura y reposición de material de la superficie de rodamiento.

- **Mantenimiento Mayor.** Este mantenimiento consiste en trabajos en los que se requiere del cierre de un carril o de un cuerpo de circulación de la vialidad con el fin de realizar trabajos de reencarpetado o mantenimiento mayor de la superficie de rodamiento y colocar señales de peligro.

- **Verificación del nivel de servicio.** Esta actividad consiste en la realización de recorridos de prueba con un vehículo de diseño y con cuatro pasajeros que determinarán el nivel de servicio de la vialidad.

- **Recorridos de revisión.** Lo recorridos de revisión son actividades encaminadas al control y supervisión de los trabajos de mantenimiento y de operación del camino.

Finalmente: Tanto para las etapas de preparación del sitio y construcción se enlistan las principales maquinarias, herramientas, instalaciones, artículos empleados, así como el requerimiento mínimo de personal especializado.

a) **Maquinaria y vehículos de motor.** Compactador Neumático, Vibrocompactador, Motoconformador, Cargador Frontal, Excavadora, Retroexcavadora, Barredora; los cuales funcionan a partir de combustible tipo Diésel. Volteos y Camionetas tipo Pick Up, los cuales arrancan a partir de combustible tipo Gasolina. Las pipas de agua vendrán a abastecer los tinacos y se retirarán, no formarán parte de la flotilla. El diésel será el único combustible permitido en el proyecto, será suministrado manualmente a la maquinaria; los recipientes que lo contengas estarán debidamente rotulados y con los protocolos de seguridad en las bodegas, donde a su vez, serán vigilados y distribuidos por personal autorizado. La siguiente tabla muestra algunos de los equipos más empleados.

Tabla II. 20 Numero y tipos de maquinarías y equipos a utilizar

Maquinaria	Número	Tiempo/mes
Trascabo	2	3
Tractor D-8	2	2
Camión 14m3	3	6
Moto conformadoras	1	3
Compactador	2	2
Compactador tipo pata de cabra	2	3
Compactador de rodillo vibratorio	1	3
Pipa de agua de 10,000l	3	2

Camioneta de 3 ton.	3	6
Camioneta de ¾ ton.	2	6
Revolvedora	2	5

Fuente: Datos de proyecto

b) **Equipo, herramientas y artículos en general.** Equipo de topografía, machetes, picos, palas y algunos cinceles. Pinturas de aceite, en recipientes tipo espray. Mecates y cuerdas resistentes. Equipos de protección personal y de primeros auxilios. Bolsas para depósito de residuos y camillas de arena para depósitos de residuos peligrosos.

c) **Aditivos, servicios e insumos.** Para vehículos de motor, maquinaria pesada se usaran Aceites, Anticongelantes, Aceites lubricantes, Diésel y Gasolina; serán de marcas comerciales y se conseguirán en sitios autorizados, la adición se realizará periódicamente. Los materiales para la construcción de la obra serán de sitios autorizados y se resguardarán de las inclemencias del tiempo en las bodegas temporales. El agua será el principal servicio ambiental a utilizar, se requerirán pipas de agua en sitios autorizados, de esta manera se abastecerán los tinacos necesarios en el trazo y para el personal en general. La energía eléctrica será proporcionada por una planta generadora de luz. El combustible para los vehículos será abastecido desde los establecimientos autorizados.

d) **Instalaciones**. Se tiene contemplada la instalación de una bodega, a base de láminas y polines, así como un almacén del mismo material. Estos se irán desplazando a medida que el proyecto avance, se prefiere que se ubiquen cercano al poblado Seri, de manera que, el personal encuentre de manera inmediata los víveres necesarios. Al acercarse la etapa final y al dejar de requerirse, las bases de las cuales fueron instalados podrán ser donados a la comunidad, por ejemplo las láminas y polines.

e) **Requerimiento de personal**. Además del personal en obra civil: Residentes de obra, auxiliares, Topógrafos, Supervisores, será necesario personal operativo (cadeneros, veladores, albañiles). Por otro lado, se contará con Supervisores Ambientales y especialistas en flora y fauna, así como colaboradores, para una mejor organización y cumplimiento de condiciones en las medidas de mitigación.

f) **Equipo, herramientas y artículos en general**. Equipo de topografía, machetes, picos, palas y algunos cinceles. Pinturas de aceite, en recipientes tipo espray. Mecates y cuerdas resistentes. Equipos de protección personal y de primeros auxilios. Bolsas para depósito de residuos y camillas de arena para depósitos de residuos peligrosos.

g) **Servicios**. El agua será el principal servicio a utilizar, se requerirán pipas de agua en sitios autorizados, de esta manera se abastecerán los tinacos necesarios en el trazo y para el personal en general. La energía eléctrica será proporcionada por una planta generadora de luz. El combustible para los vehículos será abastecido desde los sitios

establecidos.

h) **Requerimiento de personal**. Además del personal en obra civil: Residentes de obra, auxiliares, Topógrafos, Supervisores, será necesario personal operativo (cadeneros, veladores, albañiles). Por otro lado, se contará con Supervisores Ambientales y especialistas en flora y fauna, así como colaboradores, para una mejor organización y cumplimiento de condiciones en las medidas de mitigación.

II.2.4 Desmantelamiento y abandono de las instalaciones

En términos prácticos, la infraestructura carretera de este tipo se concibe como una obra de interés social y de utilidad pública, destinada a sostener la conectividad y el acceso seguro entre localidades, por lo que normalmente permanece en operación mediante acciones periódicas de conservación y mantenimiento. No obstante, para efectos de una evaluación ambiental integral y conforme a lo solicitado en la Guía, se incorpora el escenario de abandono como un supuesto técnico-administrativo de fin de vida útil (≈30 años), describiendo de manera preventiva las actividades programables para el retiro total de la infraestructura y la rehabilitación ambiental del sitio, en caso de que, por decisiones de planeación, sustitución de trazo o condiciones extraordinarias se determine su desmantelamiento.

Para esta MIA, la etapa de abandono se entiende como el conjunto de actividades programadas al final de la vida útil del proyecto (retiro de infraestructura carretera), orientadas al retiro integral de la infraestructura carretera (calzada, terraplenes, obras complementarias y elementos de seguridad vial), la rehabilitación del sitio y la restitución de condiciones ambientales compatibles con el Sistema Ambiental Regional (SAR). El abandono no implica la desatención del área, sino una intervención planificada para eliminar pasivos ambientales, controlar procesos erosivos y favorecer la recuperación de la cobertura vegetal y de las funciones ecológicas locales.

Programa tentativo de abandono

El programa se estructurará de manera secuencial para minimizar afectaciones y asegurar el control ambiental durante el desmantelamiento:

1. Planeación y preparación para el cierre

- Integración del Plan de Abandono y Restauración, con cronograma, responsables y metas verificables.
- Actualización del diagnóstico ambiental de referencia (condiciones de suelo, drenaje, estabilidad de taludes, cobertura vegetal) para definir objetivos de restitución.
- Delimitación de áreas de trabajo y rutas de acceso temporal, privilegiando el uso de la misma franja previamente impactada para evitar nueva afectación.

2. Desmantelamiento de infraestructura

- Retiro de señalamientos, dispositivos de control vial, elementos metálicos o de concreto accesorio.
- Demolición y retiro de la carpeta de rodamiento (pavimento de concreto hidráulico), mediante procedimientos controlados para minimizar generación de partículas y dispersión de residuos.
- Retiro o desmantelamiento de componentes del terraplén y estructuras asociadas cuando proceda, con manejo diferenciado de materiales (aprovechables, inertes y no aprovechables).
- Desmantelamiento selectivo de obras de drenaje, priorizando mantener condiciones hidráulicas estables durante los trabajos para evitar encauzamientos súbitos o erosión.

3. Rehabilitación geomorfológica e hidráulica

- Reperfilado del terreno para restituir pendientes y microrelieves compatibles con el entorno (nivelaciones y transiciones suaves), evitando concentraciones de escurrimiento.
- Reconformación de cauces y pasos naturales donde aplique, asegurando continuidad del patrón de drenaje.
- Implementación de obras de control de erosión (p. ej., disipadores, bordos de retención, estabilización de taludes y cunetas en proceso de cierre) hasta lograr estabilidad física.

4. Restitución y compensación con restauración ecológica

- Recuperación de suelo: extensión de suelo superficial rescatado (cuando exista), incorporación de materia orgánica/condicionadores si se requiere para favorecer infiltración y establecimiento vegetal.
- Revegetación con especies nativas del entorno, con densidades y arreglos orientados a recuperar cobertura y funcionalidad (protección contra erosión, hábitat, conectividad local).
- En caso de requerirse compensación adicional por pérdida de vegetación, ésta se implementará mediante acciones equivalentes en superficies acordadas con la autoridad, privilegiando restauración/rehabilitación de áreas degradadas del SAR.

5. Cierre administrativo y monitoreo post-abandono

- Ejecución de monitoreo posterior al cierre para verificar: estabilidad física, control de erosión, desempeño de revegetación y ausencia de contaminación residual.
- Reporte técnico de cierre con evidencia documental y resultados analíticos.

Medidas de rehabilitación, compensación y restitución (incluye restauración ecológica)

Las medidas se orientan a tres ejes: (i) estabilidad del terreno y control de erosión, (ii) restitución hidrológica (drenaje e infiltración), y (iii) recuperación de la cobertura vegetal y funciones ecológicas.

- Rehabilitación: reprofilado, descompactación selectiva en áreas intervenidas, estabilización de taludes y superficies expuestas, control de cárcavas y arrastre de finos.
- Restitución: restablecimiento del patrón de drenaje y de las condiciones de infiltración en la medida en que la geomorfología y los materiales lo permitan; eliminación de barreras artificiales.
- Compensación: aplicación de medidas compensatorias cuando persistan impactos no restituibles totalmente (p. ej., pérdida de cobertura vegetal), mediante restauración en áreas equivalentes o de valor ambiental dentro del SAR, siguiendo criterios de equivalencia ecológica y funcional.

Posibles usos posteriores del área

Una vez retirada la infraestructura y estabilizado el terreno, los usos potenciales del área se limitarán a aquellos compatibles con la vocación del SAR y con la condición del predio, tales como:

- Recuperación a condición de corredor natural/vegetación nativa con función de conectividad local.
- Uso de bajo impacto para tránsito ocasional no motorizado o de servicios comunitarios, si es socialmente pertinente y ambientalmente viable.
- Áreas de conservación/restauración, particularmente en tramos con mayor susceptibilidad a erosión o donde la revegetación aporte beneficios hidrológicos.

La definición del uso final se establecerá con base en la condición ambiental alcanzada, la planeación local y los acuerdos con actores sociales y autoridad competente.

Posibles cambios en el área de influencia como consecuencia del abandono

- El abandono puede inducir cambios relevantes, entre ellos:
- Reducción del flujo vehicular y, con ello, disminución de emisiones, ruido y riesgo de atropellamiento de fauna; en contraste, pérdida de conectividad vial y posibles impactos socioeconómicos por menor accesibilidad.
- Reconfiguración de rutas de movilidad regional hacia alternativas existentes.
- Recuperación progresiva de cobertura vegetal y hábitat, con aumento gradual de estabilidad del suelo y mejora de condiciones microambientales en la franja intervenida,

siempre que las medidas de restauración sean efectivas.

Verificación de ausencia de contaminantes en sitio e infraestructura desmantelada

Para asegurar que el sitio y los materiales retirados no constituyan una fuente de contaminación, se aplicarán procedimientos de verificación como:

- Inspección ambiental previa y durante el desmantelamiento para identificar manchas, olores, evidencias de hidrocarburos, residuos peligrosos o materiales con manejo especial.
- Muestreo dirigido (cuando se identifiquen indicios) de suelos en zonas de mayor probabilidad de afectación (puntos de mantenimiento, almacenamiento temporal, derrames) para analizar hidrocarburos y parámetros relevantes conforme a normatividad aplicable.
- Caracterización de residuos de demolición para definir si son inertes/aprovechables o requieren manejo especial.
- Liberación de sitio condicionada a resultados: de detectarse contaminación, se aplicarán acciones de remediación y verificación posterior.

Manejo, forma y sitio de disposición final de residuos del abandono

Los residuos derivados del retiro de la infraestructura se manejarán con segregación en sitio, acopio temporal controlado y disposición final conforme a su naturaleza:

- Residuos de construcción y demolición (RCD): concreto hidráulico, material pétreo, subbase/base y suelos de excavación. Se priorizará su aprovechamiento (trituración/reciclaje como material de relleno o subbase) cuando sea técnica y normativamente viable; el remanente se dispondrá en sitios autorizados.
- Metales y señalamiento: recuperación y envío a reciclaje mediante gestores autorizados.
- Residuos con manejo especial (si aplica): materiales asfálticos u otros, conforme a la regulación local y a los lineamientos aplicables.
- Residuos peligrosos (si se generan): aceites usados, trapos contaminados, filtros, envases de sustancias; se almacenarán en contenedores compatibles, etiquetados, bajo resguardo, y se entregarán a empresa autorizada para transporte y disposición final.
- Residuos sólidos urbanos: manejo ordinario mediante servicio autorizado o disposición municipal.

Como parte del cierre, se integrará un expediente de trazabilidad (bitácoras, manifiestos, certificados de disposición y reportes fotográficos) para acreditar el manejo adecuado de los residuos y el cumplimiento de las medidas de rehabilitación y restitución.

II.2.5 Residuos

La ejecución del proyecto implica la generación de residuos y emisiones asociados principalmente al tránsito y operación de maquinaria, movimiento de tierras, preparación de mezclas y actividades auxiliares del personal. En congruencia con un enfoque de gestión integral, el manejo se organizará por etapas del proyecto (preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento y, en su caso, abandono) y por tipo de residuo (sólidos urbanos, de manejo especial, peligrosos y líquidos), privilegiando la prevención en la fuente, la segregación, el almacenamiento temporal seguro, la recolección y el transporte por prestadores autorizados, así como la disposición final en sitios autorizados por la autoridad competente. Hacia el escenario de abandono (retiro total de la infraestructura al final de su vida útil), la generación de residuos tenderá gradualmente a disminuir, hasta alcanzar valores cercanos a cero una vez concluidas las actividades de limpieza, retiro y rehabilitación del sitio.

A continuación, se describen los principales flujos de residuos y emisiones, así como su manejo y destino.

1) Residuos sólidos urbanos (RSU)

Tipo: sólidos orgánicos e inorgánicos (principalmente inorgánicos).

Origen: actividades del personal, campamento/áreas de apoyo, frentes de obra y tránsito.

Composición esperada: envases y empaques (plásticos y aluminio), cartón/papel, residuos orgánicos en baja proporción.

Manejo:

- Colocación de recipientes con tapa en puntos estratégicos (frente de obra y áreas de apoyo) y promoción de segregación básica (orgánico/inorgánico) cuando sea viable.
- Recolección periódica (p. ej. semanal o conforme a la generación real) y traslado al sitio de disposición final autorizado que determine la autoridad municipal/competente o el prestador del servicio.
- **Disposición final:** sitio autorizado (relleno sanitario o equivalente), con trazabilidad básica de volúmenes y evidencias de entrega cuando aplique.

2) Residuos de manejo especial (RME)

Tipo: sólidos inorgánicos y orgánicos no peligrosos, de origen constructivo.

Origen principal: desmonte y despalme, nivelaciones, excavaciones, conformación de terraplén, preparación/colado de concreto, limpieza de frentes.

Ejemplos y manejo específico:

- **Material vegetal (restos de desmonte):** acopio temporal controlado; en caso de ser viable y autorizado, aprovechamiento local (p. ej. como leña/madera en matorrales leñosos) bajo criterios de seguridad y sin promover combustión a cielo abierto; el remanente se destinará a sitios autorizados o a acciones de rehabilitación/revegetación donde técnicamente proceda.

- **Materiales pétreos y terrígenos excedentes:** priorizar su **reutilización** dentro de la obra (terraplenes, conformación, subrasante), minimizando extracción y transporte; los sobrantes se manejarán en sitios autorizados para disposición o, cuando proceda, podrán destinarse a acciones de rehabilitación física en áreas degradadas (por ejemplo, frentes de bancos agotados), siempre con autorización y control.

- **Residuos de concreto (sobrantes y retornos):** manejo como RME; evitar descargas al suelo; acopio en área designada para su fraguado y retiro; disposición final en sitio autorizado o reciclaje si existe cadena disponible.

- **Disposición final:** sitios autorizados para RME o aprovechamiento/reciclaje cuando aplique, con control documental básico (volúmenes y destino).

3) Residuos peligrosos (RP)

Tipo: sólidos y líquidos peligrosos (CRETIB, según corresponda).

Origen principal: mantenimiento menor de maquinaria/vehículos (aceites usados, filtros, estopas y trapos contaminados, envases con residuos de hidrocarburos, lubricantes), y potencialmente residuos de pinturas/solventes para señalamiento (si aplican).

Manejo:

- Segregación en el punto de generación y **almacenamiento temporal** en contenedores etiquetados, cerrados, en área impermeabilizada, con contención secundaria y protegida de lluvia/escurrimientos.

- Bitácora de generación y movimientos (fecha, tipo, cantidad estimada, responsable).

- Entrega a **empresa autorizada** para recolección, transporte y disposición final/valorización, manteniendo la trazabilidad (manifiestos o comprobantes de entrega conforme aplique).

- **Disposición final:** instalaciones autorizadas (tratamiento, reciclaje/valorización o disposición final) conforme a la normatividad aplicable y a la autorización del prestador.

4) Residuos líquidos y sanitarios

Tipo: aguas residuales sanitarias y aguas grises (no industriales).

Origen: higiene del personal (lavado de manos), sanitarios portátiles o secos; no se contempla el uso de agua como insumo principal de proceso, salvo para mezclas puntuales de concreto.

Manejo:

- Instalación de sanitarios portátiles o secos mediante prestador autorizado, con servicio de recolección y disposición conforme a la normatividad y capacidades locales.

- Para agua de lavado de manos, uso de contenedores (p. ej. tinacos) en puntos definidos y manejo controlado del residual, evitando descargas directas a cauces, zonas de escurrimiento concentrado o suelos susceptibles; cuando se requiera, la disposición se realizará por prestador autorizado o en sitios permitidos por la autoridad competente.

- En el caso del concreto, el consumo de agua se limitará a la preparación de mezclas, evitando derrames y fugas; la limpieza de equipos se efectuará en áreas designadas, evitando infiltración de lechadas al suelo.

- **Disposición final:** tratamiento/descarga mediante prestadores autorizados o conforme a lo que determine la autoridad competente, documentando servicios y bitácoras.

Infraestructura para el manejo y la disposición adecuada de los residuos

Para asegurar un manejo integral y una disposición final ambientalmente adecuada de los residuos generados por el proyecto, se considerará la infraestructura disponible en la localidad y a escala regional (municipal y estatal), así como la oferta de servicios autorizados para recolección, transporte, tratamiento, valorización y disposición final. Dado que el proyecto se localiza en una zona con cobertura de servicios urbanos limitada, el esquema operativo se sustenta en: (i) almacenamiento temporal seguro en el frente de obra y áreas de apoyo, (ii) retiro programado por prestadores de servicios autorizados y (iii) disposición en instalaciones autorizadas fuera del polígono del proyecto, conforme a la normatividad aplicable y a lo que

determinen las autoridades competentes.

En este sentido, la infraestructura y servicios a considerar se agrupan por tipo de residuo:

1. Residuos sólidos urbanos (RSU)

- Infraestructura requerida: servicio municipal o concesionado de recolección; relleno sanitario o sitio de disposición final autorizado.
- Esquema propuesto: acopio en contenedores con tapa y retiro periódico; entrega a la ruta/servicio autorizado; disposición en relleno sanitario autorizado.
- Suficiencia: se verificará que el relleno sanitario y el servicio de recolección cuenten con capacidad operativa para recibir los volúmenes del proyecto sin comprometer la operación regular (frecuencia, rutas, horarios y restricciones de recepción).

2. Residuos de manejo especial (RME)

- Infraestructura requerida: sitios autorizados para recepción de RME (p. ej., escombro, excedentes de material pétreo/terrígeno y residuos de concreto), centros de acopio/valorización (si existen) y bancos/sitios de tiro autorizados por la autoridad competente.
- Esquema propuesto: segregación y acopio temporal; priorización de reutilización dentro de la obra cuando sea técnica y ambientalmente procedente; retiro de excedentes por transportista autorizado hacia sitios de tiro/recepción autorizados o cadenas de reciclaje/valorizaciones disponibles.
- Suficiencia: se validará que los sitios autorizados tengan capacidad de recepción y que su operación no implique impactos secundarios (p. ej., tiraderos no controlados o disposición clandestina).

3. Residuos peligrosos (RP)

- Infraestructura requerida: empresas autorizadas para recolección y transporte; instalaciones autorizadas para acopio, tratamiento, reciclaje/valorización (p. ej., aceites usados) o disposición final; disponibilidad de contenedores certificados y, cuando aplique, manifiestos o comprobantes de entrega.
- Esquema propuesto: almacenamiento temporal en área impermeabilizada con contención secundaria, señalización y control; retiro por empresa autorizada bajo trazabilidad documental hasta su tratamiento o disposición final.

- Suficiencia: se verificará la cobertura del servicio (tiempos de respuesta, frecuencia de recolección) y la capacidad de recepción de las instalaciones autorizadas para los flujos estimados (aceites, filtros, estopas contaminadas, envases con residuos, etc.).

4. Aguas residuales sanitarias y líquidos asociados

- Infraestructura requerida: servicio de sanitarios portátiles o secos con retiro y disposición por empresa autorizada; disponibilidad de planta municipal de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y/o disposición autorizada (según aplique); alternativas de manejo cuando no exista red de drenaje.

- Esquema propuesto: contratación de prestador autorizado para sanitarios portátiles/secos; retiro programado del contenido y disposición/tratamiento en instalaciones autorizadas.

- Suficiencia: se corroborará que la empresa prestadora cuente con rutas y capacidad para atender la demanda del proyecto y que la disposición final se realice en infraestructura autorizada.

5. Emisiones a la atmósfera (control operativo, no “disposición”)

   Si bien las emisiones no se “disponen” en infraestructura, se considera como soporte la disponibilidad regional de: mantenimiento vehicular, suministro de combustibles, y servicios de mantenimiento preventivo para asegurar condiciones operativas adecuadas y minimizar emisiones y opacidad, particularmente durante preparación del sitio y construcción.

II.2.6 Generación de gases efecto invernadero

II.2.6.1 Identificar por etapas del proyecto, en su caso las fuentes generadoras de gases de efecto invernadero.

El análisis de GEI para este proyecto adopta un enfoque de ciclo de vida, reconociendo que la infraestructura carretera es uno de los principales contribuyentes a las emisiones antropogénicas. Se evalúa la transición desde la condición actual (brecha Tipo E) hacia una carretera modernizada (Tipo D), considerando que, si bien la construcción genera un pico de emisiones, la eficiencia operativa futura busca optimizar el flujo vehicular.

A continuación, se detallan las actividades que, durante los 24 meses de ejecución y la posterior

operación, inciden en la liberación de compuestos como CO_2, CH_4 y N_2O:

1. Etapa de Preparación del Sitio

- **Pérdida de reservorios de carbono:** La remoción de matorral desértico y mezquital xerófilo provoca la liberación del carbono almacenado en la biomasa aérea y radicular. Al estar el ETJ en proceso de evaluación, esta fuente se considera un impacto potencial directo por cambio de uso de suelo.
- **Emisiones por maquinaria ligera:** Uso de motosierras, desbrozadoras y vehículos de transporte de personal para las labores de rescate de flora y fauna.

2. Etapa de Construcción

Esta es la fase de mayor intensidad energética, donde la combustión de diésel en maquinaria pesada es la fuente predominante.

- **Movimiento de tierras y terracerías:** Operación continua de tractores (D6/D8), excavadoras, motoconformadoras y vibrocompactadores. El esfuerzo mecánico para los cortes y terraplenes necesarios para alcanzar las especificaciones de una carretera Tipo D genera altas tasas de emisión de CO_2.
- **Logística de materiales pétreos:** El acarreo de materiales desde los bancos implica el ciclo constante de camiones de volteo, cuyas emisiones son proporcionales a la distancia y carga transportada.
- **Producción y tendido de mezcla asfáltica:** El uso de plantas de asfalto (combustión para calentamiento de agregados) y petrolizadoras libera precursores de GEI y compuestos orgánicos volátiles (COV).

3. Etapa de Operación y Mantenimiento

- **Fuentes móviles:** El flujo vehicular de la carretera Tipo D es la fuente de emisión a largo plazo. No obstante, la modernización permite una velocidad de crucero más constante, lo que reduce las emisiones por "frenado y arranque" comunes en caminos Tipo E en mal estado.
- **Mantenimiento mayor:** Uso de maquinaria para el bacheo profundo, renivelaciones y mantenimiento de estructuras de drenaje cada ciclo de 5 a 10 años.

Tabla II. 21 Principales fuentes generadoras de gases de efecto invernadero.

Etapa	Actividad Específica	Fuente Técnica	Potencial de Emisión
Preparación	Desmonte	Cambio de uso de suelo (Biomasa)	Alto (Pérdida de sumidero)
Construcción	Cortes, terraplenes y compactación	Combustión interna (Diésel) - Maquinaria pesada	Alto (Emisiones directas)
Construcción	Pavimentación (Mezcla asfáltica)	Procesos térmicos y maquinaria	Medio-Alto
Operación	Tránsito de vehículos ligeros y carga	Fuentes móviles (Combustión)	Continuo (Dependiente del TDPA)
Mantenimiento	Conservación periódica	Maquinaria y transporte de materiales	Bajo-Moderado

II.2.6.2 Determinación de los gases de efecto invernadero que se generaran durante las diferentes etapas del proyecto, como sea el caso de vapor de agua, C02, CH4, N20, CFC, O3, entre otros

La identificación de los GEI generados por el proyecto se fundamenta en los procesos de combustión interna de la maquinaria, las emisiones fugitivas durante la pavimentación y la alteración de los ciclos biogequímicos por el cambio de uso de suelo. A continuación, se determinan los gases específicos:

A. Bióxido de Carbono (CO_2)

Es el gas de mayor relevancia volumétrica para el proyecto. Se generará de forma intensiva durante los meses de construcción debido a la quema de diésel en tractores, excavadoras y camiones de volteo. Asimismo, la remoción de la vegetación forestal provoca una liberación inmediata de CO_2 por la oxidación de la biomasa. En la etapa operativa, el flujo vehicular constante mantendrá una emisión sostenida de este gas.

B. Metano (CH_4) y Óxido Nitroso (N_2O)

Estos gases, con un potencial de calentamiento global muy superior al **CO_2**, son subproductos de la combustión incompleta y de los procesos de post-combustión en los motores de la maquinaria pesada y el transporte de materiales. Su generación es crítica en las fases de movimiento de tierras y pavimentación, donde la maquinaria opera bajo altas cargas de esfuerzo.

C. Vapor de Agua (H_2O)

Aunque es un constituyente natural de la atmósfera, el vapor de agua es un producto directo de la combustión de hidrocarburos. Se generará de forma constante en el escape de los motores y durante la aplicación de riegos de liga o carpetas asfálticas calientes, donde la evaporación del agua de compactación contribuye localmente a esta emisión.

D. Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) y Ozono Troposférico (O_3)

Durante la etapa de pavimentación con mezcla asfáltica, se liberan hidrocarburos que, al reaccionar con la radiación solar y los óxidos de nitrógeno (NO_x) emitidos por el escape de las máquinas, favorecen la formación de ozono a nivel de suelo (O_3), el cual actúa como un gas de efecto invernadero de vida corta.

E. Gases Fluorados (CFC, HFC)

No se prevé la generación de Clorofluorocarbonos (CFC), dado que su uso está restringido.

Tabla II. 22 GEI por Componente y Actividad

Gas de Efecto Invernadero	Fuente de Generación	Etapa del Proyecto	Impacto Potencial
Bióxido de Carbono (CO_2)	Combustión de diésel y pérdida de biomasa vegetal.	Preparación, Construcción y Operación.	Medio-Alto (Principal contribuyente).
Metano (CH_4)	Combustión incompleta en motores de maquinaria pesada.	Construcción.	Bajo-Medio (Alto potencial de calentamiento).
Óxido Nitroso (N_2O)	Reacción térmica en sistemas de escape de camiones.	Construcción y Operación.	Bajo-Medio.
Vapor de Agua (H_2O)	Evaporación en asfalto y subproducto de combustión.	Construcción.	Localizado.
Ozono (O_3)	Reacción fotoquímica de precursores (NO_x y COV).	Construcción y Operación.	Indirecto / Local.

III. VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTO JURÍDICO APLICABLE Y EN SU CASO, CON LA REGULACION DEL USO DEL SUELO.

Una de las metas en el estudio de impacto ambiental es la concordancia entre los instrumentos legislativos y normativos, con los de campo, de manera que exista una vinculación fundamentada, el cual como se irá describiendo, no se contrapone a regla, ley o normativa existente. Por ello, este capítulo tiene la premisa de analizar el grado de concordancia; con el fin de asegurar la sustentabilidad en el desarrollo del proyecto y entrega de la obra. Lo anterior además para que las autoridades y la Ciudadanía en general dispongan de los elementos necesarios para evaluar, opinar y ejercer los derechos y obligaciones que promuevan las garantías a un medio ambiente sano, progresista, inclusivo y sustentable; sobre todo en aquellas zonas con mayor rezago e índice de pobreza. Para estar en contexto y tener una ruta clara de los instrumentos normativos y de planeación, se comienza con la presentación de los elementos que la integran y posteriormente su vínculo con cada una de ellas, a partir de su jerarquía.

No obstante, lo anterior, a manera de referencia, y antes de entrar en materia, referente a la Organización Legal bajo la que se rige nuestro país, a continuación, se nombra como cita, lo indicado en el Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo y la Declaración de Naciones Unidad sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas, el cual señala el “apoyo a las comunidades indígenas que no gozan de Derechos y Garantías con base, en sus Leyes, Valores y Costumbres”, además:

“Recordando la particular contribución de los pueblos indígenas y tribales a la diversidad cultural, a la armonía social y ecológica de la humanidad y a la cooperación y comprensión internacionales; Observando que las disposiciones que siguen han sido establecidas con la colaboración de las Naciones Unidas, de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura y de la Organización Mundial de la Salud, así como del Instituto Indigenista Interamericano, a los niveles apropiados y en sus esferas respectivas, y que se tiene el propósito de continuar esa colaboración a fin de promover y asegurar la aplicación de estas disposiciones”.

Entrando en materia, el Sistema Jurídico Mexicano está conformado con base a su Jerarquía, por la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, a ella le siguen las Leyes Federales y/o Estatales, Reglamentos, Códigos, Acuerdos, normas oficiales mexicanas (NOM) los cuales establecen los lineamientos aplicables a cada materia; en nuestro país, la legislación en el área ambiental se establece como se indica en la Figura inferior.



Figura III. 1 Estructura Jerárquica Ambiental

Fuente: Principio establecidos en la Jurisprudencia

Siguiendo esta jerarquía, y siguiendo la línea de Autoridades, sólo por debajo de la Constitución Política de los Estado Unidas Mexicanos y después del Presidente de la República Mexicana, siguen las distintas Secretarías con sus respectivos Secretarios, dentro de los cuales participan en este contexto la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, órgano descentralizado, encargado de vigilar los estudios de esta naturaleza y de la cual también concurren las Normas que de ella se derivan.

La unidad de gestión ambiental para el proyecto de acuerdo a su naturaleza y características analizadas en el contexto jurídico aplicable, determinan que el mismo pertenecen a una obra de competencia Federal y es por ello que, el promovente lo somete a consideración de la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Derivado del análisis ambiental, partiendo de los órganos y ordenamiento legales aplicables al proyecto, disposiciones específicas, así como por distintos lineamientos, criterios, políticas, técnicas, métodos, fundamentos bibliográficos y otros elementos que confluyen en el desarrollo, compatibilidad, congruencia y resultado de la presente; permitirá enfocar propuestas específicas con las que el proyecto podrá cumplir con los objetivos de instrumentos jurídicos y de planeación que aplican directamente a la zona donde se ejecutará la obra.

La presente Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Regional, se presenta con la finalidad de dar cumplimiento a los artículos 28 primer párrafo fracción VII de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente; y 5° primer párrafo incisos O) fracción II del Reglamento de dicha Ley en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental. Con base en los análisis arriba indicados, a continuación, se citan las disposiciones aplicables al proyecto, en el marco de las Disposiciones jurídicas vinculantes.

III.1 ORDENAMIENTOS FUNDAMENTALES.

III.1.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

(Publicada en el Diario Oficial de la Federación: 5 de febrero de 1917. Ultima reforma DOF 06-06-2019).

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 5 de febrero de 1917, es la ley fundamental del Estado Mexicano. En ella establece los derechos, garantías y obligaciones esenciales de los ciudadanos y los gobernantes, se trata de la norma jurídica suprema y ninguna otra ley, precepto legal o disposición pueden contravenir lo que en ella se expresa.

Los artículos que inciden de manera general y durante la ejecución del proyecto:

a) **Artículo 2o**. "*Establece que para abatir las carencias y rezagos que afectan a los pueblos y comunidades indígenas, dichas autoridades, tienen la obligación de extender la red de comunicaciones que permita la integración de las comunidades, mediante la construcción y ampliación de vías de comunicación y telecomunicación*".

b) **Artículo 4o. "***Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley*".

Tabla III. 1 Vinculación de la CPEUM con el Proyecto.

Artículo constitucional	Contenido	Vinculación con el proyecto
Art. 2º (Pueblos y comunidades indígenas)	Obliga a las autoridades a abatir carencias y rezagos y, específicamente, a extender la red de comunicaciones para la integración de comunidades indígenas mediante construcción/ampliación de vías de comunicación.	El proyecto de construcción y modernización del camino fortalece la conectividad terrestre y la accesibilidad regional entre localidades (incluyendo el entorno indígena seri), reduciendo aislamiento y mejorando la integración territorial. Para asegurar la alineación sustantiva, se propone: (i) priorizar seguridad vial (señalamiento y condiciones de rodamiento), (ii) mantener accesos funcionales durante obra (desvíos señalizados y comunicación comunitaria), y (iii) considerar medidas de gestión social (información y atención de quejas) durante construcción y mantenimiento.
Art. 4º (Derecho a medio ambiente sano)	Reconoce el derecho a un medio ambiente sano; el daño o deterioro ambiental genera responsabilidad conforme a la ley.	La ejecución del proyecto se condiciona al cumplimiento de la MIA y la aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación para evitar o minimizar deterioro: manejo integral de residuos (RSU, manejo especial y peligrosos), control de emisiones/polvo, control de escurrimientos y erosión (incluidas obras de drenaje y control de erosión), y restauración/rehabilitación en abandono (retiro total de infraestructura al final de vida útil). Se propone además un Programa de Vigilancia Ambiental con seguimiento y control para verificar desempeño ambiental y corregir desviaciones oportunamente.

III.1.2 Plan Nacional de Desarrollo (2025 – 2030)

El Plan Nacional de Desarrollo 2025–2030 constituye el instrumento rector de la planeación del Gobierno de México para el periodo 2025–2030, en el que se establecen los ejes, objetivos y estrategias prioritarias orientadas a impulsar el bienestar social, el crecimiento económico con enfoque territorial y la sustentabilidad ambiental. En términos generales, el Plan integra una visión de desarrollo que promueve la conectividad y la movilidad como habilitadores del acceso a derechos y servicios, al tiempo que incorpora criterios de ordenamiento territorial, gestión integral de riesgos, mitigación y adaptación al cambio climático, prevención y control de la contaminación, economía circular y manejo sustentable del agua; por ello, la vinculación del proyecto se fundamenta en su contribución a mejorar la comunicación y accesibilidad regional con criterios de sostenibilidad, así como en la adopción de medidas de prevención, mitigación, seguimiento y restauración ambiental que aseguren la compatibilidad de las obras y actividades con la integridad del Sistema Ambiental Regional.

En términos de política pública, el proyecto se alinea con: (i) la mejora de movilidad y conectividad en contextos rurales mediante infraestructura accesible, segura y eficiente, y con criterios de sostenibilidad y reducción de riesgos (Objetivo 2.10 y Estrategias 2.10.1–2.10.4); (ii) el impulso a una economía con bienestar que reconoce la necesidad de infraestructura estratégica para una República mejor conectada (Eje General 3); y (iii) un enfoque de desarrollo sustentable orientado a prevenir y controlar contaminación, mitigar GEI, fortalecer resiliencia climática, ordenar el territorio y gestionar integralmente el agua (Objetivos 4.2, 4.3, 4.5 y 4.6, entre otros). En consecuencia, la ejecución del proyecto y su Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) pueden plantearse como instrumentos operativos para materializar dichas estrategias, particularmente en lo relativo a control de emisiones y polvo, manejo de residuos, prevención de contaminación de suelo/agua, diseño y mantenimiento de drenaje, y restauración/estabilización en etapas de cierre.

Tabla III. 2 Vinculación del PND con el Proyecto.

Eje / Objetivo / Estrategia (PND 2025–2030)	Contenido	Vinculación con el proyecto
Objetivo 3.7	Mejorar la movilidad de personas y mercancías mediante una red intermodal de infraestructura de transporte eficiente, sostenible y segura.	El proyecto moderniza infraestructura carretera para mejorar movilidad regional, acceso a servicios y conectividad económica, alineándose con el propósito de fortalecer la red de transporte y su desempeño territorial.
Estrategia 3.7.1	Incrementar conectividad entre regiones para mejorar acceso a comunidades aisladas e integrar ordenamiento territorial con movilidad sustentable, segura, accesible e incluyente.	El subtramo reduce aislamiento y tiempos de traslado entre localidades, y puede documentarse como medida de inclusión territorial al conectar comunidades con rutas y nodos de servicios (salud, educación, abasto) bajo un enfoque de seguridad vial.
Estrategia 3.7.2	Fomentar la construcción, modernización, conservación de infraestructura para garantizar movilidad con seguridad vial, accesibilidad, eficiencia, sostenibilidad, calidad, inclusión e igualdad.	Es la vinculación principal: la obra es una modernización del camino, e incorpora (a documentar en el proyecto) criterios de seguridad vial (señalamiento, obras de drenaje, conservación) y de sostenibilidad (manejo de escurrimientos, control de erosión, manejo de residuos).
Objetivo 2.10	Promover entornos públicos justos y adaptativos mediante planificación de espacios rurales y urbanos para reducir disparidades en acceso a oportunidades y servicios.	La carretera contribuye a reducir brechas socio-territoriales (acceso a servicios y oportunidades). La MIA puede explicitar cómo la conectividad mejora condiciones de acceso y reduce aislamiento estructural.
Estrategia 2.10.1	Dotar de infraestructura para movilidad y transporte que facilite tránsito accesible, sostenible, seguro y eficiente, priorizando intermodalidad en ámbitos urbanos y rurales.	El proyecto se alinea por ser infraestructura rural que facilita tránsito de personas y bienes. En la alineación se recomienda incorporar/explicitar: gestión de tránsito en obra, señalamiento temporal, y diseño con enfoque de seguridad y accesibilidad.
Estrategia	Impulsar infraestructuras	La MIA puede vincularse mediante medidas

2.10.4	sostenibles que mitiguen riesgos y contribuyan a adaptación y mitigación del cambio climático, especialmente en zonas vulnerables.	concretas: obras de drenaje, control de erosión, estabilización de taludes/escorrentías, y mantenimiento para reducir vulnerabilidad ante eventos pluviales extremos y degradación de la vía.
Eje Transversal 3 / Estrategia T3.6.6	Fortalecer y expandir la red de comunicación terrestre, priorizando caminos artesanales, para integración regional de pueblos y comunidades indígenas y afromexicanas y acceso a servicios.	Dada la localización en territorio/comunidades vinculadas al pueblo Seri, el proyecto se alinea si se implementa y documenta: enfoque de beneficio social, mecanismos de participación comunitaria, y medidas para facilitar acceso a servicios (salud, educación, empleo) mediante conectividad terrestre.
Eje General 4: Desarrollo sustentable	Desarrollo con equilibrio social-económico-ambiental, justicia ambiental, reducción de huella ecológica y protección de ciclos naturales.	La vinculación se sustenta en que la obra debe ejecutarse con control ambiental, minimización de afectaciones y programas de mitigación/compensación (p. ej., restauración biológica con control de erosión), justificando que el beneficio social se acompaña de salvaguardas ambientales.
Estrategia 4.3.3	Promover economía circular para optimizar recursos, mejorar gestión de residuos y prevenir contaminación.	Alinear mediante: separación y manejo integral de residuos, aprovechamiento de materiales (cuando proceda), control de residuos de manejo especial y trazabilidad de residuos peligrosos, evitando disposición inadecuada.
Estrategia 4.3.4	Fortalecer prevención y control de la contaminación para proteger salud y preservar ambiente sano.	Alinear mediante: controles de polvos, emisiones, ruido, prevención de derrames, y buenas prácticas en obra; y en operación, conservación/mantenimiento para prevenir contaminación por residuos y sustancias asociadas al tránsito.

III.1.3 Plan Estatal de Desarrollo (PED), Sonora 2021 – 2027.

El Plan Estatal de Desarrollo de Sonora 2021–2027 establece como eje transversal el fortalecimiento del bienestar y la competitividad regional mediante inversiones públicas que mejoren la conectividad, el acceso a servicios y la seguridad de las personas, particularmente en territorios con rezagos de infraestructura. En ese marco, el proyecto, se alinea de manera directa con la lógica de desarrollo territorial del Plan, al incrementar la funcionalidad de la red vial y mejorar la accesibilidad entre localidades y nodos de actividad económica y social.

La vinculación se fortalece al considerar que el proyecto no solo incorpora la obra principal, sino también un enfoque de gestión ambiental y operativa consistente con el Plan: (i) reducción de tiempos y costos de traslado y mejora de la seguridad vial mediante una superficie de rodamiento formal y señalización; (ii) continuidad de la comunicación durante la etapa constructiva mediante desvíos y medidas de gestión de tránsito; y (iii) implementación de medidas preventivas y de mitigación integradas en el Programa de Vigilancia Ambiental, para asegurar que la modernización de infraestructura ocurra con control de impactos (polvos, ruido, residuos, erosión y escurrimientos) y con seguimiento verificable en operación y mantenimiento.

Tabla III. 3 Vinculación del Plan Estatal de Desarrollo con el Proyecto

Eje / Objetivo / Estrategia (PED Sonora 2021–2027)	Contenido	Vinculación con el proyecto
Estrategia: “Impulsar proyectos que potencialicen el desarrollo económico y la conectividad de las regiones del estado…”	Plantea impulsar conectividad para consolidar acceso a mercados; incluye línea de acción de plan integral de conectividad logística.	El camino modernizado fortalece la conectividad terrestre local–regional, reduciendo fricciones por condiciones deficientes del camino actual (polvos, erosión, falta de drenaje) y ordenando el tránsito en una vía formal, lo que es consistente con el objetivo de mejorar conectividad regional.
Línea de acción: “Gestionar la pavimentación de los caminos de terracería y la modernización de las carreteras…”	Busca pavimentación de terracerías, modernización carretera y periféricos para facilitar flujo de personas y productos.	El proyecto consiste precisamente en modernizar un camino existente mediante terracerías, obras de drenaje, pavimentos (concreto hidráulico) y señalamiento, alineándose de forma directa con esta línea de acción (pavimentación, modernización para facilitar movilidad y flujo).
Línea de acción: “Rehabilitar caminos rurales para potenciar la comercialización de productos y subproductos regionales”	Rehabilitación de caminos rurales como habilitador económico-territorial.	La obra mejora accesibilidad y confiabilidad del traslado en un entorno rural; al reducir interrupciones (p.ej., por lluvias/arrastre y condiciones irregulares de rodamiento) favorece movilidad de personas y bienes y, por tanto, habilita actividades productivas y acceso a servicios.
Estrategia de movilidad y transporte con énfasis en bienestar y grupos prioritarios (incluye comunidades indígenas)	Propone un modelo integral de movilidad/seguridad vial y accesibilidad, con atención a poblaciones prioritarias, incluyendo comunidades indígenas.	El proyecto incorpora criterios de seguridad vial y conectividad como objetivos explícitos; su ejecución en territorio de influencia indígena fortalece condiciones de movilidad y acceso, consistente con el enfoque de accesibilidad y bienestar para comunidades indígenas señalado por el PED.
Diagnóstico carretero: necesidad de modernización/conservación y mantenimiento de carreteras	El PED reconoce la necesidad de modernizar, conservar y mantener carreteras para mejorar fluidez, reducir costos y promover crecimiento; también plantea programas de mantenimiento y rehabilitación.	La modernización del tramo y su mantenimiento programado se alinean con el diagnóstico: mejorar condiciones de tránsito, reducir costos/tiempos por deficiencias del camino y sostener el desempeño mediante mantenimiento, reforzando el componente de conservación/mantenimiento carretero promovido por el PED.
(Alineación ambiental complementaria) Conservación forestal y fauna silvestre / protocolos	Incluye impulsar conservación forestal y de fauna silvestre mediante regulaciones/protocolos (en el contexto de	Aunque el proyecto es de infraestructura, la vinculación se materializa mediante el cumplimiento ambiental (MIA), delimitación de frentes, rescate/reubicación cuando aplique y medidas de prevención/mitigación para

	actividades productivas y uso de suelo).	minimizar afectación a vegetación/hábitat en el derecho de vía, coherente con la orientación del PED a incorporar protocolos de conservación en intervenciones territoriales.

III.1.4 Plan Municipal de Desarrollo de Pitiquito: 2019-2021

El Plan Municipal De Desarrollo 2019–2021 está basado en una planeación que contiene los elementos que establece el plan Nacional de Desarrollo, y el Plan Estatal de Desarrollo, permitiendo avanzar hacía las metas Nacionales y Estatales logrando con ello ser un Municipio integrado. “Integra y expresa líneas de acción, programas y objetivos consistentes, el conocimiento y análisis completo de nuestra realidad, a fin de estar en condiciones de implementar políticas coherentes con las fortalezas y debilidades”. Dentro de los ejes rectores, hay una diversificación hacía un Municipio de: Vanguardia, Participativo, Seguro, Saludable, Confiable y Competitivo. A continuación, se describe el eje rector que vincula con el proyecto:

Tabla III. 4 Vinculación con el Plan Municipal de Desarrollo de Pitiquito.

Eje (PMD Pitiquito)	Objetivo	Estrategia	Línea de acción	Vinculación con el proyecto
Eje I. Municipio competitivo	Consolidar la competitividad con infraestructura, que contemple un programa integral de vialidad.	Vigilar la aplicación y el cumplimiento de leyes en materia de construcción.	Construcción de la carretera hacia El Desemboque de los Seris y al resto de las comunidades rurales con la cabecera municipal.	El proyecto consolida la conectividad vial El Desemboque–cabecera municipal, materializando el programa integral de vialidad. Su ejecución se alinea con la aplicación y cumplimiento de la normatividad de construcción y la normatividad ambiental mediante la MIA-R, medidas de prevención/mitigación y el Programa de Vigilancia Ambiental (PVA).
Eje VI. Municipio competitivo	Mejorar la calidad de vida de la población, para el desarrollo de la actividad turística.	Promover oportunidades de inversión, identificando nuevas oportunidades en desarrollo no existentes.	Realizar gestiones para el mantenimiento permanente de la red de caminos y carreteras del Municipio.	El proyecto fortalece la red carretera municipal y facilita la movilidad y accesibilidad a localidades costeras, con efectos positivos sobre calidad de vida y condiciones habilitantes para turismo e inversión. Además, incorpora un enfoque de operación y mantenimiento (mantenimiento de cuerpo carretero, señalización e infraestructura periódica) consistente con la gestión de mantenimiento permanente indicada en la línea de acción.

III.2 LEGISLACIÓN AMBIENTAL QUE ESTABLECE LA REGULACIÓN DE ACTIVIDADES EN EL PROYECTO

III.2.1 Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA)

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) establece el marco rector de la política ambiental federal y define el procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) como el mecanismo preventivo mediante el cual la autoridad fija condiciones para la ejecución de obras y actividades que puedan provocar desequilibrio ecológico o rebasar límites permisibles. En el caso del proyecto carretero (vía general de comunicación) y considerando que existe CUSTF en una porción del polígono (zonas áridas/vegetación forestal), el proyecto se alinea al supuesto de obras que requieren autorización previa en materia de impacto ambiental, incorporando medidas para evitar o reducir al mínimo los efectos negativos en los ecosistemas y sus elementos.

En congruencia con los principios de política ambiental de la LGEEPA, el promovente asume la obligación de prevenir, minimizar o reparar los daños ambientales y de internalizar los costos de la afectación ambiental; esto se instrumenta mediante el paquete de medidas de prevención/mitigación/compensación, así como mediante el Programa de Vigilancia Ambiental y el seguimiento de condicionantes. Asimismo, el procedimiento contempla transparencia y participación pública (consulta pública) y la posibilidad de autorización condicionada a medidas adicionales, lo cual se integra al enfoque de gestión ambiental del proyecto.

Tabla III. 5 Vinculación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

Artículo / disposición LGEEPA	Contenido	Vinculación con el proyecto
Art. 15 (principios de política ambiental)	Obliga a prevenir/minimizar/reparar daños y asumir costos; responsabilidad compartida para proteger el equilibrio ecológico.	Sustenta el enfoque de manejo ambiental del proyecto: jerarquía preventiva (delimitación de frentes, control de emisiones, manejo integral de residuos, control de erosión, rescate de flora/fauna, restauración al abandono) y cumplimiento de condicionantes/PVA.
Art. 28 (Evaluación de Impacto Ambiental; obras sujetas a autorización)	Define la EIA y lista obras que requieren autorización, incluyendo vías generales de comunicación y cambio de uso de suelo de áreas forestales/selvas/zonas áridas.	Justifica la tramitación de la MIA del proyecto carretero y la integración de medidas para evitar/reducir efectos negativos; reconoce el componente de CUSTF donde aplique (porción con vegetación forestal/zona árida).
Art. 30 (contenido mínimo de la	La MIA debe describir efectos en ecosistemas (conjunto de elementos) e incluir medidas preventivas y de	Da soporte técnico-estructural al Cap. V (impactos) y Cap. VI (medidas), incluyendo evaluación por

MIA)	mitigación para reducir efectos negativos.	componentes y definición de medidas, indicadores de seguimiento y verificación.
Arts. 34 y 35 (consulta pública y evaluación; integración de expediente)	La MIA se pone a disposición del público; puede haber consulta pública; la Secretaría revisa formalidades e integra expediente; considera ordenamiento ecológico y otras disposiciones aplicables.	Se incorpora como obligación procedimental: disponibilidad pública del expediente, atención a observaciones, y consistencia con ordenamientos/ANP/ordenamiento ecológico aplicable en el área de influencia.
Art. 35 (resolución y autorización condicionada)	La resolución puede autorizar, autorizar condicionadamente con medidas adicionales de prevención/mitigación/compensación, o negar por contravención normativa o afectación relevante a especies, entre otros.	Se alinea con la lógica del Cap. VI: medidas robustas y verificables (PVA), para asegurar que impactos adversos se eviten o atenúen y que el proyecto cumpla condicionantes y NOM aplicables.
Art. 36 (NOM ambientales)	Las NOM establecen requisitos, parámetros y límites permisibles; buscan bienestar poblacional y preservación/restauración de recursos naturales.	Fundamenta la obligación de operar y construir conforme a NOM aplicables (emisiones, residuos, protección de suelos/agua, etc.) y de traducir esos requisitos a controles operativos y de supervisión (PVA).

III.2.2 Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental.

El Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA) es el instrumento que operativiza el procedimiento de evaluación del impacto ambiental federal: define qué obras deben someterse a MIA, en qué modalidad (regional o particular), qué contenido mínimo debe integrar el expediente, y cómo se establecen y verifican condicionantes para las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y, en su caso, abandono.

Para el proyecto, la vinculación es directa porque el Reglamento ubica a las carreteras y a las vías generales de comunicación dentro de los supuestos que deben evaluarse ambientalmente, particularmente cuando pueden interactuar con vegetación forestal, zonas áridas o ecosistemas sensibles, y además precisa que, por tratarse de carreteras, la MIA debe presentarse en modalidad regional y considerar impactos acumulativos, sinérgicos y residuales. Asimismo, el Reglamento contempla la posibilidad de integrar en un solo instrumento la información asociada al CUSTF cuando éste se vincula con el proyecto.

Tabla III. 6 Vinculación del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

Disposición (REIA)	Contenido aplicable	Vinculación con el proyecto
Art. 5, inciso B (Vías generales de comunicación)	Incluye la construcción de carreteras y establece supuestos/criterios y excepciones. Señala el enfoque cuando pueden afectarse vegetación forestal, selvas, zonas áridas, ecosistemas costeros/humedales o cuerpos de agua nacionales.	El proyecto es una obra carretera; por su trazo y contexto regional, se evalúa conforme al procedimiento federal y se documenta la interacción con componentes del SAR (incluida la presencia de vegetación de zonas áridas y, donde aplique, vegetación forestal) para sustentar medidas preventivas y/o mitigación.
Art. 10 (modalidades de MIA)	Define que la MIA se presenta como Regional o Particular.	Se sustenta formalmente la modalidad Regional para el expediente del proyecto.
Art. 11 (procedencia de MIA Regional)	Establece que la MIA es regional cuando se trata de carreteras, y cuando por interacción con componentes regionales se prevean impactos acumulativos, sinérgicos o residuales.	Justifica que el proyecto se evalúe a escala de Sistema Ambiental Regional, incorporando explícitamente la identificación y análisis de impactos acumulativos/sinérgicos/residuales (p.ej., cambios en infiltración–escurrimiento, fragmentación/perturbación de hábitat y efectos asociados al tránsito).
Art. 13 (contenido mínimo de MIA Regional)	Define el contenido mínimo: descripción de obras; vinculación; descripción del SAR y tendencias; identificación y evaluación de impactos acumulativos y residuales; estrategias de prevención y mitigación; pronósticos y alternativas; e instrumentos metodológicos.	Alinea la estructura de la MIA-R del proyecto: Cap. IV (SAR), Cap. V (impactos incluyendo acumulativos/residuales), Cap. VI (estrategias de prevención/mitigación) y Cap. VII (pronósticos/alternativas), asegurando trazabilidad metodológica (p.ej., matriz tipo Leopold y criterios de valoración).
Art. 14 (MIA única cuando hay CUSTF en selvas/zona árida)	Permite presentar una sola MIA que incluya información del proyecto y del cambio de uso de suelo cuando éste aplique en áreas forestales, selvas y zonas áridas.	Se justifica integrar en el mismo expediente la información necesaria para el componente de CUSTF en la porción del polígono que efectivamente presenta vegetación forestal, manteniendo consistencia con que el área de CUSTF puede ser distinta del polígono total de la MIA (por variación real de coberturas).
Art. 48–49 (autorizaciones condicionadas, etapas y avisos)	La autoridad puede imponer condiciones por etapa (previa, construcción, operación y abandono) y el promovente debe avisar inicio y conclusión, además de cambios de titularidad.	Da fundamento para: (i) estructurar medidas por etapa; (ii) incorporar el abandono como retiro de infraestructura al final de vida útil (~30 años); y (iii) prever el esquema de avisos y trazabilidad documental del cumplimiento.
Art. 50 (no ejecución / dejar sin efectos y garantías)	Si se decide no ejecutar, se archiva; si ya hubo autorización y se comunica después, puede dejarse sin efectos; y si hubo daños, la	Integra criterios de gestión administrativa del proyecto (escenarios de modificación/no ejecución) y refuerza la necesidad de programas de manejo/mitigación verificables para evitar efectos que activen medidas

	autoridad puede hacer efectivas garantías y ordenar mitigación.	adicionales.
Art. 51–54 (seguros y garantías)	La Secretaría puede exigir seguros/garantías cuando puedan producirse daños graves; fija monto, renovación, cancelación y destino mediante fideicomiso.	Se vincula con el diseño del Programa de Vigilancia Ambiental, la trazabilidad del cumplimiento de condicionantes y la robustez del control de riesgos (p.ej., residuos, hidrocarburos, contingencias) para minimizar probabilidad de daños graves y, si aplica, respaldar la etapa correspondiente con garantías.
Art. 55–56 (inspección, vigilancia y medidas de seguridad)	Establece inspección/vigilancia y posibilidad de ordenar medidas de seguridad ante riesgo inminente de daño grave o desequilibrio ecológico.	Refuerza el enfoque de seguimiento y control (bitácoras, evidencias, monitoreo y respuesta a contingencias) para demostrar cumplimiento y capacidad de corrección oportuna durante obra, operación y eventual abandono.

III.2.3 Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) constituye el marco normativo de orden público e interés social que regula la conservación, protección, restauración y aprovechamiento de los ecosistemas forestales en el territorio nacional. De acuerdo con su última reforma (2024), esta ley busca garantizar la permanencia de la biodiversidad y los servicios ambientales, estableciendo criterios técnicos y administrativos para las actividades que impliquen un cambio en el uso de las tierras forestales. En este contexto, cualquier proyecto de infraestructura pública que requiera la remoción de vegetación forestal debe someterse a un riguroso proceso de evaluación para asegurar que no se comprometa la funcionalidad ecológica de la región y que se cumpla con la obligación de compensación ambiental correspondiente.

Para el proyecto, la vinculación con la LGDFS es de carácter mandatorio y estratégico, dado que las obras de ampliación para transitar de un camino Tipo E a una carretera Tipo D impactarán una superficie de vegetación nativa en el municipio de Pitiquito. Esta normativa obliga al promovente a acreditar que la obra es de interés social y que el diseño de la infraestructura contempla medidas para mitigar la fragmentación del hábitat. Por lo tanto, la presente vinculación técnica demuestra la congruencia entre el desarrollo vial necesario para la Nación Comcaac y los preceptos de sustentabilidad forestal, asegurando el cumplimiento de las disposiciones de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Tabla III. 7 Vinculación de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

Artículo	Contenido del Artículo	Vinculación con el Proyecto
Artículo 2, Fracción I	Establece como objetivo garantizar el manejo y aprovechamiento sustentable de los recursos forestales, su conservación, protección y restauración.	El proyecto integra criterios de sustentabilidad al restringir el desmonte estrictamente al área del derecho de vía, asegurando la conservación de los ecosistemas forestales adyacentes al trazo de la carretera Tipo D.
Artículo 93	Señala que la Secretaría solo podrá autorizar el cambio de uso de suelo en terrenos forestales por excepción, previa opinión técnica y acreditando que no se pone en peligro la biodiversidad.	Debido a la remoción de vegetación para la modernización de la vía, el proyecto se vincula mediante la elaboración del Estudio Técnico Justificativo (ETJ), demostrando que no se compromete la integridad de la biota local.
Artículo 122	Regula la obligación de los propietarios y poseedores de terrenos forestales de realizar acciones de prevención, control y combate de plagas y enfermedades forestales.	Durante la etapa de preparación del sitio, el protocolo de desmonte incluirá la identificación y manejo fitosanitario de ejemplares, evitando la propagación de agentes patógenos hacia las zonas forestales colindantes.

III.2.4 Reglamento de la Ley de Desarrollo Forestal Sustentable.

El Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (RLGDFS) tiene por objeto establecer las disposiciones administrativas y los criterios técnicos que reglamentan la aplicación de la Ley en materia de gestión, protección y restauración de los recursos forestales. Este ordenamiento detalla los procedimientos específicos para la obtención de autorizaciones de cambio de uso de suelo, definiendo los requisitos técnicos del Estudio Técnico Justificativo (ETJ) y los mecanismos para el depósito al Fondo Forestal Mexicano por concepto de compensación ambiental. Para la autoridad ambiental, el cumplimiento de este reglamento garantiza que las intervenciones en terrenos forestales se realicen bajo un control estricto que prevenga la degradación del suelo y la pérdida de servicios ecosistémicos.

Para el proyecto, el RLGDFS actúa como el instrumento normativo que dicta las especificaciones para el manejo de la vegetación removida y las medidas de prevención de incendios y plagas durante la obra. La vinculación se establece principalmente a través de la metodología para la caracterización del inventario forestal y la definición de las medidas de mitigación que deberán ejecutarse para resarcir el impacto en las hectáreas de vegetación natural. De esta manera, el proyecto asegura su viabilidad operativa al alinearse con los estándares reglamentarios de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Tabla III. 8 Vinculación del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

Artículo	Contenido del Artículo	Vinculación con el Proyecto
Artículo 121	Establece los requisitos técnicos y el contenido mínimo que debe integrar el Estudio Técnico Justificativo (ETJ) para el cambio de uso de suelo.	El proyecto cumple con esta disposición al integrar la descripción detallada del sitio, el inventario forestal y el análisis de la biodiversidad que justifica la viabilidad de la carretera Tipo D.
Artículo 123	Define los criterios para el depósito al Fondo Forestal Mexicano por concepto de compensación ambiental, destinado a actividades de reforestación o restauración.	El promovente se vincula mediante el compromiso de realizar el pago correspondiente a la compensación económica determinada por la superficie impactada y el tipo de vegetación forestal removida.
Artículo 128	Determina las medidas de seguridad y prevención que deben adoptarse para evitar incendios forestales y la dispersión de plagas durante las actividades de desmonte.	Durante la etapa de preparación del sitio, el proyecto implementará cuadrillas de vigilancia y protocolos de manejo de residuos vegetales para mitigar riesgos fitosanitarios y de incendios en el derecho de vía.

III.2.5 Ley General de la Vida Silvestre.

La Ley General de Vida Silvestre (LGVS) establece los principios y normas para la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en territorio nacional. Este ordenamiento, reglamentario de los artículos 27 y 73 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, tiene como objetivo primordial la protección de la biodiversidad y la recuperación de especies en riesgo. Para proyectos de infraestructura lineal, la LGVS impone la obligación de implementar medidas que eviten la fragmentación del hábitat y garanticen la integridad de las poblaciones biológicas, especialmente de aquellas especies que se encuentran bajo alguna categoría de protección especial.

En el caso de la modernización del camino, la vinculación con la LGVS es fundamental debido a que el desmonte de vegetación nativa impacta directamente el hábitat de diversas especies de fauna y flora desértica. La normativa exige que el promovente realice una caracterización detallada de la biota local y proponga programas de rescate y reubicación de ejemplares para mitigar la pérdida de biodiversidad. De esta forma, el proyecto asegura su congruencia con las políticas de conservación al transitar hacia una carretera Tipo D sin comprometer la viabilidad de las especies silvestres en la zona de influencia de la Nación Comcaac.

Tabla III. 9 Vinculación con Ley General de Vida Silvestre

Artículo	Contenido del Artículo	Vinculación con el Proyecto
Artículo 1	Establece el objeto de la Ley: la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en México.	El proyecto se vincula al adoptar medidas de diseño y construcción que minimizan la huella de afectación en el hábitat, preservando la conectividad ecológica en la región.
Artículo	Prohíbe cualquier actividad que atente	Durante el desmonte de las 8.8085 ha, se

60	contra la integridad de las especies de fauna y flora silvestres, especialmente las catalogadas en riesgo.	aplicará un programa de rescate de ejemplares de lento crecimiento (cactáceas) y ahuyentamiento de fauna para evitar su pérdida.
Artículo 78	Determina que el aprovechamiento y manejo de la vida silvestre debe realizarse de forma que no se altere la estabilidad de las poblaciones.	El proyecto asegura la estabilidad biológica mediante la implementación de pasos de fauna y barreras de protección que reducen el riesgo de atropellamiento tras la modernización a Tipo D.

III.2.6 Reglamento de la Ley General de la Vida Silvestre.

El Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre (RLGVS) tiene como propósito fundamental pormenorizar las disposiciones de la Ley, estableciendo los procedimientos administrativos y los criterios técnicos para la conservación y el manejo de la vida silvestre. Este ordenamiento regula de manera específica las actividades que pueden afectar el hábitat de las especies, determinando los protocolos para el rescate de ejemplares, la reubicación de fauna y la gestión de especies en riesgo. Para la autoridad ambiental, el cumplimiento del Reglamento asegura que cualquier intervención en ecosistemas naturales cuente con una metodología clara que minimice el impacto sobre la biodiversidad y fomente la recuperación de las poblaciones biológicas.

En relación con el proyecto, el RLGVS proporciona el marco operativo para gestionar la remoción de vegetación. La vinculación se manifiesta en la obligatoriedad de implementar planes de manejo específicos para el rescate y protección de las especies que habitan en el derecho de vía de la carretera Tipo D. De esta manera, el proyecto cumple con los estándares reglamentarios al garantizar que el personal técnico aplique criterios científicos durante la preparación del sitio, asegurando un trato digno a la fauna y la supervivencia de la flora silvestre reubicada.

Tabla III. 10 Vinculación con el Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre

Artículo	Contenido del Artículo	Vinculación con el Proyecto
Artículo 25	Establece que las medidas de mitigación para los efectos sobre la vida silvestre y su hábitat deben basarse en información técnica y científica.	El proyecto fundamenta sus estrategias de mitigación en el inventario biológico realizado para las **8.8085 ha**, aplicando técnicas de ahuyentamiento y rescate validadas por la práctica ambiental.
Artículo 33	Regula los procedimientos para el rescate y reubicación de ejemplares de la vida silvestre que se encuentren en áreas donde se realicen obras de infraestructura.	Se implementará un programa de rescate de cactáceas y otras especies de lento crecimiento detectadas en el trazo, asegurando su traslado a sitios con condiciones ecológicas similares.
Artículo 53	Determina las especificaciones para el manejo de ejemplares de especies en	Durante la etapa de construcción, se contará con especialistas ambientales encargados

	riesgo y la necesidad de contar con personal capacitado para su manipulación.	de supervisar que la fauna silvestre sea desplazada de manera segura fuera de las zonas de corte y terraplén.

III.2.7 Ley de Aguas Nacionales.

La Ley de Aguas Nacionales (LAN) es el ordenamiento jurídico reglamentario del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de aguas nacionales. Su objeto primordial es regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr un desarrollo integral sustentable. Esta ley establece las atribuciones de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) para la administración de los cuerpos de agua, cauces, riberas y zonas federales, imponiendo a los desarrolladores de infraestructura la obligación de prevenir cualquier impacto que altere el régimen hidrológico natural o degrade la calidad del recurso hídrico.

Para el proyecto, la vinculación con la LAN es de carácter preventivo y de protección, dado que el trazo de la carretera Tipo D se desarrolla de manera lateral a cauces y zonas de escurrimiento en el municipio de Pitiquito. Aunque la obra no contempla cruces directos (vados o puentes) sobre cuerpos de agua federales, la normativa exige que durante el desmonte y las actividades de terracerías, se implementen medidas de control para evitar el arrastre de sedimentos o contaminantes hacia las cuencas hidrológicas. De este modo, el proyecto asegura la protección de los bienes nacionales y el cumplimiento de los estándares de calidad del agua establecidos por la autoridad federal.

Tabla III. 11 Vinculación con la Ley de Agua Nacionales

Artículo	Contenido del Artículo	Vinculación con el Proyecto
Artículo 1	Establece la preservación de la cantidad y calidad de las aguas para lograr su desarrollo integral sustentable.	El proyecto se vincula al implementar sistemas de drenaje lateral y cunetas que direccionan el flujo pluvial sin alterar la calidad del agua en las zonas colindantes al trazo.
Artículo 86	Determina que la autoridad debe promover el uso eficiente del agua y su conservación, evitando la contaminación de los cuerpos receptores.	Durante la construcción de la carretera Tipo D, se prohíbe el vertido de residuos o sustancias químicas, instalando barreras de sedimentos para proteger la integridad química y física de los cauces laterales.
Artículo 113	Señala la obligación de los usuarios de prevenir la contaminación de las aguas nacionales y de los bienes que las circundan.	El proyecto establece protocolos de manejo de combustibles y residuos líquidos en los frentes de obra para evitar filtraciones al subsuelo o escurrimientos hacia cuerpos de agua nacionales.

III.2.8 Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales.

El Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales (RLAN) tiene por objeto establecer las disposiciones administrativas y técnicas que reglamentan la aplicación de la Ley, detallando los procedimientos para el control de descargas, la protección de acuíferos y la delimitación de zonas federales. Este ordenamiento es fundamental para la gestión operativa de los recursos hídricos, ya que define los criterios para evitar la degradación de los ecosistemas acuáticos y regula las actividades que puedan alterar el flujo o la calidad de los bienes nacionales. Para proyectos de infraestructura vial, el RLAN dicta las especificaciones necesarias para asegurar que la construcción no interfiera con los sistemas de drenaje natural ni comprometa el estado químico y físico de las aguas del subsuelo y superficiales.

Para el proyecto, el RLAN actúa como el marco rector para la prevención de la contaminación por escorrentías pluviales durante la preparación del sitio. La vinculación se establece mediante la implementación de medidas de control de sedimentos y el manejo adecuado de sustancias químicas en los frentes de obra de la carretera Tipo D. De esta manera, el proyecto cumple con los estándares reglamentarios al garantizar que las actividades de corte y terraplén no generen aportes contaminantes a los cauces laterales, preservando la integridad de la cuenca hidrológica en el municipio de Pitiquito.

Tabla III. 12 Vinculación con el Reglamento de la Ley de Agua Nacionales

Artículo	Contenido del Artículo	Vinculación con el Proyecto
Artículo 135	Establece que no se podrán verter residuos sólidos que puedan contaminar las aguas nacionales o alterar el cauce de las mismas.	El proyecto prohíbe el vertido de materiales de construcción y residuos vegetales de las **8.8085 ha** en zonas de escurrimiento, gestionando su disposición final en sitios autorizados.
Artículo 152	Determina la obligación de adoptar las medidas necesarias para prevenir la contaminación de las aguas nacionales y de los bienes que las circundan.	Durante la construcción de la carretera Tipo D, se instalarán trampas de sedimentos y barreras físicas para contener el arrastre de partículas hacia los cuerpos hídricos colindantes al derecho de vía.
Artículo 155	Regula el control de las descargas de aguas residuales y la prevención de filtraciones de sustancias químicas al suelo y subsuelo.	Se implementará un protocolo de manejo de combustibles y aceites para la maquinaria, asegurando que no existan derrames que puedan contaminar los acuíferos o escurrir hacia los cauces laterales.

III.2.9 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos (LGPGIR).

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) tiene como objetivo garantizar el derecho de toda persona a un medio ambiente sano mediante la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de manejo especial y sólidos urbanos. Este ordenamiento, reglamentario de la Constitución

Política de los Estados Unidos Mexicanos, establece los principios de responsabilidad compartida y manejo diferenciado, obligando a los generadores a implementar planes que minimicen los riesgos a la salud y al entorno. Para el sector de las comunicaciones y transportes, la LGPGIR dicta las pautas para el manejo de los materiales de desecho derivados de la infraestructura pública, asegurando que su disposición final sea ambientalmente adecuada.

Para el proyecto, la vinculación con la LGPGIR es crítica durante las etapas de preparación del sitio y construcción, donde la remoción de vegetación en las 8.8085 hectáreas y las actividades de terracería generarán diversos tipos de residuos. La normativa exige que los residuos de manejo especial (como el material excedente de excavación) y los residuos peligrosos (como aceites gastados o estopas contaminadas de la maquinaria) sean gestionados a través de proveedores autorizados. De este modo, el proyecto asegura que la transición a una carretera Tipo D se realice bajo un esquema de control que prevenga la contaminación del suelo y los cuerpos de agua adyacentes en el municipio de Pitiquito.

Tabla III. 13 Vinculación con la LGPGIR

Artículo	Contenido del Artículo	Vinculación con el Proyecto
Artículo 1	Establece la prevención de la generación y la gestión integral de residuos como herramientas para lograr el desarrollo sustentable.	El proyecto se vincula al implementar un Plan de Manejo de Residuos que prioriza la reutilización de materiales de corte en terraplenes, minimizando el desperdicio.
Artículo 19	Clasifica los residuos de manejo especial, incluyendo aquellos generados por la industria de la construcción y actividades de mantenimiento.	Los residuos vegetales de las **8.8085 ha** y los escombros serán clasificados y dispuestos conforme a la normativa local, evitando su acumulación en el derecho de vía.
Artículo 42	Determina la responsabilidad de los generadores de residuos peligrosos de manejarlos y disponer de ellos de acuerdo con lo establecido en la Ley.	Se establecerá un almacén temporal de residuos peligrosos para el resguardo de lubricantes y combustibles utilizados en la maquinaria, asegurando su recolección por empresas certificadas.

III.2.10Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos (LGPGIR).

El Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (RLGPGIR) tiene por objeto establecer las normas operativas y procedimientos administrativos para la aplicación efectiva de la Ley en todo el territorio nacional. Este ordenamiento define las especificaciones técnicas para la caracterización de residuos, las condiciones de almacenamiento temporal y los requisitos para el transporte y disposición final. Para proyectos de infraestructura de comunicaciones y transportes, el Reglamento es el instrumento que rige la operatividad de los planes de manejo, asegurando que cada etapa del ciclo de vida del residuo cuente con un control documental y físico que prevenga riesgos ambientales y

sanitarios.

En el marco del proyecto de modernización del camino E. C. (Calle 36 Norte) – Desemboque, el RLGPGIR regula el manejo de los residuos generados en las 8.8085 hectáreas sujetas a remoción de vegetación, así como los desechos industriales de la fase constructiva. La vinculación se establece mediante la obligatoriedad de clasificar y registrar la generación de residuos de manejo especial y peligrosos, asegurando que la transición hacia una carretera Tipo D no derive en la creación de pasivos ambientales. Al seguir las disposiciones reglamentarias, el promovente garantiza que la gestión de escombros, suelos excavados y residuos vegetales se realice de forma ordenada y bajo la supervisión de la autoridad competente.

Tabla III. 14 Vinculación con el Reglamento de la LGPGIR

Artículo	Contenido del Artículo	Vinculación con el Proyecto
Artículo 16	Establece la obligación de los generadores de residuos de manejo especial de sujetarse a los planes de manejo y a los listados de clasificación correspondientes.	El proyecto se vincula al clasificar los residuos vegetales de las **8.8085 ha** y los materiales de construcción como residuos de manejo especial, gestionando su disposición en sitios autorizados.
Artículo 46	Define las condiciones de seguridad y equipo que deben cumplir las áreas de almacenamiento temporal de residuos peligrosos.	Durante la construcción de la carretera Tipo D, se habilitará un área de almacenamiento temporal con señalización, contención de derrames y acceso restringido para los aceites y lubricantes de la maquinaria.
Artículo 82	Determina que el transporte de residuos debe realizarse en vehículos que garanticen la contención de los mismos para evitar su dispersión en el medio ambiente.	Se supervisará que los transportistas contratados para el acarreo de materiales excedentes y residuos cuenten con las autorizaciones vigentes y utilicen lonas o sistemas de cobertura para evitar emisiones fugitivas.

III.2.11Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)

“Es una herramienta derivado de Políticas Ambientales que regulan e inducen el uso de suelo y las actividades productivas de una región; con el objeto de proteger el medio ambiente y el aprovechamiento sustentable de recursos naturales, a partir de las tendencias del deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos”. La planeación ambiental en México, se lleva a cabo mediante diferentes instrumentos entre los que se encuentran el Ordenamiento ecológico, que es considerado uno de los Principales instrumentos con lo que cuenta la política ambiental mexicana. Tiene sustento en la LGEEPA y su Reglamento en materia de Ordenamiento Ecológico (ROE).

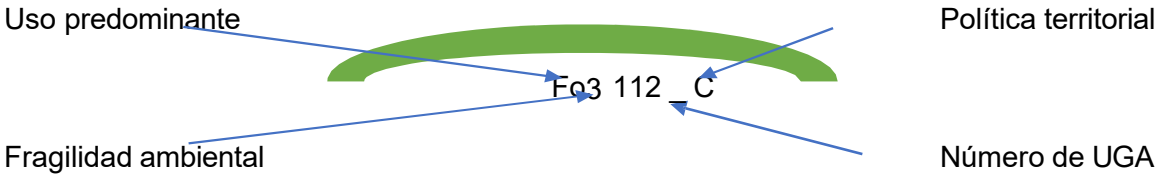
El Objetivo del POEGT es llevar a cabo una regionalización ecológica del territorio nacional y de las zonas sobre las cuales la nación ejerce soberanía y jurisdicción, identificando áreas de atención prioritarias y áreas de aptitud sectorial. Es un instrumento para la planificación del

desarrollo sustentable del estado a través de una propuesta de ocupación del suelo y del establecimiento de protocolos de comunicación y toma de decisiones en caso de conflictos.

Asimismo, tiene por objeto establecer los lineamientos y estrategias ecológicas que sirven entre otros para 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 que vigilan las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, en coordinación con la Ciudadanía.

“El modelo de Ordenamiento ecológico, es la representación de un sistema de información geográfica, de las Unidades de Gestión Ambiental (UGA) y sus respectivos lineamientos ecológicos. Asimismo, una UGA es la unidad mínima del área de ordenamiento ecológico a la que se asigna lineamiento y estrategias ecológicas. Posee condiciones de homogeneidad de atributos físicos –bióticos, económicos y de aptitud sobre un manejo administrativo común..., generando entre otros, las Unidades Ambientales Biofísicas (UAB)”. (SEMARNAT 2006).

Figura III. 2 Esquematización de la UGA



Fuente: SEMADES 2006

La descripción de los componentes es la siguiente:

1. Fragilidad ambiental o natural: se entiende como “la susceptibilidad que tienen los ecosistemas naturales para enfrentar agentes externos de presión, tanto naturales como humanos, basada en su capacidad de autoregeneracion”. Existen cinco niveles de fragilidad natural. a) Máxima, de fragilidad muy inestable; b) Alta, fragilidad inestable; c) Media, fragilidad en equilibrio; d) Baja, fragilidad mínima.

2. Uso predominante: hace referencia al Uso de Suelo, con base en su territorio y diagnóstico ambiental principalmente. Se identificaron doce usos posibles. a) Acuacultura; b) Agricultura; c) Áreas naturales; Asentamientos humanos; e) Flora y fauna; f) Forestal; g) Industria; h) Infraestructura; i) Minería; j) Pecuario; k) Pesca y l) Turismo.

3. Uso de suelo: a) uso compatible: a diferencia del uso predominante; éste no requiere forzosamente el diagnóstico ambiental, es decir, el uso de suelo y la actividad no requiere regulaciones estrictas. b) uso condicionado, actúa básicamente como uso predominante y compatible, con base en reglas que eviten su detrimento. c) uso

incompatible, aquel sobre el cual no debe permitirse un uso distinto al que tiene establecido, ya que provocaría deterioros al ecosistema.

4. Criterios de regulación. Política territorial, utilizan como base los criterios del uso de suelo, para los casos de aprovechamiento; los criteriosa su vez, complementan a la normativa federal en materia de recursos naturales...

Para el caso del estado de Sonora, el POET fue elaborado a partir de las siguientes fases de trabajo:

a. Desarrollo de las visiones de los distintos sectores económicos a través de procesos participativos,

b. Análisis de las actividades económicas y sus impactos ambientales y sociales,

c. Elaboración de estrategias de desarrollo que maximice beneficios y minimice conflictos intersectoriales. Los objetivos principales son:

Regular e inducir el uso de suelo a partir de las aptitudes del terreno,

b) Analizar la influencia de las actividades productivas y el desarrollo sobre el ambiente y los recursos naturales

c) Establece una estrategia que garantice la seguridad del entorno y la población. La siguiente figura muestra las Unidades de Gestión Ambiental, que inciden en el proyecto.

En la siguiente figura se muestran las Unidades de Gestión Ambiental, a las que corresponde el proyecto.

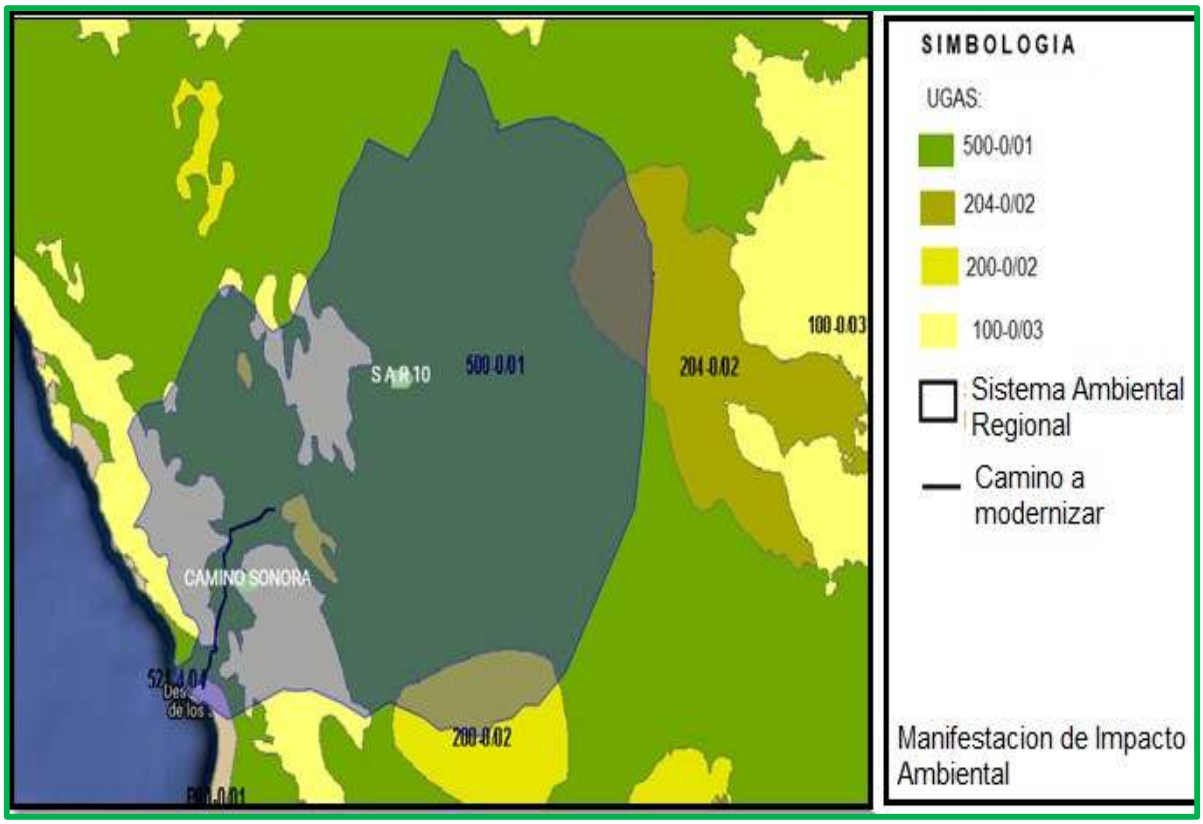


Figura III. 3 Unidades de Gestión Ambiental del proyecto.

A continuación, se describen la vinculación de los criterios de regulación que aplican.

Tabla III. 15 Vinculación de los criterios de regulación del POET con el proyecto.

UGA	Aptitud	Lineamientos Ecológicos	*Criterios de Regulación Ecológica*	Vinculación
500-0/01	A1, C2,C5, C6,D4,F 2,M T3	"*Aprovechamiento sustentable de la* agricultura, cacería especial de desierto; forestales maderables y no maderables; ganadería extensiva, minería y turismo alternativo de aventura".	CRE-01 "*Regulación de la contaminación por residuos líquidos y sólidos".*	No se realizará contaminación por residuos sólidos y líquidos. Se contempla una gestión y manejo integral de los residuos líquidos y sólidos en todas las etapas del proyecto.
			CRE-06: "Regulación de actividades que ocasionan la perdida de estructura y funciones de ecosistemas por cambio de uso de suelo".	Se implementarán acciones de rescates y reubicación de la flora afectada por la ejecución del proyecto, así como acciones de un programa de reforestación con las especies nativas
			CRE-08: "*Regulación sobre la remoción, cacería o aprovechamiento de especies protegidas sin el permiso correspondiente".*	No se contemplan actividades de aprovechamiento y/o cacería de especies; no corresponde enfoque del proyecto

			CRE-17: "*Aplicación de buenas prácticas de manejo agrícola y programas de Restauración por sanidad"*	No se contemplan actividades agrícolas.
			CRE -18 "*Evitar la expansión de terrenos de agricultura con agua salubre hacia terrenos no salinos*"	No aplica
			CRE-19: "*Cumplir con la normatividad vigente en materia de aprovechamiento cinegético*"	No se contemplara la actividades de aprovechamiento cinegético
UGA	**Aptitud**	**Lineamientos Ecológicos**	***Criterios de Regulación Ecológica***	**Vinculación**
100-0/03	C2,C4,C5, C6,D1, D4,F2,M, T1T3	Aprovechamien to sustentable de la cacería de especies de desierto; conservación ecosistemas dulce acuícolas y desérticos, forestales no maderables; ganadería extensiva, minería y turismo aventura.	*CRE-07 "Regulación de la contaminación por residuos líquidos y sólidos".*	No se realizará contaminación por residuos sólidos y líquidos. Se dispondrá de un programa de manejo de residuos.
			CRE-08: "Regulación sobre la remoción, cacería o aprovechamiento de especies protegidas sin el permiso correspondiente"	No se realizaran actividades de cacería o de aprovechamiento de especies de fauna, se dispondrá de un programa de rescate y reubicación de la fauna silvestre.
			CRE-17: "Aplicación de buenas prácticas de manejo agrícola y programas de Restauración por sanidad".	No se contempla las actividades agrícolas
			CRE -18 "Evitar la expansión de terrenos de agricultura con agua salobre hacia terrenos no salinos"	No aplica
			CRE-19: "Cumplir con la normatividad vigente en materia de aprovechamiento cinegético"	No se contemplara la actividades de aprovechamiento cinegético
			CRE-20: "Mantener o restaurar la capacidad de carga de los agostaderos".	No se afectara la capacidad de carga de los agostaderos
			CRE-24: "Se prohibirá los desmontes generalizados y el aprovechamiento forestal que afecte integridad y funcionalidad del ecosistema para evitar / minimizar daños permanentes a los ecosistemas en los que se desarrollen las actividades de manejo forestal maderable".	Con el cambio de uso de suelo en terrenos forestales re estructurara conforme a los estudios y metodología pertinente.
			CRE-28: "Se deberá restaurar las áreas degradadas por efectos de las actividades de aprovechamiento forestal. las especies a utilizarse deben ser nativas con el fin de no generar más presión	Se implementara acciones de rescates y reubicación de la flora afectara por la ejecución del proyecto, así como la acciones de un programa de reforestación con las especies nativas

			ni competir con las especies de flora nativa".	
			CRE-29:S "Se deberán restaurar y recuperar las áreas de matorrales desérticos con especies nativas, no invasoras de mezquite, a nivel históricos de hace 50 años".	Se implementará acciones de restauración ecología acorde a los tipos de vegetación y condiciones naturales existentes
			CRE-30: "Se deberá promover el uso sustentable del chiltepín con el fin de garantizar la persistencia de sus población en el largo plazo".	Se evaluará la plantación del chiltepín de forma sustentable

III.2.12Decreto y Programa de la Conservación y Manejo de las Áreas Naturales Protegidas

III.2.12.1 Áreas Naturales Protegidas Estatal o Federal

Con base en la información cartográfica obtenida en la página de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) del estado de Sonora, se establece que el proyecto no incide en alguna ANP.

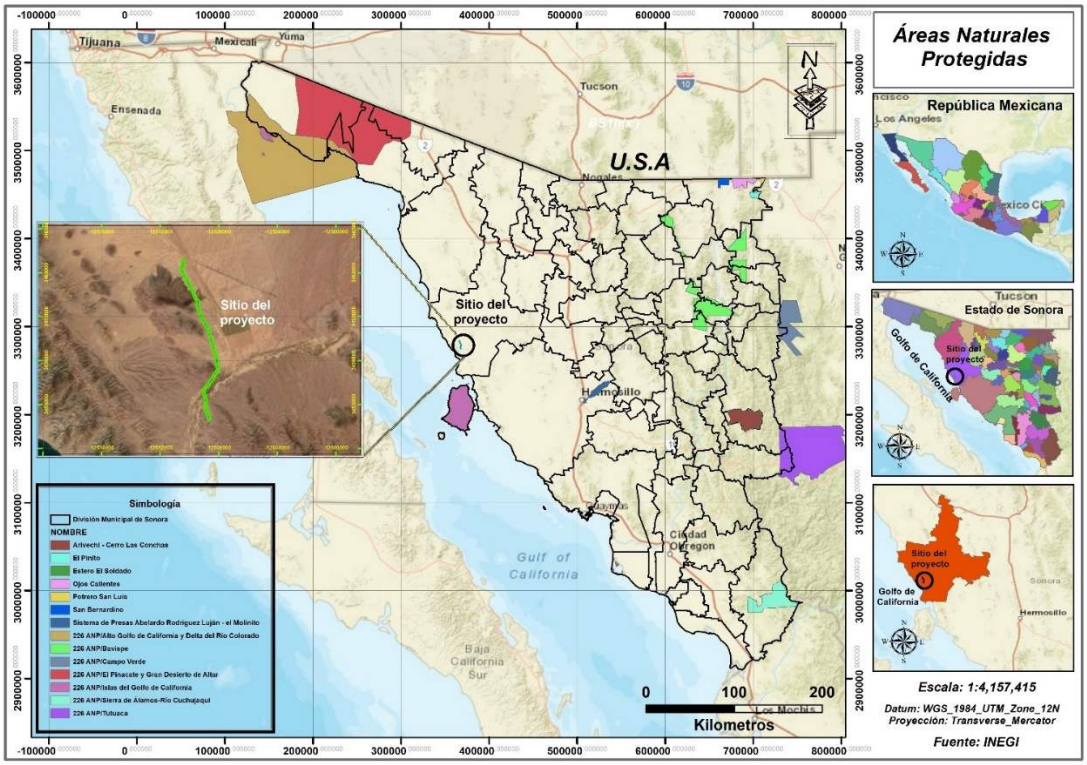


Figura III. 4 Ubicación del proyecto. ANP federal cercana

Como se puede observar, no existe incidencia, puesto que no se encuentra dentro de ningún polígono que delimiten las áreas naturales protegidas, tanto de jurisdicción Federal como la Estatal. No obstante, lo anterior, en el aspecto Federal, El área Natural Protegida más cercana, se encuentra a 31.41km, por lo que no incide en ningún punto con el proyecto.

III.2.13Regiones prioritarias para la conservación de la biodiversidad en México

Como parte de las áreas de conservación, se encuentran las denominadas Áreas Prioritarias para la conservación y Región Terrestre Prioritaria (RTP); sin embargo, éstas no se encuentran dentro de las áreas Prioritarias para la Conservación y Región Terrestre Prioritaria..

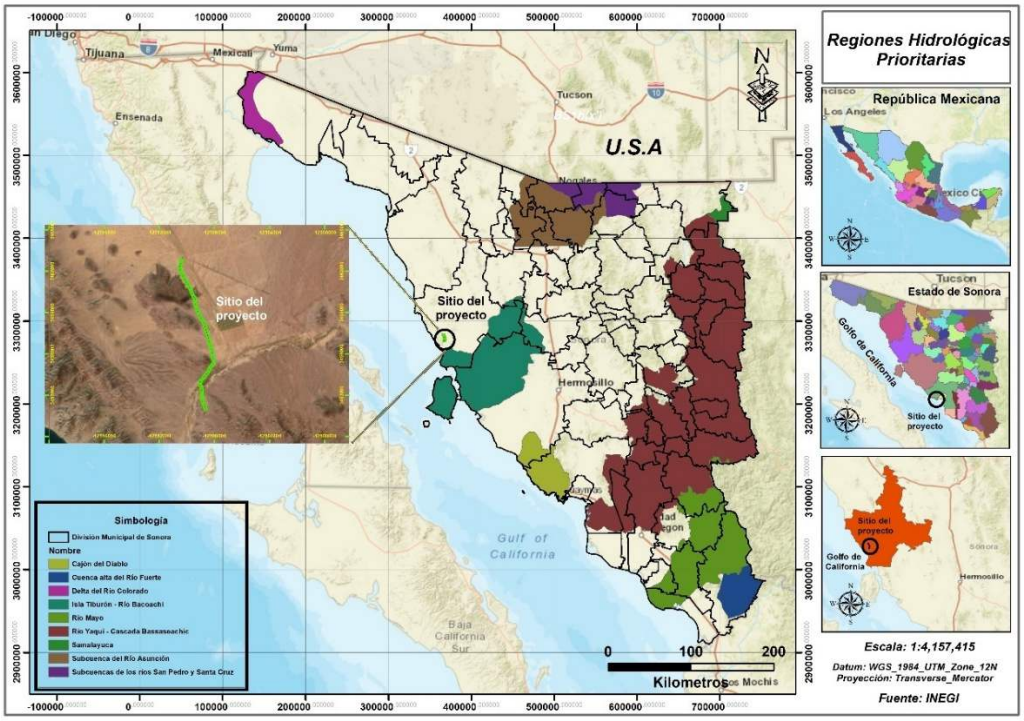


Figura III. 5 RHP Región Hidrológica Prioritaria.

III.2.14Áreas prioritarias para la conservación de las aves (AICAS).

El sitio del proyecto y el Sistema Ambiental Regional (SAR), no se ubica dentro de algún Área de Importancia para la Conservación de las Aves.

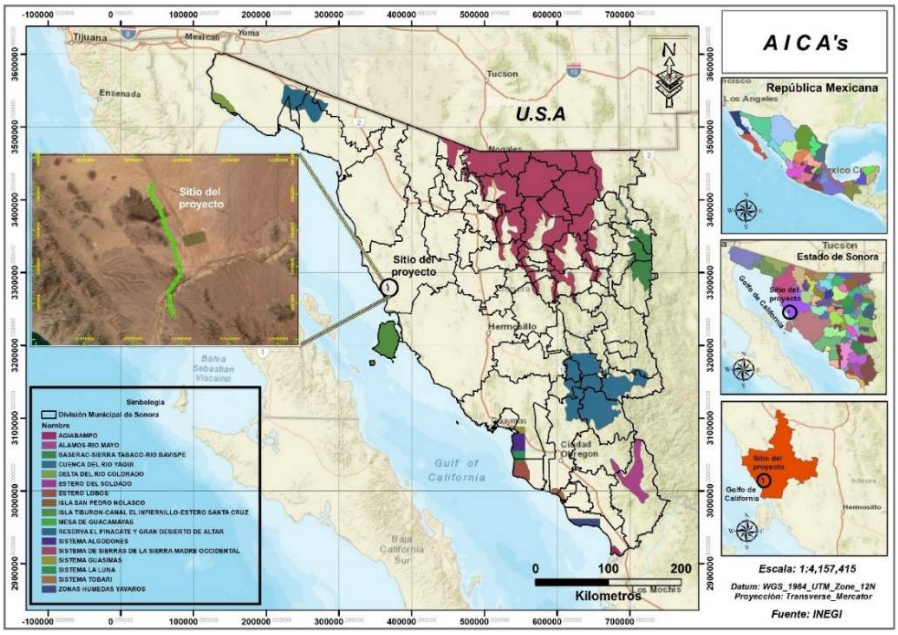


Figura III. 6 AICAS.

III.2.15Región Terrestre Prioritaria de México.

El Sistema Ambiental Regional (SAR) del proyecto, se encuentra dentro de la Región Prioritaria RTP 17, denominada “SIERRA SERI”, a continuación, se describe. La figura inferior representa dicha RTP.

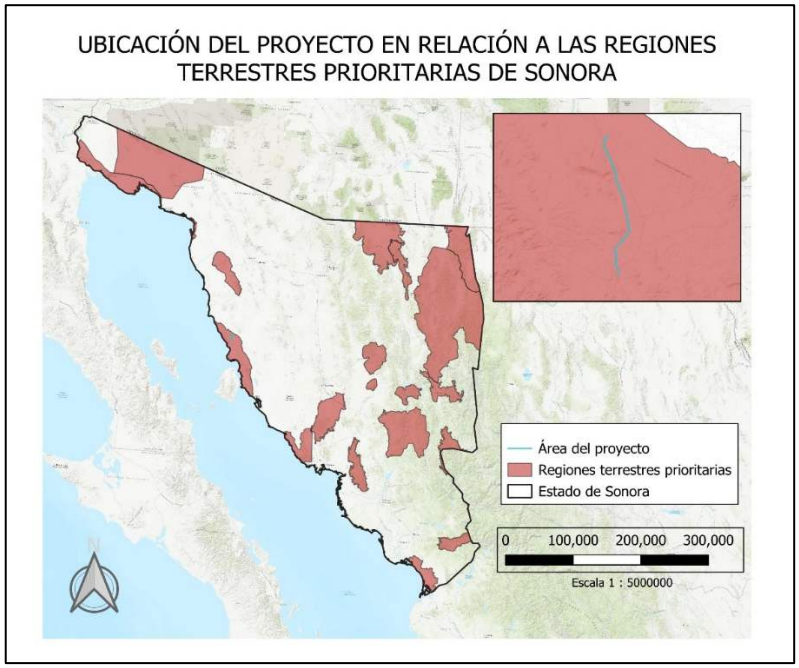


Figura III. 7 RTP 17

La siguiente tabla describe a detalle, la RTP a la que pertenece el proyecto.

Tabla III. 16 Características de la Región Terrestre Prioritaria

NO. 7 SIERRA SERI		
Estado(s):	SONORA	
Extensión:	14 895.44 km	
Polígono:	Latitud N: 28° 51' 00'' a 29° 50' 24''	Longitud W: 111° 58' 48'' a 112° 39' 00''
Superficie	1900km2	
Municipios	Hermosillo, Pitiquito	
aracterísticas generales	*"La sierra Seri pertenece a la provincia florística de la planicie costera del noroeste, que abarca las costas de los estados de Sonora, Sinaloa y una fracción de Baja California. Esta sierra granítica es baja en su mayor parte, aunque tiene un gran desnivel desde la línea de costa hasta elevaciones de más de 1,000 msnm. Incluye varios biomas con representación muy importante del desierto sonorense (costa central del Golfo California) matorrales, vegetación costera y ambientes marinos asociados. En las partes bajas cerca del mar, hay evidencia de antiguas líneas de costa y dunas fósiles con abundantes restos de organismos marinos. Al extremo norte hay varios paleodeltas con gravas de granitos en forma esferoidal. La región tiene una bajísima precipitación y altas temperaturas veraniegas. Los tipos de vegetación mayormente representados son el matorral sarcocaule, el matorral desértico micrófilo y la vegetación halófila. Hay presencia de especies endémicas del Golfo de California, incluyendo especies como Fouquieria columnaris (cirio) y Ovis canadensis (borrego cimarrón) y se reconoce la importancia que tiene como aportadora de germoplasma a las islas cercanas, particularmente isla Tiburón".*	Se vigilará y controlará que las obras y actividades no afecten la estructura y funciones de los ecosistemas Para la modernización del proyecto, se incluye la actividad de desmonte, sobre Matorral Xerófilo. Se tiene contemplado realizar programa de rescate y reubicación de flora y fauna silvestre, además de la aplicación de medidas de mitigación y prevención para minimizar los impactos generados, de manera que exista un control y seguimiento para generar la menor perturbación posible.
Tipo de clima: BWh(x')	*"Muy árido, semicálido, temperatura entre 18° y 22°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C; lluvias entre verano e invierno mayores al 18% anual"*	
Diversidad ecosistemita	"*Predominio de vegetación de tipo desértico. A nivel local hay cierta heterogeneidad. Existen numerosos ambientes costeros con dunas, esteros, arrecifes, áreas de intensa corriente, pastizales de Zoostera marina, promontorios rocosos costeros, planicies aluviales y grandes arroyos desérticos con vegetación xeroriparía, así como oasis con palmares y Ficus petiolaris. En la sierra Bacha existen bosques extensos de Pachycereus sp. de gran talla, y el único ejemplo de poblaciones de Fouquieria columnaris del continente".*	El proyecto refleja a lo largo del trazo una vegetación de tipo desértico, con especies en las que predomina la vegetación de tipo Xerófilo.
	"Tipos de vegetación: Matorral sarcocaule Vegetación arbustiva de tallo carnoso y tallos con corteza papirácea. De zonas áridas y semiáridas. Matorral	Se vigilará que exista control y vigilancia sobre la vegetación existente.

	desértico micrófilo Vegetación arbustiva de hojas pequeñas, generalmente en zonas aluviales".	Salvo la que pueda llegar a removerse.
Problemas ambientales	Entre los principales problemas están la cacería furtiva, la extracción de plantas de distribución restringida como "*Fouquieria Columnaris"* y el desmonte, aunque éste es moderado. Además, hay sobreexplotación de especies vegetales para la fabricación de carbón vegetal (palo fierro y mezquite), actividades cinegéticas y turística no reguladas.	El proyecto no contempla la explotación de especies vegetales, ni la cacería.

III.2.16Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal (CAPUFE).

La Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal (LCPAF) tiene por objeto regular la construcción, operación, explotación, conservación y mantenimiento de los caminos y puentes que constituyen vías generales de comunicación en territorio nacional. Este ordenamiento jurídico establece las atribuciones de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT) para dictar las normas técnicas de seguridad, los estándares de diseño geométrico y las condiciones de protección ecológica que deben observarse en la infraestructura carretera. Para el sector comunicaciones, la LCPAF representa la base normativa que asegura que las vías públicas federales operen de manera eficiente, garantizando la conectividad y la seguridad de los usuarios y sus bienes.

Para el proyecto, la vinculación con la LCPAF es directa y de carácter técnico-administrativo. La transición de un camino Tipo E a una carretera Tipo D debe cumplir con los estándares de calidad y seguridad previstos en esta ley para el derecho de vía y las estructuras auxiliares. Asimismo, la normativa exige que la construcción no interfiera negativamente con el entorno ambiental, obligando al promovente a integrar medidas de protección ecológica en el diseño de la obra. De esta manera, el proyecto asegura su legalidad y funcionalidad como parte integrante de la red de infraestructura federal que conecta a la Nación Comcaac.

Tabla III. 17 Vinculación con la Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal

Artículo	Contenido del Artículo	Vinculación con el Proyecto
Artículo 1	Regula la construcción, operación, explotación, conservación y mantenimiento de los caminos y puentes como vías generales de comunicación.	El proyecto se vincula al apegarse a las especificaciones de la SICT para la modernización a carretera Tipo D, asegurando su mantenimiento y operación segura.
Artículo 5	Determina que la construcción y conservación de caminos federales debe sujetarse a las normas técnicas y de seguridad que dicte la Secretaría.	Las actividades de terracería y pavimentación sobre las áreas de derecho de vía seguirán los estándares técnicos de diseño geométrico para caminos Tipo D.
Artículo 7	Establece que la construcción y operación de caminos debe considerar la protección del medio ambiente y el equilibrio ecológico.	El proyecto integra el análisis de impacto ambiental y las medidas de mitigación para asegurar que la infraestructura vial sea compatible con el entorno natural de Pitiquito.

III.3 Normas Oficiales Mexicanas, aplicable al proyecto.

Se nombran las más representativas. Es importante mencionar que además del personal de obra civil, se tiene contemplada la participación de un supervisor ambiental, el cual tendrá ente otros, la responsabilidad de vigilar las actividades indicadas en el resolutivo signado por la Autoridad Ambiental, y el cumplimiento a la normatividad aplicables.

Tabla III. 18 Normatividad aplicable al proyecto

Normatividad	Rubro Ambiental	Medida a implementar
Rubro: Agua		
NOM- 001-SEMARNAT-1996 "Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales"	Durante la preparación y construcción del proyecto al momento de generar aguas con residuos sanitarios	No se realizarán descargas directas a los cuerpos de agua superficiales, en los cuerpos de agua cercanos.
Rubro: Aire		
NOM- 041-SEMARNAT-2015 "Establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores e circulación que usan gasolina como combustible"	Durante la construcción del camino por la operación de maquinarias y medios de transporte.	Se verificará que la maquinaria y vehículos automotores empleados durante las etapas de preparación del sitio y construcción sean adquiridos en buen estado y con los hologramas respectivos; así mismo, se revisarán periódicamente para mantener un estado óptimo, de manera que se garanticen los parámetros indicados en la Normatividad.
NOM- 045-SEMARNAT-2017 "Establece los límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición".	Durante las actividades de preparación y de construcción del camino así como en el transporte de materiales	Se reglamentará al contratista para garantizar que las emisiones de las partículas se reduzcan y se cumpla con la normatividad.
Rubro: Ruido		
NOM- 081-SEMARNAT-1996 "Establece los límites máximos permisibles de emisiones de ruidos de las fuentes fijas y su método de medición".	Durante la construcción del proyecto por la operación de la maquinaria y medios de transporte	Se deberán restringir las actividades en horarios diurnos.
Rubro: Residuos Sólidos Municipales (Urbanos)		
NOM - 083 – SEMARNAT - 2003 "Establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales"	Durante la construcción del proyecto y que deberán respetar los contratistas de construcción, así como el personal operativo en general, que tenga injerencia en el proyecto.	En las etapas de preparación y construcción del sitio se establecerá una gestión y manejo integral de manejo de residuos, el cual tendrá como finalidad, la reducción en origen, evitando la fauna nociva y control de la salud, así como los riesgos de la contaminación. Una de las actividades en la operación del camino es la aplicación de un plan de manejo de residuos que incluya la limpia y mantenimiento

		constante, colocación de recipientes en sitios estratégicos y un almacén temporal de residuos sólidos municipales y peligrosos (con la respectiva tina de arena), y el establecimiento de un reglamento que sancione al personal de trabajo que se sorprenda no cumpla con lo indicado. Sólo por citar, se verificará la cadena de custodia desde el origen hasta la disposición final.
Rubro: Residuos Peligrosos		
NOM-052-SEMARNAT-2005 "Establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de residuos peligrosos"	Aplica en todas las etapas del proyecto	Se realizará el manejo y disposición de los residuos sólidos peligrosos, llevando al cabo el protocolo indicado por la Autoridad Ambiental, desde el origen, pasando por la cadena de custodia hasta la disposición final.
NOM-054-SEMARNAT-1994 "Establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos, considerados como peligrosos por la Norma Oficial"	Aplica para todas la etapas del proyecto.	Se vigilará se realicen las actividades conforme a lo estipulado en la Normatividad.
Rubro: Residuos de Manejo Especial.		
NOM-60-SEMARNAT-1994 "Especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en los suelos y cuerpos de agua por el aprovechamiento forestal".	Aplicar durante todas las etapas del proyecto, principalmente en la preparación del sitio y la construcción, por la remoción de vegetación forestal así como agrícola.	Se acatará la norma, particularmente las medidas establecidas en las siguientes especificaciones: el seguimiento de un programa forestal para mitigar y compensar efectos adversos sobre la vegetación forestal. Un programa permanente de mantenimiento de terrenos forestales. Que el material producto de la remoción de materiales no sea depositados en orillas, o pendientes o dentro de cuerpo de agua, debiéndose de reutilizar los materiales se utilizaran para la rehabilitación de algunos bancos de materiales.
NOM-161-SEMARNAT-2011 "Establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo".	Aplica durante todas las etapas del proyecto, principalmente las etapas de preparación del sitio y construcción.	Aquellos residuos generados y que de acuerdo a la clasificación de la norma se consideren de manejo especial, serán dispuestos en el sitio que indique la Autoridad competente
Rubro: Flora y Fauna		

NOM-059- SEMARNAT-2010 "Protección ambiental. Especies nativas de México de flora y fauna silvestre – categoría de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio de lista de especies de riego".	Previo al desarrollo del proyecto, se requiere la aplicación de programas de rescate de posibles especies de fauna que puedan encontrarse en la NORMA-059-SEMARNAT-2010	Se implementará, un programa de manejo para la protección y conservación de especies, el cual garantice la sobrevivencia; así como buscar el aumento o repoblamiento de las especies encontradas.

III.4 Normatividad STPS

El marco normativo en materia de seguridad y salud en el trabajo es de cumplimiento obligatorio para el desarrollo de infraestructura carretera, con el objetivo de prevenir accidentes y enfermedades laborales durante las fases de preparación del sitio y construcción. Estas normas establecen las condiciones mínimas de seguridad en los centros de trabajo, la protección contra incendios y los sistemas de seguridad en maquinaria, asegurando que la integridad física de los trabajadores sea una prioridad en la ejecución de la carretera Tipo D. La correcta aplicación de estos lineamientos, que incluyen desde la organización de comisiones de seguridad hasta el uso de equipo de protección personal certificado, garantiza que las actividades se realicen bajo un esquema de gestión de riesgos laboralmente responsable.

Para el proyecto, la vinculación con las NOM de la STPS se materializa a través de la implementación de protocolos de seguridad específicos para el sector de la construcción. El proyecto asume la responsabilidad de integrar servicios preventivos de salud y de conformar comisiones de seguridad e higiene que supervisen el cumplimiento de las condiciones de trabajo en el frente de obra. Al alinearse con normativas como la NOM-031-STPS-2011, específica para la construcción, el promovente asegura que la modernización de la vía general de comunicación en el municipio de Pitiquito cumpla no solo con los estándares ambientales, sino también con los parámetros de seguridad industrial y salud ocupacional exigidos por la autoridad laboral en México.

Tabla III. 19 Normatividad relativa a las medidas mínimas de seguridad en el ambiente laboral

Normatividad	Contenido General	Vinculación con el Proyecto
NOM-001-STPS-2008	Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo - Condiciones de seguridad.	Se garantizará que las instalaciones temporales de obra y campamentos cuenten con condiciones seguras de tránsito y operación para el personal.
NOM-002-STPS-2010	Condiciones de seguridad - Prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo.	Se dispondrá de extintores y personal capacitado en los frentes de obra y almacenes para prevenir incendios, especialmente durante el desmonte de las **8.8085 ha**.
NOM-004-STPS-1999	Sistemas de protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria y equipo.	Toda la maquinaria pesada utilizada para la conformación de la carretera Tipo D contará con protectores y dispositivos de seguridad

		para evitar accidentes mecánicos.
NOM-017-STPS-2008	Equipo de protección personal - Selección, uso y manejo en los centros de trabajo.	Se realizará un análisis de riesgos por puesto para dotar a los trabajadores del equipo adecuado (cascos, guantes, chalecos) según su actividad específica.
NOM-019-STPS-2011	Constitución, integración, organización y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene.	Se integrará una comisión encargada de investigar las causas de incidentes y vigilar el cumplimiento de las medidas de seguridad en el proyecto.
NOM-030-STPS-2009	Servicios preventivos de seguridad y salud en el trabajo - Funciones y actividades.	El proyecto contará con un responsable de seguridad encargado de implementar el programa de salud ocupacional y prevenir riesgos laborales.
NOM-031-STPS-2011	Construcción - Condiciones de seguridad y salud en el trabajo.	Se aplicarán los lineamientos específicos de seguridad para obras de infraestructura, incluyendo señalización y delimitación de áreas de riesgo en el trazo.
NOM-113-STPS-2009	Equipo de protección personal - Calzado de seguridad - Clasificación, especificaciones y métodos de prueba.	El personal operativo utilizará obligatoriamente calzado de seguridad certificado para prevenir lesiones por impactos o compresiones durante la obra.

III.5 Análisis de otros Instrumentos de Planeación.

III.5.1 Programa Sectorial de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (PS-SICT) 2025-2030.

El Programa Sectorial de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (PS-SICT) 2025-2030 define la hoja de ruta estratégica para el desarrollo de vías generales de comunicación en México, bajo una visión de justicia social, bienestar y sostenibilidad. Este instrumento de planeación, derivado del Plan Nacional de Desarrollo, establece que la infraestructura carretera debe funcionar como un motor de crecimiento regional que cierre brechas de desigualdad, especialmente en comunidades históricamente vulneradas o con rezago social. La política sectorial vigente enfatiza la modernización y conservación de caminos rurales y alimentadores como una herramienta para garantizar el derecho a la movilidad y el acceso a servicios básicos de salud y educación.

Para el proyecto, la vinculación con el PS-SICT 2025-2030 trasciende, integrándose plenamente en los objetivos de conectividad para la Nación Comcaac. Al transitar de un camino Tipo E a una carretera Tipo D, el proyecto se alinea con la meta nacional de fortalecer la infraestructura regional y elevar la competitividad de las zonas costeras de Sonora. Durante la operación y mantenimiento, el proyecto asegura la durabilidad de la vía mediante estándares técnicos que optimizan la logística y seguridad del autotransporte federal, cumpliendo así con el mandato sectorial de generar infraestructura que promueva el bienestar social y la preservación del equilibrio ecológico en el municipio de Pitiquito.

Tabla III. 20 Vinculación con el Programa Sectorial de Infraestructura, Comunicaciones y Transporte 2025-2030.

Eje Estratégico / Objetivo	Contenido Programático	Vinculación con el Proyecto
Objetivo Prioritario 1: Conectividad Regional	Fortalecer la infraestructura de comunicaciones y transportes para reducir desigualdades regionales y promover el bienestar.	El proyecto moderniza el acceso a la comunidad de El Desemboque, permitiendo un tránsito seguro y eficiente hacia centros de abasto y servicios de salud.
Meta 2030: Conservación y Modernización	Alcanzar metas de pavimentación y mejora de caminos alimentadores que faciliten el intercambio comercial.	La transición a carretera Tipo D cumple con los estándares de diseño del Programa Sectorial, mejorando la capacidad de carga y la vida útil de la infraestructura vial.
Estrategia de Sostenibilidad Ambiental	Implementar criterios de infraestructura verde y resiliencia climática en las obras públicas federales.	El proyecto integra medidas de mitigación y compensación y diseña sistemas de drenaje que respetan el entorno hidrológico, asegurando la durabilidad de la obra ante eventos climáticos.
Compromiso Social: Nación Comcaac	Atender las necesidades de infraestructura en pueblos indígenas para garantizar el derecho al desarrollo integral.	La obra se vincula directamente con la política de atención a comunidades originarias, facilitando la movilidad y la integración de la región Seri con el resto del estado de Sonora.

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN.

IV.1 Delimitación y justificación del sistema ambiental regional (SAR) donde pretende establecerse el proyecto.

La delimitación Sistema Ambiental Regional (SAR) se realizó considerando la interacción del proyecto con los componentes ambientales y los procesos ecológicos que estructuran el territorio. Se adoptó como el área de estudio una unidad territorial con coherencia hidrológica y funcional, que permite evaluar de manera integral los impactos directos, indirectos y acumulativos derivados de la construcción y operación del proyecto carretero.

El área de estudio se definió a partir de la Cuenca Hidrográfica (CH- microcuenca del arroyo San Ignacio), unidad hidrológica que integra los escurrimientos superficiales, la dinámica de transporte de sedimentos y la conectividad ecológica del área donde se inserta el proyecto. Esta microcuenca presenta una superficie aproximada de 6,452.808 hectáreas (64.5280 km²) y, conforme a la clasificación de Faustino y Jiménez (2000)[1], corresponde a una microcuenca por tratarse de una unidad con red de drenaje de bajo orden y superficie menor a 500 km² .

La delimitación de este polígono se efectuó con base en información temática del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), empleando cartografía a escalas 1:1,000,000 y 1:250,000, lo que permitió integrar de manera consistente los elementos fisiográficos, hidrológicos y de cobertura del suelo dentro del área de influencia del proyecto (Tabla IV.1). A partir de la interpretación de esta información se definió el polígono que concentra los escurrimientos superficiales que confluyen hacia el cauce principal del arroyo San Ignacio. Esta unidad permite analizar los procesos de erosión hídrica, modificación de escurrimientos, estabilidad de taludes y posibles aportaciones de sedimentos hacia zonas bajas, incluyendo áreas cercanas a la planicie costera.

[1] *Faustino, J. y F. Jiménez. 2000. Manejo de Cuencas Hidrográficas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Costa Rica. 35p.*

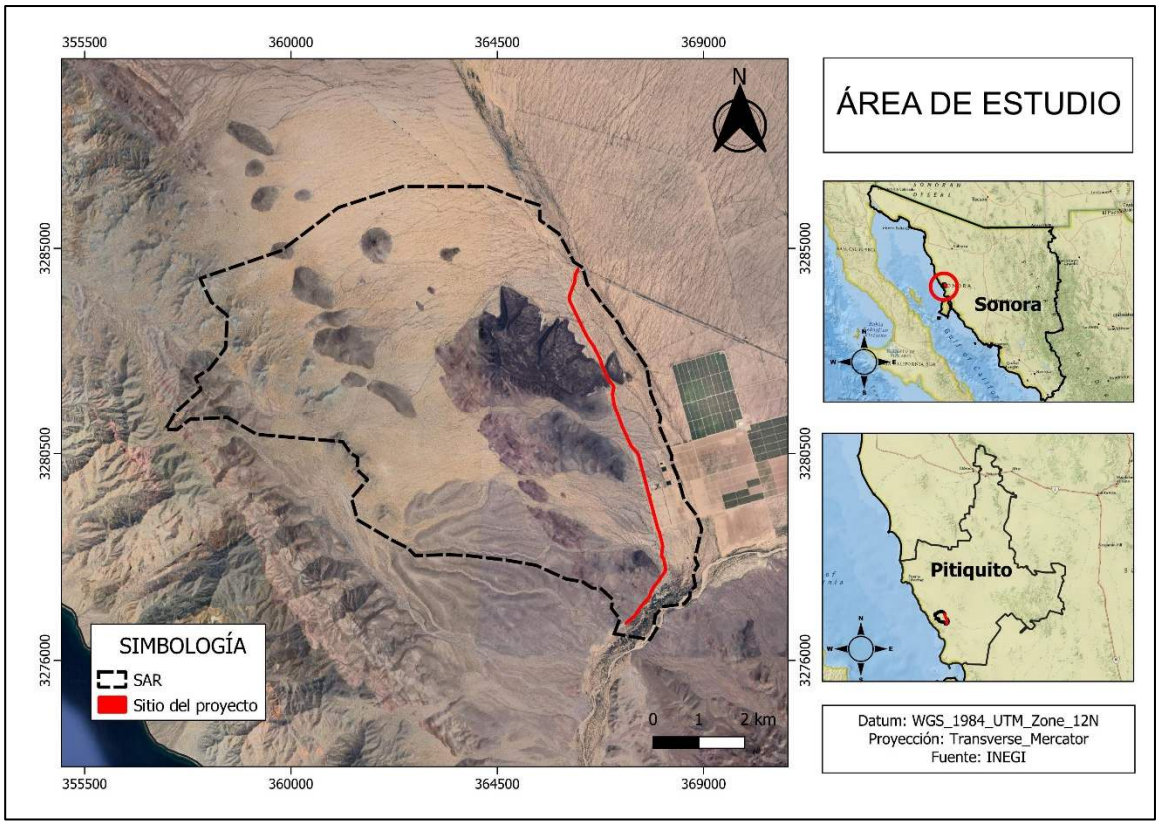


Figura IV. 1 Sistema Ambiental Regional definido para el proyecto.

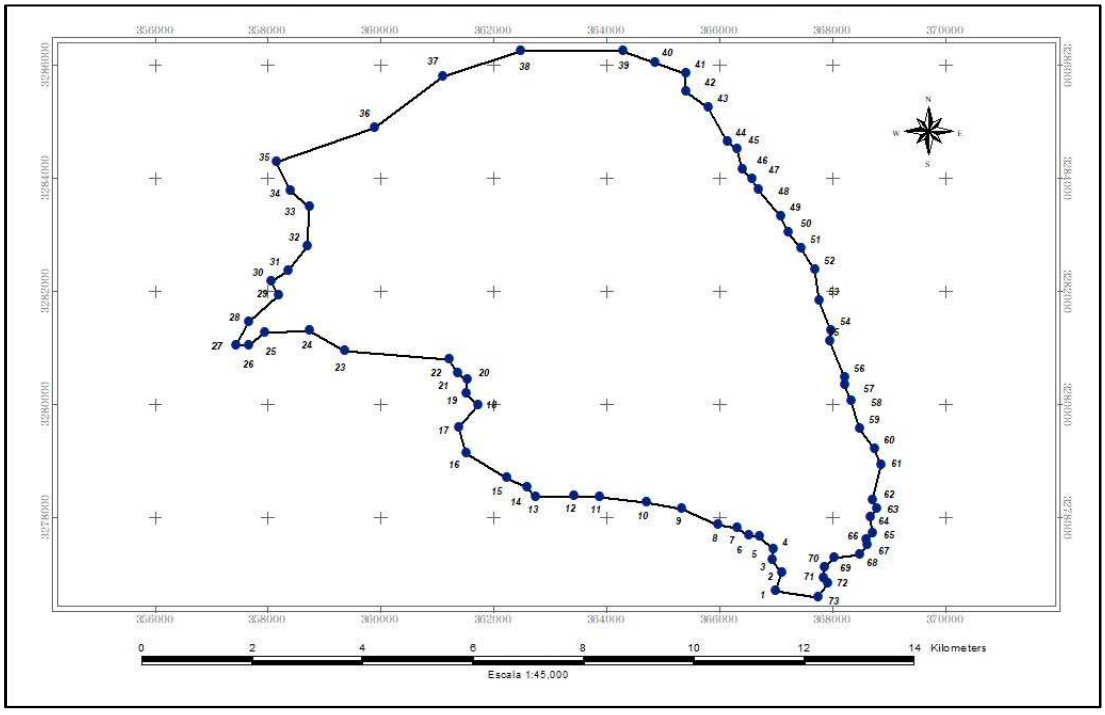


Figura IV. 2 Plano cartográfico con los vértices del polígono del SAR del proyecto.

Tabla IV. 1 Cuadro de construcción de la cuenca hidrográfica.

VERTICE	COORDENADA X	COORDENADA Y
1	367053.130	3276582.866
2	367172.985	3276902.477
3	366993.203	3277132.197
4	367013.179	3277331.954
5	366763.483	3277561.675
6	366573.714	3277571.663
7	366363.969	3277711.493
8	366004.407	3277771.420
9	365345.209	3278071.055
10	364705.987	3278180.921
11	363867.007	3278280.800
12	363407.567	3278300.776
13	362708.417	3278280.800
14	362558.600	3278440.605
15	362179.061	3278630.374
16	361449.949	3279059.852
17	361320.107	3279529.281
18	361669.681	3279938.782
19	361439.961	3280148.527
20	361459.936	3280408.211
21	361300.131	3280508.090
22	361130.337	3280757.786
23	359252.622	3280917.591
24	358613.400	3281287.142
25	357794.397	3281247.190
26	357514.737	3281017.470
27	357265.041	3281027.458
28	357504.749	3281436.959
29	358041.583	3281918.019
30	357914.251	3282176.060
31	358223.874	3282365.829
32	358573.449	3282825.270
33	358613.400	3283534.407
34	358263.826	3283824.055
35	358014.129	3284343.423
36	359791.966	3284952.681
37	361030.459	3285891.539
38	362428.758	3286350.980
39	364296.485	3286350.980
40	364865.792	3286131.247
41	365425.112	3285941.478
42	365425.112	3285621.867

43	365844.601	3285322.232
44	366174.200	3284702.985
45	366363.969	3284583.131
46	366463.848	3284213.581
47	366623.653	3284033.799
48	366743.507	3283844.030
49	367153.009	3283354.626
50	367282.851	3283064.978
51	367512.571	3282775.331
52	367762.268	3282395.793
53	367852.158	3281826.485
54	368061.903	3281287.142
55	368031.939	3281097.373
56	368311.599	3280448.163
57	368301.611	3280308.333
58	368431.453	3280008.697
59	368571.283	3279519.293
60	368850.943	3279149.742
61	368960.809	3278860.095
0	368810.991	3278220.873
63	368880.906	3278071.055
64	368771.040	3277901.262
65	368820.979	3277621.602
66	368701.125	3277501.748
67	368711.113	3277401.869
68	368581.271	3277232.076
69	368121.830	3277172.149
70	367952.037	3276992.368
71	367922.073	3276802.599
72	367991.988	3276712.708
73	367832.183	3276453.024

En términos de ordenamiento ecológico, el proyecto se ubica dentro de la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) 100-0/03 denominada Sierra Baja, conforme al Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Sonora. Esta UGA abarca una superficie aproximada de 2,117,009 hectáreas, lo que la posiciona como una de las unidades territoriales de mayor extensión en la entidad, integrando una diversidad de condiciones ambientales representativas del centro y noroeste del estado.

Desde el punto de vista fisiográfico, la UGA Sierra Baja se inserta principalmente en la Provincia II Llanuras Sonorenses, particularmente en la Subprovincia 8 Sierras y Llanuras Sonorenses, y en menor proporción en la Subprovincia 12 Pie de la Sierra de la Sierra Madre Occidental. Esta configuración territorial determina una marcada heterogeneidad geomorfológica, con la presencia de sierras aisladas, lomeríos, planicies intermontanas y valles, que generan contrastes en relieve,

suelos y cobertura vegetal.

Los terrenos predominantes presentan pendientes variables que oscilan desde suaves hasta pronunciadas, con altitudes generalmente inferiores a los 600 msnm en el área específica del proyecto. Los suelos tienden a ser someros, en ocasiones asociados a afloramientos rocosos, lo que condiciona su capacidad de retención de humedad y su susceptibilidad a procesos erosivos cuando se remueve la cobertura vegetal. Estas características físicas influyen directamente en la dinámica hidrológica superficial y en la composición de los ecosistemas presentes dentro de la unidad ambiental.

IV.2 Caracterización y análisis del sistema ambiental regional.

La caracterización y análisis del Sistema Ambiental Regional (SAR) constituye el núcleo dinámico de la presente Manifestación de Impacto Ambiental. A diferencia de una recopilación estática de datos bibliográficos, este apartado se desarrolla bajo un enfoque sistémico que busca interpretar la funcionalidad, las tendencias y la capacidad de respuesta del ecosistema frente a la modernización de la carretera Tipo D. El objetivo fundamental es documentar **el "Estado Cero"** del SAR, proporcionando una línea base cuantitativa y cualitativa que permita modelar con precisión los cambios potenciales en el paisaje y las comunidades bióticas.

IV.2.1 Metodología y Criterios de Selección

Para garantizar la validez y la importancia de la información presentada, la metodología de diagnóstico se ha estructurado bajo tres dimensiones de valor técnico:

1. **Validez de la Información (Muestreo In Situ):** Se ha priorizado el uso de datos primarios generados a partir de inventarios forestales y faunísticos realizados directamente en el área de intervención (Subtramo km 13+000 al 21+385.75). Se implementó un diseño de muestreo aleatorio simple que permitió identificar una densidad real de 423.45 individuos por hectárea. Este enfoque directo es fundamental, ya que, como señalan Mostacedo y Fredericksen (2000), el uso de datos primarios mediante parcelas de muestreo es el único método confiable para describir la estructura y composición real de comunidades vegetales, superando la imprecisión de las fuentes secundarias y reflejando con exactitud el "estado cero" de la biota en el Sistema Ambiental Regional (SAR).

2. **Importancia de las Variables:** La selección de los componentes ambientales analizados se basó en su relación directa con los efectos potenciales del proyecto. Se han omitido datos regionales irrelevantes para centrarse en parámetros críticos como la tasa de erosión potencial, el coeficiente de escurrimiento y los índices de biodiversidad. Estos indicadores son fundamentales para entender cómo la transición de una superficie de terracería a una pavimentada alterará la homeostasis hídrica y edáfica. En este sentido, la medición de la tasa de erosión es vital, pues en zonas áridas la pérdida de la capa superficial del suelo puede ser irreversible ante perturbaciones mecánicas (Wischmeier & Smith, 1978).

3. **Selección de Parámetros de Medición:** Se definieron atributos cuantificables y comparables para cada etapa del proyecto. Se determinaron parámetros bióticos como la Riqueza de Especies (Diversidad Alfa) y la Similitud Faunística (Diversidad Beta). Para ello, se utilizaron los índices de Shannon-Wiener y Sorensen, los cuales son reconocidos por Magurran (2004) como herramientas estadísticas esenciales para cuantificar la complejidad biológica y la estabilidad de las comunidades, permitiendo evaluar objetivamente el grado de conservación o perturbación de un ecosistema.

IV.2.2. Consideración de la Variabilidad Estacional

El análisis regional reconoce que el ecosistema de la Llanura Sonorense opera bajo pulsos metabólicos dictados por la estacionalidad climática. Se ha integrado la variabilidad climática, particularmente los eventos meteorológicos extremos como los monzones de verano, para evaluar la validez de los estándares de drenaje y protección de taludes propuestos.

Este enfoque permite asegurar que las predicciones de impactos residuales y sinérgicos se comparen con un ambiente previamente documentado en sus fases más críticas. De acuerdo con Figueroa y Redondo-Gómez (2007), la consideración de la fenología y los ciclos estacionales es determinante para establecer medidas de mitigación resilientes, garantizando que el diseño de la infraestructura soporte las variaciones naturales del sistema y proteja la capacidad de regeneración de la vegetación nativa ante el cambio en el uso del suelo.

IV.2.2 Análisis de la Homeostasis y Resiliencia Ecosistémica (El "Estado Cero")

El análisis de la homeostasis y resiliencia permite comprender el funcionamiento del Sistema Ambiental Regional (SAR) como una unidad dinámica interdependiente. El "Estado Cero" representa la condición base de equilibrio biótico y físico antes de la modernización técnica del camino hacia El Desemboque de los Seris.

Funcionamiento Sistémico y Homeostasis

La homeostasis del SAR se define por su capacidad de mantener un equilibrio interno estable a pesar de las fluctuaciones extremas de temperatura y la escasez hídrica. Con base en el inventario realizado para este estudio, el sistema presenta una organización interna madura, donde la vegetación de matorral xerófilo ha desarrollado mecanismos de autorregulación eficientes:

1. **Mecanismos de Autorregulación Biótica:** El sistema sustenta su estabilidad en la predominancia de especies clave identificadas en el muestreo, tales como *Larrea tridentata* (Gobernadora, con 409 individuos) y *Opuntia fulgida* (Choya, con 363 individuos). Estas especies actúan como estabilizadores del suelo y reguladores del microclima local. La homeostasis se manifiesta en una cobertura vegetal promedio del 11.0%, suficiente para sostener los ciclos de nutrientes y la captación de energía en un entorno de llanura desértica. Al respecto, Mostacedo y Fredericksen (2000) señalan que la densidad y cobertura son parámetros estructurales clave para determinar el estado de salud y la capacidad de autorregulación de las comunidades vegetales.

2. **Productividad y Biomasa:** En el "Estado Cero", la relación producción primaria/biomasa

es baja, indicador típico de ecosistemas en estado clímax que invierten la mayor parte de su energía en el mantenimiento de estructuras leñosas y suculentas para resistir periodos de sequía. Actualmente, el área de intervención contribuye a la generación de 9.689 ton/año de oxígeno. Como indican Figueroa y Redondo-Gómez (2007), cuantificar la producción de oxígeno y la biomasa es un paso indispensable para establecer el balance de servicios ambientales y las estrategias de compensación necesarias para mantener el equilibrio del sistema.

Análisis de la Resiliencia ante Perturbaciones

La resiliencia se define como la habilidad del SAR para absorber impactos sin transitar hacia un estado de degradación irreversible.

1. **Resiliencia Biótica y Diversidad:** La complejidad del sistema otorga su resiliencia. Los índices de diversidad de Shannon-Wiener calculados muestran que, a pesar de la presencia de la brecha actual, el sistema conserva una riqueza significativa: H’ de 1.7351 para aves y 1.2198 para reptiles. Esta diversidad alfa permite una "redundancia funcional", donde múltiples especies aseguran la permanencia de los procesos vitales tras perturbaciones moderadas. De acuerdo con Magurran (2004), estos índices son herramientas estadísticas esenciales para cuantificar la estabilidad biológica y la capacidad de respuesta de las comunidades ante cambios en su hábitat.

2. **Resiliencia Edáfica e Hídrica:** La presencia de suelos Regosol éutrico otorga una resiliencia física moderada. El análisis indica que el sistema ha asimilado la erosión lineal del camino actual, pero se encuentra cerca de su umbral de tolerancia. La modernización busca fortalecer esta resiliencia al sustituir un factor de degradación constante (polvo y erosión descontrolada) por una infraestructura con drenaje técnico que imita los flujos naturales de la microcuenca, evitando la degradación edáfica irreversible en zonas áridas (Wischmeier & Smith, 1978).

Estado Sucesional y Conectividad Regional

La caracterización ecosistémica revela que el SAR se encuentra en un estado sucesional estable, con una alta similitud faunística (Is = 77.8%) respecto a la Cuenca Hidrográfica regional. Esto confirma que el área del proyecto mantiene su integridad ecológica y funciona como un corredor biológico activo. Como establece Moreno (2001), el uso del índice de similitud de Sorensen permite evaluar objetivamente la conectividad regional y asegurar que la organización interna del sistema en el "Estado Cero" posea una estructura compleja capaz de soportar la transición hacia una infraestructura pavimentada si se aplican las medidas de rescate y reubicación programadas.

IV.2.3 Diagnóstico Integrador de los Componentes Ambientales

El diagnóstico integrador trasciende la descripción individual de los elementos físicos y bióticos para enfocarse en las sinergias que sostienen el equilibrio del Sistema Ambiental Regional (SAR). Este análisis permite comprender cómo la interacción entre el clima, el sustrato geológico y la biota determina la resiliencia del ecosistema ante el proyecto de modernización.

Interacción Clima-Suelo-Vegetación

La funcionalidad del SAR está regida por una estrecha interdependencia entre la precipitación monzónica y las características de los suelos Regosoles éutricos.

1. **Determinismo de la Productividad Primaria Neta (PPN):** En este ecosistema, la PPN está limitada por pulsos de humedad. Las lluvias monzónicas de verano activan procesos metabólicos críticos en el matorral xerófilo. Debido a que los Regosoles presentan una estructura poco desarrollada y una capacidad de retención de agua limitada, la vegetación ha evolucionado para optimizar la captura de recursos en periodos cortos.

2. **Estrategias de Supervivencia:** La densidad identificada de 423.45 individuos por hectárea refleja el límite de carga que el suelo puede sustentar bajo el régimen hídrico actual. Como señalan Mostacedo y Fredericksen (2000), en estos ambientes la estructura vegetal no es aleatoria, sino que responde a la disponibilidad de nutrientes y agua en el horizonte superficial, donde especies como *Larrea tridentata* actúan como facilitadoras de la estabilidad edáfica.

Conectividad Ecológica y Fragmentación

El análisis de la integridad del paisaje permite evaluar el impacto de la infraestructura sobre el flujo de especies y energía.

1. **Estado Actual de Fragmentación:** El SAR presenta una fragmentación lineal preexistente debido a la brecha de terracería actual. Sin embargo, el análisis de similitud faunística mediante el Índice de Sorensen (Is = 77.8%) demuestra que el sistema mantiene una conectividad funcional alta con la Cuenca Hidrográfica regional. Esto indica que la brecha actual no constituye una barrera geográfica infranqueable para la fauna.

2. **Efectos de la Modernización:** La transición a una carretera Tipo D implica una modificación en la permeabilidad del paisaje. No obstante, al seguir el trazo preexistente, la fragmentación adicional es marginal. De acuerdo con Magurran (2004), el mantenimiento de la diversidad alfa (H’ aves = 1.7351) es un indicador de que los corredores biológicos siguen activos. La modernización busca mitigar el efecto de borde

mediante el control de polvos y ruidos, protegiendo la integridad de los corredores identificados para mamíferos y reptiles.

Servicios Ecosistémicos

El SAR presta servicios vitales que sustentan tanto la estabilidad ambiental como la continuidad cultural de la Nación Comcaac:

1. **Provisión y Regulación:** La cobertura vegetal, aunque rala (11.0%), desempeña un papel crucial en la protección de suelos contra la erosión eólica e hídrica. La capacidad del sistema para generar 9.689 ton/año de oxígeno y actuar como sumidero de carbono es fundamental en la mitigación del cambio climático local. Como indican Figueroa y Redondo-Gómez (2007), estos sumideros naturales son esenciales para mantener el balance energético y climático de la región.

2. **Valor Cultural y de Soporte:** Para la comunidad de El Desemboque de los Seris, el SAR provee recursos bióticos de valor etnobotánico y paisajístico. El diagnóstico integrador reconoce que la conservación de la calidad del agua y la estabilidad del suelo son servicios de soporte indispensables para el desarrollo de las actividades productivas y el bienestar de la Nación Comcaac.

IV.2.4 Selección y Validez de Parámetros de Medición

Para que la evaluación del impacto ambiental sea objetiva, se han seleccionado atributos que permiten medir cualitativa y cuantitativamente la respuesta del ecosistema. Estos parámetros han sido elegidos por su sensibilidad ante las acciones de modernización vial y su capacidad para reflejar el "Estado Cero" del sistema.

Parámetros Bióticos

La validez de los datos bióticos se sustenta en el levantamiento de inventarios directos, lo que garantiza una precisión superior a cualquier fuente secundaria para el área de influencia.

- **Densidad y Cobertura:** Se determinó una densidad real de 423.45 individuos por hectárea y una cobertura vegetal promedio del 11.0%. Estos parámetros son indicadores críticos de la estructura del matorral xerófilo. Como señalan Mostacedo y Fredericksen (2000), la densidad y la cobertura son los atributos estructurales más confiables para evaluar la capacidad de regeneración y la salud de una comunidad vegetal tras una perturbación mecánica.

- **Riqueza y Diversidad Alfa:** Se utilizó el índice de Shannon-Wiener obteniendo valores de 1.7351 para aves y 1.2198 para reptiles. Estos indicadores permiten cuantificar la complejidad biológica actual. Según Magurran (2004), la diversidad alfa es el estándar científico para medir la estabilidad de las comunidades animales, permitiendo establecer un umbral de control para asegurar que las acciones del proyecto no degraden la riqueza de especies detectada.

Parámetros Abióticos

Dada la naturaleza del proyecto, los parámetros físicos se centraron en la dinámica hídrica y la estabilidad del terreno.

- **Coeficientes de Escurrimiento (Ce):** Este parámetro es esencial para el diseño de la infraestructura vial resiliente. Al transitar de una superficie de terracería a una pavimentada, el Ce es el indicador que permite modelar el comportamiento de las avenidas extraordinarias. De acuerdo con la NOM-011-CONAGUA-2015, la correcta determinación de estos coeficientes es vital para garantizar que las obras de drenaje mantengan los flujos naturales y la recarga de acuíferos regionales.

- **Tasas de Erosión:** Medida sobre suelos de tipo Regosol éutrico con pendientes del 2% al 5%. La relevancia de este parámetro radica en prevenir la degradación de los taludes y la colmatación de cauces. Como establecen Wischmeier y Smith (1978), en zonas áridas la erosión es un proceso crítico que debe monitorearse para evitar la pérdida irreversible del horizonte orgánico del suelo tras el desmonte.

Parámetros Socioeconómicos

El diagnóstico regional incorpora indicadores de bienestar que justifican la necesidad social del proyecto, fundamentados en datos del Censo de Población y Vivienda 2020 (INEGI).

- **Indicadores de Bienestar y Accesibilidad:** Se seleccionaron indicadores como el grado de escolaridad (7.43 años) y la tasa de afiliación a servicios de salud (45%). Estos datos se utilizan para medir el "impacto positivo" de la infraestructura. De acuerdo con los criterios de evaluación de proyectos de desarrollo, la mejora en la accesibilidad vial es un factor determinante para elevar los índices de desarrollo humano en comunidades con rezago histórico, como es el caso de la Nación Comcaac en El Desemboque de los Seris (INEGI, 2020).

IV.2.5 Análisis de los Usos del Suelo y del Agua

Para la integración de este apartado, se analizaron de manera integral los elementos del medio físico y social, considerando que el Sistema Ambiental Regional (SAR) presenta una vocación compartida entre la conservación biológica y la conectividad necesaria para la Nación Comcaac.

Uso Actual del Suelo

El uso del suelo en el SAR está determinado por las condiciones de aridez de la Llanura Sonorense y la propiedad social de la tierra. Se identifican tres categorías principales:

1. **Uso Forestal y de Conservación:** La mayor parte del SAR posee una cobertura de matorral. Aunque no existe una explotación forestal comercial, el suelo presta servicios de soporte para la biodiversidad y recursos etnobotánicos. Como establecen Mostacedo y Fredericksen (2000), la caracterización del uso forestal debe basarse en la capacidad del ecosistema para mantener sus funciones básicas, las cuales en el área se encuentran en un estado de equilibrio maduro.

2. **Uso para Comunicaciones (Derecho de Vía):** El trazo del proyecto se desarrolla sobre una brecha preexistente (Tipo E). Este uso de suelo para comunicaciones es una realidad antrópica que ha fragmentado el paisaje de forma lineal. La modernización no implica la apertura de nuevos frentes en áreas vírgenes, sino la consolidación técnica de un corredor ya impactado.

3. **Uso Agrícola y Ganadero:** En la periferia del SAR existen zonas de agostadero estacional. Sin embargo, la limitada capacidad de los suelos Regosoles y la escasez de agua restringen la expansión de este uso, manteniendo al ecosistema mayoritariamente en su estado natural.

Disponibilidad y Calidad del Agua

El recurso hídrico es el factor limitante del SAR. Su análisis se vincula directamente con la cuenca hidrológica y el acuífero local para garantizar que la infraestructura no comprometa el ciclo del agua.

1. **Relación con el Acuífero Local:** El proyecto se sitúa sobre el acuífero Arivaipa (2618). El diagnóstico indica que la disponibilidad de agua subterránea es crítica y depende de la infiltración en los lechos de arroyos temporales durante el monzón. La determinación de

la disponibilidad media anual se rige por la NOM-011-CONAGUA-2015, la cual establece que cualquier intervención en la superficie debe garantizar que no se obstruyan las zonas de recarga natural.

2. **Interacción del Proyecto con el Recurso:** La modernización a carretera Tipo D transformará la superficie de infiltración en el derecho de vía. Para mitigar esto, se han proyectado obras de drenaje transversal que permiten la continuidad de los flujos superficiales hacia las zonas de infiltración del acuífero, asegurando que el volumen y la calidad del agua que enriquece el acuífero subterráneo no se vean alterados por la remoción de la vegetación.

El uso de suelo predominante es el forestal-conservación, el cual coexiste con la necesidad de comunicaciones. La interacción hídrica del proyecto es de baja intensidad, ya que el diseño técnico asegura la permeabilidad del sistema y la protección de la calidad del agua, manteniendo la integridad de los servicios ambientales que el SAR presta a la región.

IV.2.6 Tendencias y Efectos Acumulativos

El análisis de las tendencias permite proyectar el comportamiento del sistema ambiental ante la ausencia o presencia de la intervención humana programada. Este ejercicio de modelación es fundamental para determinar si el proyecto de modernización actúa como un agente de perturbación o, paradójicamente, como una medida de mitigación de impactos preexistentes.

Escenario Sin Proyecto: Persistencia de Procesos Degradatorios

En el escenario "sin proyecto", el SAR continuará operando bajo su inercia actual, la cual está marcada por el uso intensivo de una brecha de terracería (Tipo E) que carece de diseño técnico para el control de agentes físicos.

1. **Degradación del Medio Físico y Biótico:** La persistencia del camino de suelo natural mantendrá procesos de erosión hídrica acelerada. Durante los eventos monzónicos, la ausencia de obras de drenaje transversal provoca la formación de cárcavas y el arrastre de sedimentos hacia las zonas bajas de la cuenca. Asimismo, el tránsito vehicular genera nubes de polvo (partículas suspendidas) que se depositan sobre la vegetación colindante. De acuerdo con Figueroa y Redondo-Gómez (2007), la acumulación de polvo en las hojas de especies xerófilas obstruye los estomas y reduce la eficiencia fotosintética, lo que deriva en un estrés crónico que disminuye la productividad primaria neta del sistema a largo plazo.

2. **Impacto Social y Aislamiento:** El escenario sin proyecto condena a la localidad de El Desemboque de los Seris a un aislamiento funcional. La inaccesibilidad en épocas de

lluvia y los altos costos de transporte perpetúan el rezago en salud y educación identificado en el Censo 2020 (INEGI, 2020). El paisaje seguirá percibiéndose como un entorno fragmentado y descuidado, limitando el potencial del turismo sustentable y el comercio pesquero de la Nación Comcaac.

Escenario Con Proyecto: Modelación de Cambios Potenciales

La modernización a carretera Tipo D introduce cambios físicos significativos durante los meses de construcción, pero establece una nueva base de equilibrio (homeostasis) para el SAR tras su conclusión.

1. **Etapa de Construcción (Perturbación Temporal):** Durante la ejecución de la obra, se prevé la remoción de cobertura vegetal y el movimiento de tierras. Este cambio inicial representa una pérdida de biomasa y una perturbación en el hábitat faunístico. No obstante, como establece Mostacedo y Fredericksen (2000), si el desmonte se acompaña de protocolos de rescate y reubicación, la capacidad de resiliencia del matorral permite que la organización interna del sistema se mantenga, evitando la pérdida de biodiversidad a nivel regional.

2. **Etapa de Operación (Efectos Acumulativos Positivos):** Una vez concluida la pavimentación, el escenario cambia hacia una estabilización del sistema. La superficie asfáltica elimina la generación de polvos y la erosión lineal del suelo. La implementación de las obras de drenaje técnico imita los flujos naturales de la microcuenca, mejorando la infiltración hacia el acuífero Arivaipa al evitar la colmatación de cauces por sedimentos de terracería.

3. **Restauración del Paisaje:** El escenario con proyecto incluye acciones de reforestación para alcanzar coberturas del 80 al 100% en las áreas de recuperación. Este efecto sinérgico entre la infraestructura y la gestión ambiental resultará en un incremento de la biomasa local en un horizonte de 5 a 10 años, superando la productividad del "estado cero" actual y consolidando un corredor biológico y social seguro para la región de Pitiquito.

Mientras que el escenario sin proyecto muestra una tendencia hacia la degradación acumulativa del suelo y la vegetación por erosión y polvo, el escenario con proyecto se perfila como una intervención que estabiliza el medio físico y potencia los servicios ecosistémicos a largo plazo, garantizando el bienestar social y la integridad del Sistema Ambiental Regional.

La caracterización del Sistema Ambiental Regional (SAR) permite concluir que el área de influencia del proyecto presenta un "Estado Cero" de equilibrio maduro, pero vulnerable a la erosión lineal y el estrés hídrico. La integración de los datos obtenidos en campo y el análisis

sistémico de los componentes ambientales arrojan las siguientes determinaciones finales:

1. **Integridad y Funcionalidad Ecosistémica:** El SAR no es un sistema degradado; por el contrario, mantiene una organización interna robusta con una densidad de 423.45 individuos por hectárea y una diversidad faunística significativa. Esta complejidad biológica asegura que el ecosistema posea una redundancia funcional capaz de absorber la perturbación temporal que representarán los 24 meses de construcción, siempre que se ejecuten los programas de rescate de flora y fauna propuestos.

2. **Transición de Impacto a Estabilización:** Se concluye que la situación actual (Escenario sin Proyecto) representa un factor de degradación continua debido a la dispersión de polvos y la erosión descontrolada de la terracería. La modernización de la carretera actúa como una medida de estabilización física del medio. Al sustituir el suelo natural por una superficie pavimentada y sistemas de drenaje técnico, se protege la estructura de los suelos Regosoles y se optimiza la infiltración hacia el acuífero.

3. **Preservación de Servicios Ambientales y Conectividad:** El diagnóstico integrador demuestra que la conectividad regional entre la Cuenca Hidrográfica y el sitio del proyecto es alta. La infraestructura proyectada no constituirá una barrera para los corredores biológicos, permitiendo que el SAR continúe prestando servicios vitales como la generación de oxígeno y la protección del patrimonio natural de la Nación Comcaac. Como señalan Figueroa y Redondo-Gómez (2007), la gestión de estos sumideros naturales es la base para la sostenibilidad climática del proyecto.

4. **Viabilidad Ambiental:** Basado en la selección y validez de los parámetros medidos, se señala que el proyecto es ambientalmente viable. La resiliencia del matorral, sumada a la implementación de medidas de compensación que buscan una cobertura vegetal del 80 al 100% en áreas recuperadas, garantiza que la homeostasis del sistema se restablezca en el corto plazo, transformando una vía de comunicación deficiente en un corredor de desarrollo sustentable y seguro.

IV.3 Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad ambiental del SAR.

IV.3.1 Medio abiótico

a) Clima y fenómenos meteorológicos

En términos de meso escala, la región noroeste de México, cuenta con la influencia climática de la celda semipermanente de alta presión del Pacífico Nororiental y de la corriente oceanográfica fría de California; adicionalmente y debido a que se encuentra al norte del Trópico de Cáncer, también cuenta con la influencia del cinturón de altas presiones del hemisferio norte por lo que forma parte de las zonas áridas y semiáridas del planeta (Desierto Sonorense en esta región). Otros elementos climáticos de esta región son las tormentas extra tropicales, los eventos ciclónicos de origen tropical y lo que se conoce como circulación monzónica de verano; sin embargo, se ha descrito que los cambios del clima árido prevalecientes en esta región, se deben más a la influencia de los fenómenos meteorológicos de origen templado tales como las vaguadas y crestas polares, que a los fenómenos meteorológicos de origen tropical (Álvarez-Castañeda, et al., 1995).

El Estado de Sonora, por su ubicación, cuenta con un clima seco, siendo el clima para la microcuenca de interés, seco con régimen de lluvias de verano de acuerdo a la clasificación climática de Köppen modificada por García, 1988.



Figura IV. 3 Mapa climático de México donde se enmarca el estado de Sonora con contorno negro para resaltar el subtipo de clima presente (Seco muy árido).

Para la caracterización climática de la cuenca, subcuenca o microcuenca donde se pretende establecer el proyecto, se tomó como referencia la clasificación climática de Köppen modificada por E. García (1981), la cual se fundamenta en las normales climatológicas registradas por estaciones meteorológicas administradas por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y difundidas por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Para el presente estudio, la información climática fue integrada a partir de los registros de las estaciones climatológicas más cercanas a la cuenca hidrográfica del proyecto, correspondientes a la estación 26035 Félix Gómez, Pitiquito y la estación 26093 Pitiquito, las cuales resultan representativas de las condiciones atmosféricas regionales.

Bajo este esquema de clasificación, la zona donde se ubica la zona de estudio presenta un clima muy seco desértico, identificado como BW(h')w, característico del Desierto Sonorense y de la franja costera del noroeste del estado. Este tipo de clima se distingue por una precipitación anual baja, generalmente inferior a los 250 mm, con una marcada variabilidad interanual y una distribución irregular a lo largo del año.

La precipitación promedio anual se concentra principalmente durante el periodo de verano, asociada al monzón de Norteamérica, mientras que en invierno se registran aportes menores relacionados con el paso de frentes fríos. A nivel mensual, los valores más altos suelen presentarse entre los meses de julio y septiembre, en tanto que el resto del año predominan condiciones de sequía. Las precipitaciones máximas ocurren durante eventos de corta duración e intensidad moderada a fuerte, favoreciendo la generación de escurrimientos superficiales temporales en arroyos intermitentes, mientras que las precipitaciones mínimas corresponden a periodos prolongados sin lluvias.

En cuanto al régimen térmico, la región se caracteriza por temperaturas medias anuales superiores a los 22 °C, propias de climas cálidos. Las temperaturas máximas se registran durante el verano, alcanzando con frecuencia valores superiores a 40 °C, mientras que las temperaturas mínimas se presentan en invierno, con descensos moderados durante las noches, sin llegar a condiciones extremas de frío. Esta amplitud térmica anual y diaria está asociada a la baja humedad atmosférica y a la elevada radiación solar característica de ambientes desérticos.

Respecto a los fenómenos meteorológicos relevantes, el área puede verse influenciada por la presencia de ondas de calor durante el verano, así como por lluvias intensas de origen convectivo asociadas a tormentas tropicales o a los remanentes de ciclones que se desarrollan en el Pacífico oriental. Aunque estos sistemas no impactan de manera directa con alta frecuencia, pueden generar precipitaciones extraordinarias en periodos cortos. Durante el invierno, el ingreso de frentes fríos puede ocasionar descensos temporales de temperatura y vientos moderados, conocidos regionalmente como “nortes”.

Tabla IV. 2 Normales climatológicas de la estación 26035 Felix Gomez.

ESTACIÓN FELIX GOMEZ - PITIQUITO (26035)													
FACTOR	**E**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J**	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**ANUAL**
Precipitación (mm)	21.4	15	10.6	3	1.1	7.4	77.1	76.8	48.8	11	12	22.7	273
T° Máxima	38.5	36	38	39	43	44.5	44.5	43.5	43.5	43	39.5	40	**41**
T° Media	20.8	22	24.7	28.5	32.3	36.3	36.6	35.8	34.2	30.5	25.5	21.4	**28.5**
T° Mínima	1.8	2.9	4.2	6.1	9	13.6	17.6	16.9	14.7	9.2	4.2	1.9	**8.1**

El siguiente climograma corresponde a la representación del clima en el municipio de Pitiquito basado en datos de temperaturas y precipitaciones medias normales registradas por el Sistema Meteorológico Nacional (SMN) en la estación climatológica más cercana al área de estudio.

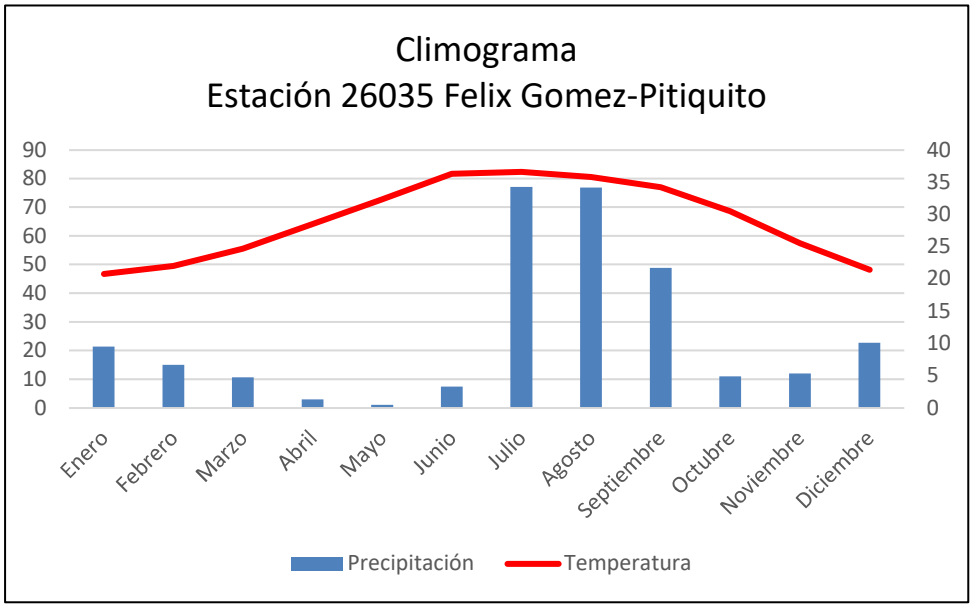


Figura IV. 4 Climograma representativo de la precipitación y la temperatura.

Fenómenos meteorológicos

En lo que respecta a ciclones, huracanes o tormentas tropicales, estos se presentan ocasionalmente en Sonora durante los meses de septiembre u octubre, en la zona limítrofe con Sinaloa, sin aumentar considerablemente la precipitación total anual. La Figura inferior muestra los sitios donde se han presentado este tipo de fenómenos (CONAGUA, 2008).

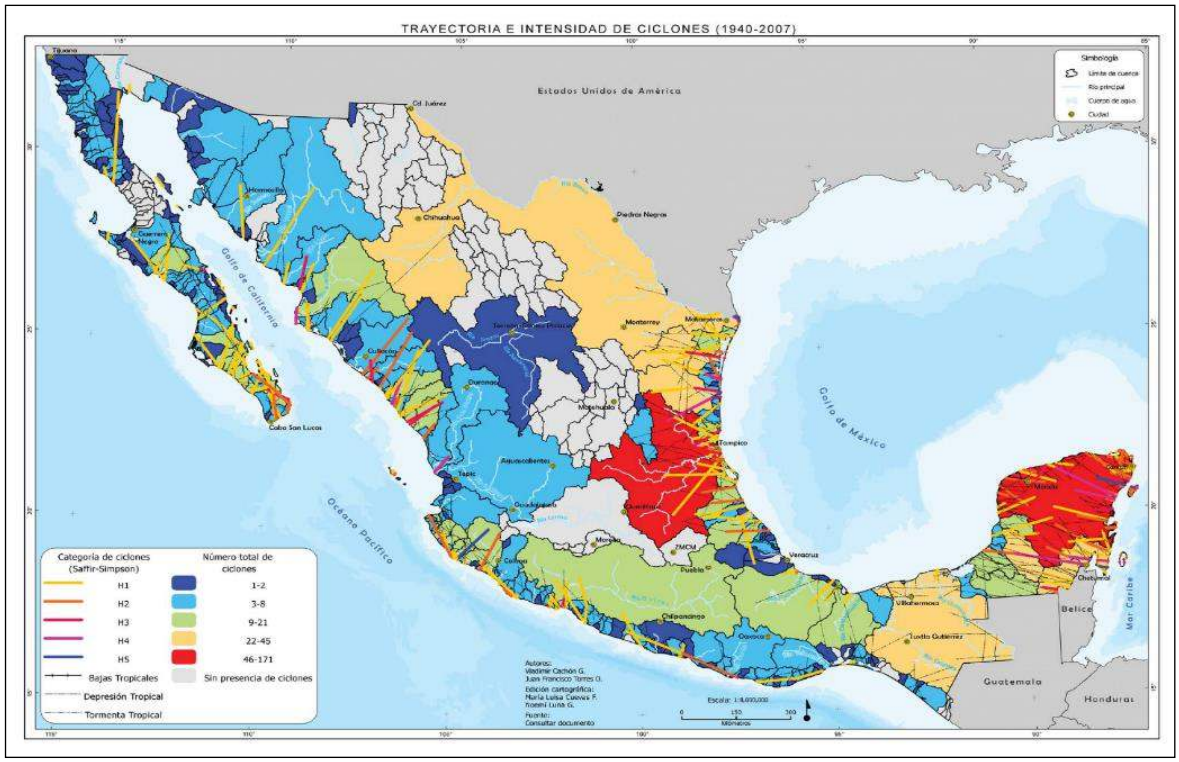


Figura IV. 5 Mapa de trayectoria e intensidad de ciclones (1940 – 2007)

En cuanto a **fenómenos meteorológicos extremos**, la región es susceptible a diversos eventos:

- **Ciclones Tropicales**

Temporada de Actividad y Zonas de Influencia

La costa de Sonora, se encuentra dentro de la zona de influencia de los ciclones tropicales del Océano Pacífico. La temporada oficial para estos fenómenos se extiende de junio a noviembre, con picos de actividad generalmente observados en agosto y septiembre. La temporada en el Pacífico inicia formalmente el 15 de mayo y concluye el 30 de noviembre de cada año. Para el año 2025, se pronostican entre 13 y 17 fenómenos con nombre en el Pacífico, desglosados en 8 a 9 tormentas tropicales, 4 a 5 huracanes de categoría 1 o 2, y entre 4 y 6 huracanes de categoría 3, 4 o 5.

- **Ondas de Calor**

Incidencia y Consecuencias

Las altas temperaturas estivales en la region son recurrentes y pueden generar condiciones de calor extremo, superando los 40 °C. En Sonora, se han registrado temperaturas de hasta 46°C. La sensación térmica en el área del proyecto es un factor crítico, ya que puede ser hasta 10°C

superior a la temperatura real debido a la alta humedad, lo que significa que 40°C pueden percibirse como 50°C, una condición catalogada como "Calor Peligroso".

- **Sequías y Estrés Hídrico**

Frecuencia y Severidad

Las sequías prolongadas son fenómenos recurrentes en la región, exacerbando la escasez de recursos hídricos. Estas sequías son un fenómeno cíclico que se ha intensificado en los años recientes, particularmente debido a la prolongación inusual del fenómeno climatológico "La Niña", con 2021 marcando el episodio de sequía más grave en México desde 2012. Los modelos climáticos predicen un aumento en la frecuencia y severidad de las sequías pluviométricas para el futuro, especialmente en zonas continentales de altitud media.

b) Geología y geomorfología

El área de estudio del proyecto carretero se encuentra dentro de un contexto geológico característico del noroeste de México, particularmente en la porción centro-occidental del estado de Sonora, en una región dominada por procesos tectónicos y vulcanismo asociados al basamento continental y a la evolución de la Sierra Madre Occidental. La geología del sitio y su entorno refleja una historia geológica compleja que abarca procesos desde el Mesozoico hasta el Cuaternario, con la presencia de rocas ígneas, sedimentarias y depósitos aluviales recientes, lo que influye directamente en la configuración del relieve y la estabilidad de los suelos en el área del proyecto.

De acuerdo a las cartas geológicas a escala 1:250,000 publicada por el INEGI, los materiales geológicos del área comprenden los siguientes tipos de elementos geológicos:

Tabla IV. 3 Elementos geológicos del área de estudio.

ENTIDAD	CLASE	TIPO	ERA	SISTEMA
Suelo	N/A	Aluvial	Cenozoico	Cuaternario
Unidad Cronoestratigráfica	Roca Ignea Extrusiva	Andesita	Cenozoico	Terciario
Unidad Cronoestratigráfica	Roca Ignea Extrusiva	Basalto	Cenozoico	Terciario
Unidad Cronoestratigráfica	Roca Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Neógeno
Unidad Cronoestratigráfica	Roca Ignea Intrusiva	Granodiorita	Mesozoico	Cretácico
Unidad Cronoestratigráfica	Roca Ignea Extrusiva	Riolita-Toba ácida	Cenozoico	Terciario

Las unidades litológicas presentes en el área comprenden:

- Depósitos aluviales cuaternarios (suelo aluvial): representados por materiales no consolidados de origen reciente, presentes principalmente en las planicies y piedemontes asociados a los cauces y escurrimientos superficiales. Estos depósitos permiten la

acumulación de sedimentos transportados por la acción del agua, formando abanicos aluviales y planicies de inundación que influyen en la geomorfología local.

- Rocas ígneas extrusivas como andesita, basalto y riolita–toba ácida, correspondientes a sucesiones volcánicas de edad terciaria dentro del Cenozoico. Las andesitas y basaltos representan flujos de lava y volcaniclásticos derivados de actividad volcánica regional, los cuales contribuyen a la heterogeneidad litológica y a la resistencia relativa del sustrato geológico. Las tobas ácidas y riolitas, producto de eventos explosivos o efusivos de composición félsica, también forman parte de los cuerpos volcánicos distribuidos en la región, aportando variación en dureza y resistencia a la erosión superficial.
- Rocas sedimentarias como conglomerados del Neógeno, que se presentan como depósitos detríticos de cantos y arena cementada, reflejando ambientes de transporte fluvial y de abanicos aluviales antiguos. Estos materiales, al estar relativamente consolidados, constituyen sustratos de mayor resistencia mecánica comparados con los aluviales recientes.
- Rocas ígneas intrusivas como la granodiorita del Cretácico, que representan cuerpos subvolcánicos enfriados lentamente en profundidad, con una composición intermedia a félsica, confiriendo dureza y estructura más estable en las zonas donde aflora.

Desde el punto de vista geomorfológico, el área de influencia del proyecto presenta un relieve variado con pendientes suavemente inclinadas hasta moderadas, dominadas por colinas, lomeríos y planicies aluviales resultantes de la interacción entre la tectónica regional y los procesos de erosión y sedimentación. La presencia de materiales de distinta resistencia, desde depósitos aluviales poco consolidados hasta rocas volcánicas y plutónicas más duras, da lugar a formas de relieve heterogéneas que influyen en la escorrentía superficial y los mecanismos de erosión.

La siguiente figura muestra la composición geológico estructural del SAR.

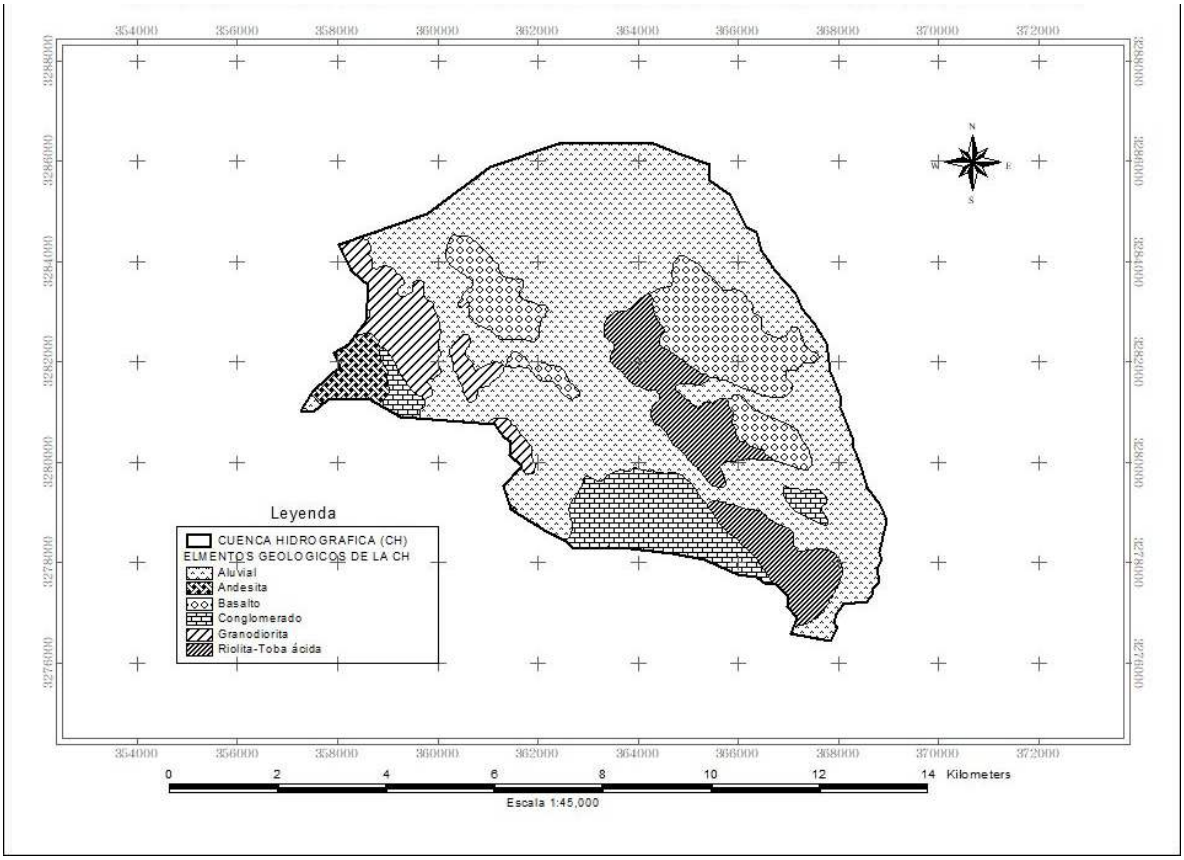


Figura IV. 6 Tipos de elementos geológicos del SAR del proyecto.

c) Suelos

De conformidad con la publicación del INEGI Síntesis de Información Geográfica del Estado de Sonora (SIGE) y con base en la carta edafológica escala 1:250,000, dentro de la cuenca hidrográfica donde se inserta el proyecto se identifican cuatro unidades de suelo predominantes: Fluvisoles, Litosoles, Regosoles y Yermosoles.

En la figura siguiente se presenta la distribución espacial de estas unidades edáficas dentro del SAR:

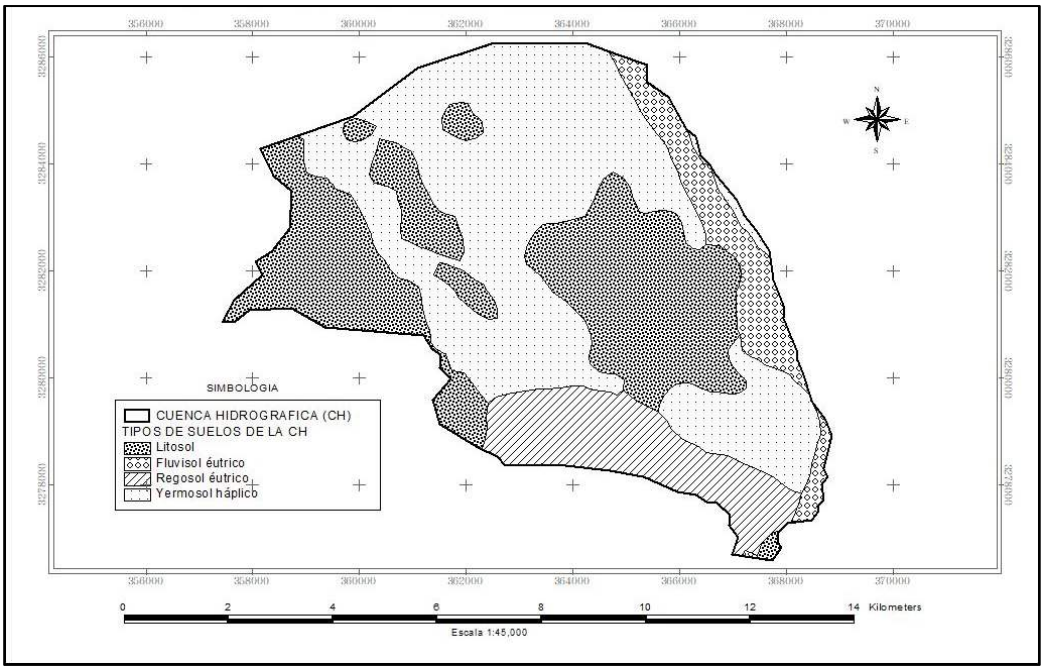


Figura IV. 7 Plano cartográfico que muestra los tipos de suelos del SAR del proyecto.

Los tipos de suelos existentes en área de estudio del proyecto según el SIGE (INEGI, 2000) son los siguientes;

- *Fluvisoles*

En área de estudio, estos suelos representan el 8.22 % de la superficie total y se encuentran formados por materiales aluviales recientes, depositados principalmente en los lechos de ríos y arroyos, así como en las zonas de bajada de las sierras, donde se concentran los escurrimientos superficiales durante eventos de precipitación. Los constituyen capas sobrepuestas de horizontes C y son sueltos o de estructura laminar, pero algunas veces llegan a desarrollar en la superficie o cerca de ella, un horizonte A ócrico sumamente permeable y de colores claros. La vegetación que presentan es de matorral sarcocaule en los alrededores de la presa Álvaro Obregón y de matorral subinerme hacia el noreste de Heroica Caborca.

- *Litosoles*

La característica principal de estos suelos es su escasa profundidad, generalmente menor a 10 cm, lo que limita su capacidad de almacenamiento de agua y desarrollo radicular. En el estado de Sonora se distribuyen principalmente en sierras y lomeríos, presentándose de manera discontinua en forma de manchones. Dentro de la Cuenca Hidrológica, estos suelos representan aproximadamente el 33.58 % de la superficie total. En las zonas cercanas a la costa predominan texturas gruesas, principalmente arenosas, mientras que hacia la porción oriental se presentan

texturas de tipo medio. Estos suelos sustentan diversos tipos de vegetación, entre los que se incluyen matorrales, selva baja caducifolia, bosques de pino y encino, así como áreas de pastizal natural.

- *Regosoles*

Los Regosoles ocupan aproximadamente el 11.99 % de la superficie total de la Cuenca Hidrológica. Estos suelos se originan a partir de materiales parentales derivados de rocas ígneas ácidas y básicas, así como de depósitos sedimentarios como conglomerados y lutitas-areniscas. Una parte de los Regosoles es de origen residual (in situ), es decir, se localizan en el mismo sitio donde se produjo la meteorización del material parental. Otros corresponden a depósitos de origen aluvial, coluvial o eólico, en los cuales los materiales intemperizados han sido transportados y depositados por acción del agua, la gravedad o el viento, respectivamente. En general, estos suelos se caracterizan por su textura variable, baja capacidad de retención de humedad y susceptibilidad a procesos erosivos, lo que condiciona el establecimiento y desarrollo de la vegetación natural.

Estos suelos son muy parecidos al material parental, sólo presentan una capa superficial de colores pardo amarillento o pardo rojizo, que pertenece al horizonte A ócrico, y carecen de estructura. Son muy pobres en materia orgánica, sus texturas van de arena a migajón arenoso y su capacidad de intercambio catiónico total (CICT) es baja o muy baja (de 3 a 12 meq/100 g). En general son moderadamente alcalinos los distribuidos en la porción noroeste y en la franja costera, los ubicados en la parte central son neutros y los que se localizan en zonas de mayor humedad, en los límites con Chihuahua, son ligeramente ácidos. La saturación de bases es alta, pero éstas se encuentran en cantidades bajas o muy bajas. Se localizan principalmente en la zona occidental, como es el Desierto de Altar, donde sustentan vegetación de desiertos arenosos; en la franja costera, con excepción de las áreas correspondientes a los distritos de riego de la Costa de Hermosillo, el de Ciudad Obregón y en Caborca, donde crece matorral subinerme. También se distribuyen en la región norte, en la cual se dedican al cultivo de pastos, y también al oriente de Nogales, o sustentan bosque de pino, como en la sierra Los Ajos.

- *Yermosoles*

Los Yermosoles ocupan aproximadamente el 46.19 % de la superficie total de la Cuenca Hidrológica. Se caracterizan por presentar un horizonte superficial tipo A ócrico, de coloración clara (pardo, pardo rojizo y pardo claro), con contenidos de materia orgánica bajos a muy bajos, generalmente en un intervalo de 0.1 a 0.5 %. Además, en ellos se efectúa un proceso de acumulación de arcillas en las capas subsuperficiales, dando origen a un horizonte B, que cuando el contenido de dicho material es mínimo es denominado B cámbico, pero al incrementarse ese contenido recibe el nombre de B argílico. En algunos casos se encuentran acumulaciones de carbonatos de calcio o cristales de yeso. En general son moderadamente alcalinos, con pH entre 7.9 y 8.3, pero en los suelos que presentan fase salina, sódica o salina-sódica el pH sube de 8.4 hasta 9.3. Las texturas de estos suelos son de migajones arenosos en la superficie y de migajones arcillosos o arcillas en los horizontes subsuperficiales, por lo que su potencial para

adsorber iones (CICT) va de moderada a alta (de 13.8 a 31.8 meq/100 g). La saturación de bases es mayor de 50%, predominando el calcio sobre el potasio. Su fertilidad es alta cuando se dispone de agua para riego, como sucede en las áreas de Hermosillo, Caborca, Ciudad Obregón y a orillas de los ríos El Zanjón y San Miguel de Horcasitas, entre otros, donde se realiza una floreciente actividad agrícola. En las zonas que no están dedicadas a esta actividad, la vegetación que se desarrolla es de matorral sarcocaule y mezquital, como en los alrededores de Carbó.

d) Hidrología superficial y subterránea

Las aguas superficiales del estado de Sonora se distribuyen en cinco regiones hidrológicas: RH7 Río Colorado, RH8 Sonora Norte, RH9 Sonora Sur, RH10 Sinaloa y RH34 Cuencas Cerradas del Norte (Casas Grandes). El polígono del área de estudio se localiza dentro de la Región Hidrológica 8 Sonora Norte (RH-8), ubicada en la porción noroeste de la entidad.

La RH-8 abarca una superficie aproximada de 54,857 km², equivalente a cerca del 30 % del territorio estatal, y se caracteriza por condiciones climáticas áridas a semiáridas, con precipitaciones escasas y alta evapotranspiración. El régimen hidrológico está dominado por corrientes intermitentes y arroyos efímeros que presentan escurrimientos de corta duración asociados a eventos de lluvia intensa, drenando principalmente hacia el Golfo de California. En este contexto regional destaca el arroyo San Ignacio, el cual constituye el eje de drenaje principal dentro del polígono del área de estudio.

El SAR comprende una superficie aproximada de 6,450.6040 hectáreas (64.5060 km²) y, conforme a la clasificación de Faustino y Jiménez (2000), corresponde a una microcuenca del tipo exorreica, al tratarse de una unidad hidrológica menor a 500 km² con red de drenaje de bajo orden. Este tipo de unidades presenta respuesta hidrológica rápida ante eventos de precipitación, concentrando escurrimientos locales y desempeñando un papel relevante en la dinámica de transporte de sedimentos y en los procesos de erosión hídrica a escala local.

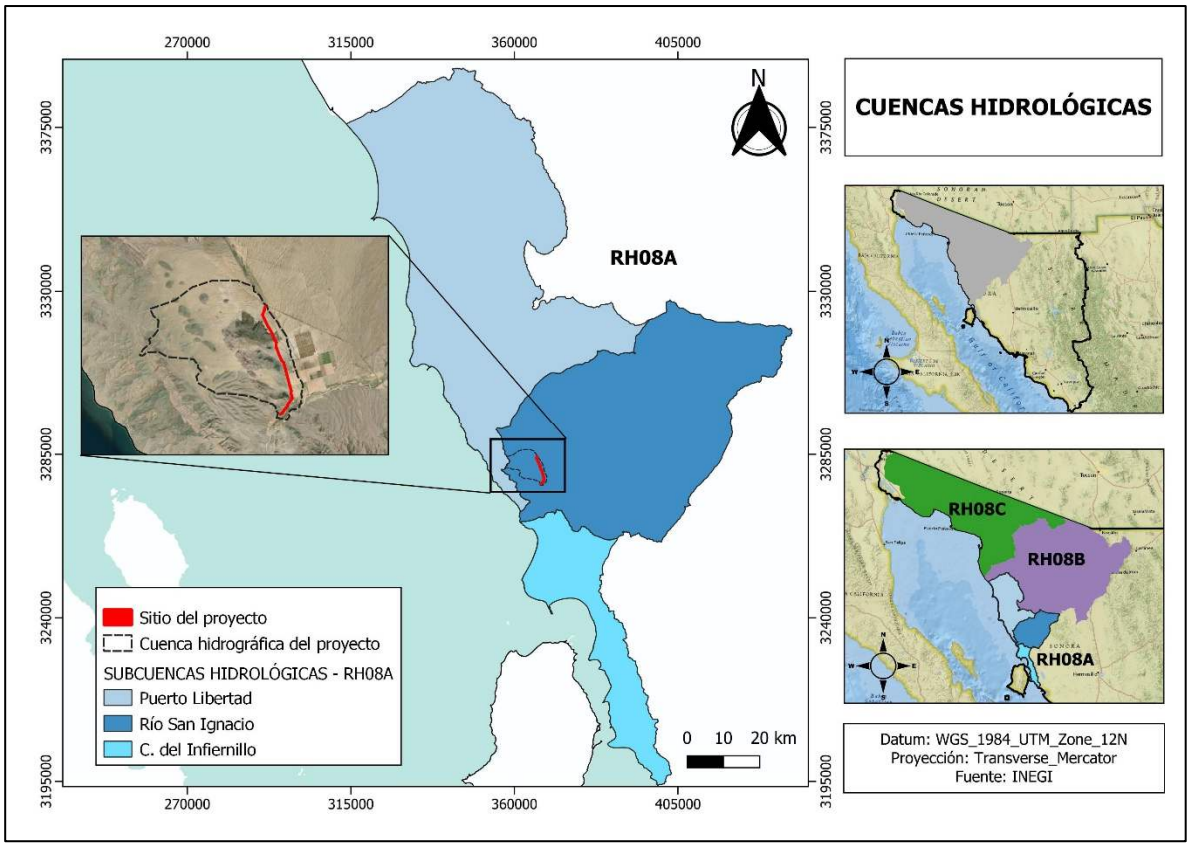


Figura IV. 8 Subcuencas hidrológicas de la región hidrológica RH08A.

El polígono del SAR presenta una configuración alargada con orientación general noroeste–sureste. La red de drenaje superficial muestra un patrón definido que conduce los escurrimientos en dirección este–sureste, confluyendo hacia el cauce principal del arroyo San Ignacio, el cual continúa su trayecto hasta desembocar en el Golfo de California.

El arroyo San Ignacio constituye la corriente superficial de mayor relevancia dentro del área de influencia del proyecto y es el único cauce que incide de manera directa en el mismo. Se trata de un arroyo de régimen intermitente, cuyo escurrimiento se activa principalmente durante eventos de precipitación intensa, transportando caudales temporales y aportes de sedimentos hacia la planicie costera.

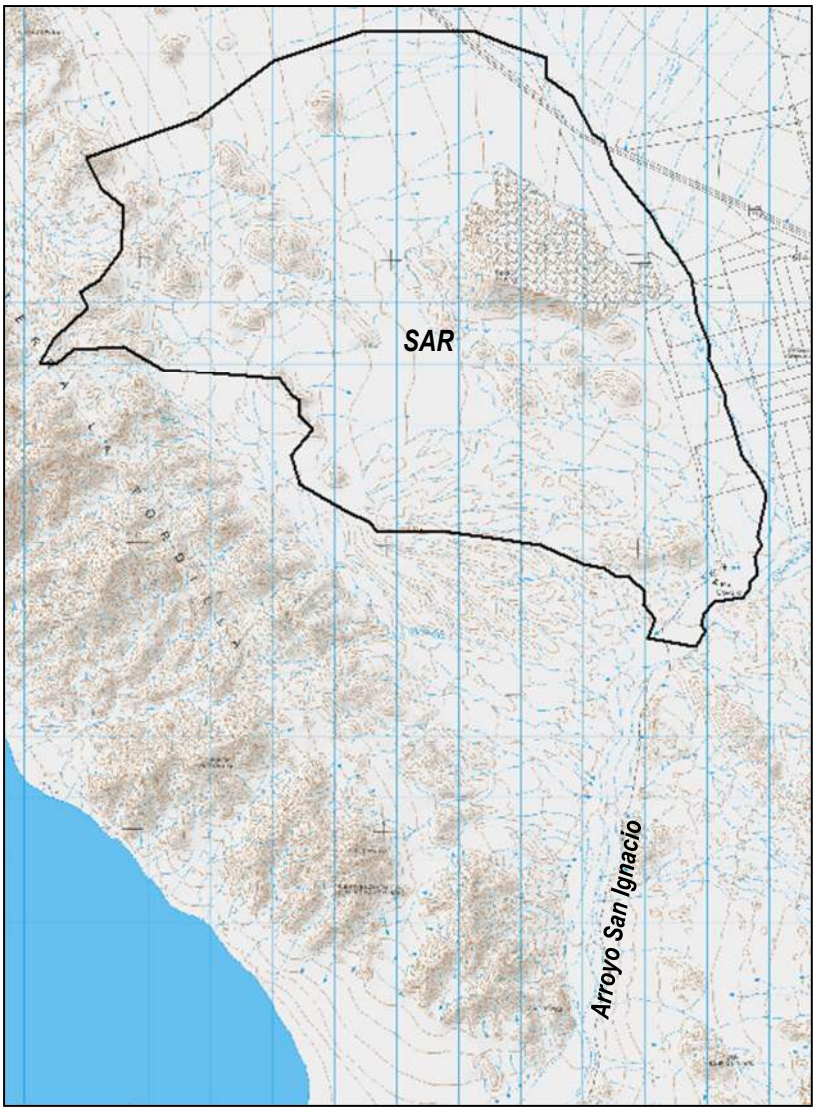


Figura IV. 9 Imagen cartográfica que muestra el drenaje superficial de la CH del proyecto.

e) Hidrología subterránea

De acuerdo con información oficial de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2024), el SAR se localiza dentro del acuífero denominado Arivaipa, identificado con la clave 2618. Este acuífero forma parte de la Región Hidrológica 8, Sonora Norte, y se ubica en la porción occidental del estado de Sonora, en una franja próxima a la planicie costera del Golfo de California.

El acuífero Arivaipa limita al norte con los acuíferos Puerto Libertad y Caborca, al este y sur con el acuífero Costa de Hermosillo, y al oeste con el Golfo de California. Desde el punto de vista hidrogeológico, se asocia a depósitos aluviales y materiales sedimentarios de origen continental,

que constituyen las principales unidades de almacenamiento y transmisión de agua subterránea en la región. La siguiente figura muestra su delimitación regional y la ubicación del área de estudio dentro de este sistema hidrogeológico.



Figura IV. 10 Plano cartográfico que señala la ubicación del acuífero 2618 Arivaipa.

Desde el punto de vista hidrogeológico, Arivaipa está integrado por un medio granular de tipo libre, en el que predominan materiales aluviales relativamente no consolidados que permiten una mayor interacción con los escurrimientos superficiales durante eventos de lluvia. Estos depósitos arenosos proporcionan un medio con porosidad y permeabilidad favorables para la recarga de agua subterránea, aunque su espesor y continuidad pueden variar espacialmente dependiendo de las condiciones locales de sedimentación.

IV.3.2 Medio biótico

Considerando la cartografía biogeográfica propuesta por Morrone (2005) y Escalante (2009), tenemos que nuestro país está dividido en dos zonas biogeográficas: la Región Neártica, ubicada hacia la parte norte de México y la Región Neotropical, hacia el sur del país; como se observa en la figura inferior, el área de estudio del del proyecto se localiza de la Región Neártica.

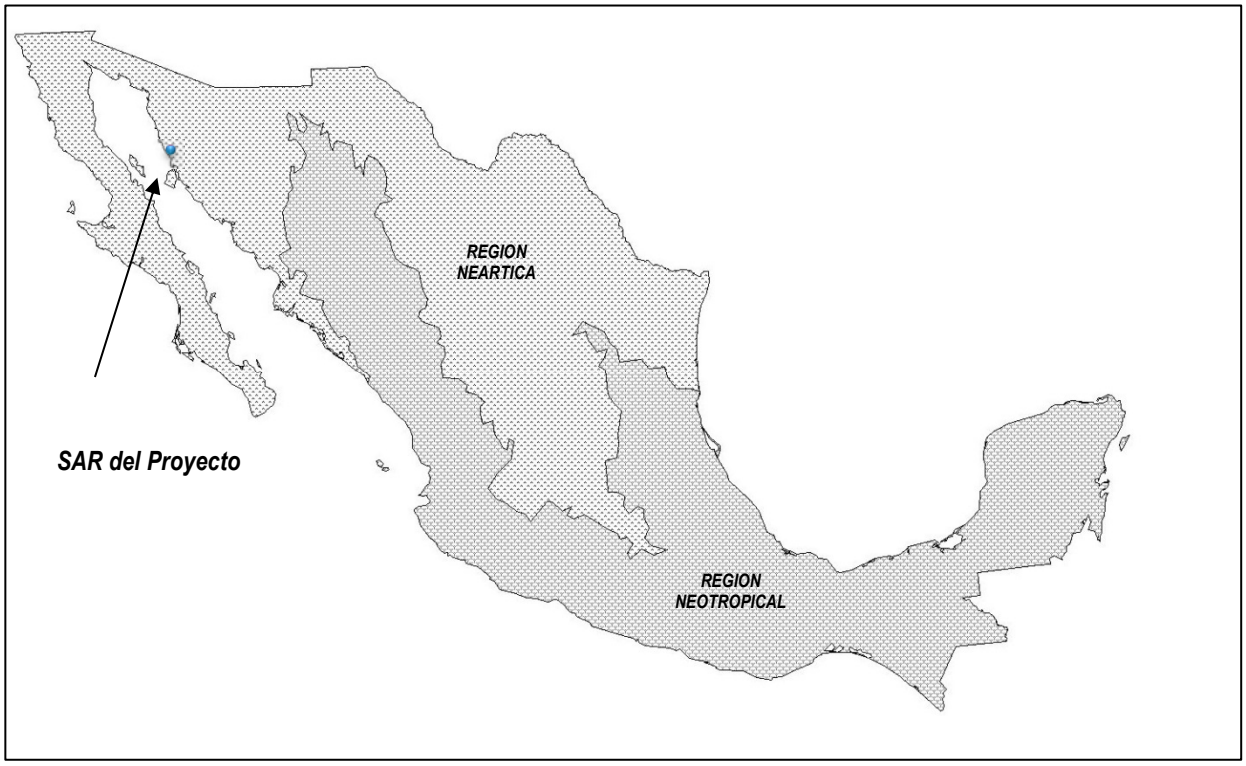


Figura IV. 11 Regiones o zonas biogeográficas de México.

Región Neártica

De acuerdo al estudio realizado por Morrone (2005), esta región biogeográfica comprende básicamente áreas templado-frías y áridas subtropicales de América del Norte, en Canadá, los Estados Unidos de América (excluyendo el sur de la península de Florida) y el norte de México. La región Neártica pertenece al reino Holártico, el cual corresponde al paleo continente de Laurasia, incluyendo también a la región Paleártica (Europa, Asia al norte del Himalaya, África al norte del Sahara y Groenlandia). Existen numerosos trazos generalizados que conectan ambas regiones. Escalante (2009) realizó un ensayo sobre la regionalización biogeográfica de la República Mexicana definiendo una separación básica entre las regiones Neártica y Neotropical, en términos de su biota.

Las 5 provincias de la región Neártica que corresponden a México, con excepción de la provincia de Baja California, se extienden hacia el norte hasta los Estados Unidos de América; ellas fueron asignadas a la subregión Pacífica Norteamericana. De acuerdo con varios análisis recientes, es

posible agrupar estas provincias en 2 componentes bióticos, tratados como los dominios Californiano y Neártico Continental. El dominio Neártico Californiano comprende las provincias de California y Baja California, y el Neártico Continental las provincias de Sonora, Altiplano Mexicano y Tamaulipas. La provincia de Sonora, sin embargo, habría jugado un papel importante en la evolución biótica de la provincia de Baja California, por lo cual cabría proponer otro componente biótico que la incluyera en el dominio Californiano.

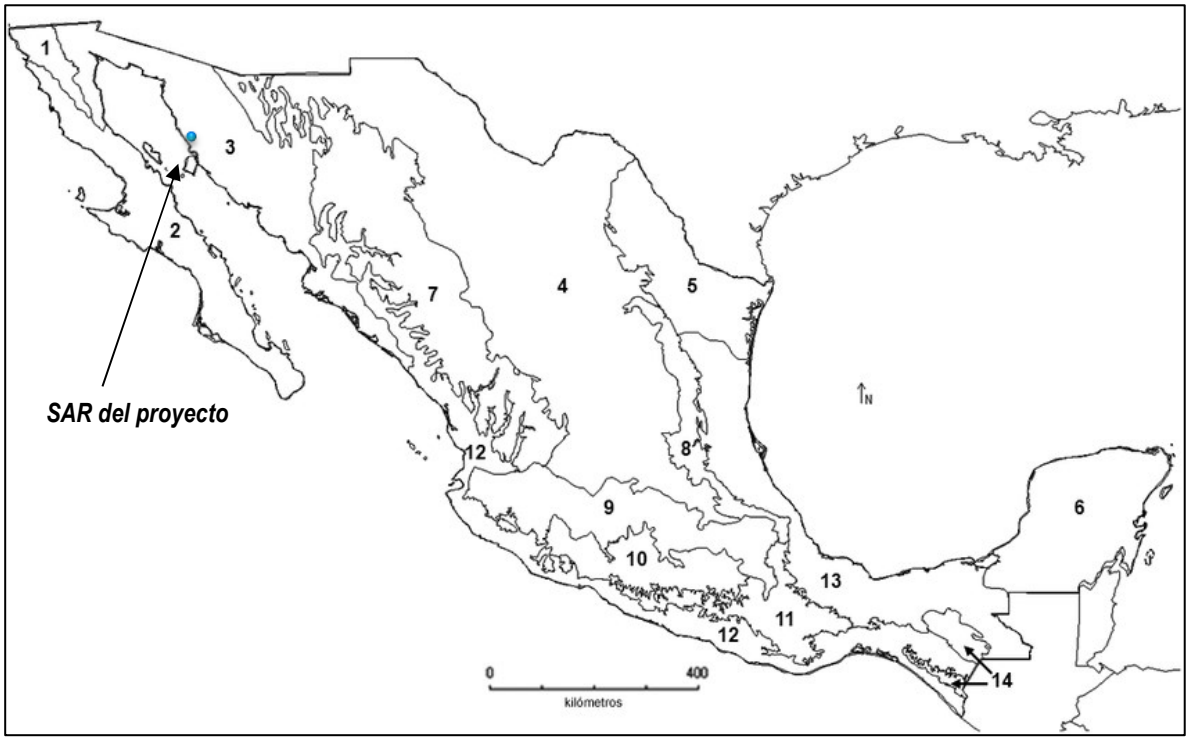


Figura IV. 12 Provincias biogeográficas de México (Morrone, 2005). 1, California; 2, Baja California; 3, Sonora; 4, Altiplano Mexicano; 5, Tamaulipas; 6, Península de Yucatán; 7, Sierra Madre Occidental; 8, Sierra Madre Oriental; 9, Eje Volcánico Transmexicano; 10.

Provincia de Sonora

De acuerdo a diversos autores es también conocida como Provincia de Sinaloa; Provincia Arizoniana; Provincia de la Planicie Costera del Noreste; Provincia del Desierto Colorado-Sonorense; Provincia del Desierto del Altar; Provincia Guaymensis; Provincia del Valle Inferior del Colorado; Ecorregión del Matorral Xérico de Sonora; Ecorregión del Matorral de Cactos del Norte de Sonora y Área Sonoriana.

Se ubica en la Planicie Costera Noroccidental de México, desde la porción nororiental de la península de Baja California hasta la cuenca del río Piaxtla en el sur, ocupando la mayor parte del estado de Sonora, la franja costera de Sinaloa, y porciones de los estados de Arizona y California, en los Estados Unidos de América. Es relativamente baja, no excediendo 1000 m de altitud, con llanuras interrumpidas por montañas de altura moderada y dunas. Predominan los matorrales xerófilos de *Larrea divaricata* y *Franseria dumosa*, alternando con bosques de cactos

gigantes del género *Cereus*. Entre los géneros de plantas más frecuentes se encuentran *Acacia, Agiabampoa, Canotia, Carnegiea, Cercidium, Forchammeria, Idria, Ipomoea, Lysiloma, Olneya, Pachycereus, Prosopis* y *Yucca*.

La provincia de Sonora se caracteriza por taxones de helechos (Pteridaceae: *Argyrochosma jonesii* y *Thelypteris puberula* var. *sonorensis*); angiospermas (Asteraceae: *Agiabampoa*); (Burseraceae: *Bursera laxiflora*); coleópteros (Carabidae: *Agonum parextimum*); (Heteroceridae: *Heterocerus unituberculosus*); (Scarabaeidae: *Cotinis producta*); anfibios (Bufonidae: *Bufo alvarius*); serpientes (Viperidae: *Crotalus cerastes*); y aves (Fringillidae: *Aimophila carpalis*; Phasianidae: *Callipepla gambelli*; Sturnidae: *Toxostoma bendirei*).

IV.3.2.1 Vegetación

De acuerdo con el esquema fitogeográfico propuesto por la CONABIO (2008), la microcuenca donde se ubica el predio del proyecto, forma parte de la provincia florística llamada Planicie Costera del Noroeste, la cual comprende las zonas planas de todo el Estado de Sonora y de gran parte del Estado de Sinaloa.

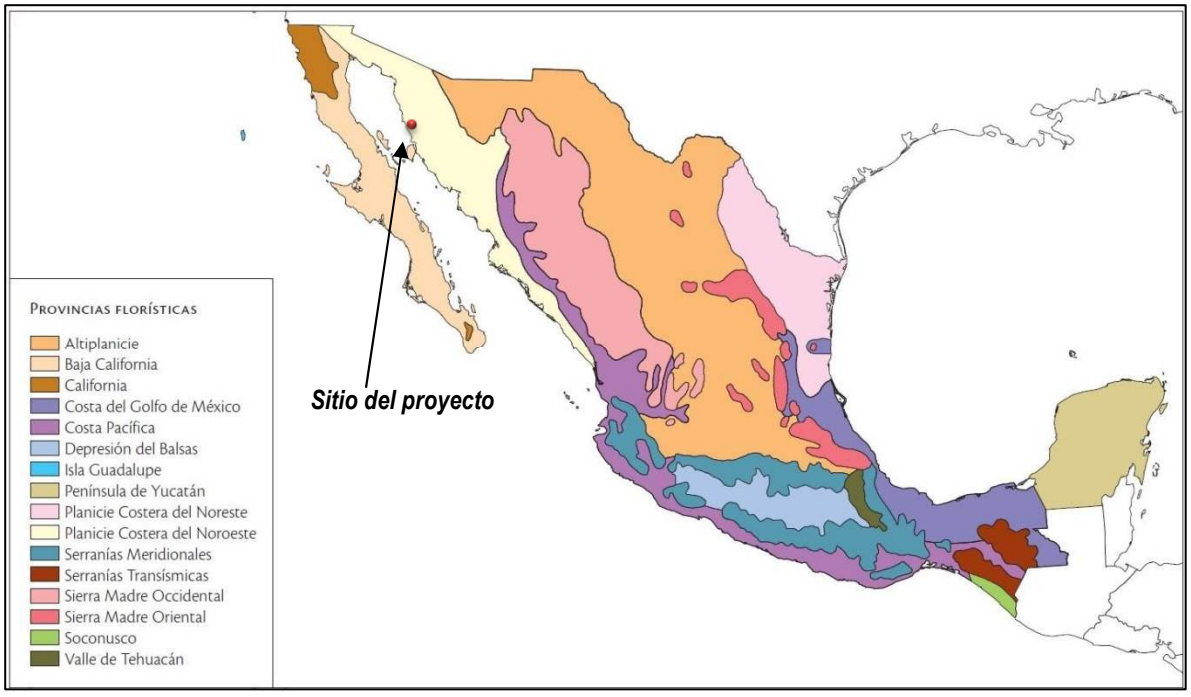


Figura IV. 13 Ubicación de la Cuenca Hidrográfica del proyecto en relación a las provincias florísticas del país.

Planicie Costera del Noroeste: Esta provincia florística está constituida por una extensa llanura costera de Sonora y Sinaloa desde el Río Piaxtla hacia el norte. Está dominada por selvas bajas espinosas y por diversos matorrales xerófilos que se ex¬tienden por toda la llanura costera de

Sonora hasta los desiertos del suroeste de Arizona (delta del Río Colorado y cuencas del Gila y del Yuma). Los tipos de vegetación dominante son matorrales xerófilos (62%), selvas bajas caducifolias (18%) y espinosas (10%). Esta provincia con¬tiene cerca de 20 géneros endémicos (junto con los de¬siertos de Yuma y Gila, en Arizona) y más de 650 especies endémicas, entre las que se encuentran Bursera fragilis (cuajiote), Coryphantha gracilis, C. pseudoechinus, C. sulcata (cactáceas), Prosopis velutina (mezquite), Rana yavapaiensis (rana), Crotalus cerastes, C. tigris (víboras de cascabel), Phrynosoma mcallii, P. solare y Urosaurus or¬natus lateralis, entre otras. Sin embargo, la especie más característica de esta provincia, tanto en la fisonomía de su vegetación, como en su identidad biogeográfica es el sahuaro, Carnegiea gigantea. (Espinosa y otros, 2008).

El tipo de vegetación predominante en este desierto pertenece a la categoría denominada por Rzedowski como Matorral Xerófilo, que es definida por su porte arbustivo, presentar una composición florística pobre o simple y una cobertura de la vegetación que promedia el 30% (Rzedowski, 2006). La vegetación xerófila de la región tiene la capacidad de sobrevivir a prolongados periodos de sequía (mayores a 6 meses). En este sentido, el Matorral Xerófilo se caracteriza por presentar una amplia variación de asociaciones florísticas, cuyos elementos se han adaptado u originado en este ambiente árido a lo largo de los últimos 2 millones de años (Axelrod 1958, Ezcurra et al 2006). Entre las principales adaptaciones reconocidas en las plantas de esta región, se encuentra el desarrollo de órganos suculentos que muestra una gran proporción de las especies que lo habitan (Rebman 2001, Wilder et al 2008). Otras adaptaciones permiten a las especies de esta región, tolerar o evadir la condición crítica de la aridez; entre estas se puede mencionar el acortamiento del ciclo de vida (plantas efímeras que completan dicho ciclo a unos cuantos meses, adaptado al periodo de lluvias), modificaciones fisiológicas que optimizan el agua disponible en la planta (como la vía de fotosíntesis denominada metabolismo ácido de las crasuláceas), adaptaciones fenológicas como el crecimiento vegetativo, o el desprendimiento de hojas durante la temporada de sequía, reducción en el tamaño de las estructuras perennes de las plantas, o de la configuración funcional de la planta misma, como la predominancia de tallos fotosintéticos (en lugar de las hojas).

IV.3.2.2 Tipos de vegetación que se verán afectados

En Sonora la distribución de los tipos de vegetación está estrechamente vinculada a las condiciones climáticas. Así, en gran parte de la provincia fisiográfica conocida como Llanura Sonorense misma que envuelve a la zona del proyecto, dominan diferentes tipos de formas de vida vegetal, ya que los climas imperantes son muy variados; en esta región, predominan plantas efímeras, arbustos, suculentas, etc., que les dan distintas fisonomías a las comunidades; además, la composición florística y la densidad vegetal son variables. El tipo de vegetación para el área de influencia del proyecto es el llamado Matorral Xerófilo, según la clasificación de Rzedowski (2006); de acuerdo a la clasificación desarrollada por el INEGI (Serie VII, escala 1:250,000) los tipos de vegetación para la totalidad de la microcuenca hidrográfica, están definidos como Agricultura de Riego Anual (ARA), Matorral Desértico Micrófilo (MDM), Matorral

Sarcocaule (MS), Mezquital Xerófilo (MX) y Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Sarcocaule (VSAMS).

El siguiente plano cartográfico nos muestra la distribución de los tipos de vegetación dentro de la Cuenca Hidrográfica del proyecto, según la clasificación del INEGI, Serie VII.

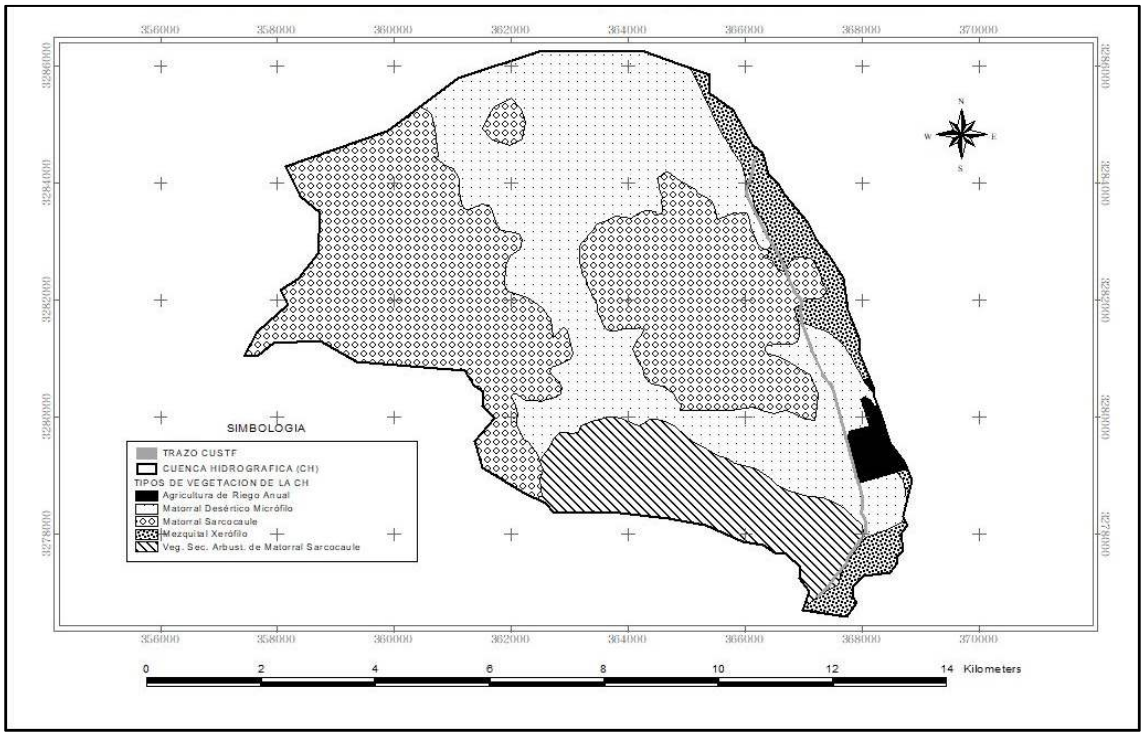


Figura IV. 14 Tipos de vegetación del SAR del proyecto, de acuerdo a la Serie VII del INEGI.

En la Tabla inferior se pueden apreciar las proporciones de los tipos de vegetación de del SAR según la cartografía del INEGI.

Tabla IV. 4 Tipos de vegetación y su cobertura en el SAR del proyecto.

TIPO DE VEGETACIÓN	COBERTURA (ha)	RELACION (%)
Agricultura de Riego Anual	83.314	1.29
Matorral Desértico Micrófilo	2401.828	37.23
Matorral Sarcocaule	2801.816	43.43
Mezquital Xerófilo	375.102	5.81
Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Sarcocaule	788.544	12.22
TOTAL:	**6450.6040**	**100**

Para efectos del presente estudio, en párrafos siguientes se describen los tipos de vegetación del SAR en la cual se encuentra incluida el área del proyecto.

Agricultura de riego anual

El conjunto de superficie destinada a la producción del cultivo del suelo, desarrollo y recogida de cosechas. La agricultura de riego anual se compone de cultivos cuyo periodo vegetativo es menor a 12 meses, por lo cual requieren de una nueva siembra cada año, por ejemplo, maíz, trigo, etc. Es una de las actividades consideradas de sector primario

Pueden estar compuestas por áreas de monocultivo, policultivo o incluso mezcladas con zonas de riego, formando mosaicos complejos de vegetación.

De igual manera es común encontrarse con áreas de cultivo abandonadas en donde las especies vegetales pueden haberse restablecidos en sucesión natural al desaparecer la influencia humana (INEGI, 2017).

Matorral Desértico Micrófilo

Tipo de vegetación formado por arbustos cuyas hojas o foliolos son pequeños; ocupa con la vegetación de desiertos arenosos, las zonas más áridas de México. Este tipo de matorral es el de mayor distribución en las zonas áridas y semiáridas del país. Se encuentra en terrenos con una altitud entre 0 y 1,200 msnm, en climas muy secos semicálidos y cálidos con temperaturas medias anuales entre 20 y 24 grados centígrados y precipitación total anual por abajo de 400 mm y en climas secos semicálidos y semisecos semicálidos y templados con temperaturas medias anuales entre 17 y 21 grados centígrados y precipitación total anual entre 300 y 500 mm. Los suelos que lo sustentan son yermosoles, regosoles, litosoles, feozems y fluvisoles.

En Sonora tiene una amplia distribución sobre los terrenos de las provincias Llanura Sonorense y Sierras y Llanuras del Norte. Para el noroeste de Sonora este matorral se compone principalmente de gobernadora (*Larrea tridentata*) y chamizos (*Ambrosia* spp). Se considera una comunidad vegetal pobre, sobre todo en especies leñosas.

La gobernadora (*Larrea tridentata*) es a menudo la única especie dominante, llegando a formar manchones de matorral puro o casi puro, sin embargo, en a lo largo de vías de drenaje o en lugares con declive pronunciado aparecen arbustos con especies de *Prosopis, Cercidium, Olneya, Lycium, Opuntia*, entre otras.

Gran parte del área de distribución de esta comunidad vegetal se encuentra ocupada por zonas agrícolas, además de existir ganadería extensiva y explotación forestal.

Matorral Sarcocaule

Está formado por arbustos de tallos carnosos o jugosos, algunos con corteza papirácea. Se

distribuye en forma de manchones, principalmente en las sierras de la subprovincia Sierras y Llanuras Sonorenses y en las llanuras de la subprovincia Llanura Costera y Deltas de Sonora y Sinaloa, desde el nivel del mar hasta 1,100 m de altitud. En el noroeste está en contacto con el matorral desértico micrófilo, en la parte central con el mezquital y en el noreste y este con mezquital xerófilo y vegetación halófila xerófila, selva baja caducifolia y selva baja espinosa con los cuales se mezcla, lo que influye, entre otros factores, en la gran diversidad de su composición florística.

Este matorral se desarrolla en climas muy secos y secos cálidos y semicálidos, y semisecos semicálidos, con temperaturas medias anuales entre 18 y 24 grados centígrados y precipitación total anual inferior a 400 mm. Sobre diferentes tipos de suelo, como son: litosol, regosol, yermosol y xerosol, de los cuales, algunos presentan fase lítica o gravosa.

Las especies que caracterizan este tipo de vegetación son torotes o copales (*Bursera* spp.) y sangrengados (*Jatropha* spp.), aunque a veces son rebasadas en número por: palo fierro (*Olneya tesota*), palo verde (*Cercidium floridum*), ocotillo (*Fouquieria splendens*) y mezquite (*Prosopis glandulosa* var. *torreyana*). Dichas especies codominan con *Bursera microphylla*, *Jatropha cinerea*, *Jatropha cuneata* y *Opuntia bigelovii* en la parte norte de la zona de distribución, como es en las planicies y bajadas ubicadas desde Puerto Libertad hasta Isla Tiburón; lo mismo que en las sierras localizadas en el noroeste de la subprovincia Sierras y Llanuras Sonorenses. Tales elementos arbustivos se agrupan en el estrato superior de la comunidad, que va de 1 a 2 metros; otros estratos que integran este matorral son: el medio, con arbustos de aproximadamente 0.70 metros y el inferior herbáceo, de 0.15 metros.

Este matorral se utiliza también en la actividad pecuaria, pero su grado de alteración es mayor que en el caso del micrófilo. Algunos de sus elementos forrajeros son: *Acacia cymbispina*, *Caesalpinia pumila*, *Cercidium* spp., *Bursera laxiflora*, *Prosopis glandulosa* y diferentes especies de gramíneas. Además, se aprovechan localmente para obtener madera, *Prosopis* spp., *Olneya tesota*, *Guaiacum coulteri*, *Haematoxylon brasiletto*, *Ipomoea arborescens* y *Ziziphus sonorensis*, entre varias más (INEGI, 2000).

Mezquital xerófilo

Es una comunidad vegetal dominada principalmente por mezquites (*Prosopis* spp), se asocian a climas secos y se caracteriza por presentar elementos arbustivos o subarbóreos.

Se desarrolla frecuentemente en terrenos de suelos profundos y en aluviones cercanos a escorrentías. En el estado de Sonora, *Prosopis* suele estar asociado a géneros como: *Celtis, Koerbelinia* y *Opuntia*.

Para el estudio de la vegetación dentro del SAR, únicamente se consideraron los ecosistemas que están representando en el área de interés, esto es, las mediciones de las especies vegetales se hicieron en las comunidades vegetales de Mezquital xerófilo, Matorral Sarcocaule. Matorral

Desertico Micrófilo y Vegetacion Secundaria Arbustiva de Matorral Sarcocaule. Esta decisión se debe a que las obras del proyecto van a impactar únicamente a esos tipos de ecosistemas del SAR, por lo que al hacer la remoción de las especies en el predio de interés debemos cuidar que la biodiversidad no se vaya a afectar en las comunidades vegetales mencionadas de la Cuenca Hidrográfica al confirmar que las especies vegetales afectadas están bien representadas en esa cuenca.

Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Sarcocaule

Fase de vegetación secundaria

Por definición, se describe a la Vegetación Secundaria cuando un tipo de vegetación es eliminado o alterado por diversos factores humanos o naturales el resultado es una comunidad vegetal significativamente diferente a la original y con estructura y composición florística heterogénea.

En las comunidades vegetales en forma natural existen elementos de disturbio que alteran o modifican la estructura o incluso cambian la composición florística de la comunidad, entre alguno de esos elementos podemos citar: Incendios, huracanes, erupciones, heladas, nevadas, sequías, inundaciones, deslaves, plagas, variaciones climáticas, etcétera.

Así, las comunidades vegetales responden a estos elementos de disturbio o cambio modificando su estructura y composición florística de la intensidad del elemento de disturbio, la duración del mismo y sobre todo a la ubicación geográfica del tipo de vegetación.

A lo largo de miles de años varias especies se han adaptado a cubrir, por decirlo de alguna manera, esas áreas afectadas en la cuales las condiciones ecológicas particulares de la comunidad vegetal se han alterado. En general cada comunidad vegetal tiene un grupo de especies que cubren el espacio alterado, son pocas las especies que tienen un amplio espectro de distribución y aparecen en cualquier área perturbada.

Estas especies forman fases sucesionales conocidas como “Vegetación Secundaria” que en forma natural y con el tiempo pueden favorecer la recuperación de la vegetación original.

Actualmente y a causa de la actividad humana, la definición y determinación de vegetación secundaria se ha vuelto más compleja, ahora las áreas afectadas ocupan grandes superficies y variados ambientes, ya no son tan localizadas y a veces la presión es tanta que inhibe el desarrollo de la misma provocando una vegetación inducida. A causa de la complejidad de definir los tipos de fases sucesionales, dada su heterogeneidad florística y ecológica y su difícil interpretación, aún en campo; se consideran con base en las formas de vida presentes y su altura tres fases:

- Vegetación Secundaria herbácea
- Vegetación Secundaria arbustiva

- Vegetación Secundaria arbórea

En el caso del presente estudio, el manejo antropogénico en el Matorral Sarcocaule (principalmente el pastoreo inadecuado), ha ocasionado el crecimiento de vegetación secundaria arbustiva en ese tipo de vegetación.

IV.3.2.3 Caracterización de la vegetación

De acuerdo a Font Quer (2001) y Franco-López (2011), el término "Composición Florística" consiste en un inventario a detalle de las especies de plantas de una comunidad vegetal determinada.

En virtud de que las especies silvestres de flora y fauna, por razones genéticas y sus relaciones con el medio ambiente, así como a la influencia directa de las actividades humanas sobre sus poblaciones o sus hábitats, pueden llegar a estar en riesgo de sobrevivir en los ecosistemas actuales, la SEMARNAT creó la norma NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2010) que tiene por objeto identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo en la República Mexicana mediante la integración de las listas correspondientes, así como establecer los criterios de inclusión, exclusión o cambio de categoría de riesgo para las especies o poblaciones, mediante un método de evaluación de su riesgo de extinción y es de observancia obligatoria en todo el Territorio Nacional, para las personas físicas o morales que promuevan la inclusión, exclusión o cambio de las especies o poblaciones silvestres en alguna de las categorías de riesgo, establecidas por esta Norma. En la integración del listado se consideran como categorías de riesgo las siguientes:

- En peligro de extinción (P)
- Amenazada (A)
- Sujeta a protección especial (Pr)
- Probablemente extinta en el medio silvestre (E)

Por su parte, la CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) creó tres listas de especies que ofrecen diferentes niveles y tipos de protección ante la explotación excesiva (CITES, 2017); esas tres listas se conocen como Apéndices I, II y III. En el Apéndice I se incluyen las especies sobre las que se cierne el mayor grado de peligro entre las especies de fauna y de flora por considerarlas especies que están en peligro de extinción y la CITES prohíbe el comercio internacional de especímenes de esas especies, salvo cuando la importación se realiza con fines no comerciales, por ejemplo, para la investigación científica. En el Apéndice II figuran especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se controle estrictamente su comercio. En el Apéndice III figuran las especies incluidas a solicitud de una

Parte (por ejemplo, un país específico) que ya reglamenta el comercio de dichas especies y necesita la cooperación de otros países para evitar la explotación insostenible o ilegal de las mismas.

Con la finalidad de conocer las especies vegetales que habitan en el SAR, así como de determinar las diferentes formas de vida de las plantas que conforman la vegetación del sitio del proyecto, se realizó un recorrido general por el área de interés, registrando taxonómicamente cada una de las especies vegetales encontradas. En los recorridos de campo y en el estudio de la vegetación, únicamente pudieron observarse especies de plantas fanerógamas de diversas formas de vida y pertenecientes a distintas familias; dichas especies se citan a continuación:

Tabla IV. 5 Especies vegetales presentes en los ecosistemas el SAR del proyecto que podrían ser afectados por el desarrollo del proyecto.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	FAMILIA	NOM-O59	CITES
1	*Ambrosia deltoidea*	Chamizo toboso	Asteraceae	-	-
2	*Ambrosia dumosa*	Chamizo cenizo	Asteraceae	-	-
3	*Atriplex polycarpa*	Chamizo cenizo	Chenopodiaceae	-	-
4	*Bursera microphylla*	Torote	Burseraceae	-	-
5	*Carnegiea gigantea*	Sahuaro	Cactaceae	A	-
6	*Cercidium microphyllum*	Palo verde	Fabaceae	-	-
7	*Cordia parvifolia*	Vara prieta	Boraginaceae	-	-
8	*Encelia farinosa*	Rama Blanca	Asteraceae	-	-
9	*Ferocactus emoryi*	Biznaga	Cactaceae	-	-
10	*Fouquieria splendens*	Ocotillo	Fouquieriaceae	-	-
11	*Jatropha cinerea*	Lomboy	Euphorbiaceae	-	-
12	*Jatropha cuneata*	Matacora	Euphorbiaceae	-	-
13	*Krameria sonorae*	Cosahui	Krameriaceae	-	-
14	*Koeberlinia spinosa*	Corona de Cristo	Koeberliniaceae	-	-
15	*Larrea tridentata*	Gobernadora	Zygophyllaceae	-	-
16	*Lemaireocereus thurberi*	Pitahaya	Cactaceae	-	-
17	*Lophocereus schottii var. schottii*	Sina	Cactaceae	-	-
18	*Mammillaria grahamii*	Viejito	Cactaceae	-	-
19	*Olneya tesota*	Palo fierro	Fabaceae	Pr	-
20	*Opuntia arbuscula*	Tasajo	Cactaceae	-	-
21	*Opuntia bigelovii*	Choya güera	Cactaceae	-	-
22	*Opuntia fulgida*	Choya	Cactaceae	-	-
23	*Pachycereus pringlei*	Cardón	Cactaceae	-	-
24	*Phaulothamnus spinescens*	Huevito	Achatocarpaceae	-	-
25	*Prosopis glandulosa*	Mezquite	Fabaceae	-	-

Sinonimia taxonómica

Tabla IV. 6 Sinonimia taxonómica de las especies vegetales identificadas.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	SINONIMO
Ambrosia deltoidea	Chamizo toboso	*Franseria deltoidea*
Ambrosia dumosa	Chamizo cenizo	*Franseria dumosa*
Carnegiea gigantea	Sahuaro	*Cereus giganteus*
Cercidium microphyllum	Palo verde	*Parkinsonia microphylla*
Lemaireocereus thurberi	Pitahaya	*Stenocereus thurberi*
Opuntia arbuscula	Tasajo	*Cylindropuntia arbuscula*
Opuntia bigelovii	Choya güera	*Cylindropuntia bigelovii*
Opuntia fulgida	Choya	*Cylindropuntia fulgida*

Respecto a la Norma Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, de las especies mostradas en la tabla, el sahuaro se encuentra listado como amenazado (A), mientras que el palo fierro aparece sujeto a protección especial. De acuerdo a la CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora), ninguna de las especies antes citadas se encuentra listada en sus anexos de protección. (DOF, 2010; CITES, 2017).

En la tabla inferior se enlistan las especies vegetales que conforman la comunidad biótica del área en estudio se agrupan en 15 familias, 26 géneros y 34 especies.

Tabla IV. 7 Categorías taxonómicas de las especies vegetales presentes en el área del proyecto.

FAMILIA	NO. GENEROS	NO. ESPECIES
ACHATOCARPACEAE	1	1
ASTERACEAE	2	3
BORAGINACEAE	1	1
BURSERACEAE	1	1
CACTACEAE	7	9
CHENOPODIACEAE	1	1
EUPHORBIACEAE	1	2
FABACEAE	3	3
FOUQUIERIACEAE	1	1
KOEBERLINIACEAE	1	1
KRAMERIACEAE	1	1
ZYGOPHYLLACEAE	1	1
Total familias: 12	Total géneros: 21	Total especies: 25

Tabla IV. 8 Presencia de las especies vegetales por tipo de vegetación en el SAR del proyecto y que podrían ser afectados por el desarrollo del proyecto.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	MDM	MS	MX	VSAMS
Ambrosia deltoidea	Chamizo toboso	x	x	-	-
Ambrosia dumosa	Chamizo cenizo	x	x	x	x
Atriplex polycarpa	Chamizo cenizo	x	x	-	x
Bursera microphylla	Torote	-	-	x	-
Carnegiea gigantea	Sahuaro	x	x	x	-

Cercidium microphyllum	Palo verde	x	x	x	-
Cordia parvifolia	Vara prieta	x	x	x	-
Encelia farinosa	Rama Blanca	x	x	x	x
Ferocactus emoryi	Biznaga	x	x	-	-
Fouquieria splendens	Ocotillo	x	x	x	x
Jatropha cinerea	Lomboy	x	x	x	-
Jatropha cuneata	Matacora	x	x	-	-
Krameria sonorae	Cósahui	-	x	x	-
Koeberlinia spinosa	Corona de Cristo	x	-	-	x
Larrea tridentata	Gobernadora	x	x	x	x
Lemaireocereus thurberi	Pitahaya	x	-	x	x
Lophocereus schottii var. schottii	Sina	x	x	x	-
Mammillaria grahamii	Viejito	x	-	-	-
Olneya tesota	Palo fierro	x	-	x	-
Opuntia arbuscula	Tasajo	x	-	-	-
Opuntia bigelovii	Choya güera	x	x	-	x
Opuntia fulgida	Choya	x	x	x	x
Pachycereus pringlei	Cardón	x	x	x	x
Phaulothamnus spinescens	Huevito	-	x	x	x
Prosopis glandulosa	Mezquite	x	-	x	x
	TOTAL:	**22**	**18**	**17**	**12**

La tabla inferior indica la caracterización de las especies de acuerdo a su forma de vida; así, considerando las definiciones de arbusto y árbol expuestas por Font Quer (2001), los elementos arbóreos se agrupan en el estrato superior de la comunidad, comprendiendo especies que sobrepasan los 5 m de alto. En el estrato medio o arbustivo, figuran especies leñosas y cactáceas con porte de 1 a 5 metros. En el estrato inferior, de 0.05 a 1.00 metros, se incluyen diferentes especies de hierbas perennes.

Tabla IV. 9 Formas de vida de las especies vegetales presentes en el área de influencia del proyecto.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	FAMILIA	FORMA DE VIDA
Ambrosia deltoidea	Chamizo toboso	Asteraceae	Herbácea
Ambrosia dumosa	Chamizo cenizo	Asteraceae	Herbácea
Atriplex polycarpa	Chamizo cenizo	Chenopodiaceae	Arbustiva
Bursera microphylla	Torote	Burseraceae	Arbustiva
Carnegiea gigantea	Sahuaro	Cactaceae	Cactácea
Cercidium microphyllum	Palo verde	Fabaceae	Arbustiva
Cordia parvifolia	Vara prieta	Boraginaceae	Arbustiva
Encelia farinosa	Rama Blanca	Asteraceae	Arbustiva
Ferocactus emoryi	Biznaga	Cactaceae	Cactácea
Fouquieria splendens	Ocotillo	Fouquieriaceae	Arbustiva
Jatropha cinerea	Lomboy	Euphorbiaceae	Arbustiva
Jatropha cuneata	Matacora	Euphorbiaceae	Arbustiva
Krameria sonorae	Cosahui	Krameriaceae	Herbácea

Koeberlinia spinosa	Corona de Cristo	Koeberliniaceae	Arbustiva
Larrea tridentata	Gobernadora	Zygophyllaceae	Arbustiva
Lemaireocereus thurberi	Pitahaya	Cactaceae	Cactácea
Lophocereus schottii var. schottii	Sina	Cactaceae	Cactácea
Mammillaria grahamii	Viejito	Cactaceae	Cactácea
Olneya tesota	Palo fierro	Fabaceae	Arbustiva
Opuntia arbuscula	Tasajo	Cactaceae	Cactácea
Opuntia bigelovii	Choya güera	Cactaceae	Cactácea
Opuntia fulgida	Choya	Cactaceae	Cactácea
Pachycereus pringlei	Cardón	Cactaceae	Cactácea
Phaulothamnus spinescens	Huevito	Achatocarpaceae	Arbustiva
Prosopis glandulosa	Mezquite	Fabaceae	Arbustiva

*Nota.- *Es importante hacer notar que las plantas de mezquite que existen en el área de estudio, no tienen características dasométricas ni biológicas para ser incluidas como elementos del estrato arbóreo de la comunidad vegetal, sino más bien como individuos arbustivos que crecen en forma achaparrada, alcanzando tallas que no llegan a los 2,5 metros de altura.*



Figura IV. 15 Imagen fotográfica que muestra la forma de crecimiento arbustivo del mezquite.

IV.3.2.4 Medición de los atributos de las especies vegetales silvestres en el SAR

Todo análisis de la vegetación requiere de un muestreo basado en técnicas que permitan conocer los atributos ecológicos de las especies y las poblaciones que estas forman; tales técnicas pueden ser métodos de muestreo adimencionales como la línea de Candfield o bidimencionales como los muestreos en parcelas las cuales, de acuerdo a su forma geométrica, pueden ser de tres tipos: rectángulos, cuadrados (cuadrantes) y círculos.

Al utilizarse parcelas como unidades de muestreo, deben seguirse los siguientes pasos:

- Seleccionar la forma de las parcelas
- Establecer el tamaño de dichas parcelas
- Determinar el número de unidades de muestreo
- Especificar el arreglo espacial o distribución de las parcelas de muestreo

Selección de la forma de las unidades de muestreo

Muchos investigadores seleccionan arbitrariamente la forma de las unidades muestrales sin considerar el tipo de vegetación a estudiar, las formas de vida de las especies que deberán medir ni tampoco los atributos de las especies a ser evaluados.

Bonham (1989) sugiere que la forma de una parcela de muestreo debe ser adecuada para cada tipo de vegetación a evaluar, mientras que Elzinga et al (1998) indican que la forma más eficiente de una unidad de muestreo depende del atributo de las especies a ser medido, además de la forma de crecimiento y la distribución espacial de los individuos que deberán ser medidos.

Launchbaugh (2009) menciona algunas ventajas y desventajas al utilizar parcelas de diferentes formas geométricas en el muestreo de vegetación:

Tabla IV. 10 Características de las formas geométricas en parcelas para el muestreo de vegetación.

RECTANGULO	CUADRADO	CIRCULO
Recomendado para comunidades con vegetación en grupos más no en vegetación dispersa	Recomendado para todo tipo de comunidades con vegetación terrestre	Recomendado para todo tipo de comunidades con vegetación terrestre
Relación perímetro-área mayor que para el cuadrado y el círculo	Relación perímetro-área mayor que el círculo pero menor que el rectángulo	Relación perímetro-área menor que los otros tipos de parcelas
Ofrece una varianza menor que en los cuadrantes y los círculos pero su aplicación consume mayor tiempo y esfuerzo	Mayormente utilizado para el muestreo de la frecuencia de especies porque con él es mas fácil estimar la presencia/ausencia de especies	El efecto de orilla es menor que los otros tipos de parcelas pero está más limitado por los tipos de de vegetación y forma de vida de los individuos

Más recomendable en mediciones de densidad y cobertura de especies que los otros tipos de parcelas	Más recomendable en mediciones de cobertura de especies que el círculo pero menos que el rectángulo	Recomendado en estudios de cobertura y producción en pastizales

Parcelas para medir Densidad

Elzinga et al (1998) han demostrado que, para medir la densidad de especies, las parcelas rectangulares largas y angostas son estadísticamente mejores que los cuadrantes y los círculos; sin embargo, desde una perspectiva práctica, este tipo de parcelas traen consigo cierto tipo de inconvenientes como el tiempo de ejecución y los efectos de orilla. En estos casos pueden utilizarse indistintamente las parcelas de forma cuadrada (cuadrantes) o circular que, aunque pueden tener diferencias por efecto de orilla, este error es compensado al utilizar el número adecuado de unidades de muestreo.

Parcelas para medir Frecuencia

Este atributo de las especies es comunmente medido por los investigadores utilizando cuadrantes (parcelas cuadradas) ya que se ha comprobado ser el más preciso al medir la presencia o ausencia de las especies en cada unidad de muestreo.

Parcelas para medir Cobertura

Desde la perspectiva de la precisión estadística en el muestreo, para la medición de la cobertura se aplican las mismas consideraciones que en la medición de la densidad, es decir, las parcelas rectangulares son las menos indicadas de tal forma que pueden utilizarse indistintamente las parcelas de forma cuadrada (cuadrantes) o circular que, aunque pueden tener diferencias por efecto de orilla, este error es compensado al utilizar el número adecuado de unidades de muestreo.

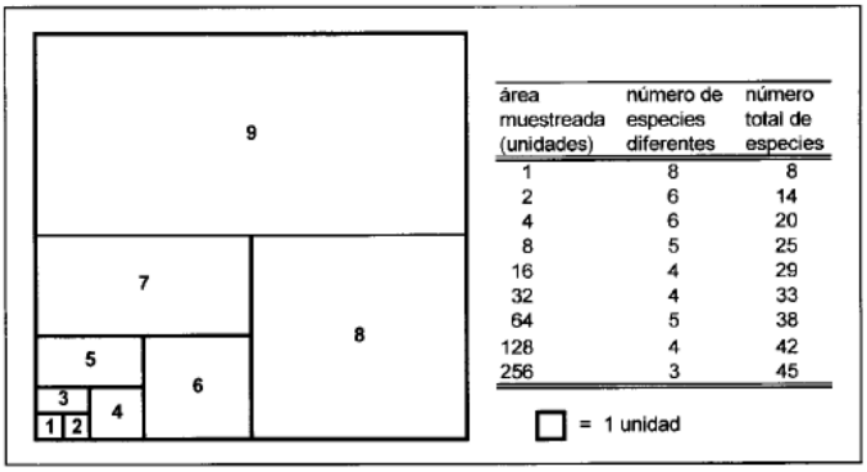
Considerando lo expuesto en párrafos anteriores, para el presente estudio se optó por utilizar parcelas circulares en los muestreos de vegetación.

Establecimiento del tamaño de las unidades de muestreo

La metodología utilizada para definir el tamaño de los cuadrantes de muestreo se basó considerando el criterio de “área mínima” (Bonham, op. cit.; Sayagués-Laso et al, 2000) el cual consiste en definir un cuadrante con la menor superficie de terreno en el cual la composición de especies de la comunidad vegetal a medir se encuentre adecuadamente representada

(básicamente un 80%). En otras palabras, es la extensión más pequeña en la cual la composición florística está representada adecuadamente. El incremento en el número de especies diferentes con el aumento de la superficie de observación, es considerada como marginal.

La determinación del área mínima se inicia escogiendo una parte representativa de la comunidad que muestre homogeneidad en la distribución de especies, es decir, no debe haber fragmentación en el arreglo espacial de las especies dentro de la comunidad; enseguida se procede a muestrear unidades contiguas (anidadas) de extensión progresivamente mayor y se registran todas las especies diferentes que se van encontrando. Luego se aplica algún criterio (arbitrario) que defina el área mínima, por ejemplo, aquella que contiene el 80 % de las especies encontradas.



área muestreada (unidades)	número de especies diferentes	número total de especies
1	8	8
2	6	14
4	6	20
8	5	25
16	4	29
32	4	33
64	5	38
128	4	42
256	3	45

□ = 1 unidad

Figura IV. 16 Ejemplificación básica del proceso para establecer el área mínima de muestreo.

En segunda instancia, para la determinación del área mínima, se debe construir una curva área – número de especies y luego se aplica algún criterio (arbitrario) que defina el área mínima, por ejemplo, aquella que contiene por lo menos el 80 % de las especies encontradas.

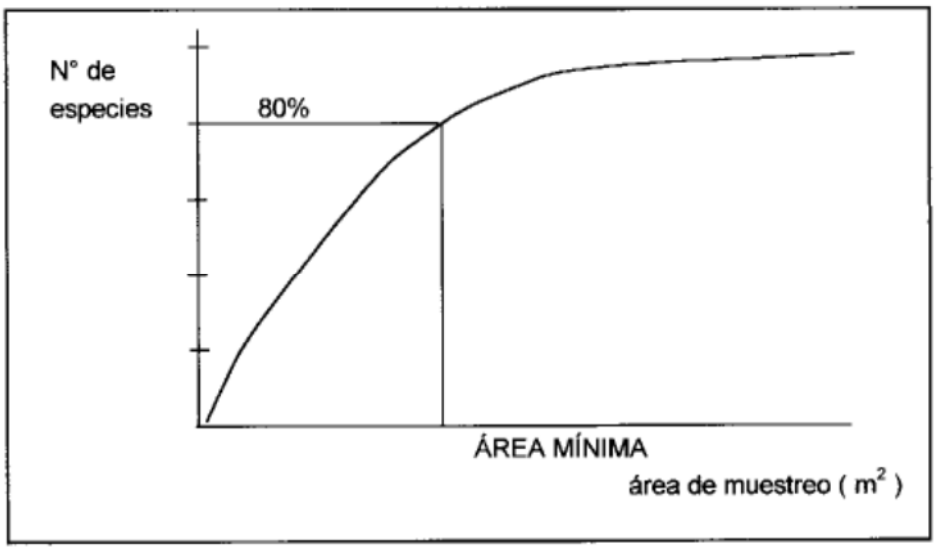


Figura IV. 17 Expresión gráfica de la curva área de muestreo vs número de especies.

Hay que considerar que las especies que son muy escasas o raras pueden quedar excluidas durante el muestreo debido a su inapreciable presencia en el ecosistema, sin embargo, deben considerarse en forma especial pues pueden ser especies amenazadas o en algún estatus de protección por las normas oficiales.

El área mínima que fue determinada para el muestreo de la vegetación en el SAR fue de 1000 m^2 representada por círculos de 17.84 m (~ 18 m) de radio, de acuerdo a la densidad y formas de vida de las especies vegetales presentes en los sitios de muestreo.

Determinación del número de unidades de muestreo

El número de muestras que deberán ser tomadas en un estudio o experimento, generalmente se determina utilizando ecuaciones o algoritmos matemáticos, mismos que son definidos siguiendo criterios preestablecidos por los investigadores. A continuación, se describen algunos de esos métodos de determinación del número de unidades de muestreo.

Criterios basados en la extensión geográfica del área de interés

Rivas-Torres (2001) sugiere que, para determinar el tamaño de la muestra de una población forestal, se debe primeramente definir la intensidad de muestreo, que es la relación porcentual de la superficie de la muestra con respecto a la superficie total, calculada por:

$$f = \frac{n}{N} \, x \, 100$$

Donde:

f = Intensidad de muestreo en porcentaje

n = Número de unidades de la muestra

N = Número de unidades de toda la población

En inventarios forestales se han utilizado intensidades de muestreo de 0.1% a 1 %, y el valor que se tome está en función de la superficie a inventariar, los recursos financieros con que se cuenta, la precisión de muestreo requerida y el tiempo disponible para realizar el trabajo.

El utilizar este criterio para medir la vegetación en los ecosistemas afectadas del SAR del presente proyecto con una intensidad de muestreo de 1%, se necesitaría hacer mediciones en una superficie de 64.52 ha (o sea el 1% de 6,452.8 ha) utilizándose para eso, un número de 637 unidades de muestreo.

Para el caso de México, Ramos-Balderas (2015) y Berlanga et. al. (1992) recomiendan una intensidad de muestreo de 1% del área de interés para ecosistemas de zonas áridas y semiáridas, respaldando la metodología de Rivas-Torres (2001) anteriormente expuesta.

De acuerdo a las Normas Técnicas Forestales (Frith y Ubiera, 2001), mismas que fueron diseñadas para el estudio de ecosistemas forestales naturales, es decir, no inducidos, una intensidad de muestreo para superficies mayores de 40 ha, deberá ser de 1.5 % con niveles de confianza no menores al 95.

Como ya se mencionó con anterioridad, es importante hacer notar que el área del proyecto se encuentra dentro de la clasificación de cuatro diferentes tipos de vegetación del SAR por lo que los muestreos de vegetación y fauna se realizaron en esos tipos de vegetación únicamente; así pues, si adoptáramos el criterio de Frith y Ubiera para muestrear en las áreas de la Cuenca Hidrográfica correspondiente al proyecto, se debería aplicar una intensidad de muestreo equivalente a 955 sitios de muestreo con unidades muestrales de 1000 m^2 lo cual, para determinar simplemente que las especies del área del proyecto están bien representadas en el SAR y que no se pone en riesgo la biodiversidad del ecosistema con el desarrollo del proyecto, puede ser un esfuerzo excesivo de trabajo de campo para su realización.

Criterios basados en cálculos estadísticos

Las estimaciones del número de unidades muestrales usando un criterio estadístico se basa en la aplicación de algoritmos matemáticos independientemente del tamaño o superficie de terreno en que se encuentre la población o comunidad vegetal de interés; sin embargo, para la aplicación

de los métodos estadísticos regularmente se requiere de un muestreo piloto de algunas unidades muestrales ya que la variación en los valores de los parámetros medidos, determinará el número estadísticamente significativo de unidades muestrales a realizar.

Los métodos estadísticos podrán aplicarse a poblaciones finitas (valor de N conocido) y a poblaciones infinitas.

Entre los métodos estadísticos aplicados para obtener el número de unidades de muestreo (n) en poblaciones finitas está el propuesto por Mostacedo y Fredericksen (2000) y Gaillard y Pece (2011).

La fórmula matemática para calcularlo es la siguiente:

$$n = \frac{t^2\, CV^2}{E^2 + \frac{t^2\, CV^2}{N}}$$

Donde:
n = número de unidades muestrales estadísticamente representativas.
E = error con el que se quiere obtener los valores, en ecología vegetal generalmente es del 20% (Mostacedo y Fredericksen, 2000 Op).
t = valor que se obtiene de las tablas "t de Student".
N = total de unidades muestrales en toda la población.

Donde:
n = Número de unidades muestrales a aplicar
t = Valor que se obtiene de las tablas de "t" de Student, generalmente se usa t = 0.05, es decir 95% de probabilidad y dos colas
CV = Coeficiente de variación; para obtener este valor es necesario hacer un pre-muestreo
E = Error con el que se quiere obtener los valores de un determinado parámetro; generalmente es del 20%
N = Total de unidades muestrales en toda la población

CV = coeficiente de variación, que deriva de:

$$CV = \frac{s * 100}{\bar{X}}$$

Donde:
s = desviación estándar.
$\bar{x}$ = promedio.

El método consiste en realizar un muestreo piloto y, con los datos obtenidos, aplicar la fórmula propuesta por el autor. En este ejercicio se tomaron 5 muestras preliminares para determinar el número de unidades de muestreo para el SAR; los resultados muestran el siguiente valor de n:

AREA SAR = 6,367.290 ha
% A MUESTREAR = 0.015
TAMAÑO AREA A MUESTREAR = 95.5093 ha
TAMAÑO SITIOS MUESTREO = 0.1 ha
NUMERO SITIOS EN TEORIA (N) = 955

CUADRANTE	DENSIDAD	DENSIDAD AL CUADRADO
1	20	400
2	26	676
3	20	400
4	35	1225
5	32	1024
SUMA =	**133**	3725
PROMEDIO =	**27**	
s =	**6.8**	
CV (%) =	**25.7**	
t =	**2.1788**	
E (%) =	**20**	
N =	**955**	
n =	**8**	

Como puede observarse, el valor de n = 8 es menor que el número de sitios de muestreo establecidos en el área del SAR (10), lo cual da validez a los resultados obtenidos y, evidentemente determina que las especies del área del proyecto fueron muestreadas con un buen nivel de representatividad estadística en los ecosistemas donde ellas residen.

Criterios basados en muestreos cualitativos

En el muestreo probabilístico (cuantitativo), el tamaño de la muestra suele calcularse en función de la heterogeneidad de la distribución de la variable que se estudia en la población, y los niveles de confianza y de precisión deseados

Una característica del muestreo cualitativo es que el tamaño de la muestra no se conoce al inicio, sino sólo cuando la aparición de nuevos datos ha culminado. El diseño de muestreo orienta la forma en la que empieza a buscarse a los elementos muestreados, pero su incorporación se hace en forma iterativa, de acuerdo con la información que va surgiendo en el trabajo de campo. Como lo subrayan los expertos en esta modalidad de indagación, lo decisivo aquí no es el tamaño de la muestra, sino la riqueza de los datos provistos por los muestreos, y las habilidades de observación y análisis del investigador.

El método exige recolectar datos hasta que ocurra la saturación, o sea el punto en el cual se ha registrado un número suficiente de datos y con cada observación adicional no aparecen ya otros elementos. Mientras sigan apareciendo nuevos datos, la búsqueda no debe detenerse.

El procedimiento consiste en realizar inicialmente el muestreo dentro del área de influencia del proyecto, registrando las especies presentes en cada uno de los ecosistemas identificados. Posteriormente, el muestreo se replica en los mismos tipos de ecosistemas localizados dentro del polígono del área de estudio (SAR), con el propósito de comparar su composición florística y verificar su correspondencia.

En el primer sitio de muestreo del SAR se registran todas las especies observadas. En los sitios subsecuentes se continúa con el levantamiento de información, incorporando tanto las especies previamente registradas como aquellas que no habían sido detectadas en los puntos anteriores. Este procedimiento se mantiene de manera sistemática hasta alcanzar un sitio de muestreo n en el que ya no se incorporen especies adicionales, lo que indica que se ha logrado una representación adecuada de la riqueza florística del área de influencia del proyecto.

Metodológicamente, este enfoque permite construir una curva de acumulación de especies, mediante la cual se evalúa la suficiencia del esfuerzo de muestreo y la representatividad ecológica del SAR respecto al área del proyecto. Con ello se verifica que las especies presentes en el área de influencia del proyecto se encuentran contenidas dentro del sistema ambiental regional, asegurando que la intervención no compromete la integridad y continuidad de la biodiversidad a escala de cuenca.

Para conocer los atributos de las especies que conforman las poblaciones de plantas establecidas en el SAR, se establecieron los sitios de muestreo tomando en consideración las variaciones detectadas en la topografía, tipos de suelos, rasgos geológicos y cambios en la vegetación, principalmente. Se realizó el muestreo usando 10 parcelas circulares de 17.84 m de radio (1,000m2), en los 4 tipos de vegetación del área de la cuenca que serían afectados con el desarrollo del proyecto.

El siguiente plano cartográfico muestra la distribución geográfica de los sitios de muestreo en los ecosistemas de la cuenca hidrológica forestal, los cuales se ubicaron en las cercanías del área de influencia del proyecto:

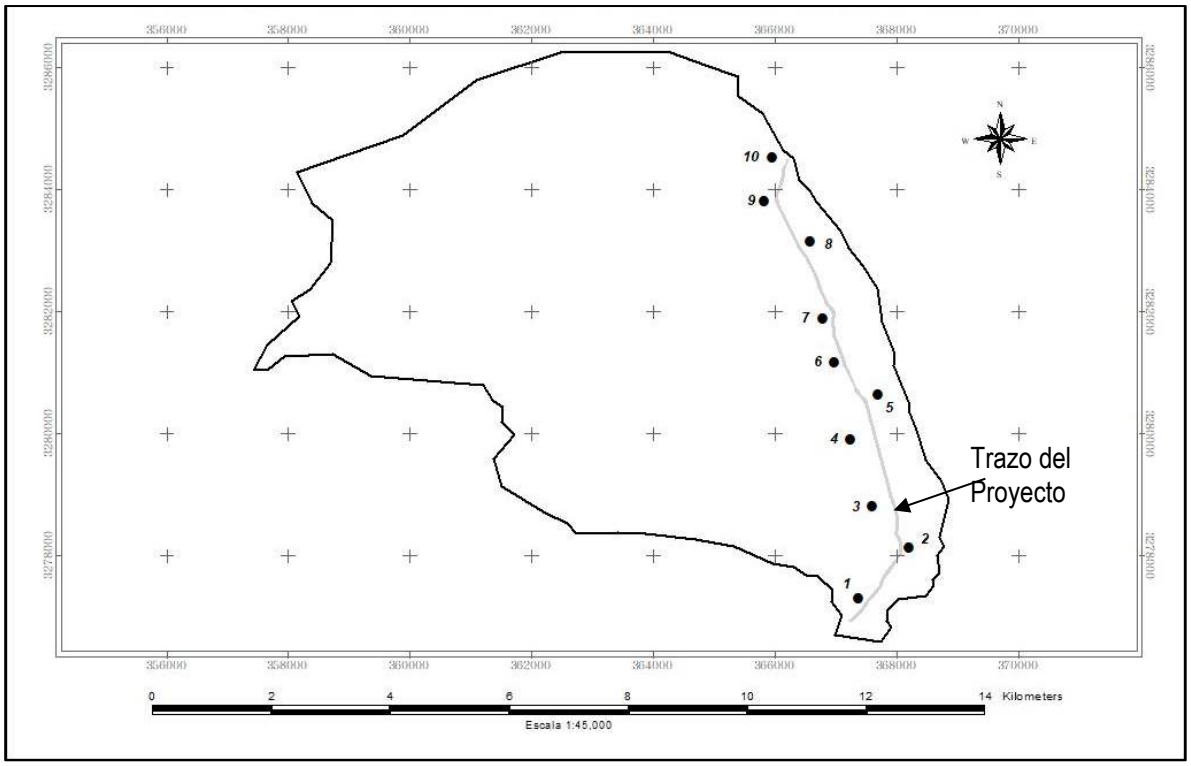


Figura IV. 18 Plano cartográfico que muestra los sitios de muestreo en el área de influencia del proyecto.

La posición geográfica de los sitios de muestreo en la cuenca hidrológica-forestal fue tomada y registrada con un GPS manual en coordenadas con proyección UTM bajo el Datum WGS84 – Zona 12R; la siguiente tabla muestra las coordenadas de los sitios de muestreo.

Tabla IV. 11 Coordenadas UTM que precisan la ubicación geográfica de los sitios de muestreo.

SITIO	COORDENADA X	COORDENADA Y
1	367434	3277171
2	368297	3278015
3	367678	3278713
4	367305	3279840
5	367767	3280590
6	366922	3281346
7	366821	3281806
8	366637	3283171
9	365862	3283840
10	366000	3284574

IV.3.2.5 Composición y estructura florística de la vegetación

De acuerdo con Font Quer (2001) y Franco-López (2011), la composición florística se define como el inventario de las especies vegetales que integran una comunidad determinada, el cual permite caracterizar su diversidad y establecer su estructura en términos de riqueza, abundancia y distribución.

Para el análisis dentro del polígono del área de estudio (SAR), se consideraron únicamente los tipos de vegetación que se encuentran representados en el área del proyecto, específicamente el Matorral Desértico Micrófilo (MDM), el Matorral Sarcocaule (MS), el Mezquital Xerófilo (MX) y la Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Sarcocaule (VSAMS). En estos ecosistemas se realizaron los levantamientos de campo y las mediciones estructurales correspondientes, incluyendo parámetros como densidad, cobertura y frecuencia de las especies.

La delimitación de estos tipos de vegetación como unidades de muestreo obedece a que las actividades del proyecto incidirán exclusivamente sobre dichas comunidades. En este sentido, el análisis florístico y estructural tuvo como finalidad verificar que las especies presentes en el área sujeta a intervención se encuentren representadas dentro del SAR, asegurando la continuidad ecológica a escala de cuenca y evitando afectaciones significativas a la biodiversidad regional.

Atributos de las especies vegetales

La estructura de una comunidad vegetal, así como la dinámica de la misma puede ser caracterizada si se conocen algunos de los atributos de las especies que la conforman. Los atributos de la vegetación más conocidos son la densidad, frecuencia, cobertura y el valor de importancia ecológico de las mismas.

- La *densidad* de una especie se interpreta como el número de individuos de esa especie que habitan por unidad de área, en este caso, por hectárea.
- La *frecuencia* nos da una idea sobre la distribución espacial de los individuos de una especie en una determinada área.
- La *cobertura* nos indica la cantidad de terreno que está cubierto por el follaje de una especie. Debemos tener en cuenta que una especie no necesariamente por ser muy densa, cubrirá una gran superficie con su follaje. En otras palabras, una especie arbórea, con pocos individuos puede tener mayor cobertura que una especie muy abundante, pero con poco follaje.

- El *valor de importancia* nos indica que especie es la que juega un papel dominante sobre las demás, cual es la que controla el flujo de energía en ese ecosistema, cual es la que consume la mayor cantidad de recursos (nutrientes, agua, luz, etc.).

Para caracterizar los atributos estructurales y poblacionales de las especies presentes en el SAR, se realizaron muestreos mediante el establecimiento de 10 parcelas circulares de 17.84 m de radio, conforme a la metodología previamente descrita. En cada parcela se efectuó la identificación taxonómica de todas las especies registradas, se contabilizó el número de individuos por especie y se midieron variables estructurales como altura y cobertura de copa.

Con esta información se estimaron parámetros ecológicos tales como densidad (individuos por hectárea), cobertura por unidad de superficie, frecuencia de ocurrencia y valor de importancia relativa para cada especie dentro de su comunidad vegetal. Estos indicadores permitieron describir la estructura florística y el peso ecológico de las especies en los distintos tipos de vegetación presentes en el SAR.

Los resultados obtenidos en cada estación de muestreo, correspondientes a los tipos de vegetación que serán intervenidos por el proyecto dentro del SAR, se presentan en los cuadros siguientes, organizados por comunidad vegetal. Asimismo, se integran registros fotográficos panorámicos que ilustran las condiciones predominantes de cada sitio evaluado.

Matorral Desértico Micrófilo (MDM)

Sitio 2

Tabla IV. 12 Densidad de especies identificadas en el sitio 2.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DENSIDAD/SITIO
Atriplex polycarpa	Chamizo cenizo	9
Carnegiea gigantea	Sahuaro	6
Jatropha cinerea	Lomboy	1
Larrea tridentata	Gobernadora	2
Lophocereus schottii var. *schottii*	Sina	1
Prosopis glandulosa	Mezquite	1

Sitio 3

Tabla IV. 13 Densidad de especies identificadas en el sitio 3.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DENSIDAD/SITIO
Carnegiea gigantea	Sahuaro	1
Cordia parvifolia	Vara prieta	1
Fouquieria splendens	Ocotillo	2
Koeberlinia spinosa	Corona de Cristo	1

Larrea tridentata	Gobernadora	17
Lemaireocereus thurberi	Pitahaya	1
Mammillaria grahamii	Viejito	1
Opuntia bigelovii	Choya güera	1
Opuntia fulgida	Choya	1

Sitio 4

Tabla IV. 14 Densidad de especies identificadas en el sitio 4.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DENSIDAD/SITIO
Ambrosia deltoidea	Chamizo cenizo	1
Carnegiea gigantea	Sahuaro	1
Cercidium microphyllum	Palo verde	1
Encelia farinosa	Rama Blanca	6
Jatropha cuneata	Matacora	1
Larrea tridentata	Gobernadora	16
Lophocereus schottii var. *schottii*	Sina	3
Olneya tesota	Palo fierro	2
Opuntia arbuscula	Tasajo	1
Opuntia fulgida	Choya	2
Pachycereus pringlei	Cardón	1

Sitio 5

Tabla IV. 15 Densidad de especies identificadas en el sitio 5.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DENSIDAD/SITIO
Ferocactus emoryi	Biznaga	1
Jatropha cinerea	Lomboy	2
Larrea tridentata	Gobernadora	12
Opuntia fulgida	Choya	5

Sitio 9

Tabla IV. 16 Densidad de especies identificadas en el sitio 9.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DENSIDAD/SITIO
Ambrosia deltoidea	Chamizo toboso	1
Ambrosia dumosa	Chamizo cenizo	3
Carnegiea gigantea	Sahuaro	1
Cercidium microphyllum	Palo verde	1
Fouquieria splendens	Ocotillo	1
Jatropha cuneata	Lomboy	1
Larrea tridentata	Gobernadora	8
Opuntia arbuscula	Tasajo	1
Opuntia fulgida	Choya	2

Matorral Sarcocaule (MS)

Sitio 6

Tabla IV. 17 Densidad de especies identificadas en el sitio 6

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DENSIDAD/SITIO
Ambrosia deltoidea	Chamizo toboso	3
Ambrosia dumosa	Chamizo cenizo	3
Atriplex polycarpa	Chamizo cenizo	1
Carnegiea gigantea	Sahuaro	2
Ferocactus emoryi	Biznaga	2
Fouquieria splendens	Ocotillo	3
Jatropha cuneata	Matacora	3
Krameria sonorae	cósahui	2
Larrea tridentata	Gobernadora	17
Lophocereus schottii var. *schottii*	Sina	1
Opuntia bigelovii	Choya güera	1
Opuntia fulgida	Choya	7

Sitio 7

Tabla IV. 18 Densidad de especies identificadas en el sitio 7.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DENSIDAD/SITIO
Cercidium microphyllum	Palo verde	3
Cordia parvifolia	Vara prieta	3
Encelia farinosa	Rama Blanca	5
Fouquieria splendens	Ocotillo	1
Jatropha cinerea	Lomboy	2
Jatropha cuneata	Matacora	1
Larrea tridentata	Gobernadora	8
Opuntia bigelovii	Choya güera	6
Opuntia fulgida	Choya	1
Pachycereus pringlei	Cardón	1
Phaulothamnus spinescens	Huevito	1

Mezquital Xerófilo (MX)

Sitio 8

Tabla IV. 19 Densidad de especies identificadas en el sitio 8.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DENSIDAD/SITIO
Ambrosia dumosa	Chamizo cenizo	6
Bursera microphylla	Torote	3
Carnegiea gigantea	Sahuaro	3

Cordia parvifolia	Vara prieta	1
Fouquieria splendens	Ocotillo	5
Jatropha cinerea	Lomboy	9
Larrea tridentata	Gobernadora	12
Lemaireocereus thurberi	Pitahaya	1
Pachycereus pringlei	Cardón	1

Sitio 10

Tabla IV. 20 Densidad de especies identificadas en el sitio 10.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DENSIDAD/SITIO
Ambrosia dumosa	Chamizo cenizo	11
Carnegiea gigantea	Sahuaro	5
Cercidium microphyllum	Palo verde	2
Encelia farinosa	Rama Blanca	4
Krameria sonorae	cósahui	1
Larrea tridentata	Gobernadora	1
Lemaireocereus thurberi	Pitahaya	1
Lophocereus schottii var. schottii	Sina	4
Olneya tesota	Palo fierro	2
Opuntia fulgida	Choya	2
Phaulothamnus spinescens	Huevito	8
Prosopis glandulosa	Mezquite	4

Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Sarcocaule (VSAMS)

Sitio 1

Tabla IV. 21 Densidad de especies identificadas en el sitio 1.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DENSIDAD/SITIO
Ambrosia dumosa	Chamizo cenizo	400
Atriplex polycarpa	Chamizo cenizo	222
Encelia farinosa	Rama Blanca	800
Fouquieria splendens	Ocotillo	22
Koeberlinia spinosa	Corona de Cristo	22
Larrea tridentata	Gobernadora	356
Lemaireocereus thurberi	Pitahaya	22
Opuntia bigelovii	Choya güera	89
Opuntia fulgida	Choya	67
Pachycereus pringlei	Cardón	22
Phaulothamnus spinescens	Huevito	111
Prosopis glandulosa	Mezquite	22

Índice de Valor de Importancia (IVI)

De acuerdo con Odum y Barrett (2006), el Índice de Valor de Importancia (IVI) es un indicador utilizado para establecer la jerarquía ecológica de las especies dentro de comunidades vegetales mixtas, al integrar en una sola medida su contribución estructural y su grado de presencia en el sitio. El IVI se calcula mediante la suma de tres componentes relativos:

IVI = Densidad relativa (%) + Dominancia relativa (%) + Frecuencia relativa (%)

La densidad relativa corresponde a la proporción de individuos de una especie respecto al total de individuos registrados en la comunidad, multiplicada por 100. La dominancia relativa se obtiene al dividir el área basal o la cobertura de la especie entre el área basal o cobertura total de todas las especies, multiplicando el resultado por 100. Por su parte, la frecuencia relativa se calcula como la proporción de sitios donde aparece la especie respecto a la frecuencia total registrada para todas las especies, multiplicada igualmente por 100.

En comunidades vegetales, diversos autores como Odum y Barrett (2006), Mueller-Dombois y Ellenberg (1974), y Brower y Zar (1977) señalan que la dominancia debe estimarse con base en atributos estructurales medibles, como el área basal o la cobertura, y no únicamente en función del número de individuos. Esto se debe a que especies con alta densidad (por ejemplo, herbáceas o pastos) podrían presentar valores elevados si la dominancia se evaluara solo por número de individuos, aun cuando su contribución estructural y funcional al ecosistema sea menor que la de especies arbustivas o arbóreas con menor densidad pero mayor cobertura. En este sentido, la cobertura o el área basal reflejan de manera más adecuada la influencia real de una especie en términos de captación de luz, uso de recursos, fijación de carbono y aporte a la estructura del ecosistema.

La dominancia relativa se define como el porcentaje de biomasa que aporta una especie dentro de la comunidad vegetal, estimada a partir de atributos estructurales como el área basal o la superficie de cobertura. Se expresa mediante la relación entre el área basal o la cobertura total de los individuos de una especie y el área total muestreada. En términos ecológicos, la dominancia representa el grado de ocupación espacial de las especies y constituye la suma de las proyecciones horizontales de los individuos sobre el suelo, reflejando así el espacio efectivamente utilizado dentro del ecosistema. La dominancia relativa se calcula como la proporción que representa cada especie respecto al total del área evaluada, expresada en porcentaje.

En el caso de organismos animales, la dominancia suele estimarse a partir de valores de densidad mediante la expresión:

$$D = (n/N)^2,$$

Donde D corresponde a la dominancia de la especie, n es el número de individuos de la especie

y N es la suma de las densidades de todas las especies registradas en el área de estudio (Brower y Zar, 1977). No obstante, para comunidades vegetales, la estimación de la dominancia a partir de la cobertura o el área basal resulta más adecuada, dado que estos atributos reflejan de manera más directa la contribución estructural y funcional de cada especie.

En consecuencia, para la estimación del Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies vegetales presentes en el SAR, se utilizó la cobertura como equivalente del componente de dominancia en la ecuación propuesta por Odum y Barrett. En las tablas siguientes se presentan los valores de IVI y otros atributos estructurales de las especies registradas en los tipos de vegetación que serán intervenidos por el desarrollo del proyecto, organizados por estratos y formas de vida.

Matorral Desértico Micrófilo

En el ecosistema de matorral desértico micrófilo presente en el SAR, el análisis estructural indica que *Prosopis glandulosa* (mezquite) constituye la única especie registrada en el estrato arbóreo de la comunidad vegetal, lo que refleja su papel predominante dentro de este nivel estructural.

Tabla IV. 22 Valores de los atributos ecológicos de las especies del estrato arbóreo que habitan en el matorral desértico micrófilo en el SAR.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	CR	FR	V.I.	CLASE
1	*Prosopis glandulosa*	Mezquite	100	100	100	100	1
			100	100	100	300	

Donde:
DR = Densidad relativa expresada en valores porcentuales,
CR = Cobertura relativa expresada en valores porcentuales,

FR = Frecuencia relativa expresada en valores porcentuales

V.I. = Valor de importancia que nos indica el peso ecológico que tiene esa especie en la comunidad,

CLASE = La categoría que tiene la especie en términos de su papel ecológico dentro de la comunidad.

En el estrato arbustivo, el análisis estructural indica que la Gobernadora (*Larrea tridentata)* concentra los mayores valores relativos de densidad, cobertura y frecuencia, lo que se traduce en el valor de importancia más alto dentro de la comunidad. Esta condición refleja su papel dominante en la organización y funcionamiento del sistema, al ocupar una proporción significativa del espacio disponible y aprovechar de manera eficiente los recursos ambientales, como agua,

luz y nutrientes del suelo, en concordancia con su adaptación a condiciones de aridez.

Tabla IV. 23 Valores de los atributos ecológicos de las especies del estrato arbustivo que habitan en el matorral desértico micrófilo.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	CR	FR	V.I.	CLASE
1	*Ambrosia deltoidea*	Chamizo toboso	2.50	0.23	9.52	12.25	5
2	*Ambrosia dumosa*	Chamizo cenizo	3.75	0.92	4.76	9.43	5
3	*Atriplex polycarpa*	Chamizo cenizo	11.25	12.74	4.76	28.75	2
4	*Cordia parvifolia*	Palo verde	1.25	0.80	4.76	6.81	6
5	*Cercidium microphyllum*	Vara prieta	2.50	6.02	9.52	18.04	3
6	*Encelia farinosa*	Rama Blanca	7.50	3.32	4.76	15.58	3
7	*Fouquieria splendens*	Ocotillo	3.75	5.33	9.52	18.60	3
8	*Jatropha cinerea*	Lomboy	3.75	1.37	9.52	14.64	4
9	*Jatropha cuneata*	Matacora	2.50	0.71	9.52	12.74	5
10	*Koeberlinia spinosa*	Corona de Cristo	1.25	1.15	4.76	7.16	6
11	*Larrea tridentata*	Gobernadora	57.51	56.10	23.81	137.42	1
12	*Olneya tesota*	Palo fierro	2.50	11.33	4.76	18.59	3
			100	100	100	300	

En el matorral desértico micrófilo de la cuenca hidrográfica del proyecto no se registraron especies del estrato herbáceo.

En el estrato de cactáceas, el análisis de los atributos estructurales indica que la choya (*Opuntia fulgida*) presenta la mayor densidad relativa respecto a las demás especies del grupo. Este comportamiento sugiere una amplia distribución de individuos dentro del área evaluada y una alta capacidad de establecimiento bajo las condiciones ambientales predominantes, lo que le permite ocupar de manera significativa el espacio disponible y utilizar los recursos del sitio en mayor proporción dentro de este estrato.

Tabla IV. 24 Valores de los atributos ecológicos de las especies de cactáceas que habitan en el matorral desértico micrófilo.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	CR	FR	V.I.	CLASE
1	*Carnegiea gigantea*	Sahuaro	30.00	7.77	23.53	61.30	2
2	*Ferocactus emoryi*	Biznaga	3.33	0.17	5.88	9.38	5
3	*Lemaireocereus thurberi*	Pitahaya	3.33	0.05	5.88	9.27	5
4	*Lophocereus schottii var. schottii*	Sina	13.33	38.14	11.76	63.23	2
5	*Mammillaria grahamii*	Viejito	3.33	0.00	5.88	9.22	5
6	*Opuntia arbuscula*	Tasajo	6.67	3.42	11.76	21.85	3
7	*Opuntia bigelovii*	Choya güera	3.33	2.31	5.88	11.53	5
8	*Opuntia fulgida*	Choya	33.33	42.66	23.53	99.52	1
9	*Pachycereus pringlei*	Cardón	3.33	5.47	5.88	14.69	4
			100	100	100	300	

Matorral Sarcocaule

En el matorral sarcocaule de la cuenca hidrográfica del proyecto no se registraron especies del estrato arbóreo.

En el estrato arbustivo, los resultados obtenidos muestran que la gobernadora (*Larrea tridentata)* presenta los valores más altos en los atributos estructurales evaluados, lo que se refleja en su mayor Índice de Valor de Importancia dentro de la comunidad. Esta condición evidencia su papel dominante en términos de densidad, cobertura y frecuencia, así como su amplia distribución y capacidad de aprovechamiento de los recursos disponibles en el sitio.

Tabla IV. 25 Valores de los atributos ecológicos de las especies del estrato arbustivo que habitan en el matorral sarcocaule.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	CR	FR	V.I.	CLASE
1	*Ambrosia deltoidea*	Chamizo toboso	5.56	1.18	7.14	13.88	5
2	*Ambrosia dumosa*	Chamizo cenizo	5.56	0.67	7.14	13.36	5
3	*Atriplex polycarpa*	Chamizo cenizo	1.85	0.02	7.14	9.02	6
4	*Cercidium microphyllum*	Palo verde	5.56	7.40	7.14	20.10	4
5	*Cordia parvifolia*	Vara prieta	5.56	2.66	7.14	15.36	5
6	*Encelia farinosa*	Rama Blanca	9.26	1.19	7.14	17.59	4
7	*Fouquieria splendens*	Ocotillo	7.41	48.26	14.29	69.95	2
8	*Jatropha cinerea*	Lomboy	3.70	0.44	7.14	11.29	6
9	*Jatropha cuneata*	Matacora	7.41	5.95	14.29	27.64	3
10	*Larrea tridentata*	Gobernadora	46.30	30.22	14.29	90.81	1
11	*Phaulothamnus spinescens*	Huevito	1.85	2.00	7.14	10.99	6
			100	100	100	300	

En el estrato herbáceo, los resultados indican que el cósahui (*Krameria sonorae*) es la única especie registrada en esta forma de vida dentro de las parcelas evaluadas. Esta condición refleja

una baja representación del estrato herbáceo en este tipo de vegetación dentro del polígono del área de estudio, lo cual es consistente con las características estructurales del matorral sarcocaule, donde predominan especies arbustivas y suculentas adaptadas a condiciones de aridez.

Tabla IV. 26 Valores de los atributos ecológicos de las especies del estrato herbáceo que habitan en el matorral sarcocaule.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	CR	FR	V.I.	CLASE
1	Krameria sonorae	Cósahui	100	100	100	100	1
			100	100	100	300	

En el grupo de cactáceas, los resultados muestran que la choya güera (*Opuntia bigelovii*) presenta la mayor densidad relativa en comparación con las demás especies registradas dentro de esta forma de vida. Este comportamiento indica una mayor abundancia numérica de la especie en las parcelas evaluadas, lo que sugiere una amplia distribución local y una alta capacidad de establecimiento bajo las condiciones ambientales del polígono del área de estudio, particularmente en suelos someros y ambientes con limitada disponibilidad hídrica, característicos de este tipo de vegetación.

Tabla IV. 27 Valores de los atributos ecológicos de las especies de cactáceas que habitan en el matorral sarcocaule.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	CR	FR	V.I.	CLASE
1	*Carnegiea gigantea*	Sahuaro	9.52	1.56	12.50	23.58	4
2	*Ferocactus emoryi*	Biznaga	9.52	0.42	12.50	22.45	4
3	*Lophocereus schottii var. schottii*	Sina	4.76	0.04	12.50	17.31	5
4	*Opuntia bigelovii*	Choya güera	33.33	54.62	25.00	112.95	1
5	*Opuntia fulgida*	Choya	38.10	23.85	25.00	86.94	2
6	*Pachycereus pringlei*	Cardón	4.76	19.51	12.50	36.77	3
			100	100	100	300	

Mezquital Xerófilo

En el estrato arbóreo del ecosistema de mezquital xerófilo del SAR, los resultados indican que el mezquite (*Prosopis glandulosa*) constituye la única especie registrada dentro de esta forma de vida en las unidades de muestreo evaluadas. Esta condición confirma su papel estructural dominante en este tipo de vegetación, donde actúa como elemento fisonómico principal y define la configuración del dosel, influyendo en la dinámica ecológica del sistema mediante la provisión de sombra, aportación de materia orgánica y regulación de procesos asociados al suelo y la disponibilidad de humedad.

Tabla IV. 28 Valores de los atributos ecológicos de las especies del estrato arbóreo que habitan en el mezquital xerófilo.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	CR	FR	V.I.	CLASE
1	*Prosopis glandulosa*	Mezquite	100	100	100	100	1
			100	100	100	300	

En el estrato arbustivo, los resultados muestran que la gobernadora (*Larrea tridentata*) presenta los valores más altos en densidad, cobertura y frecuencia relativa respecto a las demás especies registradas, lo que se refleja en su mayor Índice de Valor de Importancia. Esta condición evidencia su predominancia estructural dentro de la comunidad arbustiva y su capacidad de ocupar de manera significativa el espacio disponible, influyendo en la dinámica ecológica del sistema mediante el uso de recursos como agua, luz y suelo, y condicionando la composición y distribución del resto de las especies acompañantes.

Tabla IV. 29 Valores de los atributos ecológicos de las especies del estrato arbustivo que habitan en el mezquital xerófilo.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	CR	FR	V.I.	CLASE
1	*Ambrosia dumosa*	Chamizo toboso	26.56	1.98	16.67	45.21	2
2	*Bursera microphylla*	Torote	4.69	1.61	8.33	14.63	4
3	*Cercidium microphyllum*	Palo verde	3.13	5.29	8.33	16.75	4
4	*Cordia parvifolia*	Vara prieta	1.56	2.65	8.33	12.54	5
5	*Encelia farinosa*	Rama Blanca	6.25	0.95	8.33	15.54	4
6	*Fouquieria splendens*	Ocotillo	7.81	1.62	8.33	17.77	4
7	*Jatropha cinerea*	Lomboy	14.06	8.57	8.33	30.97	3
8	*Larrea tridentata*	Gobernadora	20.31	47.21	16.67	84.19	1
9	*Olneya tesota*	Palo fierro	3.13	21.17	8.33	32.63	3
10	*Phaulothamnus spinescens*	Huevito	12.50	8.94	8.33	29.78	3
			100	100	100	300	

En el estrato herbáceo se registró únicamente la especie el cósahui (*Krameria sonorae*), por lo que constituye la totalidad de la representación florística en este nivel estructural. Su presencia exclusiva determina los valores correspondientes de densidad, frecuencia y cobertura dentro del estrato, aportando el componente herbáceo de la comunidad vegetal asociada a este tipo de vegetación.

Tabla IV. 30 Valores de los atributos ecológicos de las especies del estrato herbáceo que habitan en el mezquital xerófilo.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	CR	FR	V.I.	CLASE
1	*Krameria sonorae*	Cósahui	100	100	100	100	1
			100	100	100	300	

En el estrato de cactáceas, la sina (*Lophocereus schottii* var. *schottii*) registró los valores más altos de densidad en comparación con las demás especies del mismo grupo. Esta condición se

refleja en su mayor representación numérica dentro de la comunidad vegetal, lo que indica una participación relevante en la ocupación del espacio y en el aprovechamiento de los recursos disponibles, tales como agua, luz y suelo, dentro de este tipo de vegetación.

Tabla IV. 31 Valores de los atributos ecológicos de las especies de cactáceas que habitan en el mezquital xerófilo.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	CR	FR	V.I.	CLASE
1	Carnegiea gigantea	Sahuaro	47.06	4.49	28.57	80.12	2
2	Lemaireocereus thurberi	Pitahaya	11.76	4.93	28.57	45.26	3
3	Lophocereus schottii var. schottii	Sina	23.53	78.05	14.29	115.86	1
4	Opuntia fulgida	Choya	11.76	1.56	14.29	27.61	4
5	Pachycereus pringlei	Cardón	5.88	10.98	14.29	31.14	4
			100	100	100	300	

<u>Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Sarcocaule</u>

En el estrato arbóreo del ecosistema de vegetación secundaria arbustiva de matorral sarcocaule, el mezquite (*Prosopis glandulosa*) fue la única especie registrada. Esta condición define la estructura del componente arbóreo de la comunidad vegetal en este tipo de vegetación y concentra en dicha especie la representación del estrato superior dentro del sistema evaluado.

Tabla IV. 32 Valores de los atributos ecológicos de las especies del estrato arbóreo que habitan en el ecosistema con vegetación secundaria arbustiva de matorral sarcocaule de la cuenca hidrográfica del proyecto.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	CR	FR	V.I.	CLASE
1	Prosopis glandulosa	Mezquite	100	100	100	100	1
			100	100	100	300	

En el estrato arbustivo, la Gobernadora (*Larrea tridentata*) presentó los valores más altos en los atributos estructurales evaluados, lo que indica su predominancia dentro de la comunidad vegetal. Esta condición refleja su mayor contribución en términos de densidad, cobertura y frecuencia, así como su papel relevante en la ocupación y aprovechamiento de los recursos disponibles en el sitio.

Tabla IV. 33 Valores de los atributos ecológicos de las especies del estrato arbustivo que habitan en el ecosistema con vegetación secundaria arbustiva de matorral sarcocaule.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	CR	FR	V.I.	CLASE
1	Ambrosia dumosa	Chamizo cenizo	20.69	6.49	14.29	41.46	3
2	Atriplex polycarpa	Chamizo cenizo	11.49	6.41	14.29	32.19	4
3	Encelia farinosa	Rama Blanca	41.38	13.85	14.29	69.52	2
4	Fouquieria splendens	Ocotillo	1.15	4.00	14.29	19.44	5
5	Koeberlinia spinosa	Corona de Cristo	1.15	3.17	14.29	18.61	5
6	Larrea tridentata	Gobernadora	18.39	54.82	14.29	87.49	1
7	Phaulothamnus spinescens	Huevito	5.75	11.26	14.29	31.29	4
			100	100	100	300	

En el ecosistema con vegetación secundaria arbustiva de matorral sarcocaule no se registraron especies del estrato herbáceo.

En el grupo de las cactáceas, la choya (*Opuntia fulgida*) registró los valores más altos en los atributos estructurales considerados, lo que evidencia su predominancia dentro de este conjunto de especies. Su mayor densidad, cobertura y frecuencia relativa reflejan su contribución en la estructura de la comunidad y su participación en el aprovechamiento de los recursos disponibles en el sitio.

Tabla IV. 34 Valores de los atributos ecológicos de las especies de cactáceas que habitan en el ecosistema con vegetación secundaria arbustiva de matorral sarcocaule.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	CR	FR	V.I.	CLASE
1	Lemaireocereus thurberi	Pitahaya	11.11	0.84	25.00	36.96	4
2	Opuntia bigelovii	Choya güera	44.44	5.93	25.00	75.37	3
3	Opuntia fulgida	Choya	33.33	45.74	25.00	104.08	1
4	Pachycereus pringlei	Cardón	11.11	47.48	25.00	83.60	2
			100	100	100	300	

IV.3.2.6 Análisis de diversidad de la vegetación

El Índice Diversidad de Especies se determina usando diversos algoritmos matemáticos entre los que figuran el de Simpson, de Shannon - Wiener, de Margalef, entre otros; los dos primeros índices de diversidad están basados en la densidad absoluta de las especies mientras que el índice de diversidad de Margalef para estimar la biodiversidad de una comunidad se basa en el número de especies presentes, así como en la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos existentes en la muestra analizada (Moreno, 2001). Para efecto del presente proyecto, se consideró el índice de Shannon - Wiener; este índice de diversidad, como ya se mencionó, está basado en la densidad absoluta de las especies y se determina con la siguiente expresión matemática:

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} p_i \left(\ln \left(p_i\right)\right)$$

Donde:
pi = ni/N y N = ∑ni
ni = Abundancia proporcional de la especie i
N = Suma total de la abundancia de todas las especies

Los valores de H´ varían de 1 a 5, de acuerdo a las siguientes condiciones (Moreno, 2001):

- 5, refleja condiciones óptimas / diversidad muy alta.
- 4, refleja muy buen estado / diversidad alta.
- 3 a 4, refleja buen estado / diversidad media-alta.
- 2 a 3, refleja estado moderado / diversidad media.
- 1 a 2, refleja perturbación / diversidad baja.
- 0 a 1, refleja mal estado / diversidad muy baja.

El índice de diversidad estimado para las especies para cada tipo de vegetación muestreado dentro de la cuenca hidrológico- forestal del proyecto, se muestran en las siguientes tablas.

Matorral Desértico Micrófilo

Con base en los resultados presentados en la tabla IV.34, la diversidad alfa a nivel de especies puede evaluarse, de acuerdo con Moreno, a partir de dos componentes principales: la riqueza específica, entendida como el número de especies presentes en un área determinada, y la estructura, que corresponde a la proporción relativa de cada especie dentro de la comunidad. Este último componente refleja el grado de heterogeneidad del ecosistema. Para su cuantificación se han desarrollado distintos índices en el ámbito de la ecología de poblaciones, muchos de ellos sustentados en la teoría de la información. Entre los más utilizados se encuentran los índices de Shannon-Wiener y de Margalef, los cuales incorporan la riqueza y la distribución de las abundancias relativas de las especies.

En el caso analizado, el mezquite costeño (*Prosopis glandulosa*) se registró como la única especie en el estrato arbóreo. Dado que los índices de diversidad requieren al menos dos especies para expresar variación en la composición y en la distribución de abundancias, la aplicación de las ecuaciones correspondientes genera un valor de 0.0, como se muestra en la tabla referida.

En consecuencia, al presentar una sola especie en este estrato, tanto la diversidad máxima (LnS) como el índice de equidad (J) también registran valores de 0.0, lo que indica ausencia de

heterogeneidad y de distribución proporcional entre especies dentro de esa forma de vida.

Tabla IV. 35 Valores del índice de diversidad de las especies de arbóreas del ecosistema de matorral desértico micrófilo.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	pi = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Prosopis glandulosa	Mezquite costeño	4	1.0000	0.0000	0.0000
TOTAL:		4	1.0000	0.0000	0.0000
Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =					**0.0000**
Riqueza (S) =					**1**
Diversidad máxima (Hmax) = LnS =					**0.0000**
Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax					**0.0000**

De acuerdo con los resultados del índice de diversidad obtenidos para el estrato arbustivo y con base en el criterio de Moreno (2001), la gobernadora (*Larrea tridentata*) presentó la mayor proporción relativa dentro de la comunidad, con un valor de pi = 0.5757. Esta mayor contribución proporcional se asocia con su densidad registrada en el área de estudio y se refleja en el valor más alto dentro del conjunto de especies arbustivas muestreadas, lo que indica su mayor representatividad estructural en este estrato.

Tabla IV. 36 Valores del índice de diversidad de las especies de arbustivas del ecosistema de matorral desértico micrófilo.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	pi = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Ambrosia deltoidea	Chamizo toboso	9	0.0250	-3.6904	-0.0921
Ambrosia dumosa	Chamizo cenizo	13	0.0374	-3.2850	-0.1230
Atriplex polycarpa	Chamizo	40	0.1123	-2.1864	-0.2456
Cordia parvifolia	Vara prieta	4	0.0125	-4.3836	-0.0547
Cercidium microphyllum	Palo verde	9	0.0250	-3.6904	-0.0921
Encelia farinosa	Rama blanca	27	0.0749	-2.5918	-0.1941
Fouquieria splendens	Ocotillo	13	0.0374	-3.2850	-0.1230
Jatropha cinerea	Lomboy	13	0.0374	-3.2850	-0.1230
Jatropha cuneata	Matacora	9	0.0250	-3.6904	-0.0921
Koeberlinia spinosa	Corona de cristo	4	0.0125	-4.3836	-0.0547
Larrea tridentata	Gobernadora	205	0.5757	-0.5522	-0.3179
Olneya tesota	Palo fierro	9	0.0250	-3.6904	-0.0921
TOTAL:		356	1.0000	-38.7143	-1.6044
Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =					**1.6044**
Riqueza (S) =					**12**
Diversidad máxima (Hmax) = LnS =					**2.4849**
Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax					**0.6457**

Al analizar los resultados del índice de diversidad correspondientes al grupo de cactáceas y con

base en el criterio de Moreno (2001), se observó que la choya (*Opuntia fulgida*) presentó la mayor proporción relativa dentro del conjunto evaluado, con un valor de pi = 0.3333. Esta mayor contribución proporcional se relaciona con la densidad registrada para la especie en el área de estudio y se refleja en el valor más alto dentro del grupo de cactáceas muestreado, lo que indica su mayor representatividad en este componente de la comunidad vegetal.

Tabla IV. 37 Valores del índice de diversidad de las cactáceas del ecosistema de matorral desértico micrófilo.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	pi = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Carnegiea gigantea	Sahuaro	40	0.3000	-1.2040	-0.3612
Ferocactus emoryi	Biznaga	4	0.0333	-3.4012	-0.1134
Lemaireocereus thurberi	Pitahaya	4	0.0333	-3.4012	-0.1134
Lophocereus schottii var. schottii	Sina	18	0.1333	-2.0149	-0.2687
Mammillaria grahamii	Viejito	4	0.0333	-3.4012	-0.1134
Opuntia arbuscula	Tasajo	9	0.0667	-2.7081	-0.1805
Opuntia bigelovii	Chota güera	4	0.0333	-3.4012	-0.1134
Opuntia fulgida	Choya	44	0.3333	-1.0986	-0.3662
Pachycereus pringlei	Cardón	4	0.0333	-3.4012	-0.1134
TOTAL:		133	1.0000	-24.031	-1.7435
Indice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =					**1.7435**
Riqueza (S) =					**9**
Diversidad máxima (Hmax) = LnS =					**2.1972**
Indice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax					**0.7935**

Matorral Sarcocaule

De acuerdo con los resultados del índice de diversidad para los elementos del estrato arbustivo y con base en el criterio de Moreno (2001), la gobernadora (*Larrea tridentata*) presentó la mayor proporción relativa dentro del conjunto evaluado, con un valor de pi = 0.4630. Esta contribución se asocia con la densidad registrada para la especie en el área de estudio y se refleja en el valor más alto obtenido para el grupo de especies arbustivas muestreado, lo que indica su mayor representatividad en este estrato de la comunidad vegetal.

Tabla IV. 38 Valores del índice de diversidad de las especies de arbustivas del ecosistema de matorral sarcocaule.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	pi = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Ambrosia deltoidea	Chamizo toboso	33	0.0556	-2.8904	-0.1606
Ambrosia dumosa	Chamizo cenizo	33	0.0556	-2.8904	-0.1606
Atriplex polycarpa	Chamizo	11	0.0185	-3.9890	-0.0739
Cercidium microphyllum	Palo verde	33	0.0556	-2.8904	-0.1606
Cordia parvifolia	Vara prieta	33	0.0556	-2.8904	-0.1606

Encelia farinosa	Rama blanca	56	0.0926	-2.3795	-0.2203
Fouquieria splendens	Ocotillo	44	0.0741	-2.6027	-0.1928
Jatropha cinerea	Lomboy	22	0.0370	-3.2958	-0.1221
Jatropha cuneata	Matacora	44	0.0741	-2.6027	-0.1928
Larrea tridentata	Gobernadora	278	0.4630	-0.7701	-0.3565
Phaulothamnus spinescens	Huevito	11	0.0185	-3.9890	-0.0739
	TOTAL:	600	1.0000	-31.1903	-1.8746
				Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =	**1.8746**
				Riqueza (S) =	**11**
				Diversidad máxima (Hmax) = LnS =	**2.3979**
				Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax	**0.7818**

En el caso evaluado se registró al cósahui grande (*Krameria sonorae*) como la única especie presente en el estrato herbáceo. Dado que los índices de diversidad requieren la existencia de al menos dos especies para su cálculo, la aplicación de las ecuaciones correspondientes arroja un valor igual a cero, tal como se muestra en la tabla anterior para este estrato, lo cual refleja la ausencia de variación en la composición específica.

Tabla IV. 39 Valores del índice de diversidad de las especies herbáceas del ecosistema de matorral sarcocaule.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	pi = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Krameria sonorae	Cósahui grande	22	1.0000	0.0000	0.0000
	TOTAL:	22	1.0000	0.0000	0.0000
				Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =	**0.0000**
				Riqueza (S) =	**1**
				Diversidad máxima (Hmax) = LnS =	**0.0000**
				Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax	**0.0000**

Al analizar los resultados del índice de diversidad para el grupo de cactáceas, conforme al criterio de Moreno (2001), se observa que la choya (*Opuntia fulgida*) presenta la mayor densidad relativa dentro del conjunto muestreado, lo que se traduce en la más alta proporcionalidad poblacional (pi = 0.3810). Este valor indica que la especie aporta la mayor contribución a la estructura del grupo de cactáceas evaluado, reflejándose en su predominio dentro de este estrato.

Tabla IV. 40 Valores del índice de diversidad de las cactáceas del ecosistema de matorral sarcocaule.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	pi = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Carnegiea gigantea	Sahuaro	22	0.0952	-2.3514	-0.2239
Ferocactus emoryi	Biznaga	22	0.0952	-2.3514	-0.2239
Lophocereus schottii var. schottii	Sina	11	0.0476	-3.0445	-0.1450
Opuntia bigelovii	Choya güera	78	0.3333	-1.0986	-0.3662

Opuntia fulgida	Choya	89	0.3810	-0.9651	-0.3676
Pachycereus pringlei	Cardón	11	0.0476	-3.0445	-0.1450
	TOTAL:	233	1.0000	-12.8555	-1.4717
				Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =	**1.4717**
				Riqueza (S) =	**6**
				Diversidad máxima (Hmax) = LnS =	**1.7918**
				Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax	**0.8214**

Mezquital Xerófilo

En el estrato arbóreo se registró únicamente al mezquite costeño (*Prosopis glandulosa*), por lo que, al tratarse de una sola especie, los índices de diversidad no pueden estimarse en términos de heterogeneidad. En consecuencia, al aplicar las ecuaciones correspondientes, el valor obtenido es igual a cero, tal como se muestra en la tabla respectiva.

Dado que la riqueza específica (S) es igual a uno, el valor de diversidad máxima (LnS) también es igual a 0.0 y, por ende, el índice de equidad (J) adquiere igualmente un valor de 0.0, lo cual refleja la ausencia de variación en la composición del estrato arbóreo evaluado.

Tabla IV. 41 Valores del índice de diversidad de las especies de arbóreas del ecosistema de mezquital xerófilo.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	pi = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Prosopis glandulosa	Mezquite costeño	44	1.0000	0.0000	0.0000
	TOTAL:	44	1.0000	0.0000	0.0000
				Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =	**0.0000**
				Riqueza (S) =	**1**
				Diversidad máxima (Hmax) = LnS =	**0.0000**
				Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax	**0.0000**

De acuerdo con los resultados del índice de diversidad para el estrato arbustivo y con base en el criterio de Moreno (2001), el chamizo cenizo (*Ambrosia dumosa*) es la especie que presenta la mayor contribución relativa dentro del conjunto evaluado, al registrar la proporción poblacional más alta (pi = 0.2656). Este valor refleja su mayor densidad respecto al resto de las especies arbustivas muestreadas, lo que se traduce en una participación más significativa en la estructura del estrato considerado.

Tabla IV. 42 Valores del índice de diversidad de las especies de arbustivas del ecosistema de mezquital xerófilo.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	pi = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Ambrosia dumosa	Chamizo cenizo	189	0.2656	-1.3257	-0.3521
Bursera microphylla	Torote	33	0.0469	-3.0603	-0.1435
Cercidium microphyllum	Palo verde	22	0.0313	-3.4657	-0.1083

Cordia parvifolia	Vara prieta	11	0.0156	-4.1589	-0.0650
Encelia farinosa	Rama blanca	44	0.0625	-2.7726	-0.1733
Fouquieria splendens	Ocotillo	56	0.0781	-2.5494	-0.1992
Jatropha cinerea	Lomboy	100	0.1406	-1.9617	-0.2759
Larrea tridentata	Gobernadora	144	0.2031	-1.5939	-0.3238
Olneya tesota	Palo fierro	22	0.0313	-3.4657	-0.1083
Phaulothamnus spinescens	Huevito	89	0.1250	-2.0794	-0.2599
	TOTAL:	711	1.0000	-26.433	-2.0092
				Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =	**2.0092**
				Riqueza (S) =	**10**
				Diversidad máxima (Hmax) = LnS =	**2.3026**
				Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax	**0.8726**

En este caso se registró al cósahui grande (*Krameria sonorae*) como la única especie representativa del estrato herbáceo. Dado que los índices de diversidad requieren la presencia de al menos dos especies para estimar la heterogeneidad y la equidad de la comunidad, la aplicación de las ecuaciones correspondientes arroja un valor de 0.0, tal como se muestra en la tabla respectiva, lo cual indica ausencia de diversidad dentro de ese estrato.

Tabla IV. 43 Valores del índice de diversidad de las especies herbáceas del ecosistema de mezquital xerófilo.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	pi = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Krameria sonorae	Cósahui grande	11	1.0000	0.0000	0.0000
	TOTAL:	11	1.0000	0.0000	0.0000
				Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =	**0.0000**
				Riqueza (S) =	**1**
				Diversidad máxima (Hmax) = LnS =	**0.0000**
				Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax	**0.0000**

Al analizar los resultados del índice de diversidad para el grupo de cactáceas, conforme al criterio de Moreno (2001), se observa que el sahuaro (*Carnegiea gigantea*) presenta la mayor densidad relativa dentro del estrato evaluado, lo que se traduce en la proporción poblacional más alta (pi = 0.4709). Esta condición se refleja en su mayor contribución al valor del índice de diversidad para el conjunto de cactáceas muestreado, evidenciando su predominancia estructural dentro de este grupo funcional.

Tabla IV. 44 Valores del índice de diversidad de las cactáceas del ecosistema de mezquital xerófilo.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	pi = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Carnegiea gigantea	Sahuaro	89	0.4709	-0.7531	-0.3546
Lemaireocereus thurberi	Biznaga	22	0.1176	-2.1407	-0.2517
Lophocereus schottii var.	Pitahaya	44	0.2352	-1.4475	-0.3404

schottii					
Opuntia fulgida	Sina	22	0.1176	-2.1407	-0.2517
Pachycereus pringlei	Viejito	11	0.0588	-2.8338	-0.1666
	TOTAL:	189	1.0000	-9.3157	-1.3650
				Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =	**1.3650**
				Riqueza (S) =	**5**
				Diversidad máxima (Hmax) = LnS =	**1.6094**
				Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax	**0.8481**

Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Sarcocaule

En el estrato arbóreo se registró únicamente al mezquite costeño (*Prosopis glandulosa*), por lo que la riqueza específica para esta forma de vida corresponde a una sola especie. Bajo esta condición, los índices de diversidad basados en la proporción relativa de especies no pueden desarrollarse en términos de heterogeneidad, ya que no existe variación en la composición. En consecuencia, al aplicar las ecuaciones correspondientes, el valor del índice de diversidad resulta igual a 0.0, tal como se muestra en la tabla respectiva.

Dado que la diversidad máxima teórica (LnS) depende directamente del número de especies registradas (S), al ser S = 1, su valor también es 0.0. De manera congruente, el índice de equidad (J), que expresa la uniformidad en la distribución de las abundancias relativas, adquiere igualmente un valor de 0.0, reflejando la ausencia de heterogeneidad en este estrato.

Tabla IV. 45 Valores del índice de diversidad de las especies de arbóreas del ecosistema de vegetación secundaria arbustiva de matorral sarcocaule.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	pi = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Prosopis glandulosa	Mezquite costeño	22	1.0000	0.0000	0.0000
	TOTAL:	22	1.0000	0.0000	0.0000
				Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =	**0.0000**
				Riqueza (S) =	**1**
				Diversidad máxima (Hmax) = LnS =	**0.0000**
				Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax	**0.0000**

De acuerdo con los resultados del índice de diversidad aplicados al estrato arbustivo y conforme al criterio de Moreno (2001), la rama blanca (*Encelia farinosa*) presentó la mayor densidad relativa dentro del conjunto de especies evaluadas, registrando la proporción poblacional más alta (pi = 0.4138). Este valor indica que dicha especie aporta la mayor contribución a la estructura del estrato arbustivo en el sitio analizado, reflejándose en su mayor peso relativo dentro del cálculo del índice correspondiente.

Tabla IV. 46 Valores del índice de diversidad de las especies de arbustivas del ecosistema de vegetación secundaria arbustiva de matorral sarcocaule.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	pi = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Ambrosia dumosa	Chamizo cenizo	10	0.1149	-2.1633	-0.2487
Atriplex polycarpa	Chamizo	18	0.2069	-1.5755	-0.3260
Encelia farinosa	Rama blanca	36	0.4138	-0.8824	-0.3651
Fouquieria splendens	Ocotillo	1	0.0115	-4.4659	-0.0513
Koeberlinia spinosa	Corona de cristo	1	0.0115	-4.4659	-0.0513
Larrea tridentata	Gobernadora	16	0.1839	-1.6933	-0.3114
Phaulothamnus spinescens	Huevito	5	0.0575	-2.8565	-0.1642
	TOTAL:	87	1.0000	-18.102	-1.5180
				Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =	**1.5180**
				Riqueza (S) =	**7**
				Diversidad máxima (Hmax) = LnS =	**1.9459**
				Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax	**0.7801**

En el caso del grupo de cactáceas, el análisis del índice de diversidad bajo el mismo criterio señala que la choya güera (*Opuntia bigelovii*) es la especie con mayor representación poblacional, al registrar la proporción más elevada (pi = 0.4444). Este resultado evidencia que, dentro del conjunto de cactáceas muestreadas, es la especie que contribuye en mayor medida a la composición y estructura de este grupo en el área evaluada.

Tabla IV. 47 Valores del índice de diversidad de las cactáceas del ecosistema de vegetación secundaria arbustiva de matorral sarcocaule.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	pi = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Lemaireocereus thurberi	Pitahaya	22	0.1111	-2.1972	-0.2441
Opuntia bigelovii	Choya güera	89	0.4444	-0.8109	-0.3604
Opuntia fulgida	Choya	67	0.3333	-1.0986	-0.3662
Pachycereus pringlei	Cardón	22	0.1111	-2.1972	-0.2441
	TOTAL:	200	1.0000	-6.3040	-1.2149
				Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =	**1.2149**
				Riqueza (S) =	**4**
				Diversidad máxima (Hmax) = LnS =	**1.3863**
				Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax	**0.8764**

IV.3.3 Fauna

IV.3.3.1 Caracterización de la fauna

El área de estudio se localiza, conforme a la regionalización biogeográfica propuesta por Morrone (2005), dentro de la Región Neártica y, específicamente, en la provincia biogeográfica Sonora, la cual comprende gran parte del noroeste de México y se caracteriza por condiciones climáticas áridas a semiáridas, vegetación xerófila y una fauna adaptada a ambientes desérticos y semidesérticos. Esta delimitación biogeográfica es congruente con la clasificación empleada por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), cuyos esquemas de regionalización faunística permiten contextualizar la composición y afinidad ecológica de las especies registradas en el área de estudio.

México es reconocido como uno de los países megadiversos del mundo, al concentrar entre el 10 % y el 12 % de la diversidad biológica global. Esta condición se explica por su compleja historia geológica, diversidad climática y posición geográfica como zona de transición entre las regiones biogeográficas Neártica y Neotropical, lo que ha favorecido procesos de especiación y altos niveles de endemismo. En particular, el país ocupa los primeros lugares mundiales en riqueza de reptiles y mamíferos, y presenta proporciones elevadas de especies endémicas en diversos grupos taxonómicos.

En el contexto regional, el estado de Sonora alberga una elevada diversidad de vertebrados terrestres, especialmente en ambientes áridos y costeros asociados al Desierto Sonorense. La heterogeneidad fisiográfica y climática de la entidad ha favorecido la presencia de especies adaptadas a matorrales xerófilos, planicies aluviales y sierras bajas, condiciones que caracterizan el polígono del área de estudio.

Es importante señalar que dentro del área evaluada no se identifican corredores biológicos de relevancia regional, cuerpos de agua permanentes, sitios de congregación masiva de fauna, ni áreas naturales protegidas decretadas que pudieran ser directamente afectadas por el desarrollo del proyecto. La dinámica faunística observada corresponde principalmente a especies asociadas a ecosistemas de matorral desértico y mezquital xerófilo, con patrones de movilidad local vinculados a la disponibilidad temporal de recursos.

Anfibios y reptiles

De acuerdo con la regionalización herpetofaunística de la CONABIO (2008), el área de estudio forma parte de la provincia denominada Desierto del Colorado Sonorense, la cual comprende las zonas costeras de Sonora y sectores adyacentes del noroeste del país. Esta provincia se caracteriza por una alta riqueza de reptiles, particularmente lagartijas y serpientes adaptadas a condiciones de aridez extrema, así como por anfibios asociados a cuerpos de agua temporales y eventos estacionales de precipitación.

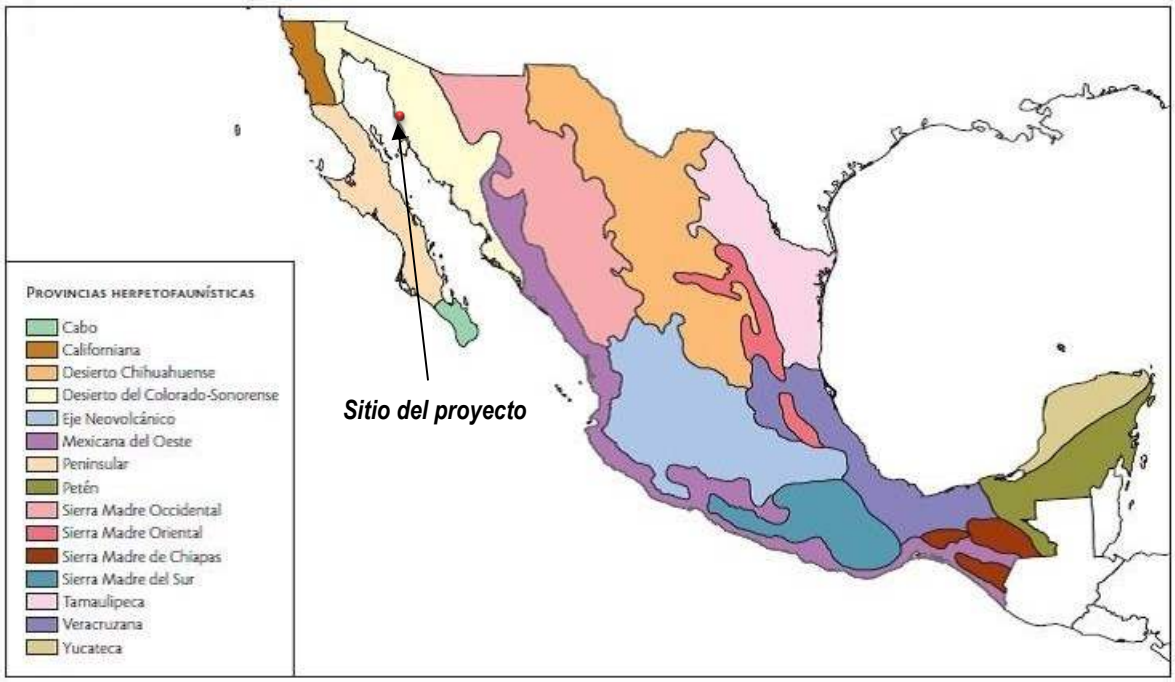


Figura IV. 19 Ubicación de la Cuenca Hidrográfica del proyecto en relación a las provincias herpetofaunísticas del país.

A nivel nacional, México se encuentra entre los países con mayor riqueza de anfibios y reptiles, con más de mil especies registradas y un alto porcentaje de endemismos. Para el estado de Sonora se reconocen aproximadamente 186 especies nativas de herpetofauna, integradas por alrededor de 35 anfibios y 151 reptiles, distribuidos en diversos hábitats terrestres y de agua dulce. Una proporción significativa de estas especies se encuentra incluida en categorías de protección conforme a la normatividad ambiental vigente.

Con base en información técnica y recopilación de datos bibliograficos, la herpetofauna de probable ocurrencia en el polígono del área de estudio está compuesta por nueve especies de anfibios y cuarenta y cuatro especies de reptiles. Los anfibios se agrupan en un orden y cuatro familias, con al menos dos especies sujetas a Protección Especial conforme a la NOM-059-SEMARNAT. En el caso de los reptiles, se registran representantes de dos órdenes y catorce familias, de las cuales veintitrés especies se encuentran listadas en alguna categoría de riesgo, incluyendo especies clasificadas como Amenazadas y Sujetas a Protección Especial. Asimismo, la tortuga del desierto (*Gopherus agassizii*) se encuentra incluida en el Apéndice II de la CITES, lo que implica regulación en su comercio internacional debido a su condición de conservación.

Tabla IV. 48 Anfibios que pueden desarrollarse en el SAR del proyecto y su estatus de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	N0M-059*
ANURA	Bufonidae	*Bufo alvarius*	Sapo del Desierto Sonorense	-
		Bufo cognatus	Sapo de espuelas	Pr

		Bufo debilis	Sapo verde	-
		Bufo kelloggi	Sapo mexicano pequeño	-
		Bufo punctatus	Sapo de puntos rojos	-
		Bufo retiformis	Sapo verde de Sonora	-
	Hylidae	*Pternohyla fodiens*	Ranita minera	-
	Microhylidae	*Gastrophryne olivacea*	Sapo oliváceo boca angosta	Pr
	Scaphiopodidae	*Scaphiopus couchii*	Sapo cavador	-

**Especies listadas en la NOM bajo algún estatus de protección: A = amenazada; Pr = bajo protección especial; P = en peligro de extinción; E = Probablemente extinta.*

Sinonimia taxonómica

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	SINONIMO
Bufo alvarius	Sapo del Desierto Sonorense	*Incilius alvarius*
Bufo cognatus	Sapo de espuelas	*Anaxyrus cognatus*
Bufo debilis	Sapo verde	*Anaxyrus debilis*
Bufo kelloggi	Sapo mexicano pequeño	*Anaxyrus kelloggi*
Bufo punctatus	Sapo de puntos rojos	*Anaxyrus punctatus*
Bufo retiformis	Sapo verde de Sonora	*Anaxyrus retiformis*
Rana Tarahumara	*Rana tarahumarae*	*Lithobates tarahumarae*

Tabla IV. 49 Reptiles que ocurren en el área de la cuenca de estudio y su estatus de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	N0M-059
SQUAMATA	Boidae	*Lichanura trivirgata*	Boa rosada del noroeste	A
	Colubridae	*Arizona elegans*	Culebra brillante	-
		Chilomeniscus cinctus	Culebra arenera variable	Pr
		Chionactis palarostris	Culebra nariz de pala sonorense	-
		Gyalopion quadrangulare	Culebra nariz de gancho del desierto	Pr
		Hypsiglena torquata	Culebra nocturna	Pr
		Lampropeltis getula	Serpiente real común	A
		Masticophis bilineatus	Culebra chirrionera sonorense	-
		Masticophis flagellum	Culebra chicotera	-
		Oxybelis aeneus	Culebra bejuquillo mexicana	-
		Phyllorhynchus browni	Coralillo blanco y negro	Pr
		Phyllorhynchus decurtatus	Culebra nariz lanceolada pinta	-
		Pituophis sayi	Serpiente de Gopher	-
		Rhinocheilus lecontei	Culebra narizona	-
		Salvadora hexalepis	Culebra chata occidental	-
		Senticolis triaspis	Culebra ratonera verde	-
		Trimorphodon biscutatus	Culebra lira	A
		Trimorphodon tau	Falsa nauyaca mexicana	-
	Crotaphytidae	*Crotaphytus nebrius*	Lagartija de collar de Sonora	-
		Gambelia wislizenii	Lagartija leopardo narigona	Pr
	Elapidae	*Micruroides euryxanthus*	Coralillo de Sonora	A
	Eublepharidae	*Coleonyx variegatus*	Gecko Bandeado del Noroeste	Pr
	Helodermatidae	*Heloderma suspectum*	Monstruo de Gila	A
	Iguanidae	*Dipsosaurus dorsalis*	Iguana del desierto	-
		Sauromalus ater	Chuckwalla norteño	Pr
	Leptotyphlopidae	*Leptotyphlops humilis*	Culebra ciega del noroeste	-
	Natricidae	*Thamnophis cyrtopsis*	Culebra listonada cuello negro	A
	Phrynosomatidae	*Callisaurus draconoides*	Perrita; cachora arenera	A
		Holbrookia maculata	Lagartija sorda	-
		Phrynosoma solare	Camaleón real	-
		Sceloporus clarkii	Lagartija espinosa del noroeste	-
		Sceloporus magister	Lagartija espinosa del desierto	-
		Urosaurus ornatus	Lagartija de árbol norteña	-
		Uta stansburiana	Lagartija de mancha lateral norteña	A

	Teiidae	*Aspidoscelis tigris*	Huico tigre del noroeste	-
	Viperidae	*Crotalus atrox*	Cascabel de diamantes	Pr
		Crotalus cerastes	Cascabel de cuernitos	Pr
		Crotalus molossus	Cascabel de cola negra	Pr
		Crotalus scutulatus	Cascabel de Mojave	Pr
		Crotalus tigris	Cascabel Tigre	Pr
TESTUDINES	Kinosternidae	*Kinosternon flavescens*	Tortuga de pantano amarilla	-
		Kinosternon integrum	Tortuga de pantano mexicana	Pr
		Kinosternon sonoriense sonoriense	Tortuga de pantano del desierto	Pr
	Testudinidae	*Gopherus agassizii*	Tortuga del Desierto de Mojave	A

**Especies listadas en la NOM bajo algún estatus de protección: A = amenazadas; Pr = bajo protección especial.*

Sinonimia taxonómica

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	SINONIMO
Chilomeniscus cinctus	Culebra arenera variable	*Chilomeniscus stramineus*
Gyalopion quadrangulare	Culebra nariz de gancho del desierto	*Gyalopion quadrangularis*
Pituophis sayi	Serpiente de Gopher	*Pituophis catenifer*
Aspidoscelis tigris	Huico tigre del noroeste	*Cnemidophorus tigris*

Mamíferos

La fauna de mamíferos de México es una de las más diversas del mundo, ya que en términos de número de especies ocupa el segundo lugar mundial, después de Indonesia. La fauna de mamíferos de México incluye un total de 504 especies nativas y 3 introducidas, clasificadas en 188 géneros y 45 familias. El 30% (147) de las especies son endémicas del país y el resto de la fauna es una combinación de elementos neárticos y neotropicales en proporciones casi iguales, con 207 especies compartidas con América del Norte y 217 con América del Sur; 64 de estas especies son compartidas con ambos sub-continentes. Adicionalmente, 55 especies son endémicas de Mesoamérica. La distribución de las especies de mamíferos entre los órdenes también muestra que la fauna mexicana resulta de la combinación de elementos neárticos y neotropicales. En todos los órdenes, excepto uno, la proporción de especies para México es intermedia entre el valor para la región Neártica y la Neotropical. La excepción es el orden Chiroptera, que representa alrededor del 30% de la fauna de mamíferos terrestres en México, y son principalmente Neotropicales (Arita y Ceballos, 2006; Villa y Cervantes. 2003).

Sonora cuenta con 126 especies de mamíferos terrestres, las cuales representan 27% del total en México. Sonora cuenta con 76% de las familias y casi la mitad (49%) de todos los géneros presentes en el país. Los grupos mejor representados a escala nacional son los carnívoros (78%)

y los artiodáctilos (56%). Los grupos más diversos de mamíferos terrestres en el estado son los roedores (44%), los murciélagos (30%) y los carnívoros (14%). Sonora tiene treinta especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Se conocen dos especies extintas, aunque pueden ser más. No hay especies endémicas para la región continental, pero hay 5 especies en México que sólo están presentes en Sonora. Existen 35 especies de posible presencia en el Estado (Castillo-Gámez y otros, 2010).

De acuerdo con el esquema zoogeográfico propuesto por la CONABIO (2008), la microcuenca donde se ubica el predio del proyecto, forma parte de la provincia mastofáunística Sierra Madre Occidental, la cual comprende la mayor parte del oriente del Estado de Sonora y porciones de Chihuahua y Sinaloa (Figura III.32).

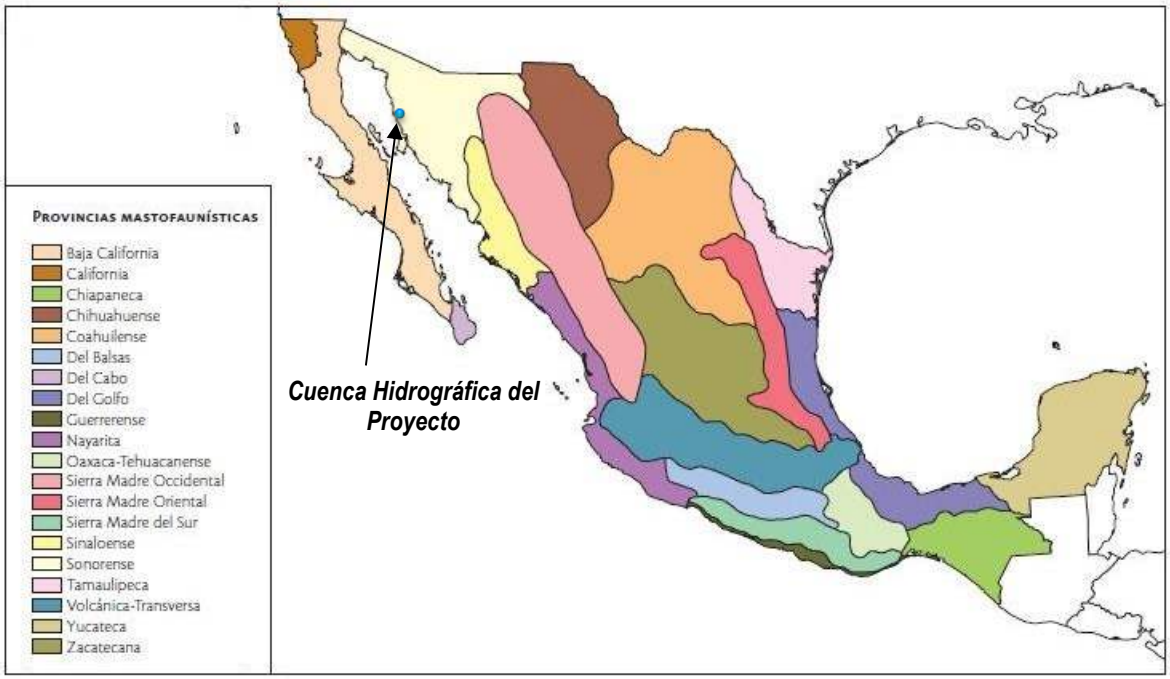


Figura IV. 20 Ubicación de la cuenca hidrográfica del proyecto en relación a las provincias mastofaunísticas del país.

A continuación, se presenta una lista de las especies de mamíferos que pueden habitar en el área de la cuenca hidrográfica del proyecto, según Valdez-Zamudio (2024) y pueden presentarse 56 especies pertenecientes a 7 órdenes y 19 familias, de las cuales 8 especies están listadas en alguna categoría de protección por la SEMARNAT (5 como amenazadas, 2 bajo protección especial y 1 en peligro de extinción); también es importante mencionar que una especie (*Antilocapra americana*) está incluida en el Apéndice I y otras 3 (*Ovis canadensis*, *Lynx rufus* y *Puma concolor*) en el Apéndice II de la CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres).

Tabla IV. 50 Mamíferos en el área de la cuenca de estudio y su estatus de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	NOM 059
ARTIODACTYLA	Antilocapridae	*Antilocapra americana*	Berrendo	-
	Bovidae	*Ovis canadensis*	Borrego cimarrón	-
	Cervidae	*Odocoileus hemionus sheldoni*	Venado bura	A
		Odocoileus virginianus	Venado cola blanca	-
	Tayassuidae	*Pecari tajacu*	Pecarí de collar	-
CARNIVORA	Canidae	*Canis latrans*	Coyote	-
		Urocyon cinereoargenteus	Zorra gris	-
		Vulpes macrotis	Zorra norteña; zorra del desierto	-
	Felidae	*Lynx rufus*	Gato montés	-
		Puma concolor	Puma	-
	Mustelidae	*Mephitis macroura*	Zorrillo; zorrillo encapuchado	-
		Taxidea taxus	Tlalcoyote; tejón americano	A
	Procyonidae	*Bassariscus astutus*	Cacomixtle norteño	A
		Procyon lotor	Mapache	-
DIDELPHIMORPHIA	Didelphidae	*Didelphis virginiana*	Tlacuache norteño	-
EULIPOTYPHLA	Soricidae	*Notiosorex crawfordi*	Musaraña desértica norteña	A
LAGOMORPHA	Leporidae	*Lepus alleni*	Liebre torda, L. antílope	Pr
		Lepus californicus	Liebre cola negra	Pr
		Sylvilagus audubonii	Conejo del desierto	-
QUIROPTERA	Molossidae	*Eumops underwoodi*	Murciélago con bonete de Underwood	-
		Nyctinomops femorosaccus	Murciélago cola libre con bolsa	-
		Nyctinomops macrotis	Murciélago cola libre mayor	-
		Tadarida brasiliensis	Murciélago cola libre brasileño	-
	Mormoopidae	*Mormoops megalophylla*	Murciélago barba arrugada	-
		Pteronotus davyi	Murciélago espalda desnuda	-
		Pteronotus parnellii	Murciélago bigotudo de Parnell	-
		Pteronotus personatus	Murciélago bigotudo	-
	Phyllostomidae	*Choeronycteris mexicana*	Murciélago trompudo mexicano	A
		Leptonycteris yerbabuenae	Murciélago magueyero menor	-
		Macrotus californicus	Murciélago orejón californiano	-
	Vespertilionidade	*Antrozous pallidus*	Murciélago pálido	-
		Corynorhinus townsendii	Murciélago orejón de Townsend	-
		Eptesicus serotinus	Murciélago hortelano	-
		Lasiurus cinereus	Murciélago gris o ceniciento	-
		Lasiurus xanthinus	Murciélago amarillo de La Laguna	-
		Myotis californicus	Myotis californiano	-
		Myotis vivesi	Murciélago pescador mexicano	P
		Pipistrellus hesperus	Pipistrelo del Oeste Americano	-
RODENTIA	Geomidae	*Thomomys bottae*	Tuza norteña	-
	Heteromyidae	*Chaetodipus baileyi*	Rata de abazones sonorense	-
		Chaetodipus intermedius	Rata de abazones de roca	-
		Chaetodipus penicillatus pricei	Rata de abazones del desierto	-

		Dipodomys deserti	Rata canguro de Sonora	-
		Dipodomys merriami merriami	Rata canguro de Merriam	-
		Perognathus amplus	Rata de abazones de Arizona	-
		Perognathus flavus	Rata de abazones sedosos	-
		Perognathus longimembris	Rata de abazones menor	-
	Muridae	*Neotoma albigula venusta*	Rata magueyera	-
		Onychomys torridus	Ratón alacranero del sur	-
		Peromyscus eremicus eremicus	Ratón de cactus	-
		Peromyscus merriami	Rata de campo	-
		Reithrodontomys megalotis	Ratón Cosechador común	-
		Sigmodon arizonae	Rata algodonera de Arizona	-
	Sciuridae	*Ammospermophilus harrisii*	Ardilla antílope de Sonora	-
		Spermophilus tereticaudus	Ardillón cola redonda	-
		Spermophilus variegatus	Ardillón de las rocas	-

**Especies listadas en la NOM bajo algún estatus de protección: A = amenazada; Pr = bajo protección especial; P = en peligro de extinción*

Sinonimia taxonómica

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	SINONIMO
Puma concolor	Puma	*Felis concolor*
Notiosorex crawfordi	Musaraña desértica norteña	*Sorex crawfordi*
Lasiurus cinereus	Murciélago gris o ceniciento	*Aeorestes cinereus*
Lasiurus xanthinus	Murciélago amarillo de La Laguna	*Dasypterus xanthinus*
Pipistrellus hesperus	Pipistrelo del Oeste Americano	*Parastrellus hesperus*
Spermophilus tereticaudus	Ardillón cola redonda	*Xerospermophilus tereticaudus*
Spermophilus variegatus	Ardillón de las rocas	*Otospermophilus variegatus*

Aves

México, como uno de los países más diversos, cuenta con aproximadamente el 10% de la población mundial de aves, lo que representa aproximadamente 1,070 especies (Molina y van Devender, 2010).

La avifauna conocida de Sonora incluye 556 especies, las cuales pertenecen a 73 familias y 20 órdenes. De acuerdo con su estatus estacional, 227 especies son residentes, 46 residentes de verano, 233 migratorias de larga distancia y 50 migratorias parciales. 28 especies están en riesgo a escala global de acuerdo a la Lista Roja de las Especies Amenazadas de la IUCN, 290 están incluidas en el Acta de Conservación de Aves Migratorias Neotropicales de Estados Unidos y 66 en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2010 (Villaseñor-Gómez y otros, 2010).

Con respecto a sus hábitos, 162 especies de aves de Sonora son acuáticas, 380 terrestres y catorce principalmente aéreas (golondrinas y vencejos). Entre las especies acuáticas, 78 son marinas (10 pelágicas, 63 costeras y 5 ocupan ocasionalmente el agua dulce del interior), 60 especies son esencialmente de agua dulce (16 habitan exclusivamente agua dulce del interior, 8 son de estero y 36 de estero y del interior) y 24 especies usan indistintamente tanto aguas de la

costa como del interior.

De acuerdo a Valdez-Zamudio (2024), en la cuenca hidrográfica del área de estudio pueden presentarse 204 especies de aves, tanto residentes como migratorias, incluidas en 18 órdenes y 42 familias, de las cuales 20 especies están listadas en alguna categoría de protección por la SEMARNAT (15 bajo protección especial, 3 amenazadas y 2 en peligro de extinción); también es importante mencionar que 13 especies están incluida en el Apéndice II de la CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres). En la siguiente tabla se citan tales especies.

Tabla IV. 51 Especies de aves que pueden presentarse en el SAR y su estatus de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	NOM-059
ACCIPITRIFORMES	Accipitridae	*Accipiter cooperii*	Gavilán de cooper	Pr
		Accipiter striatus	Gavilán pecho canela	Pr
		Buteo albonotatus	Aguililla aura	Pr
		Buteo jamaicensis	Aguililla cola roja	-
		Buteo nitidus	Aguililla gris	-
		Buteo regalis	Aguililla real	Pr
		Buteo swainsoni	Aguililla de swainson	Pr
		Circus cyaneus	Gavilán rastrero	-
		Pandion haliaetus	Gavilán pescador	-
		Parabuteo unicinctus	Aguililla rojinegra	Pr
ANSERIFORMES	Anatidae	*Anas acuta*	Pato golondrino	-
		Anas clypeata	Pato cucharón-norteño	-
		Anas cyanoptera	Cerceta canela	-
		Anas discors	Cerceta ala azul	-
		Anas strepera	Pato friso	-
		Anser caerulescens	Ganso blanco	-
		Branta bernicla	Ganso de collar	-
		Bucephala albeola	Pato monja	-
		Melanitta fusca	Negreta ala blanca	-
		Melanitta perspicillata	Negreta nuca blanca	-
		Mergus serrator	Mergo copetón	-
		Oxyura jamaicensis	Pato tepalcate	-
APODIFORMES	Apodidae	*Chaetura vauxi*	Vencejo de vaux	-
	Trochilidae	*Archilochus alexandri*	Colibrí barba negra	-
		Calypte anna	Colibrí cabeza roja	-
		Calypte costae	Colibrí cabeza violeta	-
		Cynanthus latirostris	Colibrí pico ancho	-
		Selasphorus rufus	Zumbador canela	-
CAPRIMULGIFORMES	Caprimulgidae	*Chordeiles acutipennis*	Chotacabras menor	-
		Chordeiles minor	Chotacabras zumbón	-
		Phalaenoptilus nuttallii	Tapacamino tevíi	-
CATHARTIFORMES	Cathartidae	*Cathartes aura*	Zopilote aura	-
		Coragyps atratus	Zopilote común	-
COLUMBIFORMES	Columbidae	*Columbina inca*	Tórtola cola larga	-
		Columbina passerina	Tortolita	-
		Zenaida asiatica	Paloma de alas blancas	-
		Zenaida macroura	Paloma huilota	-
CUCULIFORMES	Cuculidae	*Coccyzus americanus*	Cuclillo pico amarillo	-
		Geococcyx californianus	Correcaminos norteño	-
CHARADRIIFORMES	Charadriidae	*Charadrius alexandrinus*	Chorlo nevado	A
		Charadrius semipalmatus	Chorlo semipalmeado	-
		Charadrius vociferus	Chorlo tildío	-
		Charadrius wilsonia	Chorlo pico grueso	-
		Pluvialis squatarola	Chorlo gris	-

	Haematopodidae	*Haematopus palliatus*	Ostrero americano	P
	Laridae	*Larus argentatus*	Gaviota plateada	-
		Larus californicus	Gaviota california	-
		Larus delawarensis	Gaviota pico anillado	-
		Larus heermanni	Gaviota ploma	Pr
		Larus livens	Gaviota pata amarilla	Pr
		Larus philadelphia	Gaviota de Bonaparte	-
		Sterna antillarum	Charrán mínimo	Pr
		Sterna caspia	Charrán caspia	-
		Sterna elegans	Charrán elegante	Pr
		Sterna forsteri	Charrán de forster	-
		Sterna maxima	Charrán real	-
	Recurvirostridae	*Himantopus mexicanus*	Candelero americano	-
		Recurvirostra americana	Avoceta americana	-
	Scolopacidae	*Actitis macularia*	Playero alzacolita	-
		Arenaria interpres	Vuelvepiedras rojizo	-
		Calidris alba	Playero blanco	-
		Calidris alpina	Playero dorso rojo	-
		Calidris himantopus	Playero zancón	-
		Calidris mauri	Playero occidental	-
		Calidris minutilla	Playero chichicuilote	-
		Catoptrophorus semipalmatus	Playero pihuiuí	-
		Gallinago gallinago	Agachona común	-
		Phalaropus lobatus	Falaropo cuello rojo	-
		Phalaropus tricolor	Falaropo pico largo	-
		Tringa flavipes	Patamarilla menor	-
FALCONIFORMES	Falconidae	*Caracara cheriway*	Caracara norteño	-
		Caracara plancus	Caracara quebrantahuesos	-
		Falco mexicanus	Halcón mexicano	A
		Falco sparverius	Cernícalo americano	-
GALLIFORMES	Phasianidae	*Callipepla gambelii*	Codorniz de Gambel	-
GAVIIFORMES	Gaviidae	*Gavia immer*	Colimbo mayor	-
		Gavia pacifica	Colimbo pacifico	-
		Gavia stellata	Colimbo menor	-
PASSERIFORMES	Alaudidae	*Eremophila alpestris*	Alondra cornuda	-
	Corvidae	*Corvus corax*	Cuervo común	-
	Emberizidae	*Agelaius phoeniceus*	Tordo sargento	-
		Aimophila botterii	Zacatonero de botteri	-
		Aimophila carpalis	Zacatonero ala rufa	-
		Aimophila cassinii	Zacatonero de cassin	-
		Amphispiza belli	Zacatonero de artemisa	-
		Amphispiza bilineata	Zacatonero garganta negra	-
		Amphispiza quinquestriata	Zacatonero cinco rayas	-
		Calamospiza melanocorys	Gorrión ala blanca	-
		Chondestes grammacus	Gorrión arlequín	-
		Dendroica coronata	Chipe coronado	-
		Dendroica nigrescens	Chipe negrogris	-
		Dendroica occidentalis	Chipe cabeza amarilla	-
		Dendroica petechia	Chipe amarillo	-
		Dendroica townsendi	Chipe negroamarillo	-
		Geothlypis trichas	Mascarita común	-
		Guiraca caerulea	Picogordo azul	-
		Icteria virens	Buscabreña	-
		Icterus bullockii	Bolsero calandria	-
		Icterus cucullatus	Bolsero encapuchado	-
		Icterus parisorum	Bolsero tunero	-
		Icterus pustulatus	Bolsero dorso rayado	-
		Junco hyemalis ssp *caniceps*	Junco cabeza gris	-
		Junco hyemalis ssp *hyemalis*	Junco ojo obscuro	-
		Melospiza lincilnii	Gorrión de lincoln	-
		Melospiza melodia	Gorrión cantor	-
		Molothrus aeneus	Tordo ojo rojo	-
		Molothrus ater	Tordo cabeza café	-

		Oporornis tolmiei	Chipe de tolmie	Pr
		Passerculus sandwichensis	Gorrión sabanero migratorio	-
		Passerculus sandwichensis spp *rostratus*	Gorrión sabanero residente	Pr
		Passerina amoena	Colorín lázuli	-
		Passerina versicolor	Colorín morado	-
		Pheucticus ludovicianus	Picogordo pecho rosa	-
		Pheucticus melanocephalus	Picogordo tigrillo	-
		Pipilo chlorurus	Toquí cola verde	-
		Pipilo fuscus	Toquí pardo	-
		Piranga ludoviciana	Tángara capucha roja	-
		Piranga rubra	Tángara roja	-
		Pooecetes gramineus	Gorrión cola blanca	-
		Quiscalus mexicanus	Chanate mexicano	-
		Spizella breweri	Gorrión de brewer	-
		Spizella passerina	Gorrión ceja blanca	-
		Sturnella neglecta	Pradero occidental	-
		Vermivora celata	Chipe corona naranja	-
		Vermivora luciae	Chipe rabadilla rufa	-
		Wilsonia pusilla	Chipe corona negra	-
		Xanthocephalus xanthocephalus	Tordo cabeza amarilla	-
		Zonotrichia leucophrys	Gorrión corona blanca	-
	Fringillidae	*Carduelis lawrencei*	Jilguero gris	-
		Carduelis pinus	Jilguero pinero	-
		Carduelis psaltria	Jilguero dominico	-
		Carpodacus mexicanus	Pinzón mexicano	-
	Hirundinidae	*Hirundo rustica*	Golondrina tijereta	-
		Progne subis	Golondrina azulnegra	-
		Stelgidopteryx serripennis	Golondrina ala aserrada	-
		Tachycineta albilinea	Golondrina manglera	-
		Tachycineta thalassina	Golondrina verdemar	-
	Laniidae	*Lanius ludovicianus*	Alcaudón verdugo	-
	Mimidae	*Mimus polyglottos*	Centzontle norteño	-
		Oreoscoptes montanus	Cuitlacoche de chías	-
		Toxostoma bendirei	Cuitlacoche pico corto	-
		Toxostoma crissale	Cuitlacoche crisal	-
		Toxostoma curvirostre	Cuitlacoche pico curvo	-
		Toxostoma lecontei	Cuitlacoche pálido	-
	Motacillidae	*Anthus rubescens*	Bisbita de agua	-
	Muscicapidae	*Catharus guttatus*	Zorzal cola rufa	-
		Polioptila caerulea	Perlita azulgris	-
		Polioptila melanura	Perlita del desierto	-
		Polioptila nigriceps	Perlita sinaloense	-
		Regulus calendula	Reyezuelo de rojo	P
		Turdus migratorius	Mirlo primavera	-
	Passeridae	*Passer domesticus*	Gorrión casero	-
	Ptilogonatidae	*Phainopepla nitens*	Capulinero negro	-
	Remizidae	*Auriparus flaviceps*	Baloncillo	-
	Sturnidae	*Sturnus vulgaris*	Estornino pinto	-
	Troglodytidae	*Campylorhynchus brunneicapillus*	Matraca del desierto	-
		Catherpes mexicanus	Chivirín barranqueño	-
		Salpinctes obsoletus	Chivirín saltarroca	-
		Thryomanes bewickii	Chivirín cola oscura	-
		Troglodytes aedon	Chivirín saltapared	-
	Tyrannidae	*Camptostoma imberbe*	Mosquero lampiño	-
		Contopus sordidulus	Pibí occidental	-
		Empidonax oberholseri	Mosquero oscuro	-
		Empidonax traillii	Mosquero saucero	-
		Empidonax wrightii	Mosquero gris	-
		Myiarchus cinerascens	Papamoscas cenizo	-
		Myiarchus nuttingi	Papamoscas de nutting	-

		Myiarchus tyrannulus	Papamoscas tirano	-
		Pyrocephalus rubinus	Mosquero cardenal	-
		Sayornis nigricans	Papamoscas negro	-
		Sayornis saya	Papamoscas llanero	-
		Tyrannus melancholicus	Tirano tropical	-
		Tyrannus verticalis	Tirano pálido	-
		Tyrannus vociferans	Tirano gritón	-
	Vireonidae	*Vireo bellii*	Vireo de bell	-
		Vireo gilvus	Vireo gorjeador	-
		Vireo vicinior	Vireo gris	-
PELECANIFORMES	Ardeidae	*Ardea alba*	Garza blanca	-
		Ardea herodias	Garza morena	Pr
		Butorides virescens	Garceta verde	-
		Egretta rufescens	Garceta rojiza	Pr
		Egretta thula	Garceta pie-dorado	-
	Pelecanidae	*Pelecanus occidentalis* ssp *californicus*	Pelícano pardo	A
	Threskiornithidae	*Ajaia ajaja*	Espátula rosada	-
		Plegadis chihi	Ibis cara blanca	-
PICIFORMES	Picidae	*Colaptes auratus*	Carpintero de pechera	-
		Colaptes chrysoides	Carpintero collarejo desértico	-
		Melanerpes uropygialis	Carpintero del desierto	-
		Picoides scalaris	Carpintero mexicano	-
		Sphyrapicus nuchalis	Chupasavia nuca roja	-
		Sphyrapicus thyroideus	Chupasavia obscuro	-
PODICIPEDIFORMES	Podicipedidae	*Aechmophorus clarkii*	Achichilique pico naranja	-
		Aechmophorus occidentalis	Achichilique pico amarillo	-
		Podiceps nigricollis	Zambullidor orejudo	-
		Podilymbus podiceps	Zambullidor pico grueso	-
STRIGIFORMES	Strigidae	*Bubo virginianus*	Búho cornudo	-
		Glaucidium brasilianum	Tecolote bajeño	-
		Micrathene whitneyi	Tecolote enano	-
		Otus kennicottii	Tecolote occidental	-
SULIFORMES	Fregatidae	*Fregata magnificens*	Fragata magnífica	-
	Phalacrocoracidae	*Phalacrocorax auritus*	Cormorán orejudo	-
	Sulidae	*Sula leucogaster*	Bobo café	-
		Sula nebouxii	Bobo pata azul	Pr
TROGONIFORMES	Trogonidae	*Trogon elegans*	Trogón elegante	-

Sinonimia taxonómica

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	SINONIMO
Zenaida macroura	Paloma huilota	*Zenaidura macroura*
Callipepla gambelii	Codorniz de Gambel	*Lophortyx gambelii*

Muestreo de fauna

En todo tipo de proyecto que se requiera la transformación de ecosistemas por cambio de uso del suelo es imperativo conservar la biodiversidad a nivel local y regional para asegurar la continuidad de las especies silvestres de flora y fauna nativas para el bien de los ecosistemas y de las generaciones futuras de la humanidad. Por esa razón, hubo que realizar muestreos de fauna en el SAR o area de influencia del proyecto con el fin de asegurar que no se pone en riesgo la diversidad de especies faunísticas con las obras del proyecto de interés.

Los sitios de muestreo para la fauna se realizaron en los mismos sitios utilizados en los muestreos de vegetación de la misma cuenca hidrológica forestal en los cuales, además de registrar avistamientos, se tomaron evidencias de presencia de fauna como anidaciones,

excretas, huellas, etcétera (Figura III.34).

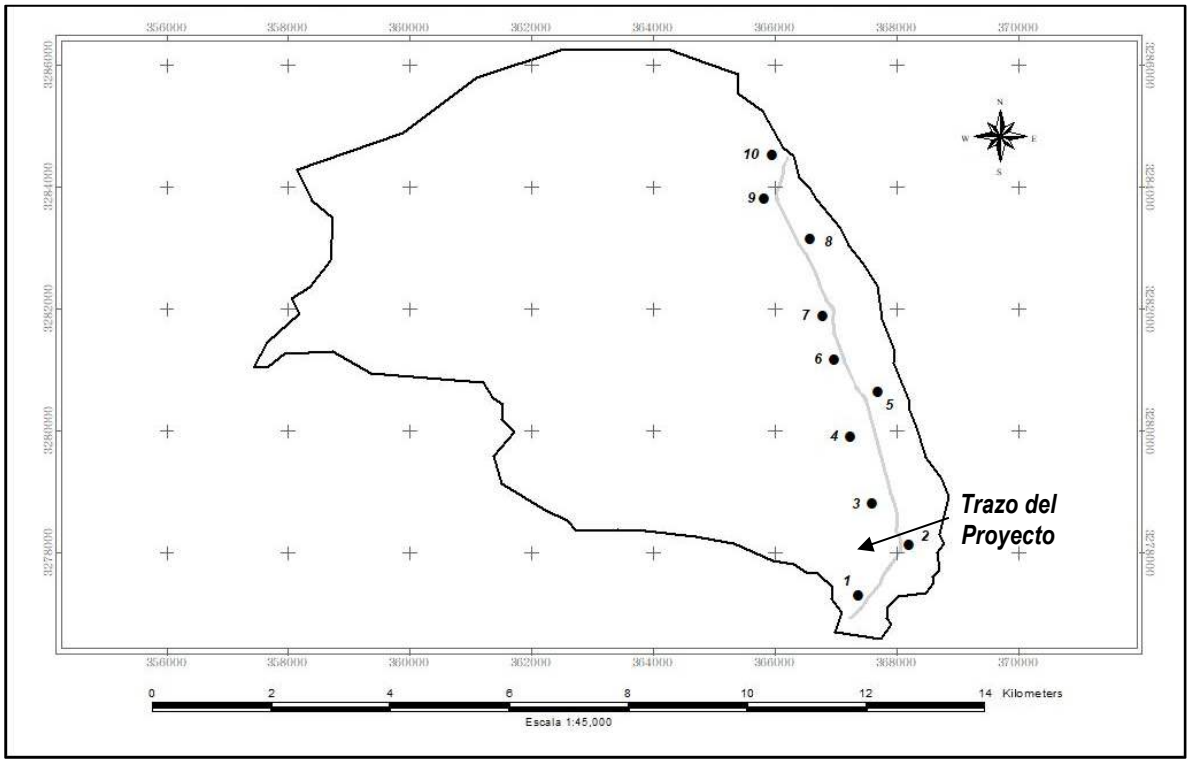


Figura IV. 21 Sitios de muestreo de fauna silvestre en la cuenca hidrográfica del proyecto.

El muestreo en las parcelas se realizó siguiendo las técnicas propuestas por Ruiz-Campos (2009) y Sánchez (2011) y se muestreó desde temprano en las mañanas hasta el atardecer. En el caso de las aves, en forma adicional a su muestreo dentro de los cuadrantes establecidos, se registró en un radio de 30m la presencia ornitológica mediante sus cantos, estableciendo así en cada estación de muestreo una superficie de observación de aves de 2837.44m2.

No se establecieron sitios de observación ni se colocaron trampas para captura de organismos de mastofauna o redes para aves; sin embargo, se instalaron cámaras trampa y se utilizó el muestreo en parcelas para registrar la presencia en forma directa e indirecta de las diferentes especies faunísticas en el área.

La escasa riqueza de especies vegetales y sus bajas densidades de población en el área del proyecto, además del impacto ocasionado por las actividades turísticas y cacería deportiva en áreas cercanas, han contribuido para que la fauna silvestre propia del ecosistema existente sea baja y las condiciones de hábitat no sean las adecuadas para que esas especies de animales desarrollen sus actividades reproductivas, de convivencia poblacional y de alimentación.

De acuerdo a lo anterior, la riqueza de especies de fauna silvestre en el área del proyecto es pobre, pudiéndose encontrar especies que son comunes en las áreas donde existen actividades antropogénicas.

Método de muestreo de anfibios y reptiles

Con la intención de utilizar las parcelas establecidas para el muestreo de vegetación, se decidió usar esos espacios para el muestreo de estos grupos de especies de fauna silvestre.

De acuerdo a Sánchez (2011), la estimación de la densidad de individuos de especies de reptiles puede hacerse mediante el establecimiento de parcelas de tamaño uniforme, predeterminado según la escala de cada caso; para eso, debe establecerse un número de parcelas suficiente a fin de lograr representatividad de los muestreos.

Respecto a la manera de detectar los ejemplares puede realizarse mediante el método de búsqueda directa. Así, en cada parcela debe efectuarse una revisión minuciosa, teniendo gran cuidado de no alterar permanentemente troncos caídos o rocas, y de recolocarlos en su posición original una vez revisado cada sitio. Esto puede hacerse con un equipo de varias personas, quienes recorren la parcela en forma simultánea, inspeccionando cada participante una franja de 5 m a cada lado y anotando lo visto. En este caso se conoce el área y el número de individuos detectados y por ello, es posible hacer una estimación de densidad en forma directa (individuos/área). Cuando se requiere identificar en laboratorio ejemplares desconocidos, este método posibilita la captura momentánea de algunos individuos y éstos pueden marcarse en alguna forma que no altere demasiado su probabilidad de supervivencia ni su comportamiento social con lo cual, en visitas posteriores, es posible recapturar algunos individuos e intentar recuperar información acerca de sus movimientos, uso de hábitat, crecimiento y estado reproductivo, entre otros aspectos. Claramente, si a la detección de individuos se agrega la captura, marca y recaptura, este método requiere ejercer sumo cuidado en la manipulación de individuos los cuales, bajo ninguna circunstancia, deben extraerse de la parcela ni soltarse en un sitio distinto al de su captura.

Dado que se trata de un método que requiere una considerable inversión de esfuerzo, su inclusión como método para monitoreo sistemático y periódico debe ponderarse con detenimiento. Durante el muestreo en las parcelas del presente estudio, se realizaron búsquedas visuales activas, inspeccionando cuidadosamente el suelo, la vegetación, las rocas y todo aquel elemento que pudiera ser utilizado como refugio por los animales. Se examinaron sitios potenciales de refugio como afloramientos rocosos, agujeros, zanjas y debajo de la hojarasca y otro material vegetal acumulado en algunos sitios. Además, se realizaron entrevistas con la gente de la región mostrándoles las guías de campo para corroborar e incrementar la identificación de especies comunes en la zona, así como el uso en el trabajo de gabinete de fuentes bibliográficas con información detallada sobre su distribución e importancia ecológica para corroborar la identificación hecha en el campo. El área total muestreada para anfibios y reptiles por el método de parcelas circulares fue de 1000 m^2 por sitio de muestreo.

Las observaciones en los sitios se hicieron cada vez que se muestreaba la vegetación iniciando con las primeras horas de sol y continuando hasta aproximadamente las 10:00 am, hora en la que, por las condiciones ambientales (principalmente temperatura), tienden a disminuir su

actividad; por las tardes se iniciaban a las 16:00 horas y concluían al ocultarse el sol. No se realizaron muestreos nocturnos.

En los sitios de muestreo se registró ninguna especie de anfibios debido a que la época y el área en que se llevaron a cabo los muestreos, no es la apropiada para encontrar especímenes activos de ese grupo faunístico. Con respecto a los reptiles, se registraron 6 especies, todas por avistamiento. Del siguiente listado se consultó a la NOM-059-SEMARNAT-2010 encontrándose 1 especie en la lista oficial; por parte de la CITES, ninguna de las especies está incluida en sus anexos de protección.

Tabla IV. 52 Especies de reptiles observadas en los sitios muestreados y su estado de protección bajo las normas oficiales.

ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	NOM-059
SQUAMATA	Teiidae	*Aspidoscelis tigris*	Huico tigre del noroeste	-
	Phrynosomatidae	*Callisaurus draconoides*	Perrita; cachora arenera	A
	Viperidae	*Crotalus atrox*	Cascabel de diamantes	Pr
	Phrynosomatidae	*Holbrookia maculata*	Lagartija sorda	-
	Phrynosomatidae	*Sceloporus magister*	Lagartija espinosa del desierto	-
	Phrynosomatidae	*Urosaurus ornatus*	Lagartija de árbol norteña	-

Los resultados de los muestreos de reptiles se muestran en la siguiente tabla:

Tabla IV. 53 Densidades de las especies de reptiles encontradas en los muestreos.

ESPECIE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DENSIDAD/HA
1	*Aspidoscelis tigris*	Huico tigre del noroeste	16
2	*Callisaurus draconoides*	Perrita; cachora arenera	14
3	*Crotalus atrox*	Cascabel de diamantes	1
4	*Holbrookia maculata*	Lagartija sorda	8
5	*Sceloporus magister*	Lagartija espinosa del desierto	11
6	*Urosaurus ornatus*	Lagartija de árbol norteña	9

A continuación, se muestran los valores de algunos atributos y del valor de importancia de las especies de reptiles:

Tabla IV. 54 Valores de los atributos ecológicos de las especies de reptiles que habitan en el SAR.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	DoR	FR	V.I.	CLASE
Aspidoscelis tigris	Huico tigre del noroeste	27.12	35.61	23.81	86.53	1
Callisaurus draconoides	Perrita; cachora arenera	23.73	27.26	23.81	74.80	2
Crotalus atrox	Cascabel de diamantes	1.69	0.14	2.38	4.21	6
Holbrookia maculata	Lagartija sorda	13.56	8.90	14.29	36.75	5
Sceloporus magister	Lagartija espinosa del desierto	18.64	16.83	19.05	54.52	3
Urosaurus ornatus	Lagartija de árbol norteña	15.25	11.27	16.67	43.19	4
		100	100	100	300	

En la tabla anterior podemos observar que el huico tigre del noroeste (*Aspidoscelis tigris*) es la especie que domina en todos los aspectos sobre las demás especies de reptiles; así, esta especie es la que aprovecha más que ninguna otra especie de la comunidad los recursos de su hábitat natural.

En la Tabla inferior se dan a conocer otros criterios importantes que caracterizan a las poblaciones de reptiles presentes en el SAR y su posible afectación por la modificación, perturbación o eliminación de su hábitat.

Tabla IV. 55 Rasgos ecológicos de las poblaciones de las especies de reptiles identificados.

Nombre científico	Nombre común	Estacionalidad	Abundancia	Sociabilidad	Alimentación	Hábitat	Estrato de actividad
Aspidoscelis tigris	Huico tigre del NW	Residente	Abundante	Solitario	Insectívoro	Espacio abierto	Arbustivo
Callisaurus draconoides	Perrita; cachora arenera	Residente	Abundante	Solitario	Insectívoro	Espacio abierto	Arbustivo
Crotalus atrox	Cascabel de diamantes	Residente	Rara	Solitario	Carnívoro	Espacio abierto	Arbustivo
Holbrookia maculata	Lagartija sorda	Residente	Común	Solitario	Insectívoro	Espacio abierto	Arbustivo
Sceloporus magister	Lagartija espinosa del desierto	Residente	Común	Solitario	Insectívoro	Espacio abierto	Arbustivo
Urosaurus ornatus	Lagartija de árbol norteña	Residente	Poco común	Solitario	Insectívoro	Espacio abierto	Arbóreo

Método de muestreo de mamíferos

La metodología empleada para este grupo de animales consistió en la técnica propuesta por Ruiz-Campos (2009) empleando parcelas circulares de 1,000 m^2 (17.84m de radio), donde se registró la presencia de especies de mamíferos observada en el sitio. Dicha herramienta de muestreo, permite reconocer la presencia, diversidad y abundancia relativa de especies de mamíferos de comportamientos/hábitos móviles y en alerta, recomendadas para evaluar poblaciones en hábitat abiertos como son en general los ecosistemas desérticos y semidesérticos.

Los sitios de muestreo fueron los mismos cuadrantes empleados para el registro de anfibios y reptiles. En los cuadrantes de muestreo se utilizaron procesos de observación directa y técnicas de registros indirectos como huellas, excretas, pelos, senderos, madrigueras, restos orgánicos y, además, se utilizaron varias fuentes de información como entrevistas con los pobladores para corroborar la existencia de las especies de acuerdo a las evidencias encontradas en los muestreos.

Se registró un total de 7 especies de mamíferos, representando 4 órdenes y 6 familias. Por observación directa se registraron el ardillón de las rocas, *Spermophilus variegatus* y la liebre torda (*Lepus alleni*); también se observaron depredadores como el coyote (*Canis latrans*). El resto de las especies fueron determinadas por métodos indirectos como huellas, excretas y madrigueras.

Tabla IV. 56 Especies de mamíferos encontrados en los sitios de muestreo.

ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	NOM-059
CARNIVORA	Canidae	*Canis latrans*	Coyote	-
LAGOMORPHA	Leporidae	*Lepus alleni*	Liebre torda	Pr
CARNIVORA	Felidae	*Lynx rufus*	Gato montés	-
ARTIODACTYLA	Cervidae	*Odocoileus hemionus sheldoni*	Venado bura	-
RODENTIA	Muridae	*Peromyscus merriami*	Rata de campo	-
RODENTIA	Sciuridae	*Spermophilus variegatus*	Ardillón de las rocas	-
LAGOMORPHA	Leporidae	*Sylvilagus audubonii*	Conejo del desierto	-

Como especie protegida se encontró la especie (*Lepus alleni*) con categoría *Pr* dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla IV. 57 Densidades de las especies de mamíferos encontrados en los sitios muestreados.

ESPECIE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DENSIDAD/HA
1	*Canis latrans*	Coyote	8
2	*Lepus alleni*	Liebre torda	18
3	*Lynx rufus*	Gato montés	2
4	*Odocoileus hemionus sheldoni*	Venado bura	5
5	*Peromyscus merriami*	Rata de campo	22
6	*Spermophilus variegatus*	Ardillón de las rocas	6
7	*Sylvilagus audubonii*	Conejo del desierto	7

Los resultados de los muestreos de mamíferos arrojaron los siguientes resultados:

Tabla IV. 58 Valores de los atributos ecológicos de las especies de mamíferos que habitan en el SAR del proyecto.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	DoR	FR	V.I.	CLASE
1	*Canis latrans*	Coyote	11.76	6.49	11.90	30.16	3
2	*Lepus alleni*	Liebre torda	26.47	32.86	23.81	83.14	2
3	*Lynx rufus*	Gato montés	2.94	0.41	4.76	8.11	5
4	*Odocoileus hemionus sheldoni*	Venado bura	7.35	2.54	11.90	21.79	4
5	*Peromyscus merriami*	Rata de campo	32.35	49.09	23.81	105.25	1
6	*Spermophilus variegatus*	Ardillón de las rocas	8.82	3.65	9.52	22.00	4
7	*Sylvilagus audubonii*	Conejo del desierto	10.29	4.97	14.29	29.55	3
			100	100	100	300	

En la tabla anterior podemos observar que la rata de campo, *Peromyscus merriami*, es la especie que domina en todos los aspectos sobre las demás especies de mamíferos; así, esta especie es la que aprovecha más los recursos disponibles de su hábitat natural.

En la Tabla inferior se dan a conocer otros criterios importantes que caracterizan a las poblaciones de mamíferos presentes en el SAR y su posible afectación por la modificación,

perturbación o eliminación de su hábitat.

Tabla IV. 59 Rasgos ecológicos de las poblaciones de las especies de mamíferos identificados en los muestreos.

Nombre científico	Nombre común	Endemismo	Estacionalidad	Abundancia	Sociabilidad	Alimentación	Hábitat
Canis latrans	Coyote	No endémica	Residente	Común	Solitario	Omnívoro	Espacio abierto
Lepus alleni	Liebre torda	Endémica	Residente	Abundante	Solitario	Herbívoro	Espacio abierto
Lynx rufus	Gato montés	Endémica	Residente	Rara	Solitario	Carnívoro	Espacio abierto
Odocoileus hemionus sheldoni	Venado cola blanca	No endémica	Residente	Poco común	Gregario	Herbívoro	Espacio abierto
Peromyscus merriami	Rata de campo	No endémica	Residente	Abundante	Solitario	Omnívoro	Espacio abierto
Spermophilus variegatus	Ardillón de las rocas	No endémica	Residente	Común	Gregario	Herbívoro	Espacio abierto
Sylvilagus audubonii	Conejo del desierto	No endémica	Residente	Común	Solitario	Herbívoro	Espacio abierto

Método de muestreo de aves

Para el muestreo de aves, se utilizaron los mismos cuadrantes establecidos para el muestreo de reptiles y mamíferos. En los cuadrantes se hicieron observaciones como avistamientos, registros de cantos y de evidencias como presencia de nidos, huellas y excretas. Como ya se mencionó con anterioridad, en forma adicional a su muestreo dentro de los cuadrantes establecidos, se registró en un radio de 30m la presencia ornitológica mediante sus cantos, estableciendo así en cada estación de muestreo una superficie de observación de aves de 2,827.44 m^2.

Para la identificación de los ejemplares se utilizó la observación directa con binoculares y se detectó el sonido de sus cantos. Las observaciones en los cuadrantes se hicieron cada vez que se muestreaba la vegetación en ellos y se iniciaron con las primeras horas de sol y continuaron hasta aproximadamente las 10:00 am, hora en la que, por las condiciones ambientales (principalmente temperatura), tienden a disminuir su actividad; por las tardes se iniciaban a las 16:00 horas y concluían al ocultarse el sol. No se realizaron muestreos nocturnos.

Se muestrearon un total de 9 especies mismas que están distribuidas en 5 órdenes y 7 familias.

Tabla IV. 60 Listado de especies de aves encontradas en los sitios muestreados.

ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	NOM-059
ACCIPITRIFORMES	Accipitridae	*Buteo jamaicensis*	Aguililla cola roja	-
PASSERIFORMES	Fringillidae	*Carpodacus mexicanus*	Pinzón mexicano	-
CATHARTIFORMES	Cathartidae	*Cathartes aura*	Zopilote aura	-
COLUMBIFORMES	Columbidae	*Columbina passerina*	Tortolita	-
PASSERIFORMES	Corvidae	*Corvus corax*	Cuervo común	-
CUCULIFORMES	Cuculidae	*Geococcyx californianus*	Correcaminos norteño	-

PASSERIFORMES	Mimidae	*Mimus polyglottos*	Cenzontle norteño	-
COLUMBIFORMES	Columbidae	*Zenaida asiatica*	Paloma de alas blancas	-
COLUMBIFORMES	Columbidae	*Zenaida macroura*	Paloma huilota	-

Tabla IV. 61 Densidades de especies aves encontradas en los sitios muestreados.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DENSIDAD/HA
1	*Buteo jamaicensis*	Aguililla cola roja	1
2	*Carpodacus mexicanus*	Pinzón mexicano	4
3	*Cathartes aura*	Zopilote aura	2
4	*Columbina passerina*	Tortolita	10
5	*Corvus corax*	Cuervo común	6
6	*Geococcyx californianus*	Correcaminos norteño	2
7	*Mimus polyglottos*	Cenzontle norteño	3
8	*Zenaida asiatica*	Paloma de alas blancas	7
9	*Zenaida macroura*	Paloma huilota	7

Los resultados de los muestreos de aves arrojaron los siguientes resultados:

Tabla IV. 62 Valores de los atributos ecológicos de las especies de aves identificadas en el área de incidencia del proyecto.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	DoR	FR	V.I.	CLASE
Buteo jamaicensis	Aguililla cola roja	2.38	0.37	1.85	4.61	7
Carpodacus mexicanus	Pinzón mexicano	9.52	5.97	3.70	19.20	4
Cathartes aura	Zopilote aura	4.76	1.49	3.70	9.96	6
Columbina passerina	Tortolita	23.81	37.31	18.52	79.64	1
Corvus corax	Cuervo común	14.29	13.43	16.67	44.39	3
Geococcyx californianus	Correcaminos norteño	4.76	1.49	9.26	15.51	5
Mimus polyglottos	Cenzontle norteño	7.14	3.36	11.11	21.61	4
Zenaida asiatica	Paloma de alas blancas	16.67	18.28	18.52	53.47	2
Zenaida macroura	Paloma huilota	16.67	18.28	16.67	51.62	2
		100	100	100	300	

En la tabla anterior podemos observar que la tortolita, *Columbina passerina*, es la especie que domina en todos los aspectos sobre las demás especies de aves; así, esta especie es la que aprovecha más que ninguna otra especie de la comunidad los recursos de su hábitat natural.

En la Tabla inferior se dan a conocer otros criterios importantes que caracterizan a las poblaciones de aves presentes en el SAR y su posible afectación por la modificación, perturbación o eliminación de su hábitat.

Tabla IV. 63 Rasgos ecológicos de las poblaciones de las especies de aves en los sitios muestreados.

Nombre científico	Nombre común	Estacionalidad	Abundancia	Sociabilidad	Alimentación	Hábitat
Buteo jamaicensis	Aguililla cola roja	Residente	Rara	Solitario	Carnívoro	Espacio abierto
Carpodacus mexicanus	Pinzón mexicano	Residente	Poco común	Solitario	Carnívoro	Espacio abierto
Cathartes aura	Zopilote aura	Residente	Rara	Solitario	Carnívoro	Espacio abierto
Columbina passerina	Tortolita	Residente	Abundante	Solitario	Granívoro	Espacio abierto
Corvus corax	Cuervo común	Residente	Común	Solitario	Carnívoro	Espacio abierto
Geococcyx californianus	Correcaminos norteño	Residente	Rara	Solitario	Omnívoro	Espacio abierto
Mimus polyglottos	Cenzontle norteño	Residente	Poco común	Solitario	Granívoro	Espacio abierto
Zenaida asiatica	Paloma de alas blancas	Residente	Común	Solitario	Granívoro	Espacio abierto
Zenaida macroura	Paloma huilota	Residente	Común	Solitario	Granívoro	Espacio abierto

IV.3.3.2 Análisis de diversidad de la fauna

Los índices de diversidad estimados para las especies de los diferentes grupos faunísticos muestreados dentro del SAR correspondiente al proyecto, se muestran en las siguientes tablas. Como se indicó anteriormente, en las áreas cercanas al proyecto no se encontraron especies de anfibios.

Análisis de diversidad de los reptiles en el SAR

El índice de diversidad de Shannon-Wiener estimado para las especies de reptiles de la cuenca hidrográfica correspondiente, se muestra en la siguiente tabla:

Tabla IV. 64 Valores del índice de diversidad de las especies de reptiles registrados en los sitios muestreados.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	p_i = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Aspidoscelis tigris	Huico tigre del noroeste	16	0.2712	-1.3049	-0.3539
Callisaurus draconoides	Perrita; cachora arenera	14	0.2373	-1.4385	-0.3413
Crotalus atrox	Cascabel de diamantes	1	0.0169	-4.0775	-0.0691
Holbrookia maculata	Lagartija sorda	8	0.1356	-1.9981	-0.2709
Sceloporus magister	Lagartija espinosa del desierto	11	0.1864	-1.6796	-0.3132
Urosaurus ornatus	Lagartija de árbol norteña	9	0.1525	-1.8803	-0.2868
TOTAL:		**59**	**1.0000**	**-12.3790**	**-1.6352**
Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =					***1.6352***
Riqueza (S) =					***6***
Diversidad máxima (Hmax) = LnS =					***1.9459***
Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax					***0.8403***

Los valores de H´ varían de 1 a 5; aquellos ≥ 3 indican alta diversidad (Moreno 2001).

Aplicando el criterio de Moreno (2001, op. cit.) mediante el índice de Shannon-Wiener para los elementos del grupo de mamíferos de la tabla anterior, el Huico tigre del noroeste (*Aspidoscelis tigris*) es la especie que, debido a su densidad mayor, contribuye con la más alta proporcionalidad poblacional (p_i = 0.2712), la cual se refleja en el más alto valor obtenido para ese grupo de especies de reptiles muestreado.

Análisis de diversidad de los mamiferos en el SAR

El índice de diversidad de Shannon-Wiener estimado para las especies de mamíferos de la cuenca hidrológica forestal correspondiente, se muestra en la siguiente tabla:

Tabla IV. 65 Valores del índice de diversidad de las especies de mamíferos registrados en los sitios muestreados.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	p_i = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Canis latrans	Coyote	8	0.1176	-2.1401	-0.2518
Lepus alleni	Liebre torda	18	0.2647	-1.3291	-0.3518
Lynx rufus	Gato montés	2	0.0294	-3.5264	-0.1037
Odocoileus hemionus sheldoni	Venado bura	5	0.0735	-2.6101	-0.1919
Peromyscus merriami	Rata de campo	22	0.3235	-1.1285	-0.3651
Spermophilus variegatus	Ardillón de las rocas	6	0.0882	-2.4277	-0.2142
Sylvilagus audubonii	Conejo del desierto	7	0.1029	-2.2736	-0.2340
TOTAL:		**68**	**1.0000**	**-15.4354**	**-1.7126**
Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =					***1.7126***
Riqueza (S) =					***7***
Diversidad máxima (Hmax) = LnS =					***1.9459***
Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax					***0.8801***

Los valores de H´ varían de 1 a 5; aquellos ≥ 3 indican alta diversidad

Aplicando el criterio de Moreno (2001, op. cit.) mediante el índice de Shannon-Wiener para los elementos del grupo de mamíferos de la tabla anterior, la rata de campo (*Peromyscus merriami*) es la especie que, debido a su densidad mayor, contribuyen con la más alta proporcionalidad poblacional (p_i = 0.3235) cada una, la cual se refleja en el más alto valor obtenido para ese grupo de especies de mamíferos muestreado.

Análisis de diversidad de las aves en el SAR

El índice de diversidad de Shannon-Wiener estimado para las especies de aves en el SAR, se muestra en la siguiente tabla:

Tabla IV. 66 Valores del índice de diversidad de las especies de aves registrados en los sitios muestreados.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	p_i = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Buteo jamaicensis	Aguililla cola roja	1	0.0238	-3.7377	-0.0890
Carpodacus mexicanus	Pinzón mexicano	4	0.0952	-2.3514	-0.2239
Cathartes aura	Zopilote aura	2	0.0476	-3.0445	-0.1450
Columbina passerina	Tortolita pico rojo	10	0.2381	-1.4351	-0.3417
Corvus corax	Cuervo común	6	0.1429	-1.9459	-0.2780
Geococcyx californianus	Correcaminos norteño	2	0.0476	-3.0445	-0.1450
Mimus polyglottos	Cenzontle norteño	3	0.0714	-2.6391	-0.1885
Zenaida asiatica	Paloma de alas blancas	7	0.1667	-1.7918	-0.2986
Zenaida macroura	Paloma huilota	7	0.1667	-1.7918	-0.2986
	TOTAL:	**42**	**1.0000**	**-21.7817**	**-2.0083**
				Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =	***2.0083***
				Riqueza (S) =	***9***
				Diversidad máxima (Hmax) = LnS =	***2.1972***
				Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax	***0.9140***

Los valores de H´ varían de 1 a 5; aquellos ≥ 3 indican alta diversidad (op. cit.)

Aplicando el criterio de Moreno (2001) mediante el índice de Shannon-Wiener para los elementos del grupo de aves de la tabla anterior, la tortolita pico rojo (*Columbina passerina*) es la especie que, debido a su densidad mayor, contribuye con la más alta proporcionalidad poblacional (p_i = 0.2381), la cual se refleja en el más alto valor en el índice de diversidad obtenido para ese grupo de especies ornitológicas muestreado.

IV.3.4 Medio socioeconómico

La caracterización del medio socioeconómico constituye un pilar fundamental en la evaluación de impacto ambiental, toda vez que permite analizar la interdependencia entre el desarrollo de infraestructura y la dinámica de las poblaciones humanas en su área de influencia. Este apartado tiene como objetivo establecer una línea base sobre las condiciones demográficas, sociales y económicas actuales, permitiendo identificar cómo la modernización de la vía general de comunicación transformará la calidad de vida, la accesibilidad y las oportunidades de desarrollo de los habitantes locales. Para este proyecto, el análisis se centra en el municipio de **Pitiquito, Sonora**, con un enfoque particular en la localidad de **Desemboque de los Seris (El Desemboque)**, asentamiento de la **Nación Comcaac**.

El proyecto trasciende la ingeniería civil para convertirse en un instrumento de conectividad social y justicia para los pueblos indígenas. Al intervenir una superficie señalada, se busca resolver el rezago histórico en infraestructura que ha limitado el acceso a servicios básicos de salud, educación y mercados regionales. En este contexto, la transición de una brecha de Tipo E a una carretera con especificaciones de Tipo D se justifica no solo por la eficiencia técnica, sino por su capacidad para reducir los tiempos de traslado y los costos de operación, fortaleciendo la cohesión territorial y el aprovechamiento sustentable de los recursos marinos y desérticos que sustentan la economía de la región.

Para la elaboración de este diagnóstico, se han integrado datos oficiales del Censo de Población y Vivienda 2020 y el Panorama Sociodemográfico de Sonora emitidos por el INEGI, asegurando que la evaluación parta de indicadores estadísticos vigentes y precisos. El estudio aborda de manera integral la estructura demográfica, la composición étnica, los niveles de escolaridad y la configuración de la Población Económicamente Activa (PEA), proporcionando una visión multidimensional que permite anticipar los beneficios sociales del proyecto. De esta manera, el promovente garantiza que la modernización de la carretera se realice bajo un esquema de respeto a la identidad cultural y fomento al bienestar común, alineándose con las metas nacionales de infraestructura social y conectividad regional.

IV.3.4.1 Caracterización Demográfica y Social

Ámbito Municipal: Pitiquito, Sonora

El municipio de Pitiquito se localiza en la región noroeste del estado de Sonora y representa una unidad administrativa de gran extensión territorial, caracterizada por una baja densidad poblacional y una economía ligada a las actividades primarias y de servicios. Según el Panorama Sociodemográfico de Sonora 2020, el municipio cuenta con una población total de 9,122 habitantes, distribuida en una estructura donde los hombres representan el 51.5% y las mujeres el 48.5%.



Figura IV. 22 Distribución territorial en el municipio de Pitiquito.

La dinámica demográfica de Pitiquito muestra un grado de madurez en su pirámide poblacional, con una edad mediana de **31 años**. En términos de educación, el municipio presenta una tasa de alfabetismo del **97.8%** en personas de 15 años y más, con un grado promedio de escolaridad de **8.8 años**, lo que equivale prácticamente a la secundaria concluida. Estos indicadores sitúan al municipio en un nivel de desarrollo humano medio-alto dentro del contexto estatal; sin embargo, debido a su vasta geografía, existen brechas significativas en la accesibilidad a servicios entre la cabecera municipal y las comunidades costeras más alejadas, como es el caso de la zona de estudio.

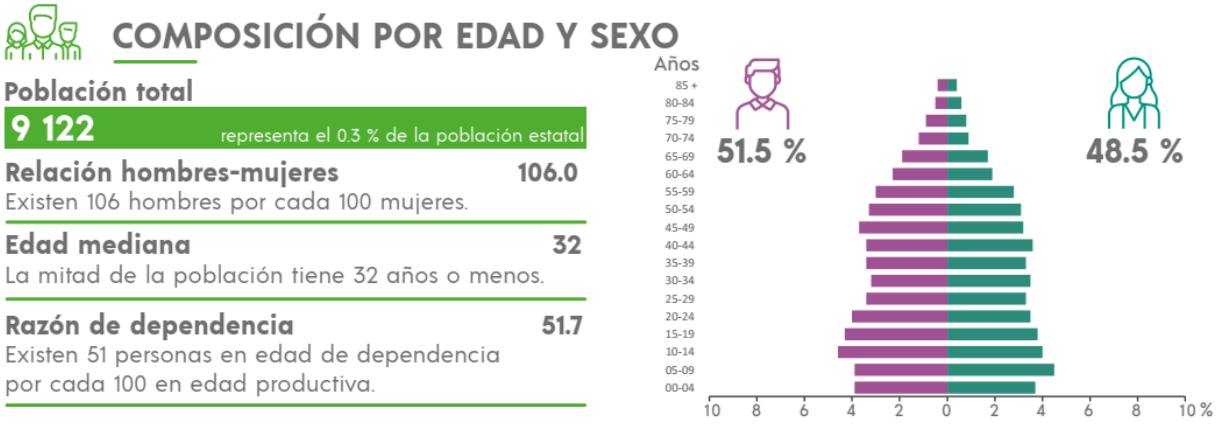


Figura IV. 23 Composición por edad y sexo en el municipio de Pitiquito.

Ámbito de Localidad: Desemboque de los Seris (El Desemboque)

Al descender al nivel de localidad, el análisis revela un entorno con características socioculturales únicas. Desemboque de los Seris tiene una población de 329 personas, lo que representa aproximadamente el 3.6% del total municipal. A pesar de su tamaño reducido, es el asentamiento costero más importante de la región y el núcleo de la Nación Comcaac en el municipio.

1. **Composición Étnica y Lingüística:** La localidad destaca por su profunda raíz indígena.

El **83.9%** de la población de 3 años y más habla una lengua indígena (Cmiique Itom), y la práctica totalidad de la población (96.3%) se autoidentifica y reside en hogares indígenas. Esta particularidad convierte a la carretera Tipo D en una obra de infraestructura con perspectiva intercultural, diseñada para fortalecer el vínculo de una comunidad originaria con el resto del estado.

2. **Estructura por Edad:** La población es predominantemente joven y adulta; el grupo de 15 a 64 años suma 219 personas, quienes conforman la fuerza laboral y principal usuaria de la vía para el transporte de mercancías pesqueras. Se identifican 86 personas de 0 a 14 años y 24 adultos mayores (65 años y más), grupos vulnerables para quienes la reducción en los tiempos de traslado médico es vital.

3. **Educación:** El grado promedio de escolaridad en la localidad es de 7.43 años, ligeramente inferior a la media municipal. La modernización del camino favorecerá la asistencia escolar de nivel medio superior y superior, permitiendo un tránsito seguro de docentes y estudiantes hacia centros educativos externos.

4. **Salud:** El 45% de la población cuenta con afiliación a servicios de salud (148 personas). La mejora de la superficie de rodamiento es una medida indirecta de salud pública, ya que permite que las ambulancias y servicios de emergencia reduzcan su tiempo de respuesta en un trayecto que actualmente, debido al estado del camino Tipo E, representa un obstáculo logístico.

Tabla IV. 67 Tabla comparativa de demografía del municipio de Pitiquito y la localidad de El Desemboque de los Seris

Indicador	Municipio Pitiquito	Localidad El Desemboque
Población Total	9,122	329
Relación hombres por cada 100 mujeres	106.3	105.6
Grado promedio de escolaridad	8.8	7.43
Hogares con persona de referencia indígena	13.9%	96.3%
Viviendas con automóvil	56.4%	37.8%

IV.3.4.2 Vivienda y Servicios

El análisis de las condiciones de la vivienda y la cobertura de servicios básicos es un indicador directo del bienestar social. En el área de influencia del proyecto, la infraestructura de vivienda refleja las carencias propias de la dispersión geográfica y el aislamiento histórico, factores que la modernización de la carretera Tipo D pretende mitigar mediante una mejor conectividad logística.

Ámbito Municipal: Pitiquito

A nivel municipal, Pitiquito presenta un total de **2,689 viviendas particulares habitadas**. La infraestructura habitacional en el municipio muestra una consolidación importante en servicios básicos, aunque con ligeras brechas respecto a la media estatal:

- **Electricidad:** El 98.2% de las viviendas cuenta con servicio de energía eléctrica.
- **Agua Entubada:** El 95.6% dispone de agua proveniente de la red pública.
- **Drenaje:** El 85.3% tiene conexión a alcantarillado o fosa séptica.
- **Tecnologías de Información:** El 41.2% de los hogares cuenta con Internet, lo que resalta una transición hacia la digitalización en la cabecera y localidades mayores.

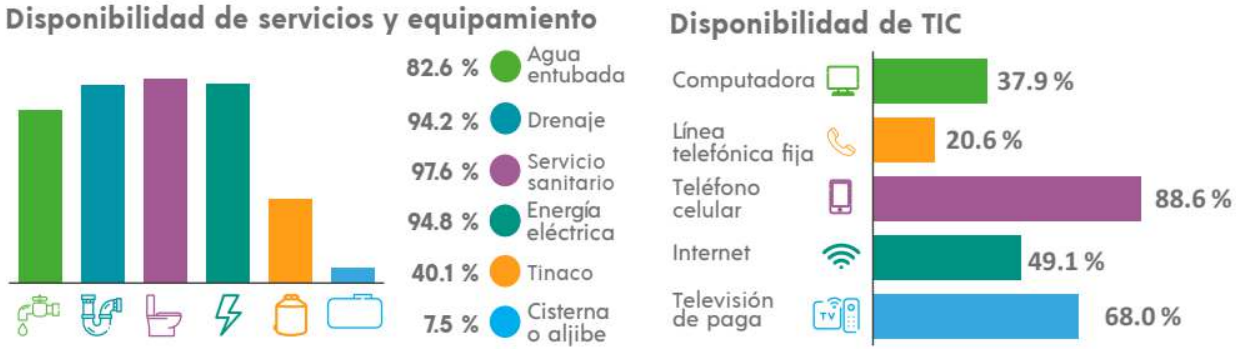


Figura IV. 24 Disponibilidad de servicios y equipamiento en el municipio de Pitiquito.

Ámbito de Localidad: Desemboque de los Seris

En la localidad de **Desemboque de los Seris**, el panorama de vivienda presenta contrastes significativos respecto a la media municipal, evidenciando una mayor fragilidad en el acceso a servicios básicos. Según el Censo 2020, existen **141 viviendas totales**, de las cuales **95 están habitadas**.

1. **Servicios de Red y Suministro:**
    - **Energía Eléctrica:** De las 95 viviendas habitadas, 89 cuentan con electricidad (93.6%). Esta es la cobertura más alta en la localidad, aunque ligeramente inferior al promedio municipal.
    - **Agua Entubada:** Solo 71 viviendas (74.7%) disponen de agua entubada. El déficit del 25% restante resalta la dependencia de sistemas alternos de abastecimiento (como pipas), los cuales requieren de un camino en condiciones óptimas (Tipo D) para transitar de manera segura y constante.

- **Drenaje y Sanidad:** Únicamente 42 viviendas (44.2%) poseen drenaje o fosa séptica. Este indicador es crítico, pues menos de la mitad de la población cuenta con sistemas adecuados de disposición de aguas residuales.

2. **Equipamiento y Tecnologías (TIC):**

   - La conectividad digital es limitada, con solo 12 viviendas (12.6%) que disponen de Internet.

   - En cuanto a bienes de consumo, 79 viviendas cuentan con refrigerador y 27 con lavadora.

   - **Movilidad:** Un dato relevante para el proyecto es que 36 viviendas (37.8%) poseen un automóvil o camioneta. La modernización de la vía reducirá el desgaste mecánico de estos vehículos y disminuirá los costos de transporte de insumos básicos y bienes de consumo hacia la comunidad.

Tabla IV. 68 Tabla comparativa de brecha de servicios públicos del municipio de Pitiquito y la localidad de El Desemboque de los Seris

Servicio / Bien	% Municipio Pitiquito	% Localidad Desemboque	Brecha de Servicio
Electricidad	98.2%	93.6%	-4.6%
Agua Entubada	95.6%	74.7%	-20.9%
Drenaje	85.3%	44.2%	-41.1%
Automóvil	56.4%	37.8%	-18.6%
Internet	41.2%	12.6%	-28.6%

La infraestructura de vivienda en Desemboque de los Seris presenta un rezago marcado en comparación con el promedio municipal, especialmente en drenaje y agua. La construcción y operación de la carretera Tipo D es una medida de apoyo indirecto para abatir estas carencias, ya que facilita la entrada de maquinaria y materiales para obras de servicios públicos, mejora la eficiencia en el reparto de agua potable y reduce el costo de vida al facilitar el transporte de bienes domésticos.

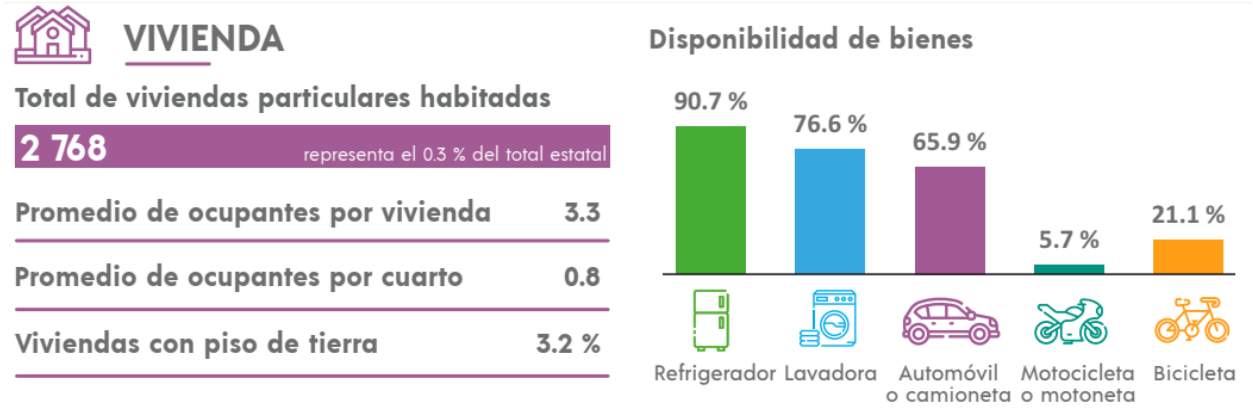


Figura IV. 25 Vivienda y disponibilidad de bienes en el municipio de Pitiquito.

La evaluación de los **indicadores sociodemográficos en un horizonte de diez años** revela una dinámica de transformación moderada en el municipio, marcada por un ligero decrecimiento poblacional y una mejora gradual en la calidad de la vivienda, aunque con retos estructurales en las zonas costeras.

Dinámica Poblacional y Estructura de Edad

A nivel municipal, Pitiquito experimentó un ligero descenso en su población total, pasando de 9,468 habitantes en 2010 a 9,122 en 2020, lo que representa una tasa de crecimiento negativa del **-3.65%**. Este fenómeno se asocia principalmente a la migración hacia centros urbanos de mayor actividad industrial (como Hermosillo o Caborca) ante la falta de infraestructura de comunicaciones eficiente que vincule a las localidades rurales con los polos de empleo.

En contraste, la localidad de Desemboque de los Seris ha mostrado una notable estabilidad y resiliencia demográfica. Mientras que en 1990 la población seri en el estado apenas superaba los 500 habitantes, para el 2020 la comunidad ha logrado consolidarse. La edad mediana en el municipio aumentó de 28 años en 2010 a 31 años en 2020, reflejando un proceso de envejecimiento paulatino que demanda mejores vías de acceso para servicios de salud geriátrica y traslados de emergencia.

Evolución de la Vivienda y Servicios Básicos

La comparación decenal de los servicios en las viviendas muestra avances significativos en la cabecera municipal, pero resalta la urgencia de infraestructura en la periferia:

- **Electricidad:** En 2010, el 1.74% de los ocupantes de viviendas en el municipio carecía de luz eléctrica; para 2020, este rezago se redujo al **0.97%** a nivel estatal y se mantiene en niveles mínimos en Pitiquito (98.2% de cobertura).

- **Agua Entubada:** Se observa una mejora en la infraestructura de red. Sin embargo, en El Desemboque, la cobertura de agua entubada del 74.7% en 2020 sigue siendo un punto crítico, considerando que en 2010 el rezago municipal general era de solo el 1.89%. Esto indica que las comunidades alejadas no han avanzado al mismo ritmo que la cabecera.

- **Drenaje:** Este servicio presenta el rezago más persistente. A nivel municipal, en 2010 el **2.66%** carecía de drenaje; no obstante, en 2020 la localidad de El Desemboque reporta que el 55.8% de sus viviendas aún no cuenta con este servicio, evidenciando una brecha histórica que la carretera Tipo D facilitará abatir al permitir el ingreso de maquinaria para obras de saneamiento.

Tabla IV. 69 Tendencia de la dinámica poblacional del municipio de Pitiquito

Indicador Municipal	Censo 2010	Censo 2020	Tendencia / Impacto del Proyecto
Población Total	9,468	9,122	Decreciente (Requiere incentivos de conectividad).
Edad Mediana	28 años	31 años	Maduración (Mayor demanda de servicios médicos).
Escolaridad Promedio	8.4 años	8.8 años	Creciente (Fomenta traslados educativos).
Viviendas con Automóvil	56.4%	37.8% (Localidad)	Variable (Mejor camino = menor gasto mantenimiento).
Analfabetismo (>15 años)	3.71%	2.0% (Estatal)	Decreciente (Refleja acceso a educación básica).

Rezago Social y Pobreza

De acuerdo con datos de CONEVAL y el Informe Anual sobre la Situación de Pobreza 2025, Pitiquito mantiene un Grado de Rezago Social Bajo. No obstante, el 35.3% de la población municipal se identifica como vulnerable por carencias sociales, siendo el acceso a la seguridad social y el rezago educativo las principales debilidades. La modernización del camino incide directamente sobre estos indicadores al:

1. **Reducir el tiempo de traslado** a clínicas de segundo y tercer nivel en Caborca o Hermosillo.

2. **Facilitar la llegada de docentes** y el traslado de estudiantes de nivel medio superior, abatiendo el rezago educativo en la zona de influencia.

Los datos oficiales demuestran que, aunque el municipio ha mejorado en indicadores de escolaridad y servicios básicos eléctricos, las localidades costeras como El Desemboque presentan un rezago estancado en servicios hidráulicos y de transporte. La construcción de la carretera Tipo D no es solo una obra de ingeniería, sino una intervención necesaria para revertir la tendencia de decrecimiento poblacional y cerrar la brecha de servicios entre la llanura desértica y los centros urbanos de Sonora.

IV.3.4.3 Actividades Económicas y Población Económicamente Activa

El dinamismo económico del área de influencia se sustenta en una transición de actividades tradicionales hacia esquemas de comercialización regional. El análisis de la PEA permite identificar la capacidad productiva de la comunidad y la dependencia directa de la infraestructura vial para la exportación de productos y el abastecimiento de insumos.

Ámbito Municipal: Pitiquito

A nivel municipal, Pitiquito posee una economía diversificada. Según el Censo 2020, la Población Económicamente Activa (PEA) asciende a 4,375 personas, lo que representa una tasa de participación importante. Los sectores predominantes son:

- **Sector Primario (Agricultura y Ganadería):** Históricamente relevante en la zona de la llanura, aunque ha mostrado una ligera tecnificación en la última década.
- **Sector Terciario (Comercio y Servicios):** Ha crecido del **38.5%** en 2010 al 44.2% en 2020, concentrándose principalmente en la cabecera municipal y puntos de enlace carretero.

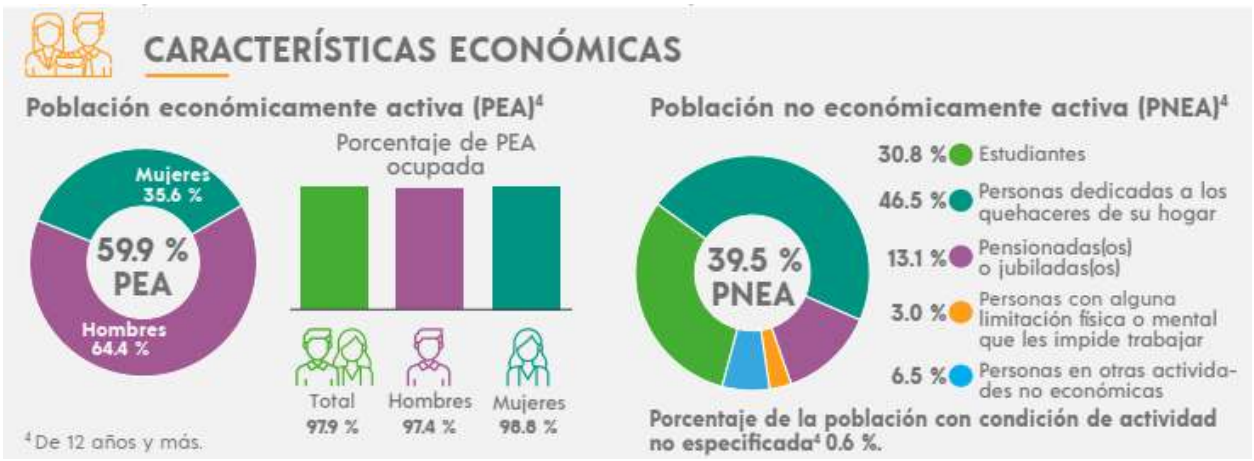


Figura IV. 26 Características económicas en el municipio de Pitiquito.

Ámbito de Localidad: Desemboque de los Seris

En la localidad de estudio, la economía tiene un carácter especializado y culturalmente arraigado. De acuerdo con los datos del Censo 2020:

1. **Población Económicamente Activa (PEA):** Se identifican 148 personas económicamente activas (45% de la población total). De estas, el 95.9% (142 personas) se encuentran ocupadas. Un dato relevante es la participación por género: la PEA masculina aporta 95 personas, mientras que la femenina ha mostrado un crecimiento gradual con 53 personas activas, muchas de ellas vinculadas a la elaboración de artesanías (coritas y tallado de palo fierro) y servicios comunitarios.
2. **La Pesca como Eje Motor:** La principal actividad económica es la pesca artesanal y de mediana escala (especies como el callo de hacha, sierra y curvina). Entre 2010 y 2020, la comercialización ha evolucionado de un mercado local a uno regional. Sin embargo, la

brecha de Tipo E actual limita la competitividad, ya que el transporte de productos perecederos en condiciones de terracería incrementa las mermas y los costos de combustible.

3. **Comercio y Turismo Sustentable:** Se identifica una naciente actividad de turismo cinegético y ecoturismo vinculada a la Nación Comcaac. La modernización del camino es el factor crítico para habilitar este sector, permitiendo el ingreso de visitantes en vehículos convencionales que actualmente evitan la ruta por el estado del suelo.

Análisis Comparativo y Tendencias (2010-2020)

Al comparar los datos del Censo 2010 con los de 2020, se observan las siguientes tendencias económicas para la región:

- **Especialización del Trabajo:** En 2010, el sector primario absorbía la mayor parte de la fuerza laboral. Para 2020, se observa una mayor diversificación hacia servicios y comercio minorista dentro de la comunidad.
- **Ocupación:** La tasa de desocupación en El Desemboque es baja (4.1%), lo que indica que existe una estructura productiva funcional que solo requiere de mejores vías de comunicación para escalar su rentabilidad.
- **Ingresos y Costos de Operación:** La comparación histórica sugiere que, aunque los precios de los productos pesqueros han aumentado, el margen de ganancia para el productor seri se ve afectado por el costo logístico. En 2010, el flete hacia Caborca tomaba un 30% más de tiempo que el proyectado con la carretera Tipo D, lo que subraya el beneficio económico directo de la obra.

Tabla IV. 70 Estructura de la PEA en El Desemboque (2020)

Indicador Económico	Valor Absoluto	Porcentaje / Observación
PEA Total	148	100%
Población Ocupada	142	95.9% de la PEA
Población Desocupada	6	4.1% (Principalmente jóvenes)
PEA Femenina	53	Crecimiento significativo desde 2010
Población No Activa	117	Estudiantes, pensionados y hogar

Evolución del Mercado Laboral Municipal (2010-2020)

En el municipio de **Pitiquito**, la estructura económica ha mostrado una transición significativa. En 2010, la PEA representaba una tasa de participación menor, con una fuerte dependencia de la agricultura de riego y la ganadería extensiva. Para el año 2020, la Población Económicamente Activa alcanzó las 4,375 personas, de las cuales el 97.6% se encuentran

ocupadas.

Un cambio notable en esta década es la tercerización de la economía municipal: mientras que las actividades primarias se han mantenido estables, los sectores de comercio y servicios han absorbido a la nueva fuerza laboral, representando ahora casi la mitad de la ocupación total. Esta diversificación exige rutas de comunicación más eficientes para el flujo de mercancías y la movilidad de trabajadores hacia los nodos logísticos del noroeste del estado.

Dinámica Económica Local: El Desemboque de los Seris

En la localidad de estudio, la PEA presenta características de especialización étnica y productiva. Con 148 personas activas en 2020, la comunidad ha logrado mantener una tasa de desocupación notablemente baja (4.1%), inferior a la de muchos centros urbanos de Sonora.

1. **Sustentabilidad de la Pesca Artesanal:** El sector primario (pesca) sigue siendo el corazón económico de la Nación Comcaac. La captura de especies de alto valor comercial, como el callo de hacha y el camarón, depende de una logística "justo a tiempo". Al comparar con el periodo de 2010, se observa que la comunidad ha incrementado su capacidad de negociación directa con mercados en Caborca y Hermosillo; sin embargo, el estado del camino actual (Tipo E) actúa como un "impuesto logístico" que reduce el margen de ganancia debido al exceso de tiempo en el traslado y el riesgo de pérdida de cadena de frío.

2. **El Rol de la Mujer en la Economía Familiar:** Un dato sobresaliente del Censo 2020 es la consolidación de la PEA femenina (53 personas). A diferencia de 2010, donde la actividad económica estaba casi monopolizada por los varones en la pesca, actualmente las mujeres desempeñan un rol crucial en la economía de servicios y la producción artesanal de lujo (tallado de palo fierro y cestería), cuya comercialización hacia el exterior se verá potenciada por la facilidad de acceso de compradores y turistas que brindará la carretera Tipo D.

3. **Dependencia de la Movilidad Terrestre:** El análisis histórico muestra que el 37.8% de las viviendas en la localidad disponen de vehículo propio para el transporte de mercancías. La modernización de los 21.38 km de trazo permitirá una reducción proyectada del 25% en los costos de operación vehicular (combustible y refacciones) en comparación con los datos de 2010, donde el desgaste por el terreno irregular era el principal obstáculo para la rentabilidad de las pequeñas cooperativas pesqueras.

Tabla IV. 71 Comparativa de Ocupación por Sector (Municipio de Pitiquito)

Sector Económico	Participación 2010 (%)	Participación 2020 (%)	Tendencia
Primario (Pesca/Agro)	42.1%	38.6%	Estabilización / Tecnificación
Secundario (Construcción/Ind.)	18.3%	16.5%	Moderada
Terciario (Comercio/Servicios)	38.5%	44.2%	Crecimiento constante

IV.3.4.4 Educación y Salud

El desarrollo humano en las comunidades indígenas depende intrínsecamente de la accesibilidad física a los centros de servicio. El análisis de la última década muestra avances en la cobertura formal, pero persistentes retos en la calidad y frecuencia de los servicios debido a las limitantes de transporte.

Educación: Formación y Rezago (2010-2020)

A nivel municipal, Pitiquito ha logrado elevar su grado promedio de escolaridad de 8.4 años en 2010 a 8.8 años en 2020. Esto indica que la población joven está logrando completar la educación básica y transitar hacia el nivel medio superior.

En la localidad de **Desemboque de los Seris**, la dinámica educativa presenta los siguientes indicadores clave:

1. **Alfabetismo:** El analfabetismo se ha reducido a niveles mínimos, concentrándose principalmente en la población mayor de 65 años (10 personas analfabetas en 2020).

2. **Asistencia Escolar:** Se observa una tasa de asistencia casi total en los niveles de primaria y secundaria. Sin embargo, en el rango de 15 a 17 años, la asistencia es de 17 personas, lo que refleja una deserción o dificultad de traslado hacia bachilleratos externos.

3. **Grado de Escolaridad:** El promedio de 7.43 años en 2020 es un avance respecto a la década anterior, pero se mantiene por debajo de la media municipal. La construcción de la carretera Tipo D facilitará que el personal docente que no reside en la comunidad pueda trasladarse diariamente sin contratiempos, elevando la calidad de la enseñanza y reduciendo el ausentismo escolar.

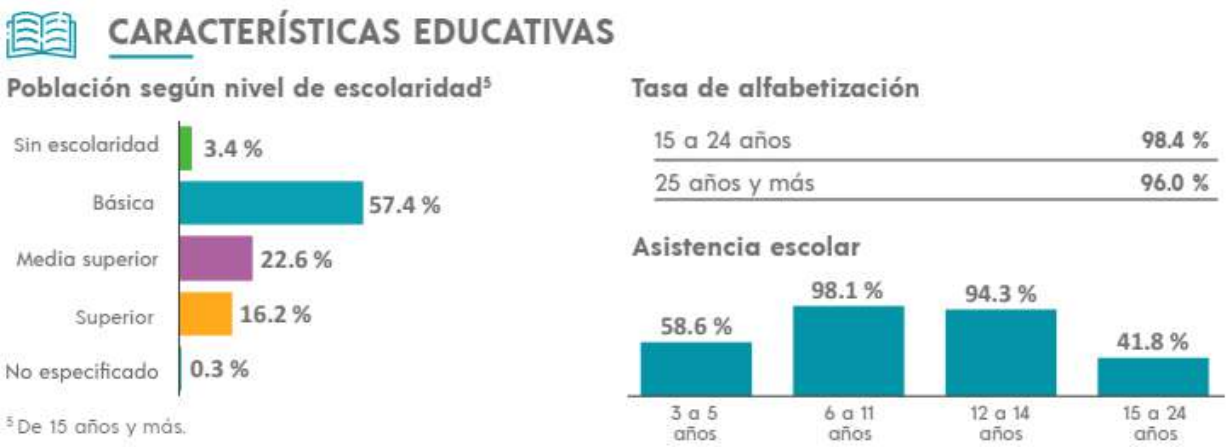


Figura IV. 27 Características educativas en el municipio de Pitiquito.

Salud y Seguridad Social (2010-2020)

La salud es el rubro donde la infraestructura vial tiene el impacto más crítico y directo (impacto de vida o muerte). La comparación decenal revela una transformación en la forma en que la población accede a estos derechos:

1. **Afiliación a Servicios:** En 2020, 148 personas (45%) en El Desemboque cuentan con algún tipo de afiliación a servicios de salud (principalmente IMSS-Bienestar). Aunque la cifra es positiva, más de la mitad de la población aún carece de una cobertura formal constante, lo que acentúa la necesidad de traslados a centros de salud públicos fuera de la localidad.

2. **La "Brecha de Emergencia":** En 2010, el traslado hacia el centro hospitalario más cercano (Caborca) podía tomar más de 2 horas debido al estado del camino. Para 2020, con la brecha Tipo E actual, el tiempo sigue siendo excesivo para emergencias obstétricas o accidentes. La carretera Tipo D permitirá una reducción del **40% en el tiempo de respuesta** de ambulancias y traslados particulares, garantizando el cumplimiento del derecho a la salud de la Nación Comcaac.

3. **Fecundidad y Población Infantil:** Con un promedio de 1.65 hijos nacidos vivos por mujer y una población de 0 a 4 años de 24 niños, el control prenatal y la vacunación pediátrica son prioridades. La mejora del camino asegura que las brigadas de salud estatal tengan un acceso programado y constante, independientemente de las condiciones climáticas que actualmente vuelven intransitable la terracería.

Tabla IV. 72 Tendencia de salud y seguridad social en el municipio y localidad El Desemboque de los Seris

Indicador	Pitiquito (Municipal) 2010	Pitiquito (Municipal) 2020	El Desemboque (Localidad) 2020
Grado de Escolaridad	8.4 años	8.8 años	7.43 años
Analfabetismo	3.7%	2.1%	3.0%
Población con Afiliación	38.5%	52.4%	45.0%
Población de 60 años+	7.2%	9.8%	9.4%



Figura IV. 28 Afiliación a servicios de salud en el municipio de Pitiquito.

IV.3.5 Paisaje

El paisaje es un componente fundamental dentro de la evaluación ambiental de cualquier proyecto, ya que representa la integración visual, ecológica y cultural del entorno, reflejando la interacción entre los elementos naturales y las actividades humanas que se desarrollan en una región. La evaluación del paisaje permite identificar la forma en que un proyecto puede modificar la percepción y funcionalidad del entorno, así como los posibles efectos que las nuevas infraestructuras podrían tener sobre la integridad visual y ambiental del sitio.

En el caso del proyecto, ubicado en el municipio de Pitiquito, Sonora, se ha realizado un análisis del paisaje con el objetivo de identificar los elementos visuales y geomorfológicos que caracterizan el área del proyecto y su entorno terrestre, dominado por unidades de matorral desértico microfilo y mezquital xerófilo. Este análisis busca comprender las condiciones actuales del paisaje, la visibilidad de la modernización de la vía hacia una carretera Tipo D, la calidad visual del entorno y la capacidad del paisaje para absorber los cambios derivados del desarrollo de infraestructura de comunicaciones, considerando que la mayor parte de la obra se integra sobre el trazo de la brecha existente, sin generar impactos significativos fuera del derecho de vía proyectado.

La metodología empleada para esta evaluación se basó en los criterios técnicos señalados en la Guía para la Elaboración de Manifestaciones de Impacto Ambiental, considerando tres componentes principales: la visibilidad del paisaje, la calidad paisajística y la fragilidad del paisaje. Asimismo, se tomaron en cuenta factores territoriales identificados en la caracterización física del predio, como la fisiografía de la llanura sonorense y la geomorfología de lomeríos suaves, la vegetación nativa y la presencia de la infraestructura vial actual (camino Tipo E). La evaluación también integra el contexto cultural de la región, al ser la vía de acceso principal a la comunidad de la Nación Comcaac, lo que aporta un valor paisajístico vinculado a la identidad regional y al aprovechamiento sustentable del entorno.

Este análisis permite comprender que, si bien el área presenta una superficie de 12.7496 hectáreas, de las cuales 8.8085 hectáreas corresponden a vegetación forestal en proceso de evaluación para cambio de uso de suelo, el paisaje ya cuenta con una huella previa debido al camino existente. Esto determina una capacidad de carga visual que acepta la modernización de la infraestructura bajo criterios de integración armónica. Sin embargo, se reconoce la importancia de implementar medidas específicas que mitiguen y minimicen cualquier impacto visual derivado de la remoción de vegetación, asegurando que la nueva carretera Tipo D mantenga la continuidad estética y ambiental del contexto regional de Pitiquito.

A continuación, se presenta la evaluación del paisaje que incluye los análisis de visibilidad, calidad y fragilidad del paisaje, así como las conclusiones derivadas del estudio y las recomendaciones para la adecuada gestión y protección del entorno visual.

1. Visibilidad del paisaje

La visibilidad del paisaje en el área del proyecto de modernización del camino hacia El Desemboque de los Seris está determinada por las condiciones físicas de la Llanura Sonorense y los componentes bióticos que definen el alcance visual y el grado de percepción de la nueva infraestructura vial.

En primer lugar, es importante destacar que el terreno donde se desarrolla el proyecto se encuentra inmerso en una región de relieve predominantemente plano, con pendientes medias que oscilan entre el 2% y el 5%. A diferencia de zonas con topografía accidentada, la ausencia de elevaciones orográficas significativas en el derecho de vía y sus colindancias inmediatas permite una cuenca visual abierta. Sin embargo, esta amplitud se ve matizada por la horizontalidad del proyecto; al tratarse de una carretera cuya estructura principal (carpeta asfáltica y obras de drenaje) se mantiene a nivel de suelo o con sobreelevaciones mínimas para terraplenes, su proyección vertical es reducida, lo que limita su detectabilidad a largas distancias desde observadores externos.

Por otro lado, el tipo de vegetación dominante, correspondiente a matorral desértico microfilo y mezquital xerófilo, proporciona una cobertura que, aunque de altura moderada (estratos arbustivos y arbóreos bajos de *Prosopis spp.* y *Olneya tesota*), actúa como una barrera visual permeable que fragmenta la visibilidad directa del trazo desde puntos alejados. Esta vegetación atenúa la exposición de las obras de terracería y pavimentación sobre las 12.7496 hectáreas totales del proyecto, ayudando a integrar visualmente la franja de rodamiento con el entorno natural circundante.

Respecto a la infraestructura prevista para la carretera Tipo D, se debe señalar que los elementos con mayor potencial de visibilidad serán los señalamientos verticales y las obras de drenaje transversal. No obstante, estas estructuras poseen un volumen mínimo en comparación con la escala del paisaje desértico. Al integrarse sobre el trazo del camino Tipo E ya existente (que ocupa el diferencial de superficie no sujeto a cambio de uso de suelo), la percepción de la "nueva" construcción se diluye, ya que el observador local está habituado a la presencia de una franja de circulación en ese corredor. La transición de una brecha de suelo natural a una superficie pavimentada representa un cambio en la textura y color del paisaje (contraste de materiales), pero no una interrupción de los planos visuales amplios del horizonte.

Para el análisis de visibilidad en este entorno de llanura, se ha considerado que los puntos de observación críticos se ubican principalmente en los accesos a la comunidad de El Desemboque y en los límites del territorio de la Nación Comcaac. Dada la topografía plana, la visibilidad es mayormente lineal a lo largo del eje del camino, donde la vegetación a orillas del derecho de vía restringe la visibilidad lateral, confinando la experiencia paisajística al usuario de la vía.

Asimismo, es importante destacar que la modernización de la carretera se emplaza en una zona con presencia humana histórica y uso de suelo destinado a la comunicación terrestre. Por tanto,

la incorporación de pavimentos, cunetas y señalamientos no representa una ruptura del paisaje natural, sino una evolución técnica de una infraestructura preexistente. Esta modificación será percibida como una mejora funcional en el paisaje antropizado de la región, manteniendo la armonía con la escala horizontal característica del municipio de Pitiquito.

En términos de visibilidad lejana, las obras de modernización del proyecto no serán perceptibles desde las zonas de valor ecológico y paisajístico más importantes de la región, como las áreas núcleo de la reserva o los cuerpos de agua distantes del Golfo de California (a más de 10 km de distancia). Esto se debe a la horizontalidad del relieve de la Llanura Sonorense y a la presencia de la cobertura vegetal de matorral desértico y mezquital xerófilo, que actúan como un filtro visual natural, evitando que una infraestructura de nivel de suelo, como lo es la carretera Tipo D, sea distinguible desde puntos remotos.

Finalmente, se considera que la ausencia de edificaciones verticales o estructuras de gran altura, sumado a que la obra se desarrolla sobre una superficie total de 12.7496 hectáreas (donde una parte significativa ya corresponde al camino existente), hace que la visibilidad del proyecto se clasifique como baja. La integración de la nueva cinta asfáltica con el derecho de vía actual y el entorno de llanura asegura que la visibilidad del proyecto sea limitada predominantemente a los usuarios directos de la vía, resultando en un impacto visual reducido y armónico sobre el paisaje regional de Pitiquito y el territorio de la Nación Comcaac.

2. Calidad paisajística

La calidad paisajística del área donde se desarrolla el proyecto se caracteriza por una combinación de elementos naturales propios del desierto sonorense y la infraestructura vial existente, que en conjunto definen la percepción visual y estética del entorno inmediato, el fondo escénico y las características intrínsecas del sitio.

En cuanto a las características intrínsecas del sitio, el área del proyecto presenta una geomorfología dominada por la Llanura Sonorense, con un relieve predominantemente plano y pendientes suaves que oscilan entre el 2% y el 5%. Esta configuración genera una imagen del terreno de aspecto semiárido y horizontal, característica de la provincia fisiográfica de la Llanura Sonorense. La vegetación natural, está conformada principalmente por matorral desértico microfilo y mezquital xerófilo, destacando ejemplares de mezquite (*Prosopis spp.*), palo fierro (*Olneya tesota*) y diversas cactáceas. Esta cubierta vegetal imprime un carácter de paisaje resiliente y autóctono, típico de las regiones áridas del noroeste de México, proporcionando texturas y tonalidades ocres y verdosas que dominan la escena durante la mayor parte del año.

Respecto a la calidad visual del entorno inmediato, que corresponde al derecho de vía y un rango de observación cercano, es importante señalar que el proyecto se localiza sobre una superficie total de 12.7496 hectáreas, donde el trazo ya alberga la infraestructura del camino Tipo E actual. Esto significa que la percepción visual del área ya está influida por la presencia

de una franja de suelo perturbado, lo que reduce la naturalidad prístina del paisaje y le otorga un carácter de corredor de servicios. Por tanto, la transición a una carretera Tipo D pavimentada no representará una transformación radical ni disruptiva, sino que se integrará a un eje de comunicación ya establecido que ha modificado históricamente la continuidad del matorral en esa franja específica.

En el entorno más amplio, el paisaje se percibe como una matriz natural continua donde la actividad humana es mínima, exceptuando el flujo vehicular hacia la comunidad de El Desemboque de los Seris. El fondo escénico está dominado por la vastedad del horizonte desértico y, en ciertos tramos, por la silueta lejana de formaciones orográficas que enmarcan la llanura. Aunque este fondo posee un alto valor natural, la escala horizontal del proyecto (una carretera a nivel de suelo) permite que la infraestructura se "deposite" sobre el terreno sin fragmentar la visualización del horizonte ni competir con los elementos dominantes del relieve regional.

Cabe señalar que, aunque la región alberga zonas de alto valor biocultural vinculadas a la Nación Comcaac, la modernización de la vía se realiza optimizando el espacio ya impactado, lo que asegura que la calidad paisajística de las áreas forestales circundantes no se vea afectada visualmente. La presencia de la carretera es aceptada social y visualmente como un elemento funcional y necesario para la conectividad de la comunidad, integrándose al paisaje como un vínculo productivo y social.

Por lo anterior, se concluye que la calidad paisajística del área inmediata al proyecto es media, debido a la coexistencia de una matriz natural bien conservada con una infraestructura vial preexistente que ya ha definido el carácter del sitio como un corredor antropizado. En este sentido, el desarrollo del proyecto no implicará una ruptura visual importante, sino una mejora técnica en la textura y ordenamiento de la vía, por lo que el impacto sobre la calidad paisajística se valora como bajo.

3. Fragilidad del paisaje

La fragilidad del paisaje se refiere a la capacidad del entorno para absorber y adaptarse a los cambios derivados de las actividades humanas sin sufrir una alteración significativa en sus características visuales, estructurales y funcionales. Para evaluar la fragilidad del paisaje en el área de la carretera hacia El Desemboque de los Seris, se consideran factores biofísicos y morfológicos específicos de la zona del matorral desértico sonorense.

Desde una perspectiva biofísica, el área del proyecto está dominada por suelos de tipo Regosol éutrico, los cuales se distinguen por ser suelos poco desarrollados, de texturas medias a gruesas y con una alta susceptibilidad a la erosión hídrica y eólica una vez que se retira la cubierta vegetal. La vegetación de matorral desértico microfilo y mezquital xerófilo, posee una estructura que, aunque adaptada a la aridez, presenta una cobertura baja y una tasa de

regeneración lenta. Esta condición biofísica confiere al paisaje una fragilidad moderada, ya que la remoción de la vegetación forestal deja al descubierto suelos que requieren un manejo técnico estricto para evitar la degradación y la formación de cárcavas en las zonas adyacentes al derecho de vía.

Desde el punto de vista geomorfológico, el proyecto se sitúa en una zona de relieve plano a ligeramente ondulado, propia de la Llanura Sonorense. A diferencia de un sistema montañoso, la topografía plana favorece la estabilidad física del terreno, lo que reduce la fragilidad estructural ante los movimientos de tierra. Dado que el proyecto consiste en la modernización de una vía existente para alcanzar las especificaciones de una carretera Tipo D, las intervenciones de corte y terraplén serán de baja altura y se limitarán estrictamente a la franja necesaria para el ancho de corona y las obras de drenaje. Esto significa que el riesgo de un impacto irreversible al relieve es bajo, siempre que se garantice la continuidad de los escurrimientos naturales mediante las estructuras hidráulicas proyectadas.

Por otra parte, el área ya presenta un grado de intervención antropogénica debido a la existencia del camino Tipo E actual, el cual forma parte de la superficie total de 12.7496 hectáreas del proyecto. La presencia previa de esta franja de rodamiento reduce la fragilidad visual del paisaje, ya que el entorno ha sido transformado históricamente para fines de comunicación terrestre. La incorporación de pavimentos y señalamientos no se percibe como un elemento extraño, sino como una mejora de una infraestructura funcional ya establecida en el territorio de la Nación Comcaac. Esta "familiaridad" visual con el corredor vial aumenta la capacidad del paisaje para absorber los cambios técnicos de la modernización.

En cuanto a las zonas de valor ambiental y escénico vinculadas a la zona costera y los sitios sagrados de la comunidad Seri, aunque representan paisajes de mayor fragilidad por su valor cultural y ecológico, se encuentran fuera de la zona de influencia directa de las obras. La distancia y la horizontalidad del terreno actúan como factores que minimizan la propagación de impactos visuales negativos hacia el horizonte natural del municipio de Pitiquito, asegurando que la fragilidad de estos sitios no se vea comprometida por el desarrollo de la obra.

Al considerar la capacidad del paisaje para absorber cambios, se debe señalar que la integración de la carretera en una matriz de uso de suelo ya destinado al transporte otorga al paisaje una alta capacidad de aceptación del cambio. No obstante, se reconoce que la fragilidad del suelo en las áreas colindantes requerirá la implementación de medidas de mitigación específicas, tales como el control de escurrimientos mediante cunetas y contracunetas, así como la protección de taludes con material pétreo o vegetación nativa rescatada, para evitar procesos de erosión acelerada durante los 24 meses de construcción.

Por estas razones, se concluye que la fragilidad del paisaje en el área del proyecto es baja, debido a que la topografía plana y la existencia previa del camino mitigan significativamente la sensibilidad del entorno. Con la aplicación de los controles técnicos y las medidas de restauración para las áreas de cambio de uso de suelo, el proyecto se insertará de manera armónica en el paisaje desértico, manteniendo su funcionalidad y estética regional.

Conclusión

La evaluación del paisaje realizada para el proyecto de modernización del camino hacia El Desemboque de los Seris ha permitido analizar las características visuales, estructurales y funcionales del entorno. A partir de esta evaluación, se concluye que la visibilidad, calidad y fragilidad del paisaje presentan un contexto de intervención previa que permite un desarrollo controlado, asegurando la integración de la nueva infraestructura mediante la mitigación de los impactos potenciales.

En primer lugar, la visibilidad del paisaje es baja, determinada por la horizontalidad de la Llanura Sonorense y la cobertura de matorral desértico microfilo. A diferencia de proyectos con estructuras verticales, la carretera Tipo D se desarrolla a nivel de suelo, lo que limita su detección desde puntos remotos. Al utilizar una superficie total de 12.7496 hectáreas, donde el trazo ya alberga el camino Tipo E existente, la visibilidad de la obra se restringe principalmente a los usuarios de la vía, integrándose de forma natural en el corredor de servicios ya establecido en el territorio de la Nación Comcaac.

Respecto a la calidad paisajística, el área de influencia presenta un entorno semiárido dominado por mezquital xerófilo y llanuras de inundación. Aunque se reconoce el valor intrínseco de los elementos naturales del desierto sonorense, el paisaje inmediato al proyecto ya ha sido modificado por la brecha actual. Las zonas de mayor relevancia escénica o cultural se encuentran fuera del área de intervención directa; por lo tanto, la modernización de la superficie de rodamiento no representará un cambio sustancial en el carácter visual de la zona, sino una mejora técnica y estética que eliminará la dispersión de polvos, aportando mayor nitidez al paisaje atmosférico local.

En cuanto a la fragilidad del paisaje, se identificó que el área presenta suelos de tipo Regosol éutrico, los cuales son naturalmente vulnerables a la erosión hídrica y eólica. No obstante, al tratarse de un relieve plano (pendientes del 2% al 5%) y contar con una infraestructura vial preexistente, la capacidad del paisaje para absorber la modernización es alta. El proyecto compensará la remoción de la vegetación forestal mediante la implementación de medidas de control de escurrimientos, obras de drenaje transversal y programas de rescate de flora, evitando la degradación del suelo y manteniendo la integridad estructural del entorno.

Por lo tanto, se concluye que el paisaje en el área del proyecto presenta un nivel de estabilidad y antropización previa que permite la incorporación de la carretera Tipo D sin generar impactos paisajísticos severos. La viabilidad del proyecto está sujeta al cumplimiento de las medidas de mitigación y restauración previstas, asegurando que la infraestructura funcione como un elemento de conectividad armónico con la belleza natural y la identidad cultural de la región de Pitiquito y la comunidad de El Desemboque.

IV.4 Diagnóstico ambiental.

El presente diagnóstico constituye una síntesis objetiva de la condición actual del Sistema Ambiental Regional (SAR), integrando los hallazgos de la caracterización física, biótica y socioeconómica. Se analiza la "salud" del ecosistema y su aptitud para asimilar la modernización del camino hacia El Desemboque de los Seris.

IV.4.1 Síntesis del estado actual y grado de conservación

El diagnóstico del "Estado Cero" revela un Sistema Ambiental Regional (SAR) que se mantiene como una unidad funcional madura, característica de la provincia fisiográfica de la Llanura Sonorense. A pesar de la presencia histórica de una brecha de terracería (Tipo E), la estructura del ecosistema no presenta signos de colapso, sino una adaptación resiliente a las condiciones de aridez y a la presión antrópica moderada.

Calidad del ambiente y grado de conservación

La calidad ambiental del SAR se clasifica como **"**estable con deterioro lineal focalizado". La integridad del paisaje se conserva en más del 90% del área de influencia, mientras que el deterioro se restringe estrictamente al derecho de vía actual.

1. **Estado de la cubierta vegetal:** El sistema conserva una organización compleja con una densidad de 423.45 individuos por hectárea. El predominio de especies como *Larrea tridentata* (409 ejemplares registrados) y *Opuntia fulgida* (363 ejemplares) indica un estado sucesional clímax para el matorral xerófilo. De acuerdo con Mostacedo y Fredericksen (2000), la persistencia de estas densidades en un entorno con perturbación previa es un indicador de que el banco de semillas y la capacidad de regeneración del suelo permanecen intactos.

2. **Integridad hídrica y edáfica:** El suelo Regosol éutrico mantiene sus funciones de soporte, aunque presenta una vulnerabilidad crítica ante la erosión hídrica. La calidad del agua, con un 64% de aceptabilidad según los análisis realizados, confirma que el sistema de recarga del acuífero Arivaipa (2618) no ha sido contaminado por actividades externas, manteniendo su capacidad de sustentar los procesos vitales de la flora nativa.

Especies indicadoras de salud ambiental

Para validar de forma objetiva la salud del ecosistema, se han identificado especies cuya presencia y abundancia denotan la estabilidad de los nichos ecológicos:

- **Indicadores de integridad estructural:** La presencia de *Olneya tesota* (Palo Fierro) y *Prosopis glandulosa* (Mezquite costeño) funciona como "especies nodriza". Estas especies estabilizan el microclima y permiten el establecimiento de cactáceas menores. Como señalan Figueroa y Redondo-Gómez (2007), la permanencia de estas especies leñosas de lento crecimiento es la prueba más sólida de que el sistema no ha sufrido una sobreexplotación de sus recursos hídricos o bióticos.

- **Indicadores de biodiversidad animal:** La diversidad alfa calculada para aves y la similitud faunística regional del 77.8% (Índice de Sorensen) revelan que el SAR sigue funcionando como un corredor biológico activo. Según Magurran (2004), un valor de diversidad alfa superior a 1.5 en zonas áridas es indicativo de un ambiente con suficiente "redundancia funcional", donde las cadenas tróficas se mantienen operativas a pesar de la fragmentación lineal existente.

Diagnóstico de presión ambiental (El Factor de Estrés)

El principal factor de estrés identificado en el diagnóstico no proviene del cambio de uso de suelo propuesto, sino de la condición actual de la brecha. La emisión constante de polvos y la erosión descontrolada actúan como agentes de presión sobre la fisiología vegetal.

El sistema se encuentra en un umbral de conservación donde la modernización técnica se percibe como una oportunidad de restauración. Al consolidar el derecho de vía y controlar los escurrimientos, se detendrá el proceso de erosión lineal que actualmente degrada el Regosol, permitiendo que la "salud" ambiental identificada a través de las especies indicadoras se fortalezca tras la implementación de las medidas de mitigación y el rescate de la vegetación involucrada.

IV.4.2 Valoración de la Resistencia y Resiliencia

La evaluación de la "salud" del sistema ambiental regional requiere distinguir entre su capacidad para soportar presiones externas sin alterar su estructura (resistencia) y su aptitud para recuperar sus funciones originales tras una perturbación (resiliencia). El SAR analizado presenta un comportamiento diferenciado ante factores de estrés naturales y antrópicos.

Resistencia al estrés climático y fisiológico

El sistema regional demuestra una notable resistencia ante las condiciones limitantes de la Llanura Sonorense, caracterizadas por estrés térmico y aridez extrema.

- **Mecanismos de Autorregulación:** La comunidad de matorral ha desarrollado una arquitectura biótica que le permite mantener una cobertura del 11.0% y una densidad de 423.45 individuos/ha incluso bajo pulsos de sequía prolongada.

- **Estabilidad de Especies Clave:** La dominancia de *Larrea tridentata* y *Opuntia fulgida* actúa como un amortiguador térmico que protege la microbiota del suelo. Como señalan Mostacedo y Fredericksen (2000), esta resistencia estructural es un indicador de un ecosistema en estado clímax que ha optimizado el uso de recursos escasos para mantener su biomasa y su capacidad de generación de oxígeno.

Resiliencia ante la fragmentación y cambios de uso de suelo

La resiliencia del SAR se analiza en función de su capacidad para asimilar la infraestructura existente y la proyectada sin transitar hacia un estado de degradación irreversible.

- **Conectividad y Redundancia Funcional:** El índice de similitud de Sorensen (Is = 77.8%) entre el área del proyecto y la Cuenca Hidrográfica sugiere que el sistema posee una alta resiliencia ante la fragmentación lineal. Esta cifra indica que el ecosistema ha mantenido el flujo genético y de especies a pesar de la brecha de terracería actual. Según Magurran (2004), la diversidad alfa registrada proporciona una "redundancia funcional", donde múltiples especies pueden cumplir roles ecológicos similares, asegurando la permanencia de los procesos vitales tras una perturbación moderada.

- **Umbrales Críticos de Respuesta:** No obstante, la resiliencia es limitada ante procesos erosivos acelerados. En los suelos Regosoles éutricos del área, la remoción de la capa vegetal expone al sustrato a una pérdida de horizontes que, en zonas áridas, es prácticamente irreversible a escalas de tiempo humanas. De acuerdo con Wischmeier y Smith (1978), la regeneración edáfica en estos entornos es extremadamente lenta, lo que define al suelo como el componente más vulnerable del diagnóstico.

Respuesta ante Causas de Estrés (Presión Ambiental)

Se diferencian las respuestas del sistema ante los dos principales agentes de presión identificados:

1. **Presión por polvos y sedimentación (Estado Actual):** El sistema presenta una resiliencia moderada; la vegetación sobrevive al estrés fisiológico del polvo, pero reduce su productividad primaria neta.

2. **Presión por cambio de uso de suelo (Proyecto):** La respuesta del sistema será positiva a largo plazo, ya que la modernización técnica elimina el factor de estrés de la erosión

hídrica descontrolada. La implementación de medidas de rescate y la reforestación programada para alcanzar coberturas del 80 al 100% potenciarán la resiliencia biótica, permitiendo que el sistema alcance un nuevo estado de equilibrio superior al actual (Figueroa y Redondo-Gómez, 2007).

IV.4.3 Identificación de Áreas Críticas y Vulnerabilidad

El diagnóstico ambiental concluye con la delimitación de zonas que, por sus características intrínsecas o su estado actual de conservación, presentan una mayor susceptibilidad a sufrir alteraciones ante las acciones del proyecto. Este análisis se sustenta en la integración de datos de campo y la interpretación de la dinámica sistémica regional.

Zonas de alta vulnerabilidad física

La vulnerabilidad física se concentra en los sitios donde la estabilidad del terreno depende de la integridad de la cobertura vegetal y la continuidad de los flujos hídricos.

1. **Sistemas de drenaje y cruces de arroyos:** Se han identificado puntos críticos en las intersecciones con cauces de escurrimiento temporal. En estas áreas, el suelo Regosol éutrico es altamente propenso a la formación de cárcavas. La remoción de vegetación, de no acompañarse con obras de drenaje técnico, podría exacerbar las tasas de erosión hídrica durante los eventos monzónicos. Según Wischmeier y Smith (1978), la pérdida de suelo en estas pendientes (2% al 5%) puede comprometer la capacidad de soporte de la infraestructura y degradar la calidad de los sitios de infiltración.

2. **Zonas de inestabilidad edáfica:** Las áreas con mayor densidad de cactáceas de gran porte funcionan como estabilizadores naturales del sustrato. La identificación georreferenciada de estas zonas permite aplicar protocolos de rescate específicos para evitar la degradación del horizonte orgánico.

Ecosistemas frágiles y vegetación amenazada

Dentro del SAR, se distinguen comunidades vegetales que, por su dificultad de regeneración o su papel en el mantenimiento del equilibrio biótico, requieren una gestión prioritaria.

1. **Mezquital Xerófilo (*Prosopis glandulosa*):** Este ecosistema se identifica como el componente más frágil debido a su función en la captura de carbono y la regulación del nitrógeno en el suelo. La fragmentación lineal por la brecha actual es el principal punto crítico identificado. De acuerdo con Figueroa y Redondo-Gómez (2007), el mezquital

actúa como un sumidero de carbono esencial que, ante un cambio de uso de suelo mal gestionado, puede perder su capacidad de proveer servicios ambientales de regulación térmica.

2. **Hábitats de especies protegidas:** Las áreas de distribución de *Olneya tesota* (Palo Fierro) se consideran de alta sensibilidad ambiental por su estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Estas "islas de recursos" presentan una regeneración lenta y son fundamentales para la salud de las poblaciones de aves y reptiles identificadas.

Vulnerabilidad social y escenarios de riesgo

La vulnerabilidad no es solo ecológica, sino que se manifiesta en la exposición de la población de la Nación Comcaac ante eventos extremos.

- **Aislamiento Funcional:** Los datos del Censo 2020 (INEGI) confirman que la localidad de El Desemboque de los Seris padece una vulnerabilidad crítica por marginación y falta de accesibilidad. El escenario de riesgo actual indica que, ante fenómenos hidrometeorológicos (monzones), la brecha de terracería se vuelve intransitable, aislando a la población de los servicios de emergencia y suministros básicos.

- **Resiliencia Comunitaria:** La modernización del camino se fundamenta como una medida de reducción de riesgo social. Al elevar la resiliencia de la infraestructura, se abate el índice de vulnerabilidad por aislamiento, garantizando que el desarrollo económico pesquero y artesanal de la comunidad no sea interrumpido por las variaciones climáticas estacionales (INEGI, 2020).

IV.4.4 Índice de Vulnerabilidad y Escenarios de Riesgo

El diagnóstico concluye con la estimación del índice de vulnerabilidad, herramienta que permite jerarquizar la sensibilidad del sitio frente a disturbios naturales y antrópicos. Para este proyecto, se ha determinado un Índice de Vulnerabilidad Moderado-Bajo, resultado del balance entre la fragilidad física del terreno y la alta capacidad de respuesta (resiliencia) de la estructura biótica.

Jerarquización de variables de vulnerabilidad

La determinación del índice se basó en el análisis de las siguientes variables críticas documentadas en el SAR:

1. **Eventos climático-meteorológicos (Riesgo Alto):** La región está sujeta a avenidas

torrenciales estacionales (monzones). La vulnerabilidad hidrológica es elevada debido a la rapidez de respuesta de las microcuencas. Sin una infraestructura adecuada, estos eventos provocan el corte de la comunicación y la erosión severa de las márgenes del camino.

2. **Biodiversidad y valor de conservación (riesgo moderado):** La alta riqueza de especies identificada eleva el valor de conservación del sitio. Sin embargo, esta misma biodiversidad actúa como un factor de reducción de vulnerabilidad a largo plazo, ya que la complejidad del ecosistema facilita la recuperación de los servicios ambientales si se aplican correctamente las medidas de rescate y reubicación de flora y fauna (Magurran, 2004).

3. **Geoformas y suelos (riesgo moderado):** La presencia de suelos Regosoles éutricos en llanuras con pendientes del 2% al 5% representa una vulnerabilidad física intrínseca. La susceptibilidad a la erosión hídrica es el principal factor de riesgo para la estabilidad de la obra y la integridad del hábitat colindante (Wischmeier & Smith, 1978).

4. **Marginación y asentamientos humanos (riesgo alto):** De acuerdo con el Censo 2020 (INEGI), la vulnerabilidad social por aislamiento es crítica. La falta de una vía resiliente ante desastres naturales incrementa el riesgo para la seguridad de la población de El Desemboque de los Seris.

Pronóstico de Escenarios de Riesgo-Disturbio

La modelación de escenarios permite contrastar el futuro del Sistema Ambiental Regional bajo dos condiciones opuestas:

- **Escenario Sin Proyecto (Deterioro Progresivo):** En ausencia de la modernización, la tendencia es hacia la degradación acumulativa. La brecha continuará siendo un foco de erosión hídrica y sedimentación eólica. El "efecto de borde" negativo se ampliará debido a la dispersión de polvos que estresan la fisiología de las especies indicadoras. Socialmente, el riesgo de aislamiento ante emergencias médicas o desastres naturales se mantiene latente, perpetuando las condiciones de marginación (INEGI, 2020).

- **Escenario Con Proyecto (Estabilización Ambiental y Restauración):** Con la ejecución de la obra, el escenario evoluciona hacia una estabilidad técnica. La pavimentación y el drenaje dirigido eliminan los factores de presión (polvo y erosión). Este escenario promueve acciones de restauración de ecosistemas, donde la meta es recuperar la cobertura vegetal en un estándar del 80-100% en las áreas de recuperación. Como indican Figueroa y Redondo-Gómez (2007), la reducción del estrés ambiental y la mejora en la infraestructura vial permiten que el sistema recupere su funcionalidad hídrica y su capacidad de captura de carbono, reduciendo el riesgo global del SAR.

Conclusión del Diagnóstico de Riesgo: El proyecto se define como una acción de reducción de vulnerabilidad. Al desplazar la infraestructura de una condición de "brecha vulnerable" a una "carretera resiliente", se abate el riesgo ambiental y social, transformando un área en proceso de deterioro lineal en un corredor de conectividad ecológica y humana segura.

V. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.

V.1 Identificación de impactos.

V.1.1 Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales.

El Sistema Ambiental Regional (SAR) delimitado en el Capítulo IV de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad regional (MIA-R), constituye la unidad de análisis para identificar y valorar las posibles alteraciones a la estructura y funciones ambientales asociadas a la ejecución del proyecto de modernización del camino en el tramo evaluado. En este contexto, el Capítulo V aplica un enfoque metodológico orientado a reconocer, de manera sistemática y trazable, las interacciones entre las obras y actividades del proyecto y los componentes y factores ambientales representativos del SAR.

El análisis de impactos ambientales se fundamenta en comparar las condiciones ambientales previstas para el área de influencia del proyecto bajo dos escenarios: i) el escenario sin proyecto (línea base o “cero”), que representa la evolución esperada del medio bajo la permanencia de las condiciones actuales, incluyendo la existencia de la terracería y el patrón de uso y tránsito vigente; y ii) el escenario con proyecto, que incorpora las modificaciones inducidas por las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, así como las actividades de abandono o cierre que, en su caso, correspondan. Esta aproximación permite identificar cambios atribuibles al proyecto, distinguiendo entre efectos temporales y permanentes, directos e indirectos, así como aquellos que pueden ser prevenidos, mitigados o compensados mediante medidas de manejo ambiental.

En la figura inferior se presenta el esquema metodológico adoptado para la identificación y evaluación de impactos ambientales. La fase de identificación parte de listas de verificación de obras y actividades por etapa y de listas de verificación de factores ambientales del SAR (ambiente físico, biológico y socioeconómico), a partir de las cuales se determinan las interacciones potenciales. Dichas interacciones se organizan y sistematizan mediante una matriz tipo Leopold, estructurada por etapas del proyecto y actividades específicas, frente a los factores y subfactores ambientales seleccionados. En la fase de evaluación, las interacciones identificadas se valoran mediante criterios e índices ambientales de magnitud e importancia, asignando signo conforme al sentido del impacto (adverso o benéfico), para posteriormente ponderar resultados, cribar impactos relevantes y jerarquizar su importancia relativa. Los apartados subsecuentes desarrollan con mayor detalle las fases del procedimiento, incluyendo la caracterización de impactos, así como la identificación de efectos residuales y acumulativos en el SAR asociados a la ejecución del proyecto.

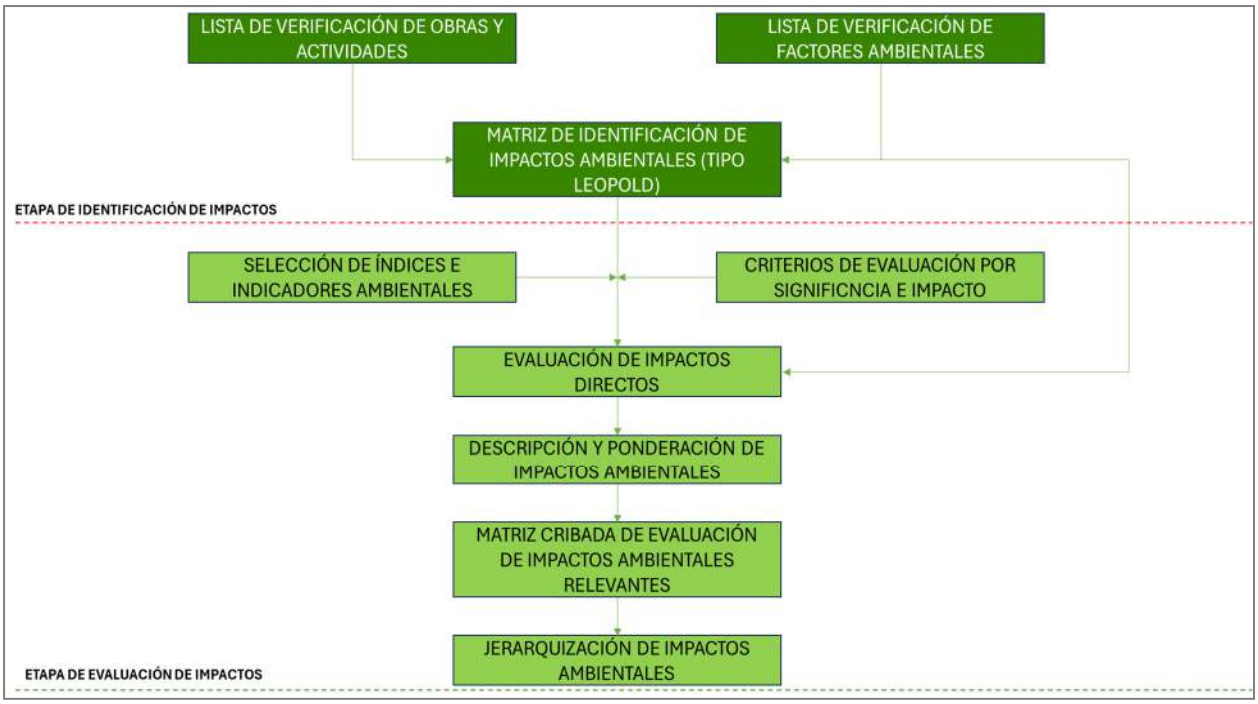


Figura V. 1. Diagrama metodológico propuesto para la identificación y evaluación de los impactos ambientales derivado de las interacciones entre los factores involucrados y las obras y actividades del Proyecto.

V.1.2 Identificación de las obras y actividades del Proyecto susceptibles de producir impactos ambientales.

En esta etapa metodológica se identificaron las obras y actividades con potencial de interacción ambiental a lo largo del ciclo de vida del proyecto, considerando las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, y abandono o cierre. Para ello, se integraron listas de verificación que permiten ordenar y documentar, de manera consistente, las acciones que pueden inducir cambios sobre los componentes del SAR, ya sea por modificación directa del sitio (por ejemplo, remoción de vegetación y suelo superficial, movimientos de tierra, conformación de terraplenes y obras de drenaje), por la operación de maquinaria y el tránsito asociado (generación de polvos, ruido y vibraciones), o por actividades de apoyo (acopios temporales, manejo de residuos y aguas residuales, transporte de materiales e insumos).

Como resultado, se consolidó un inventario de 27 obras y actividades distribuidas por etapa: tres correspondientes a la preparación del sitio, once a la construcción, nueve a la operación y mantenimiento, y cuatro a la etapa de abandono. Estas listas constituyen la base para la matriz de interacción tipo Leopold, al definir el eje de actividades del proyecto, y permiten además asegurar que la evaluación posterior de impactos sea reproducible y comparable entre etapas. El conjunto de obras y actividades identificadas, así como una descripción sintética de sus

alcances representativos, se presenta en la Tabla siguiente.

V.1.3 Identificación de los componentes y factores del entorno ambiental susceptibles de recibir impactos.Principio del formulario

Una vez determinadas las obras y actividades a desarrollar por el Proyecto, se determinaron redes de interacción causa efecto entre las obras y actividades sobre los componentes y factores ambientales susceptibles de ser alterados, tal como se ejemplifica en la Figura V.2. Los componentes, rubros y atributos ambientales son enlistados en la Tabla V.2 y corresponden al ambiente físico (atmósfera, geología, Agua superficial y subterránea, suelo, Calidad del agua), ambiente biológico (flora y fauna terrestre, Fauna acuática, Flora acuática), Paisaje, Ambiente socioeconómico (población, servicios, economía) y gestión ambiental.

Tabla V. 1. Listado de actividades del proyecto por etapas.

ETAPA	OBRA O ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
PREPARACIÓN DEL SITIO	Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.)	Actividades previas al arranque formal de obra: levantamientos y verificación en campo, instalación temporal de campamento(s) o áreas de apoyo (si aplica), movilización de maquinaria, herramientas e insumos, señalización preventiva inicial y habilitación logística de frentes de trabajo.
	CUSTF Desmonte y despalme de predio	Retiro de vegetación y remoción de la capa superficial del suelo en las áreas estrictamente necesarias para el desplante del camino, obras asociadas y áreas de maniobra autorizadas, con delimitación previa y manejo de material vegetal y suelo conforme a medidas de control.
	Acciones de manejo ambiental (manejo de residuos, rescate flora y fauna, suelo, etc.)	Implementación de medidas preventivas y de control durante la obra: rescate y reubicación de ejemplares, protección de suelo y control de erosión, manejo integral de residuos, control de emisiones de polvo, control de derrames y atención a contingencias ambientales.
CONSTRUCCIÓN	Terracerías y camino de acceso	Conformación y/o rehabilitación de terracerías, habilitación de accesos y caminos de servicio temporales, perfilado, nivelación, compactación y acondicionamiento de superficie para tránsito de maquinaria y suministro de materiales.
	Corte y excavaciones	Excavación de material en puntos requeridos por el trazo y rasante, cortes para ajuste geométrico, excavaciones para cimentación de estructuras menores y obras de drenaje; incluye carga, transporte y disposición/acomodo de material producto de excavación.
	Construcción del cuerpo del terraplén	Integración del terraplén mediante suministro, extendido, humectación y compactación de material; conformación de capas y taludes conforme a secciones de proyecto, incluyendo control de calidad de compactación y estabilidad.
	Colocación de pavimento (concreto hidraúlico)	Construcción de la superficie de rodamiento con concreto hidráulico: preparación de subbase/base, colado, acabado, curado y juntas, conforme a especificaciones, incluyendo control de calidad de materiales y resistencia.
	Construcción de obras complementarias (obras de drenaje, bordillos, lavaderos)	Ejecución de elementos auxiliares del camino, principalmente obras de drenaje (alcantarillas, cunetas, vados, bajantes u otras), así como estructuras menores de conducción y protección contra erosión asociadas al manejo de escurrimientos.
	Colocación de señalamientos	Instalación de señalización horizontal y vertical, dispositivos de seguridad vial y elementos de advertencia; incluye

		balizamiento, postes, letreros y elementos reflectantes conforme a normativa aplicable.
	Acopio temporal y manejo de residuos.	Establecimiento de zonas de acopio temporal para residuos y materiales, segregación, almacenamiento seguro, recolección, transporte y disposición final mediante prestadores autorizados; incluye bitácoras y evidencia de manejo.
	Manejo de aguas residuales.	Manejo de aguas residuales generadas por personal y actividades de apoyo: sanitarios (portátiles), recolección, confinamiento temporal y disposición mediante empresas autorizadas; prevención de descargas al suelo o cuerpos receptores.
	Transporte de materiales, equipos e insumos.	Logística de suministro: traslado de agregados, cemento, materiales de obra, equipo y consumibles hacia frentes de trabajo; incluye carga/descarga, rutas internas y control de derrames o pérdidas de material.
	Transporte de personal	Movilización de trabajadores hacia y entre frentes de obra, mediante vehículos de transporte; incluye organización de rutas/horarios y control de seguridad y señalización temporal en zonas de tránsito.
	Retiro de obra	Desmontaje y retiro de instalaciones temporales, equipo menor, señalización provisional y materiales sobrantes; limpieza de frentes y áreas de apoyo, y disposición adecuada de residuos remanentes.
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Tránsito de vehículos	Circulación de vehículos de usuarios en la vía durante la etapa operativa; incluye incremento de flujo respecto a condiciones actuales.
	Mantenimiento de cuerpo carretero	Conservación rutinaria y correctiva de la estructura del camino: bacheo, reparación de losas (si aplica), limpieza de superficie, reparación de cunetas y elementos asociados, con acciones localizadas y temporales.
	Mantenimiento de señalizaciones	Reposición y mantenimiento de señalamiento horizontal/vertical y dispositivos de seguridad: repintado, sustitución de postes/letreros y limpieza/rehabilitación de elementos reflectantes.
	Desazolve de estructuras de drenaje	Limpieza y retiro de sedimentos/obstrucciones en alcantarillas, cunetas, vados y otras estructuras de drenaje para restituir su capacidad hidráulica; incluye manejo del material extraído.
	Transporte de personal	Movilización del personal encargado de actividades de mantenimiento y verificación, hacia los puntos de intervención programados o por atención a incidencias.
	Transporte de materiales e insumos	Traslado de materiales de mantenimiento (mezclas, concreto, agregados, señalamiento, refacciones) y herramientas hacia el sitio de intervención.
	Acopio temporal y manejo de residuos	Manejo de residuos generados por actividades de mantenimiento (material de desazolve, residuos de reparación, empaques, residuos sólidos urbanos), con acopios temporales controlados y disposición final.
	Manejo de aguas residuales	Manejo de aguas residuales asociadas a personal de mantenimiento en campo (si aplica), mediante sanitarios portátiles, evitando descargas al ambiente.
	Mantenimiento de infraestructura cada 5 años.	Conservación mayor programada: intervenciones periódicas de mayor alcance (rehabilitación de tramos, reposición de elementos, reparaciones estructurales localizadas), con duración limitada y control ambiental específico.
ABANDONO	Retiro de instalaciones y limpieza	Desmantelamiento y retiro de la obra construida (elementos del camino y obras asociadas que se determinen para cierre), incluyendo demolición/retiro de materiales, carga y transporte a sitios autorizados, limpieza final del área intervenida y

		disposición adecuada de residuos de construcción y demolición, evitando afectaciones al suelo y al drenaje natural.
	Estabilización de terrenos y escorrentías locales	Estabilización física del terreno posterior al retiro de la obra para prevenir erosión y procesos de inestabilidad: reconformación de superficies, perfilado de taludes, eliminación de discontinuidades, y ejecución de obras de control de escorrentía (canalizaciones menores, disipación de energía, bordos, estructuras de retención de sedimentos) conforme a condiciones locales.
	Restauración ecológica	Recuperación de la cobertura vegetal en áreas afectadas por el retiro de la obra, mediante revegetación con especies compatibles con el sitio (y/o facilitación de regeneración natural), acondicionamiento del sustrato, y obras complementarias de control de erosión y retención de humedad que favorezcan el establecimiento vegetal.
	Monitoreo posterior al cierre	Seguimiento posterior a la ejecución del cierre para verificar la estabilidad del terreno (erosión, cárcavas, asentamientos), el comportamiento de escurrimientos en temporada de lluvias, y la efectividad de la restauración biológica (cobertura/supervivencia), incluyendo acciones correctivas si se detectan desviaciones respecto a los objetivos de cierre.

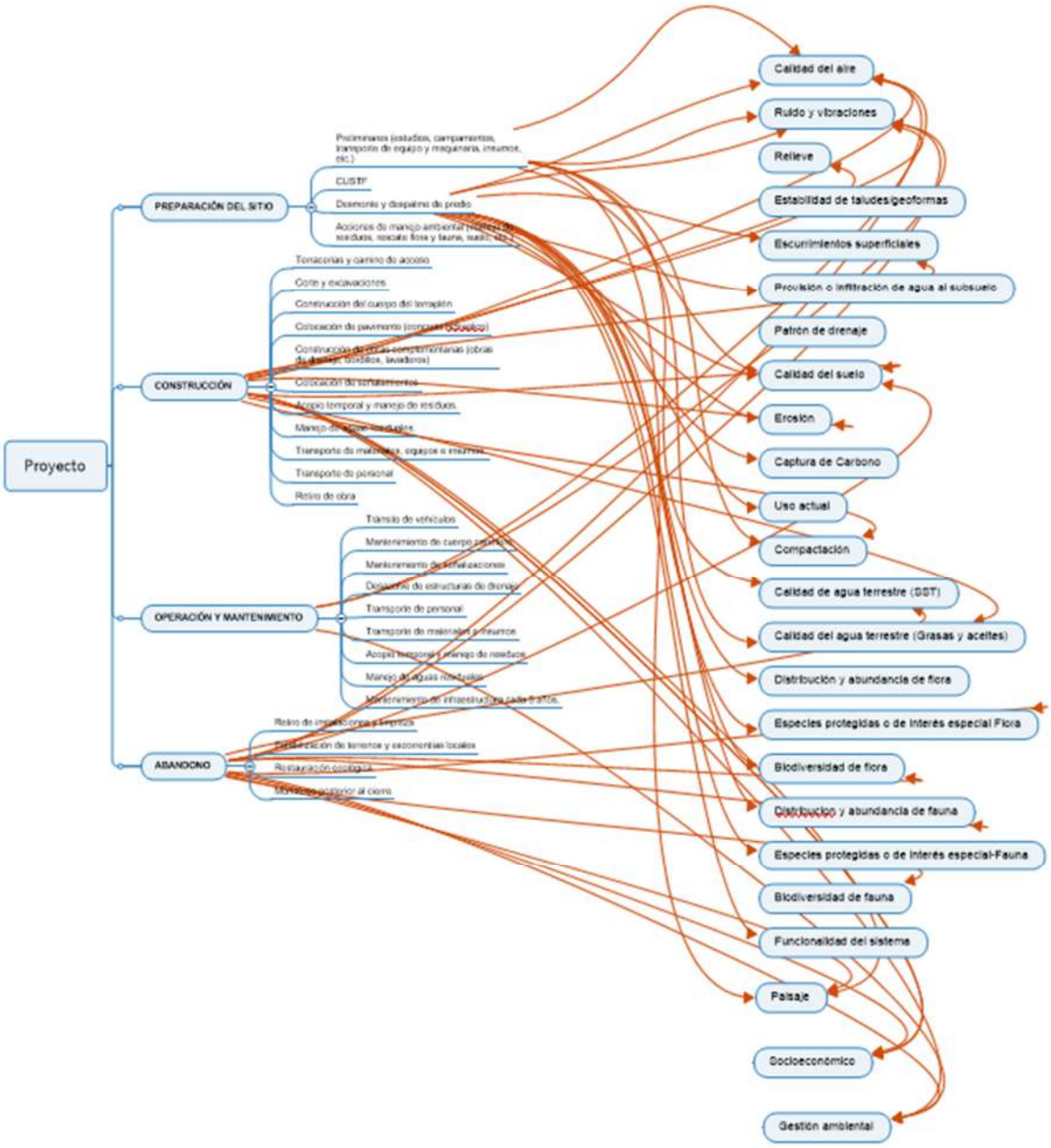


Figura V. 2. Ejemplificación de las redes de interacción entre obras y actividades del Proyecto para sus diferentes etapas y los componentes y factores ambientales.

Tabla V. 2. Componentes del sistema ambiental del proyecto.

Ambiente	Rubro ambiental	Atributo / Cualidad
Ambiente físico	Atmósfera	Calidad del aire
		Ruido y vibraciones
	Geología	Relieve
		Estabilidad de taludes/geoformas
	Agua superficial y subterránea	Escurrimientos superficiales
		Provisión o infiltración de agua al subsuelo
		Patrón de drenaje
	Suelo	Calidad del suelo
		Erosión
		Captura de Carbono
		Uso actual
		Compactación
	Calidad del agua	Calidad de agua terrestre (SST)
		Calidad del agua terrestre (Grasas y aceites)
Ambiente biológico	Flora y fauna terrestre	Distribución y abundancia de flora
		Especies protegidas o de interés especial Flora
		Biodiversidad de flora
		Distribución y abundancia de fauna
		Especies protegidas o de interés especial-Fauna
		Biodiversidad de fauna
		Funcionalidad del sistema
	Fauna acuática	Distribución y abundancia del plancton
		Biota bentónica
		Especies nectónicas
		Especies protegidas y de interés especial
	Flora acuática	Flora acuática
Paisaje		Visibilidad
		Calidad paisajística
		Fragilidad visual
Ambiente socio-económico	Población	Demografía y migración
		Actividades recreativas y culturales
		Calidad de vida
	Servicio	Servicios e infraestructura
		Vialidades y acceso
		Interacción de las comunidades
	Economía	Economía regional
		Empleo y mano de obra
		Actividades productivas
		Valor catastral
Gestión ambiental		Normatividad ambiental
		Manejo y administración del riesgo ambiental
		Seguimiento ambiental del proyecto

V.1.4 Identificación de las interacciones Proyecto-entorno

Para complementar la identificación de interacciones se empleó la técnica de matrices (matrices de interacción), la cual permite identificar de forma gráfica y en una tabla, las afectaciones negativas y positivas que generará el Proyecto, así como la etapa en que más se generarán; esto permite, además, la cuantificación de las actividades que provocarán con mayor recurrencia cada impacto identificado.

V.1.4.1 Matrices de interacción

En la siguiente tabla se presenta la matriz de identificación de interacciones, en donde se determinaron las relaciones del Proyecto–entorno, desglosando el Proyecto en etapas y acciones, y el medio en componentes y factores. Para efectos de interpretación las interacciones negativas se identifican con colores diferentes según la etapa donde se presenten.

Para la identificación de impactos, se diseñó una matriz de interacción basada en la Matriz de Leopold y adaptada a las condiciones particulares del proyecto, en la cual se correlaciona las actividades que se realizarán durante las diferentes etapas del proyecto, con los atributos ambientales; en la que cada intersección de columna y renglón determina el impacto que tiene posibilidad de ocurrir en las diferentes etapas del proyecto. Para el llenado de la matriz de identificación de impactos, se empleó la siguiente simbología:

- A = Adverso significativo, cuando el impacto sobre el factor incide en forma negativa o lo puede modificar durante un lapso de tiempo prolongado.

- a = Adverso poco significativo, cuando el factor incide en forma negativa, pero la alteración no se manifiesta en gran medida.

- B = Benéfico significativo, en el caso en que la actividad prevista forma parte de una acción positiva o sus efectos repercuten sobre una acción positiva.

- b = Benéfico poco significativo, cuando la actividad dentro de la obra, beneficia de alguna manera al medio.

Las celdas vacías representan ausencia de interacción entre las obras o actividades y los componentes y factores (atributos) asociados al Proyecto.

Los resultados de la matriz generada se pueden consultar en la Tabla V.3, Tabla V.4 y Tabla

V.5 que se resumen a continuación. Se identificaron un total de 267 interacciones para el Proyecto, repartidas de la siguiente manera: 59 para la etapa de preparación del sitio, 106 para la etapa de construcción, 44 para etapa de operación y mantenimiento y 58 para la etapa de abandono. Las etapas de preparación del sitio y construcción representan el 61.80% de los impactos, la etapa de operación y mantenimiento el 16.48% y la etapa de abandono el 21.72%.

La valoración de significancia gruesa para el Proyecto se resume a continuación. Se contabilizaron 103 interacciones categorizadas como valores “a” (adversos poco significativos) que representan el 38.58% del total, 3 interacciones “A” (adversos significativos) que representan el 1.12% del total, 141 interacciones “b” (benéfico poco significativo) que representan el 52.81% del total y 20 interacciones “B” (benéfico significativo) que representan el 7.49% del total de interacciones.

Tabla V. 3. Matriz de identificación de interacciones donde se determinaron las relaciones Proyecto-entrono para las etapas de preparación del sitio y construcción.

			Preparacion del sitio			Construccion										
			Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.)	CUSTF Desmonte y despalme de predio	Acciones de manejo ambiental (manejo de residuos, rescate flora y fauna, suelo, etc.)	Terracerias y camino de acceso	Corte y excavaciones	Construcción del cuerpo del terraplén	Colocación de pavimento (concreto hidraulico)	Construcción de obras complementarias (obras de drenaje, bordillos, lavaderos)	Colocación de señalamientos	Acopio temporal y manejo de residuos.	Manejo de aguas residuales.	Transporte de materiales, equipos e insumos.	Transporte de personal	Retiro de obra
Ambiente físico	Atmósfera	Calidad del aire	a	a	b	a	a	a	a	a	a	b	b	a	a	b
		Ruido y vibraciones	a	a	b	a	a	a	a	a				a	a	b
	Geología	Relieve				a	a	a	a							
		Estabilidad de taludes/geoformas					a	a	a							
	Agua superficial y subterranea	Escurrimientos superficiales		a	b	a		a	a	b						
		Provisión o infiltración de agua al subsuelo		a	b	a	a	a	a	b						
		Patrón de drenaje						a	a	b						
	Suelo	Calidad del suelo	a	a	b	a	a	a				b	b	a		b
		Erosión		a	b											
		Captura de carbono		a	b											
		Uso actual		a												
		Compactación	a	a	b	a	a	a	a	a						b
	Calidad del agua	Calidad de agua terrestre (SST)	a	a	b	a	a	a				b	b			
		Calidad del agua terrestre (Grasas y aceites)	a	a	b	a	a	a	a	a		b				b
Ambiente biológico	Flora y Fauna terrestre	Distribución y abundancia Flora		a	b											
		Especies protegidas o de interés especial Flora		a	b											
		Biodiversidad Flora		a	b											
		Distribucion y abundancia Fauna		a	b	a			a							
		Especies protegidas o de interés especial-Fauna		a	b											
		Biodiversidad Fauna		a	b											
		Funcionalidad del sistema		a	b											
	Fauna acuatica	Distribución y abundancia plancton														
		Biota bentonica														
		Especies nectónicas														
		Especies protegidas y de interés especial														
	Flora acuatica	Flora acuática														
Paisaje		Visibilidad														
		Calidad paisajística	a	a	b	a	a	a	a	a		b	b			b
		Fragilidad visual	a	a	b											
Ambiente socioeconómico	Población	Demografía y migración	b			b	b	b	b	b						b
		Actividades recreativas y culturales														
		Calidad de vida				a	b	b	b		b			a	a	
	Servicio	Servicios e infraestructura	b	b		b	b	b	b	b						
		Vialidades y acceso				b		b	b							
		Interacción de las comunidades	b		b	b			b							
	Economía	Economía regional							b							
		Empleo y mano de obra	b	b	b	b	b	B	B	b						
		Actividades productivas														
		Valor Catastral		b												
Gestión ambiental		Normatividad ambiental		B	B							B	B			
		Administración del riesgo ambiental														
		Seguimiento ambiental del proyecto			B							B	B			

Tabla V. 4. Matriz de identificación de interacciones donde se determinaron las relaciones Proyecto-entrono para las etapas de operación y mantenimiento y, abandono.

			Operación y mantenimiento									Abandono			
			Tránsito de vehículos	Mantenimiento de cuerpo carretero	Mantenimiento de señalizaciones	Desazolve de estructuras de drenaje	Transporte de personal	Transporte de materiales e insumos	Acopio temporal y manejo de residuos.	Manejo de aguas residuales.	Mantenimiento de infraestructura cada 5 años.	Retiro de instalaciones y limpieza	Estabilización de terreros y escorrentías locales	Restauración biológica	Monitoreo posterior al cierre
Ambiente físico	Atmósfera	Calidad del aire	a	a								b			
		Ruido y vibraciones	a	a			a	a			a	b	a		
	Geología	Relieve										b	b		
		Estabilidad de taludes/geoformas										b	b	b	
	Agua superficial y subterranea	Escurrimientos superficiales										b	b	b	
		Provisión o infiltración de agua al subsuelo										b	b	b	
		Patrón de drenaje										b			
	Suelo	Calidad del suelo							b	b	a	b		b	
		Erosión											b	b	
		Captura de carbono												b	
		Uso actual													
		Compactación										b			
	Calidad del agua	Calidad de agua terrestre (SST)				b			b		b	b	b	b	b
		Calidad del agua terrestre (Grasas y aceites)		a	a				b		b				
Ambiente biológico	Flora y Fauna terrestre	Distribución y abundancia Flora										b		b	b
		Especies protegidas o de interés especial Flora										b		b	b
		Biodiversidad Flora										b			b
		Distribucion y abundancia Fauna												b	
		Especies protegidas o de interés especial-Fauna													
		Biodiversidad Fauna													b
		Funcionalidad del sistema										b	b	b	b
	Fauna acuatica	Distribución y abundancia plancton													
		Biota bentonica													
		Especies nectónicas													
		Especies protegidas y de interés especial													
	Flora acuatica	Flora acuática													
Paisaje		Visibilidad													
		Calidad paisajística	a	a							b	b	b	B	
		Fragilidad visual										b		b	
Ambiente socioeconómico	Población	Demografía y migración													
		Actividades recreativas y culturales													
		Calidad de vida	b	b	b	b					b	a		b	
	Servicio	Servicios e infraestructura	b								b	a			
		Vialidades y acceso	b	b	b	b					b	a			
		Interacción de las comunidades	b	b							b	a			
	Economía	Economía regional	B	b		b						A			
		Empleo y mano de obra	B	b								A			
		Actividades productivas	B								b	A			
		Valor Catastral													
Gestión ambiental		Normatividad ambiental							B					B	B
		Administración del riesgo ambiental										b			
		Seguimiento ambiental del proyecto							B			B	B	B	

Tabla V. 5. Resumen de la matriz de identificación de interacciones donde se determinaron las relaciones Proyecto-entrono para las etapas del Proyecto.

RESUMEN DE LA IDENTIFICACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

Por componente de la etapa	a	8	20	0	12	10	12	11	5	1	0	0	4	3	0	3	4	1	0	1	1	0	0	2	4	1	0	0	103
	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3
	b	4	3	21	5	4	4	6	6	1	5	4	0	0	7	4	5	2	4	0	0	3	1	8	17	8	13	6	141
	B	0	1	2	0	0	1	1	0	0	2	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	3	1	20
																													267

		Preparacion del sitio	Construcción	Operación y mantenimiento	Abandono	
Por etapa del proyecto	a	28	58	12	5	103
	A	0	0	0	3	3
	b	28	42	27	44	141
	B	3	6	5	6	20
		59	106	44	58	267

Por el proyecto	a	103	103
	A	3	3
	b	141	141
	B	20	20
			267

PROPORCION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES (%)

Por etapa del proyecto	a	10.49	21.72	4.49	1.87	38.58%
	A	0.00	0.00	0.00	1.12	1.12%
	b	10.49	15.73	10.11	16.48	52.81%
	B	1.12	2.25	1.87	2.25	7.49%
		22.10	**39.70**	**16.48**	**21.72**	100.00%

V.2 Caracterización de los impactos.

V.2.1 Indicadores de impacto.

Componentes	Factores	Impactos	Producido por:
Atmósfera	Calidad del aire	▪ Perdida de la calidad del aire: Incremento de contaminantes atmosféricos (CO_2, NOx, SOx, material particulado) y contribución a gases de efecto invernadero	▪ Plantas motrices de maquinaria pesada. ▪ Plantas motrices de autotransporte de carga y personal. ▪ Emisión de polvos fugitivos de tolvas durante transporte de materiales terrígenos. ▪ Polvo producido por el tráfico de vehículos de carga o personal sobre caminos de tierra. ▪ Movimiento de tierras.
	Ruido y vibraciones	▪ Contaminación acústica.	▪ Silenciadores en mal estado. ▪ Plantas motrices de maquinaria pesada. ▪ Plantas motrices de autotransporte de carga y personal. ▪ Tráfico de vehículos automotores. ▪ Uso de maquinaria pesada.
Geología	Relieve	▪ Alteración del relieve natural.	▪ Corte del terreno.
	Estabilidad de taludes/geoformas	▪ Alteración de taludes o geoformas	▪ Construcción de caminos y carreteras.
Agua superficial y subterránea	Escurrimientos superficiales	▪ Alteración de cauces naturales	▪ Retiro de cubierta vegetal (CUSTF). ▪ Corte del terreno. ▪ Construcción de terraplén ▪ Colocación de pavimento
	Provisión o infiltración de agua al subsuelo	▪	▪ Retiro de cubierta vegetal (CUSTF). ▪ Corte del terreno. ▪ Construcción de terraplén ▪ Colocación de pavimento
	Patrón de drenaje	▪ Alteración del patrón de drenaje natural	▪ Retiro de cubierta vegetal (CUSTF). ▪ Corte del terreno. ▪ Construcción de terraplén ▪ Colocación de pavimento
Suelo	Calidad del suelo	▪ Pérdida de la calidad del suelo.	▪ Compactación del suelo por retiro de cobertura vegetal (CUSTF), excavaciones y compactaciones. ▪ Sellado del suelo por carretera. ▪ Potencial contaminación por generación de residuos (RP, RME, RSU) derivado de la intervención constructiva.
	Erosión	▪ Susceptibilidad a la erosión.	▪ Derivado del retiro de la cobertura vegetal protectora.
	Uso actual	▪ Cambio en el uso actual del suelo.	▪ Retiro de cubierta vegetal (CUSTF). ▪ Uso carretero.
	Captura de carbono	▪ Alteración de la captura de carbono.	▪ Retiro de cubierta vegetal (CUSTF).
	Compactación	▪ Compactación de suelo.	▪ Compactación del suelo por retiro de cobertura vegetal (CUSTF), excavaciones y compactaciones. ▪ Transito de vehículos y maquinaria. ▪ Construcción de terraplén. ▪ Colocación de pavimento.

Calidad del agua	Calidad del agua terrestre (SST)	▪ Potencial contaminación de los escurrimientos naturales por solidos suspendidos totales.	▪ Potencial contaminación por generación de remoción de vegetación y dejar desprovisto el suelo, derivado de la intervención constructiva.
	Calidad del agua terrestre (Grasas y Aceites)	▪ Potencial contaminación de los escurrimientos naturales por grasas y aceites.	▪ Potencial contaminación por generación de residuos (RP) derivado de la intervención constructiva.
Flora y fauna terrestre	Distribución y abundancia de flora	▪ Reducción de la cobertura vegetal.	▪ Desmonte por CUSTF.
	Especies de flora protegidas o de interés especial	▪ Alteración de la distribución potencial, aunque no se registraron dentro del predio.	▪ Desmonte por CUSTF.
	Biodiversidad de flora	▪ Reducción de la cobertura vegetal.	▪ Desmonte por CUSTF.
	Distribución y abundancia de fauna	▪ Reducción de la cobertura faunística.	▪ Remoción del hábitat natural por CUSTF.
	Especies de fauna protegidas o de interés especial	▪ Alteración de la distribución potencial, aunque no se registraron dentro del predio.	▪ Desmonte por CUSTF.
	Biodiversidad de fauna	▪ Reducción de la diversidad faunística.	▪ Remoción del hábitat natural por CUSTF.
	Funcionalidad del sistema	▪ Reducción de funcionalidad natural dentro del predio sujeto a CUSTF.	▪ Remoción del ecosistema natural por CUSTF.
Fauna acuática	Distribución y abundancia del plancton	▪ Reducción de indicadores. ▪ Transporte de especies exóticas.	▪ Obras de construcción que generan turbidez o Re suspensión de sedimentos en la columna de agua, reduciendo la transparencia y penetración de la luz solar.
	Biota bentónica	▪ Remoción o alteración.	▪ Obras de construcción pueden provocar remoción puntual de biota bentónica. ▪ Obras de construcción pueden provocar enterramiento puntual por sedimentos de la biota bentónica. ▪ Transporte de especies alóctonas.
	Especies nectónicas	▪ Alejamiento del área de influencia directa. ▪ Transporte de especies exóticas.	▪ Presencia humana: tráfico de vehículos, movimiento de materiales y equipos, obras terrestres, ruido, etc. ▪ Transporte de especies alóctonas.
	Especies protegidas y de interés especial	▪ Alteración de la distribución potencial. ▪ Transporte de especies exóticas.	▪ Presencia humana: tráfico de vehículos, movimiento de materiales y equipos, obras terrestres, ruido, etc. ▪ Transporte de especies alóctonas.
Flora acuática	Flora acuática	▪ Reducción de indicadores.	▪ Obras de construcción podrían alterar los indicadores de presencia y distribución de flora acuática.
Paisaje	Visibilidad	▪ Modificación de la línea de visión natural del predio desde cualquier punto de visión.	▪ Desmonte por el CUSTF. ▪ Terracerías y edificación terrestre.
	Calidad paisajística	▪ Alteración de la calidad paisajística natural.	▪ Obras y actividades del Proyecto.

	Fragilidad visual	▪ Alteración de la fragilidad visual.	▪ Obras y actividades del Proyecto.
Población	Demografía y migración	▪ Aumento poblacional. ▪ Reducción de la migración.	▪ Obras y actividades del Proyecto tendrá un importante impacto en la generación de empleos directos e indirectos en todas las etapas de este. ▪ La población local aumentará por la atracción de personal externo de las empresas contratistas de obra participantes en su desarrollo. ▪ El empleo generado por un importante periodo de tiempo, reducirá la migración de los estratos de la población económicamente activa en busca de oportunidades foráneas.
	Actividades recreativas y culturales	▪ Reducción de los espacios naturales.	▪ Desmonte por CUSTF.
	Calidad de vida	▪ Fortalecimiento de la calidad de vida.	▪ La estabilidad y remuneración económica asociados a una fuente de empleos de larga duración puede llegar a mejorar y fortalecer la calidad de vida del personal que labore de manera temporal en las distintas etapas del Proyecto, así como la mejora en las localidades cercanas por la generación de la nueva estructura carretera.
Servicio	Servicios e infraestructura	▪ Aumento en la prestación de servicios para la creación de infraestructura.	▪ Obras y actividades del Proyecto.
	Vialidades y acceso	▪ Habilitación local. ▪ Congestionamiento vial.	▪ Obras y actividades del Proyecto. ▪ Tráfico de maquinaria, equipo, insumos y personal.
	Interacción de las comunidades	▪ Congestionamiento vial. ▪ Prestación de servicios personales (hospedaje, alimentación y salud) a trabajadores de obra.	▪ Tráfico de maquinaria, equipo, insumos y personal. ▪ Contratación de personal para ejecutar obras y actividades del Proyecto.
Economía	Economía regional	▪ Mejoramiento de la economía.	▪ Obras y actividades del Proyecto generará una importante derrama económica regional. ▪ Operación del Proyecto generará ingresos al mejorar el desarrollo de economías locales.
	Empleo y mano de obra	▪ Alta oferta de empleos básicos y especializados.	▪ Obras y actividades del Proyecto.
	Actividades productivas	▪ Disponibilidad de nuevos y mejores accesos carreteros.	▪ Operación de nueva carretera.
		▪ Interacciones con la actividad pesquera o ecoturística.	▪ Disponibilidad de mejores accesos para transportar productos pesqueros. ▪ Incremento en la llegada de turismo a la localidad.
	Valor catastral	▪ Aumento del valor catastral.	▪ Obras y actividades del Proyecto.
Normatividad ambiental		▪ Apego a la normatividad ambiental.	▪ Marco jurídico ambiental.

Manejo y administración del riesgo ambiental	▪ Apego a los requerimientos en materia de riesgo ambiental.	▪ Marco jurídico para actividades de construcción.
Seguimiento ambiental del proyecto	▪ Aplicación de medidas de seguimiento ambiental.	▪ Resolución y programas ambientales.

V.3 Valoración de los impactos.

Posteriormente, los resultados de la identificación de impactos, fueron valorados en términos de magnitud e importancia mediante la Matriz de Significancias, en la relación proyecto-sistema ambiental, que aporte elementos de juicio en la descripción de impactos y las medidas de mitigación de impactos ambientales aplicables en cada caso. Para ello, se determinó la definición y el alcance de los criterios en la calificación de los impactos en los términos señalados (magnitud e importancia). Los impactos se califican en una escala de 0 a +/-10 según su magnitud y de 0 a 5 según su importancia.

Como resultado de ello, se identifican los impactos más relevantes que requieren su atención y tratamiento. En cada una de las celdas marcadas con diagonal se anotará el valor de la magnitud en la mitad superior izquierda y el valor de la importancia en la mitad inferior derecha, pasando a analizar y discutir cada impacto para ajustar los valores preliminares asignados a las interacciones o para modificar el diseño de las obras propuestas. El peso relativo que se asigna a cada variable y los ajustes que se hacen a los valores, se determinan a nivel de grupo interdisciplinario.

En particular, para la estimación de los valores de magnitud de los impactos ambientales de cada una de las acciones consideradas, inicialmente se determinaron las interacciones existentes entre acción programada y factor ambiental; los valores de magnitud se estimaron considerando los siguientes elementos:

1. Extensión o cobertura del impacto
2. Duración del impacto
3. Continuidad
4. Intensidad del impacto
5. Acumulación y/o sinergia del impacto considerado

Estos elementos fueron evaluados por el consenso de los expertos (cualitativa), en escala de 1 a 10 asignándose valores negativos a los impactos adversos y positivos a los impactos benéficos. El valor 0 no existe y es en ese caso cuando no hay interacción directa entre el factor ambiental y el componente del proyecto. A continuación, se describe cada uno de los conceptos de calificación utilizados en la evaluación de impactos:

Tabla V. 6. Criterios de magnitud en la valoración de impactos ambientales.

Término	Definición
Extensión del efecto (E):	Tamaño de la superficie o volumen afectado por una determinada acción.
Duración del impacto (D):	Lapso de tiempo durante el cual se manifiesta el efecto ambiental de la ejecución de una acción de proyecto.
Continuidad o frecuencia del efecto (C):	Frecuencia con la cual se produce determinado efecto o presencia del mismo en relación con el periodo de tiempo que abarca la acción que lo provoca.
Intensidad del impacto (I):	Nivel de aproximación del efecto con respecto a estándares existentes (límites permisibles en las Normas Oficiales Mexicanas, la proporción de las existencias del factor ambiental en el área de estudio que serán afectadas por el impacto o, valores predeterminados en la literatura).
Acumulación del efecto (A):	Presencia de los efectos aditivos en los impactos.
Sinergia (S):	Interacción de orden mayor entre impactos que resulta en la potencialización del efecto de uno o varios de ellos.

Evaluar de 1 - 10 la **extensión** o cobertura del impacto. Ejemplo: si la acción a evaluar cubre toda el área del proyecto o comprende todo o una fracción del recurso ambiental afectado Será positivo si es benéfico o negativo si es adverso. Ejemplo:

Tabla V. 7. Criterios de extensión en la valoración de impactos ambientales.

Criterio de extensión o cobertura	
10: La acción comprende el 100% del área del proyecto o bien tiene efectos en toda el área y en alrededores.	5: La acción comprende la mitad del área del proyecto o bien el recurso afectado se encuentra presente en el 50% del área y este es afectado por la acción en su totalidad.
9: La acción comprende el 100% del área del proyecto, pero no tiene efectos en toda el área y en alrededores.	4: La acción comprende la mitad del área del proyecto, pero el recurso afectado no se encuentra presente en el área de las obras permanentes.
8: La acción comprende el 80% del área del proyecto o bien tiene efectos en toda el área y en alrededores.	3: La acción comprende cerca del 25 % del área del proyecto
7: La acción comprende el 80% del área del proyecto, pero no tiene efectos en toda el área y en alrededores.	2: La acción comprende menos del 25 % del área del proyecto, pero es notoria la acción
6: La acción comprende más del 60% del área del proyecto o tiene efectos en toda el área y en alrededores.	1: la cobertura del impacto comprende solo una pequeña fracción del área del proyecto o del recurso afectado, impacto puntual.

Evaluar la **duración** del impacto de 1 a 10. El signo será positivo si es benéfico o negativo si es adverso. Ejemplo:

Tabla V. 8. Criterios de duración en la valoración de impactos ambientales.

Criterio de duración	
10 equivale a un impacto de duración prolongada en la etapa evaluada	5 equivale a impacto de duración significante en acciones de una etapa evaluada
9 equivale a un impacto de duración larga en la etapa evaluada	4 equivale a impacto de duración suficiente en toda la etapa evaluada
8 equivale a un impacto de duración alta, en toda la etapa evaluada	3 equivale a impacto de duración suficiente en acciones de una etapa evaluada
7 equivale a impacto de duración alta, en acciones de una etapa evaluada	2 equivale a impacto de duración perceptible
6 equivale a impacto de duración significante en toda la etapa evaluada	1 equivale a impacto sin duración de afectación

Evaluar la **continuidad** del impacto de 1 -10. El signo será positivo si es benéfico o negativo si es adverso. Ejemplo:

Tabla V. 9. Criterios de continuidad en la valoración de impactos ambientales.

Criterio de continuidad	
10 equivale a un impacto de continuidad prolongada en la etapa que sin duda deriva en otras repercusiones al ambiente	5 equivale a impacto de duración significante en acciones de una etapa evaluada repercusión local
9 equivale a un impacto de continuidad larga en la etapa que deriva en otras repercusiones al ambiente	4 equivale a impacto de continuidad suficiente en toda la etapa evaluada
8 equivale a un impacto de continuidad alta, en toda la etapa evaluada que deriva en otras repercusiones al ambiente	3 equivale a impacto de continuidad suficiente en acciones de una etapa evaluada
7 equivale a impacto de continuidad alta, en acciones de una etapa que deriva en otras repercusiones al ambiente	2 equivale a impacto de continuidad perceptible
6 equivale a impacto de continuidad significante en toda la etapa que deriva en otras repercusiones al ambiente	1 equivale a impacto sin continuidad, solo de repercusión directa

Evaluar la **Intensidad** (profundidad) del impacto de 1 a 10. El signo será positivo si es benéfico o negativo si es adverso. Ejemplo:

Tabla V. 10. Criterios de intensidad en la valoración de impactos ambientales.

Criterio de intensidad	
10 equivale a un impacto de intensidad muy alta en la etapa evaluada, siendo un impacto muy fuerte	5 equivale a impacto de intensidad significante en acciones de una etapa evaluada
9 equivale a un impacto de intensidad larga en la etapa evaluada siendo un impacto muy fuerte	4 equivale a impacto de intensidad suficiente en toda la etapa evaluada.

8 equivale a un impacto de intensidad alta, en toda la etapa evaluada siendo un impacto fuerte	3 equivale a impacto de intensidad suficiente en acciones de una etapa evaluada
7 equivale a impacto de intensidad alta, en acciones de una etapa evaluada siendo un impacto fuerte	2 equivale a impacto de intensidad perceptible
6 equivale a impacto de intensidad significante en toda la etapa evaluada	1 equivale a impacto sin intensidad de afectación, prácticamente imperceptible

Evaluar la **Acumulación** y/o Sinergia del impacto de 1 a10. El signo será positivo si es benéfico o negativo si es adverso. Ejemplo:

Tabla V. 11. Criterios de acumulación y sinergia en la valoración de impactos ambientales.

Criterio de acumulación y/o sinergia	
10: Acumulativo y sinérgico, inevitable (hay certeza de que ocurrirá)	5: Potencialmente acumulativo o sinérgico (no hay certeza de que ocurrirá)
9: Acumulativo y sinérgico, puede ser evitable (con medidas de mitigación)	4: Acumulativo o sinérgico, con baja probabilidad de presentarse
8: Acumulativo o Sinérgico, inevitable (hay certeza de que ocurrirá)	3: Acumulativo o sinérgico, poco probable
7: Acumulativo o Sinérgico, inevitable (no hay certeza de que ocurrirá)	2: Acumulativo o sinérgico, no probable
6: Potencialmente acumulativo o sinérgico (hay certeza de que ocurrirá)	1: No acumulativo, no sinérgico,

Es importante destacar que los resultados acumulados en magnitud de impactos resultaron con saldo positivo. En particular, la mayor interrelación ocurre en el rubro ambiental de atmosfera. Lo anterior puede analizarse a detalle en la tabla V.8. El ANEXO de Matriz de Leopold muestra la memoria de cálculo de la magnitud e importancia de cada impacto evaluado (las 267 interacciones).

Para la estimación de la **importancia** se consideraron los elementos siguientes:

1. Reversibilidad
2. Mitigabilidad
3. Residualidad
4. Valor económico
5. Valor sociocultural

Estos elementos fueron evaluados en escala de +1 a + 5. Para la estimación de cada uno de los elementos se requirió de la participación de un equipo multidisciplinario, con conocimiento de campo de la zona del proyecto, sobre la base de una evaluación preliminar realizada por el área encargada de la integración de la evaluación.

Tabla V. 12. Criterios de importancia en la valoración de impactos ambientales

Término	Definición
Reversibilidad del impacto (R):	Posibilidad de que el factor afectado pueda volver a su estado original, una vez producido el impacto y suspendida la acción tensionante.
Mitigabilidad (M):	Posibilidad que existe para aplicar medidas preventivas, correctivas y/o compensatorias a un determinado impacto.
Residualidad (Re):	Aquellos impactos que aún con medidas de mitigación no es posible controlar la totalidad de la afectación.
Valor económico (Ve):	Aquellos impactos que inciden directamente en la inversión del promovente y la afectación de recursos económicos de externos al proyecto.
Valor sociocultural (Vs):	Aquellos impactos que modifican parámetros poblacionales como migración, usos y costumbres del entorno del proyecto.

Para explicar el empleo de los **rangos de valoración**, se enlistan los siguientes criterios:

Evaluar la **reversibilidad** del impacto de 1 a 5. El signo será positivo si es benéfico o negativo si es adverso. Ejemplo:

5 equivale a un impacto 100% irreversible
4 impacto reversible a muy corto plazo
3 impacto reversible inmediatamente después de que suceda la acción
2 impacto reversible espontáneamente
1 impacto 100% reversible

Evaluar la **mitigabilidad** (de 1 a 5). El signo será positivo si es benéfico o negativo si es adverso. Ejemplo:

5: El impacto no tiene mitigabilidad / ecosistema frágil
4: El impacto no tiene mitigabilidad / el ecosistema no frágil
3: Acciones sin rango de importancia sin medida de mitigación efectiva.
2: Acciones con rango de importancia con medida de mitigación efectiva.
1: la zona prácticamente no requiere medida de mitigación por el proyecto.

Evaluar la **residualidad** de factor ambiental a evaluar (de 1 a 5). El signo será positivo si es benéfico o negativo si es adverso. Ejemplo:

5: El impacto ambiental es residual sin medida de mitigación efectiva
4: El impacto ambiental es residual con medida de mitigación efectiva
3: El impacto ambiental no es residual con medida de mitigación efectiva
2: No hay interacción directa
1: No hay residualidad del impacto, existe medida de mitigación efectiva

Evaluar la **importancia** por el valor económico del recurso (de 1 a 5). El signo será positivo si es benéfico o negativo si es adverso. Ejemplo:

5: Recurso con muy alto valor económico
4: Recurso con alto valor económico
3: Recurso con cierto valor económico
2: Recurso con muy poco valor económico
1: Recurso prácticamente sin valor económico.

Evaluar la **importancia** por el valor sociocultural del recurso (1 a 5). El signo será positivo si es benéfico o negativo si es adverso. Ejemplo:

5: Recurso con muy alto valor sociocultural
4: Recurso con alto valor sociocultural
3: Recurso con cierto valor sociocultural
2: Recurso con muy poco valor sociocultural
1: Recurso prácticamente sin valor socio-cultural

Identificando con un signo negativo al impacto adverso y con signo positivo a los impactos benéficos. Los resultados acumulados en importancia de impactos salieron en saldo positivo. Lo anterior puede analizarse a detalle en la Tabla inferior.

Significancia.

Para valorar la significancia de los impactos ambientales, fue necesario ver en conjunto la evaluación de magnitud e importancia y no como evaluaciones únicas. Para ello, se realizó la siguiente operación aritmética sencilla:

Evaluación final del impacto = Importancia + Magnitud

Tabla V. 13. Resumen de valoración de magnitud e importancia del proyecto

			Preparacion del sitio			Construccion												Operación y mantenimiento											Abandono			
			Preliminares (casetas, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, caminos de).	Desmonte y despalme de predio	Acciones de manejo ambiental (manejo de residuos, rescate flora y	Terracerias y camino de acceso	Cimentación y edificación terrestre de áreas auxiliares	Rack de tuberias portuarias control y anticrita	Cimentación y estructura de terminal marítima	Traslado e instalación de barcazas factorias de pre-tratamiento y licuefacción	Traslado e instalación de buques de almacenamiento local	Acopio temporal y manejo de residuos.	Manejo de aguas residuales	Transporte de materiales, equipos e insumos.	Transporte de personal	Retiro de obra	Trafico de buques por Golfo de California	Trafico de buque tanques y remolcadores en terminal marítima	Maniobras de carga de buques con GNL	Operación de unidad de almacenamiento flotante (FSU)	Operación de procesos de compresión y licuefacción en tierra/casas	Planta de tratamiento de aguas residuales	Acopio temporal y manejo de residuos.	Manejo de aguas residuales.	Mantenimiento de infraestructura a cada 5 años	Cierre y desmantelamiento de equipo	Estabilización de terreros y escorrentías locales	Restauración biológica	Monitoreo posterior al cierre
Ambiente físico	Atmósfera	Calidad del aire	-10 -8	-23 -8	20 12	-21 -8	-21 -8	-21 -8	-15 -6	-15 -6	-6 -5	13 10	11 10	-16 -8	-11 -6	11 9	-17 -11	-10 -6	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	11 9	0 0	0 0	0 0
		Ruido y vibraciones	-10 -8	-19 -8	13 11	-21 -8	-21 -8	-21 -8	-16 -6	-16 -6	0 0	0 0	0 0	-15 -6	-10 -6	11 9	-16 -9	-11 -6	0 0	0 0	-5 -5	-10 -6	0 0	0 0	-17 -6	11 9	-14 -6	0 0	0 0
	Geología	Relieve	0 0	0 0	0 0	-10 -8	-6 -6	-10 -8	-11 -8	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	11 9	17 14	0 0	0 0
		Estabilidad de taludes/geoformas	0 0	0 0	0 0	0 0	-6 -6	-13 -9	-12 -9	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	11 9	17 14	16 13	0 0
	Hidrología superficial y subterranea	Escurrimientos superficiales	0 0	-18 -9	18 14	-18 -9	0 0	-18 -9	-18 -9	32 19	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	11 9	33 20	31 16	0 0
		Provisión o infiltración de agua al subsuelo	0 0	-13 -9	18 14	-18 -9	-11 -6	-17 -14	-17 -14	21 14	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	11 9	26 15	30 16	0 0
		Patrón de drenaje	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	-7 -11	-7 -13	33 19	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	32 19	0 0	0 0	0 0
	Suelo	Calidad del suelo	-10 -8	-18 -10	22 19	-22 -10	-9 -6	-23 -13	0 0	0 0	0 0	22 19	22 19	-14 -10	0 0	17 14	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	17 14	17 14	-12 -10	17 14	0 0	29 20	0 0
		Erosión	0 0	-22 -10	23 19	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	33 20	35 19	0 0
		Captura de carbono	0 0	-26 -11	24 14	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	33 18	0 0
		Uso actual	0 0	-16 -10	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
		Compactación	-16 -8	-15 -8	17 14	-12 -6	-12 -6	-12 -6	-12 -6	-12 -6	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	16 13	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	20 14	0 0	0 0	0 0
	Calidad del agua	Calidad de agua terrestre (SST)	-10 -6	-18 -10	31 18	-17 -6	-17 -6	-17 -6	0 0	0 0	0 0	22 19	22 19	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	21 14	0 0	0 0	19 14	0 0	21 14	16 14	31 20	35 19	25 17
		Calidad del agua terrestre (Grasas y aceites)	-11 -10	-11 -10	27 18	-16 -10	-11 -10	-11 -10	-10 -9	-16 -10	0 0	22 19	0 0	0 0	0 0	17 14	0 0	-14 -12	-8 -7	0 0	0 0	0 0	17 14	0 0	21 15	0 0	0 0	0 0	0 0
Ambiente biológico	Flora y fauna terrestre	Distribución y abundancia Flora	0 0	-18 -12	22 15	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	15 14	0 0	35 18	29 18
		Especies protegidas o de interés especial Flora	0 0	-13 -15	26 18	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	15 14	0 0	38 19	33 19
		Biodiversidad Flora	0 0	-8 -6	19 18	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	14 15	0 0	0 0	22 22
		Distribucion y abundancia Fauna	0 0	-17 -10	19 15	-25 -11	0 0	0 0	-24 -11	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	21 16	0 0
		Especies protegidas o de interés especial-Fauna	0 0	-11 -13	18 16	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
		Biodiversidad Fauna	0 0	-22 -10	19 14	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	21 16
		Funcionalidad del sistema	0 0	-15 -12	19 14	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	15 13	25 18	28 17	28 16
	Fauna acuática	Distribución y abundancia plancton	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
		Biota bentonica	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
		Especies nectónicas	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
		Especies protegidas y de interés especial	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
	Flora acuática	Flora acuática	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Paisaje		Visibilidad	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
		Calidad paisajística	-9 -6	-10 -6	14 15	-9 -6	-9 -6	-9 -6	-9 -6	-9 -6	0 0	11 14	11 14	0 0	0 0	16 17	-12 -11	-6 -6	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	12 13	21 17	25 19	31 18	0 0
		Fragilidad visual	-9 -6	-20 -12	12 14	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	13 15	0 0	27 17	0 0
Ambiente socioeconomico	Poblacion	Demografía y migración	9 14	0 0	0 0	15 15	15 15	15 15	10 14	15 15	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	6 13	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
		Actividades recreativas y culturales	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
		Calidad de vida	0 0	0 0	0 0	-11 -14	13 9	14 9	30 15	0 0	25 16	0 0	0 0	-15 -10	-15 -10	0 0	37 14	13 9	17 13	19 13	0 0	0 0	0 0	14 13	-8 -11	0 0	25 11	0 0
	Servicio	Servicios e infraestructura	8 7	8 7	0 0	20 12	15 10	22 12	32 17	27 15	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	37 15	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	14 12	-8 -12	0 0	0 0	0 0
		Vialidades y acceso	0 0	0 0	0 0	23 12	0 0	25 12	38 17	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	42 15	19 12	16 14	14 14	0 0	0 0	0 0	15 12	-8 -12	0 0	0 0	0 0
		Interacción de las comunidades	9 16	0 0	18 17	27 17	0 0	0 0	23 17	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	32 17	26 17	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	-8 -14	0 0	0 0	0 0
	Economía	Economía regional	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	19 16	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	40 18	29 18	0 0	16 15	0 0	0 0	0 0	0 0	-8 -14	0 0	0 0	0 0
		Empleo y mano de obra	13 15	13 15	10 14	24 17	24 17	31 19	31 19	19 16	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	20 18	15 15	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	-14 -16	0 0	0 0	0 0
		Actividades productivas	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	28 15	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	8 12	-22 -18	0 0	0 0	0 0
		Valor Catastral	0 0	36 14	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Gestion ambiental		Normatividad ambiental	0 0	32 16	34 16	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	32 15	31 15	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	27 15	0 0	0 0	0 0	29 17	30 17
		Administración del riesgo ambiental	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	14 13	0 0	0 0	0 0
		Seguimiento ambiental del proyecto	0 0	0 0	34 16	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	32 15	31 15	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	27 14	0 0	0 0	25 15	29 17	29 17	0 0

Tabla V. 14. Matriz de valoración de significancia que adiciona la Importancia y Magnitud de los impactos ambientales del proyecto.

			Preparacion del sitio			Construccion											Operación y mantenimiento									Abandono			
			Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos.	CUSTF. Desmonte y despalme de predio	Acciones de manejo ambiental (manejo de residuos, rescate flora y fauna, suelo, etc.)	Terracerias y camino de acceso	Corte y excavaciones	Construcción del cuerpo del terraplén	Colocación de pavimento (concreto hidraulico)	Construcción de obras complementarias (obras de drenaje, bordillos, lavaderos)	Colocación de señalamientos	Acopio temporal y manejo de residuos.	Manejo de aguas residuales.	Transporte de materiales, equipos e insumos.	Transporte de personal	Retiro de obra	Tránsito de vehículos	Mantenimiento de cuerpo carretero	Mantenimiento de señalizaciones	Desazolve de estructuras de drenaje	Transporte de personal	Transporte de materiales e insumos	Acopio temporal y manejo de residuos.	Manejo de aguas residuales.	Mantenimiento de infraestructura cada 5 años.	Retiro de instalaciones y limpiez.	Estabilización de terreros y escorrentias locales	Restauración biológica	Monitoreo posterior al cierre
Ambiente físico	Atmósfera	Calidad del aire	-18	-31	32	-29	-29	-29	-21	-21	-11	23	21	-24	-17	20	-28	-16	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0
		Ruido y vibraciones	-18	-27	24	-29	-29	-29	-22	-22	0	0	0	-21	-16	20	-25	-17	0	0	-10	-16	0	0	-23	20	-20	0	0
	Geología	Relieve	0	0	0	-18	-12	-18	-19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	31	0	0
		Estabilidad de taludes/geoformas	0	0	0	0	-12	-22	-21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	31	29	0
	Agua superficial y subterranea	Escurrimientos superficiales	0	-27	32	-27	0	-27	-27	51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	53	47	0
		Provisión o infiltración de agua al subsuelo	0	-22	32	-27	-17	-31	-31	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	41	46	0
		Patrón de drenaje	0	0	0	0	0	-18	-20	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51	0	0	0
	Suelo	Calidad del suelo	-18	-28	41	-32	-15	-36	0	0	0	41	41	-24	0	31	0	0	0	0	0	0	31	31	-22	31	0	49	0
		Erosión	0	-32	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53	54	0
		Captura de Carbono	0	-37	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51	0
		Uso actual	0	-26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Compactación	-24	-23	31	-18	-18	-18	-18	-18	0	0	0	0	0	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	0	0	0
	Calidad del agua	Calidad de agua terrestre (SST)	-16	-28	49	-23	-23	-23	0	0	0	41	41	0	0	0	0	0	0	35	0	0	33	0	35	30	51	54	42
		Calidad del agua terrestre (Grasas y aceites)	-21	-21	45	-26	-21	-21	-19	-26	0	41	0	0	0	31	0	-26	-15	0	0	0	31	0	36	0	0	0	0
Ambiente biológico	Flora y fauna terrestre	Distribucion y abundancia Flora	0	-30	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	0	53	47
		Especies protegidas o de interes especial Flora	0	-28	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	0	57	52
		Biodiversidad Flora	0	-14	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	0	0	44
		Distribucion y abundancia Fauna	0	-27	34	-36	0	0	-35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	0
		Especies protegidas o de interes especial-Fauna	0	-24	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Biodiversidad Fauna	0	-32	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37
		Funcionalidad del sistema	0	-27	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	43	45	44
	Fauna acuática	Distribución y abundancia plancton	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Biota bentonica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Especies nectónicas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Especies protegidas y de interés especial	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Flora acuatica	Flora acuatica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paisaje		Visibilidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Calidad paisajistica	-15	-16	29	-15	-15	-15	-15	-15	0	25	25	0	0	33	-23	-12	0	0	0	0	0	0	25	38	44	49	0
		Fragilidad visual	-15	-32	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0	44	0
Ambiente socioeconomico	Población	Demografia y migracion	23	0	0	30	30	30	24	30	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Actividades recreativas y culturales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Calidad de vida	0	0	0	-25	22	23	45	0	41	0	0	-25	-25	0	51	22	30	32	0	0	0	0	27	-19	0	36	0
	Servicio	Servicios e infraestructura	15	15	0	32	25	34	49	42	0	0	0	0	0	0	52	0	0	0	0	0	0	0	26	-20	0	0	0
		Vialidades y acceso	0	0	0	35	0	37	55	0	0	0	0	0	0	0	57	31	30	28	0	0	0	0	27	-20	0	0	0
		Interaccion de las comunidades	25	0	35	44	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	49	43	0	0	0	0	0	0	0	-22	0	0	0
	Economia	Economia regional	0	0	0	0	0	0	35	0	0	0	0	0	0	0	58	47	0	31	0	0	0	0	0	-22	0	0	0
		Empleo y mano de obra	28	28	24	41	41	50	50	35	0	0	0	0	0	0	38	30	0	0	0	0	0	0	0	-30	0	0	0
		Actividades productivas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43	0	0	0	0	0	0	0	20	-40	0	0	0
		Valor Catastral	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gestion ambiental		Normatividad ambiental	0	48	50	0	0	0	0	0	0	47	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	0	0	0	0	46	47
		Administración del riesgo ambiental	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	0	0	0
		Seguimiento ambiental del proyecto	0	0	50	0	0	0	0	0	0	47	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	0	0	40	46	46	0
			-54	-391	832	-123	-73	-113	50	143	30	265	220	-94	-58	183	272	102	45	126	-10	-16	178	31	151	341	373	743	313

387	430	879	1770
11.05%	12.28%	25.10%	50.54%

Para facilitar la comparación, se estandarizaron las valoraciones a un intervalo base de 1-100; considerando además los rangos de valores máximos obtenidos como los de mayor significancia. De acuerdo al rango se valores obtenidos en la evaluación final de los impactos, se definieron los niveles de significancia indicados en la Tabla V.10.

Tabla V. 15. Resumen de valoración de magnitud e importancia del proyecto

SIGNIFICANCIA			
Categoría	Nivel de significancia	Descripción	Rango de valores (+ -)
No Significativos	Irrelevantes	Alteraciones de muy baja afectación a los componentes y que no comprometen la integridad de los procesos ecosistémicos.	1 - 25
	Moderados	Alteraciones que afectan componentes sin poner en riesgo los procesos.	26 - 50
Significativos	Severos	Alteraciones que sin medidas de mitigación afectan el funcionamiento o estructura del ecosistema dentro del SAR.	51 - 75
	Críticos	Alteraciones que aún y con medidas de mitigación afectan el funcionamiento o estructura de los ecosistemas dentro del SAR.	76 - 100

La Tabla inferior presenta la matriz con los resultados de la evaluación final de cada impacto generado en cada una de las etapas de desarrollo del Proyecto, codificado por color del nivel de significancia según los criterios antes citados.

Tabla V. 16. Matriz de nivel de significancia de impactos ambientales.

			Preparacion del sitio			Construccion											Operación y mantenimiento									Abandono			
			Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos	CUSTF Desmonte y despalme de predio	Acciones de manejo ambiental (manejo de residuos, rescate flora y fauna, suelo, etc.)	Terracerias y camino de acceso	Corte y excavaciones	Construcción del cuerpo del terraplén	Colocación de pavimento (concreto hidraulico)	Construcción obras complementarias (obras de drenaje, topelitos, lavaderos)	Colocación de señalamientos	Acopio temporal y manejo de residuos.	Manejo de aguas residuales.	Transporte de materiales, equipos e insumos.	Transporte de personal	Retiro de obra	Tránsito de vehículos	Mantenimiento de cuerpo carretero	Mantenimiento de señalizaciones	Desazolve de estructuras de drenaje	Transporte de personal	Transporte de materiales e insumos	Acopio temporal y manejo de residuos.	Manejo de aguas residuales.	Mantenimiento de infraestructura cada 5 años.	Retiro de instalaciones y limpieza	Estabilización de terreros y escorrentías locales	Restauración biológica	Monitoreo posterior al cierre
Ambiente físico	Atmósfera	Calidad del aire	-31	-53	55	-50	-50	-50	-36	-36	-19	40	36	-41	-29	34	-48	-28	0	0	0	0	0	0	0	34	0	0	0
		Ruido y vibraciones	-31	-47	41	-50	-50	-50	-38	-38	0	0	0	-36	-28	34	-43	-29	0	0	-17	-28	0	0	-40	34	-34	0	0
	Geología	Relieve	0	0	0	-31	-21	-31	-33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	53	0	0
		Estabilidad de taludes/geoformas	0	0	0	0	-21	-38	-36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	53	50	0
	Agua superficial y subterranea	Escurrimientos superficiales	0	-47	55	-47	0	-47	-47	68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	91	81	0
		Provisión o infiltración de agua al subsuelo	0	-38	55	-47	-29	-53	-53	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	71	79	0
		Patrón de drenaje	0	0	0	0	0	-31	-34	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88	0	0	0
	Suelo	Calidad del suelo	-31	-48	71	-55	-26	-62	0	0	0	71	71	-41	0	53	0	0	0	0	0	0	53	53	-38	53	0	84	0
		Erosión	0	-55	72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	91	93	0
		Captura de Carbono	0	-64	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88	0
		Uso actual	0	-45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Compactación	-41	-40	53	-31	-31	-31	-31	-31	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59	0	0	0
	Calidad del agua	Calidad de agua terrestre (SST)	-28	-48	84	-40	-40	-40	0	0	0	71	71	0	0	0	0	0	0	60	0	0	57	0	60	52	88	93	72
		Calidad del agua terrestre (Grasas y aceites)	-36	-36	78	-45	-36	-36	-33	-45	0	71	0	0	0	53	0	-45	-26	0	0	0	53	0	62	0	0	0	0
Ambiente biológico	Flora y fauna terrestre	Distribucion y abundancia Flora	0	-52	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	91	81
		Especies protegidas o de interes especial Flora	0	-48	76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	98	90
		Biodiversidad Flora	0	-24	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	76
		Distribucion y abundancia Fauna	0	-47	59	-62	0	0	-60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64	0
		Especies protegidas o de interes especial-Fauna	0	-41	59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Biodiversidad Fauna	0	-55	57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64
		Funcionalidad del sistema	0	-47	57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	74	78	76
	Fauna acuática	Distribución y abundancia plancton	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Biota bentonica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Especies nectónicas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Especies protegidas y de interés especial	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Flora acuática	Flora acuatica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paisaje		Visibilidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Calidad paisajística	-26	-28	50	-26	-26	-26	-26	-26	0	43	43	0	0	57	-40	-21	0	0	0	0	0	0	43	66	76	84	0
		Fragilidad visual	-26	-55	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	0	76	0
Ambiente socioeconomico	Poblacion	Demografia y migracion	40	0	0	52	52	52	41	52	0	0	0	0	0	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Actividades recreativas y culturales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Calidad de vida	0	0	0	-43	38	40	78	0	71	0	0	-43	-43	0	88	38	52	55	0	0	0	0	47	-33	0	62	0
	Servicio	Servicios e infraestructura	26	26	0	55	43	59	84	72	0	0	0	0	0	0	90	0	0	0	0	0	0	0	45	-34	0	0	0
		Vialidades y acceso	0	0	0	60	0	64	95	0	0	0	0	0	0	0	98	53	52	48	0	0	0	0	47	-34	0	0	0
		Interaccion de las comunidades	43	0	60	76	0	0	69	0	0	0	0	0	0	0	84	74	0	0	0	0	0	0	0	-38	0	0	0
	Economia	Economia regional	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	100	81	0	53	0	0	0	0	0	-38	0	0	0
		Empleo y mano de obra	48	48	41	71	71	86	86	60	0	0	0	0	0	0	66	52	0	0	0	0	0	0	0	-52	0	0	0
		Actividades productivas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	74	0	0	0	0	0	0	0	34	-69	0	0	0
		Valor Catastral	0	86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gestion ambiental		Normatividad ambiental	0	83	86	0	0	0	0	0	0	81	79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72	0	0	0	0	79	81
		Administración del riesgo ambiental	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	0	0	0
		Seguimiento ambiental del proyecto	0	0	86	0	0	0	0	0	0	81	79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71	0	0	69	79	79	0
			-93	-675	1434	-213	-126	-194	86	246	52	458	379	-161	-100	314	469	175	78	216	-17	-28	306	53	260	586	642	1279	540
			666			741											1512									3047			
			11.05%			12.29%											25.08%									50.55%			

SIGNIFICANCIA

		ADVERSOS	BENÉFICOS
NO SIGNIFICATIVOS	IRRELEVANTES	-1 A -25	1 A 25
	MODERADOS	-26 A -50	26 A 50
SIGNIFICATIVOS	SEVEROS	-51 A -75	51 A 75
	CRITICOS	-76 A -100	76 A 100

Finalmente, la Tabla inferior resume los niveles de significancia de los impactos evaluados considerando magnitud e importancia, y que permite valorar la existencia de impactos residuales. Cabe señalar que los resultados indican que de las 267 interacciones de impacto identificadas, el 60% se consideran de naturaleza benéfica y el 40% adversa. Entre los impactos adversos significativos, considerando el total de relaciones de impacto, el 0% se consideran críticos y el 14% de nivel severo. En comparación, los impactos de naturaleza benéfica significativos (considerando el total de relaciones de impacto), alcanzan el 18% de impactos de nivel crítico y el 26% severos; lo cual representa un balance claramente a favor de los impactos benéficos del Proyecto.

Tabla V. 17. Resumen de significancia de impactos ambientales.

SIGNIFICANCIA		IMPACTOS AMBIENTALES						Impactos Totales	%
		ADVERSOS		%	BENÉFICOS		%		
		Intervalo	Subtotal		Intervalo	Subtotal			
No Significativos	Irrelevantes	-1 A -25	6	2%	1 A 25	0	0%	6	2%
	Moderados	-26 A -50	86	32%	26 A 50	42	16%	128	48%
Significativos	Severos	-51 A -75	14	5%	51 A 75	69	26%	83	31%
	Críticos	-76 A -100	0	0%	76 A 100	49	18%	49	18%
TOTALES			106	40%		160	60%	267	100%

La Figura inferior muestra una representación gráfica más clara del balance positivo al comparar la naturaleza y nivel de impacto del Proyecto. La Figura inferior presenta una representación gráfica en pastel donde se aprecia la proporción de los niveles de impacto por naturaleza para el total de interacciones identificadas; así como la proporción de los niveles particulares para el número de interacciones adversas y benéficas identificadas. Aunque los impactos de naturaleza adversa y benéfica guardan proporciones muy similares, no se debe perder de vista que existe una disparidad claramente superior de los impactos benéficos al considerar su número en el conteo total de estos.

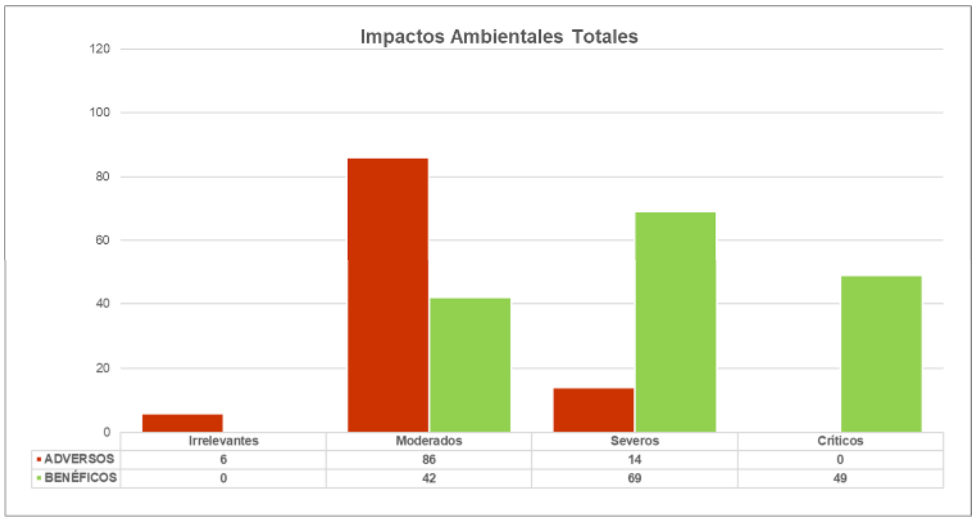


Figura V. 3. Representación gráfica de la proporción por naturaleza y nivel de los impactos ambientales del Proyecto.

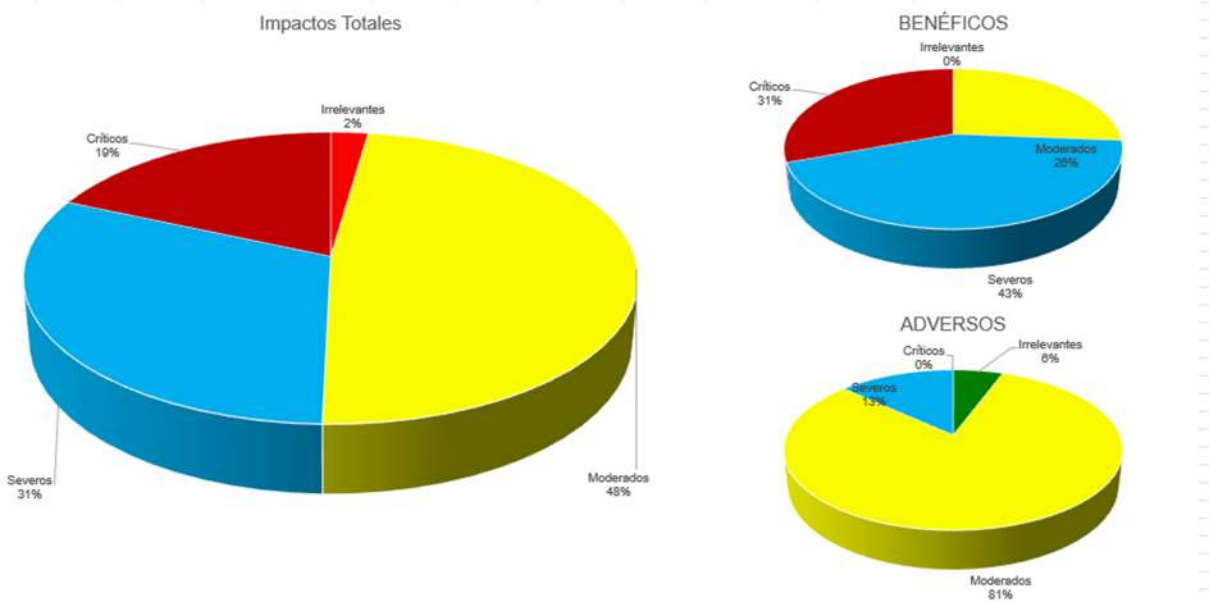


Figura V. 4. Representación gráfica de la proporción de los impactos totales, benéficos y adversos según su nivel de significancia estimado.

Descripción de impacto por etapa y componente ambiental.

ETAPA DE PREPARACIÓN DELSITIO Y CONSTRUCCIÓN			
Componente ambiental		**Actividades del proyecto/interacciones**	**Descripción de impacto**
Atmosfera	Calidad del aire	- P-Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.) - P-CUSTF Desmonte y despalme de predio - C-Terracerias y camino de acceso - C-Corte y excavaciones - C-Construcción del cuerpo del terraplén - C-Colocación de pavimento (concreto hidraúlico) - C-Construcción de obras complementarias (obras de drenaje, bordillos, lavaderos) - C-Colocación de señalamientos - C-Transporte de materiales, equipos e insumos. - C-Transporte de personal	- Incremento de contaminantes atmosféricos (CO_2, NOx, SOx, material particulado) y contribución a gases de efecto invernadero.
	Ruido y vibraciones	- P-Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.) - P-CUSTF Desmonte y despalme de predio - C-Terracerias y camino de acceso - C-Corte y excavaciones - C-Construcción del cuerpo del terraplén - C-Colocación de pavimento (concreto hidraúlico) - C-Construcción de obras complementarias (obras de drenaje, bordillos, lavaderos) - C-Transporte de materiales, equipos e insumos. - C-Transporte de personal	- Emisión de ruido perimetral.
Geología	Relieve	- C-Terracerias y camino de acceso - C-Corte y excavaciones - C-Construcción del cuerpo del terraplén - C-Colocación de pavimento (concreto hidraúlico)	- Cambios en el relieve natural del predio del Proyecto.
	Estabilidad de taludes/geoformas	- C-Corte y excavaciones - C-Construcción del cuerpo del terraplén - C-Colocación de pavimento (concreto hidraúlico)	- Modificación de la taludes y geoformas por infraestructura carretera.
Agua superficial y subterranea	Escurrimientos superficiales	- P-CUSTF Desmonte y despalme de predio - C-Terracerias y camino de acceso - C-Construcción del cuerpo del terraplén - C-Colocación de pavimento (concreto hidraúlico)	- Alteración de la velocidad y dirección de los escurrimientos naturales.
	Provisión o infiltración de agua al subsuelo	- P-CUSTF Desmonte y despalme de predio - C-Terracerias y camino de acceso - C-Corte y excavaciones - C-Construcción del cuerpo del terraplén - C-Colocación de pavimento	- La infiltración en el área del proyecto es de 27.069 m^3/año. En el escenario con desmonte, la infiltración se reduce hasta presentar un déficit de –

		(concreto hidraúlico)	211.4 m^3/año. La evaluación de infiltración mediante la implementación de medidas de mitigación resulta en 88.085 m^3/año lo que resulta en una ganancia de 61.986 m^3/año.
	Patrón de drenaje	- C-Construcción del cuerpo del terraplén - C-Colocación de pavimento (concreto hidraúlico)	- Alteración del patron de drenaje por infraestructura carretera.
Suelo	Calidad del suelo	- P-Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.) - P-CUSTF Desmonte y despalme de predio - C-Terracerias y camino de acceso - C-Corte y excavaciones - C-Construcción del cuerpo del terraplén - C-Transporte de materiales, equipos e insumos.	- Potencial contaminación del suelo - Pérdida del suelo fértil
	Erosión	- P-CUSTF Desmonte y despalme de predio	- Erosión del suelo. - Exposición de suelos a erosión hídrica y eólica: incremento estimado de 43.323 ton de pérdida hídrica y 151.054 ton de pérdida eólica. - Incremento de 194.377 toneladas respecto a las condiciones actuales.
	Captura de carbono	- P-CUSTF Desmonte y despalme de predio	- Pérdida de la capacidad de captura de carbono por desmonte y sellamiento del suelo.
	Uso actual	- P-CUSTF Desmonte y despalme de predio	- Pérdida de ecosistema natural.
	Compactación	- P-Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.) - P-CUSTF Desmonte y despalme de predio - C-Terracerias y camino de acceso - C-Corte y excavaciones - C-Construcción del cuerpo del terraplén - C-Colocación de pavimento (concreto hidraúlico) - C-Construcción de obras complementarias (obras de drenaje, bordillos, lavaderos)	- Compactación del suelo por acciones mecánicas de la obra y tránsito de vehículos.
Calidad del Agua	Calidad de agua terrestre (SST)	- P-Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.) - P-CUSTF Desmonte y despalme de predio - C-Terracerias y camino de acceso - C-Corte y excavaciones - C-Construcción del cuerpo del terraplén	- Potencial contaminación del agua por solidos suspendidos totales.

	Calidad del agua terrestre (Grasas y aceites)	- P-Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.) - P-CUSTF Desmonte y despalme de predio - C-Terracerias y camino de acceso - C-Corte y excavaciones - C-Construcción del cuerpo del terraplén - C-Colocación de pavimento (concreto hidraúlico) C-Construcción de obras complementarias (obras de drenaje, bordillos, lavaderos)	- Potencial contaminación del agua por grasas y aceites.
Flora y fauna terrestre	Distribución y abundancia de flora. Especies protegidas o de interés especial de flora. Biodiversidad de flora. Distribución y abundancia de fauna. Especies protegidas o de interés especial de fauna. Biodiversidad de fauna. Funcionalidad del sistema.	FLORA - P-CUSTF Desmonte y despalme de predio FAUNA - P-CUSTF Desmonte y despalme de predio - C-Terracerias y camino de acceso - C-Colocación de pavimento (concreto hidraúlico) FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA - P-CUSTF Desmonte y despalme de predio	- Impacto sobre indicadores de flora y fauna por efectos del CUSTF. - Remoción total de la cubierta vegetal; pérdida de individuos de especies enlistadas en el sitio del proyecto y reubicación de los mismos en el polígono de remediación.
Paisaje	Calidad paisajística	- P-Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.) - P-CUSTF Desmonte y despalme de predio - C-Terracerias y camino de acceso - C-Corte y excavaciones - C-Construcción del cuerpo del terraplén - C-Colocación de pavimento (concreto hidraúlico) - C-Construcción de obras complementarias (obras de drenaje, bordillos, lavaderos)	- Alteración del paisaje por obras y actividades.
	Fragilidad visual	- P-Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.) - P-CUSTF Desmonte y despalme de predio	- Impacto en la Fragilidad visual por intervención de maquinar y construcción de carretera.
Economía	Calidad de vida	- C-Terracerías y camino de acceso - C-Transporte de materiales, equipos e insumos. - C-Transporte de personal	- Impacto en la calidad de vida de los habitantes de la localidad por obstrucción temporal o desvío de camino.

ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO Y ABANDONO			
Componente ambiental		**Actividades del proyecto/interacciones**	**Descripción de impacto**
Atmosfera	Calidad del aire	- OP-Tránsito de vehículos - OP-Mantenimiento de cuerpo carretero	- Incremento de contaminantes atmosféricos (CO_2, NOx, SOx, material particulado) y contribución a gases de efecto invernadero.
	Ruido y vibraciones	- OP-Tránsito de vehículos - OP-Mantenimiento de cuerpo carretero - OP-Transporte de personal - OP-Transporte de materiales e insumos - OP-Mantenimiento de infraestructura cada 5 años. - A-Estabilización de terreros y escorrentías locales	- Emisión de ruido perimetral.
Suelo	Calidad del suelo	- OP-Mantenimiento de infraestructura cada 5 años.	- Potencial contaminación del suelo.
Calidad del agua	Calidad del agua terrestre (grasas y aceites)	- OP-Mantenimiento de cuerpo carretero - OP-Mantenimiento de señalizaciones	- Potencial contaminación del agua por grasas y aceites
Paisaje	Calidad paisajistica	- OP-Tránsito de vehículos - OP-Mantenimiento de cuerpo carretero	- Modificación de la calidad paisajística por transito de vehículos.
Economía	Calidad de vida Servicios e infraestructura Vialidades y acceso Interacción de las comunidades Economía regional Empleo y mano de obra Actividades productivas	- A-Retiro de instalaciones y limpieza	- Impacto significativo por perdida de infraestructura carretera que limitaría la comunicación con otras localidades.

Descripción de impactos ambientales adversos significativos.

La Tabla inferior presenta una matriz de cribado con los impactos ambientales adversos significativos (Severos y Críticos) del Proyecto. A continuación, se describen en fichas individuales los alcances de cada uno de estos impactos.

Tabla V. 18. Cribado de matriz de impactos ambientales significativos adversos del Proyecto.

			Preparacion del sitio			Construccion											Operación y mantenimiento							Abandono			
			Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y materiales, retiros)	CUSTF Desmonte y despalme de predio	Acciones de manejo ambiental (manejo de suelo, flora y fauna, suelo, etc)	Terracerias y camino de acceso	Corte y excavaciones	Construcción del cuerpo del terraplén	Colocación de pavimento (concreto hidraulico)	Construcción de obras complementarias (obras de drenaje, topoliths, lavaderos)	Colocación de señalamientos	Acopio temporal y manejo de residuos.	Manejo de aguas residuales.	Transporte de materiales, equipos e insumos.	Transporte de personal	Retiro de obra	Transito de vehículos	Mantenimiento de cuerpo carretero	Mantenimiento de señalizaciones	Desazolve de estructuras de drenaje	Transporte de personal	Transporte de materiales e insumos	Manejo de aguas residuales.	Mantenimiento de infraestructura cada 5 años.	Retiro de instalaciones y limpieza	Estabilización de terreros y escorrentías locales	Restauración biológica	Monitoreo posterior al cierre
Ambiente físico	Atmósfera	Calidad del aire	-31	-53	55	-50	-50	-50	-36	-36	-19	40	36	-41	-29	34	-48	-28	0	0	0	0	0	0	34	0	0	0
		Ruido y vibraciones	-31	-47	41	-50	-50	-50	-38	-38	0	0	0	-36	-28	34	-43	-29	0	0	-17	-28	0	-40	34	-34	0	0
	Geología	Relieve	0	0	0	-31	-21	-31	-33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	53	0	0
		Estabilidad de taludes/geoformas	0	0	0	0	-21	-38	-36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	53	50	0
	Agua superficial y subterranea	Escurrimientos superficiales	0	-47	55	-47	0	-47	-47	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	91	81	0
		Provisión o infiltración de agua al subsuelo	0	-38	55	-47	-29	-53	-53	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	71	79	0
	Suelo	Calidad del suelo	-31	-48	71	-55	-26	-62	0	0	0	71	71	-41	0	53	0	0	0	0	0	0	53	-38	53	0	84	0
		Erosión	0	-55	72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	91	93	0
		Captura de Carbono	0	-64	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88	0
		Uso actual	0	-45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Compactación	-41	-40	53	-31	-31	-31	-31	-31	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59	0	0	0
	Calidad del agua	Calidad de agua terrestre (SST)	-28	-48	84	-40	-40	-40	0	0	0	71	71	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	60	52	88	93	72
		Calidad del agua terrestre (Grasas y aceites)	-36	-36	78	-45	-36	-36	-33	-45	0	71	0	0	53	0	0	-45	-26	0	0	0	0	62	0	0	0	0
Ambiente biológico	Flora y fauna terrestre	Distribucion y abundancia Flora	0	-52	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	91	81
		Biodiversidad Flora	0	-24	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	76
		Distribucion y abundancia Fauna	0	-47	59	-62	0	0	-60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64	0
		Biodiversidad Fauna	0	-55	57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64
		Funcionalidad del sistema	0	-47	57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	74	78	76
	Fauna acuatica	Distribución y abundancia plancton	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Biota bentonica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Especies nectónicas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Especies protegidas y de interés especial	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Flora acuatica	Flora acuatica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paisaje		Visibilidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Calidad paisajística	-26	-28	50	-26	-26	-26	-26	-26	0	43	43	0	0	57	-40	-21	0	0	0	0	0	43	66	76	84	0
		Fragilidad visual	-26	-55	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	0	76	0
Ambiente socioeconomico	Poblacion	Demografía y migracion	40	0	0	52	52	52	41	52	0	0	0	0	0	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Actividades recreativas y culturales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Calidad de vida	0	0	0	-43	38	40	78	0	71	0	0	-43	-43	0	88	38	52	55	0	0	0	47	-33	0	62	0
	Servicio	Servicios e infraestructura	26	26	0	55	43	59	84	72	0	0	0	0	0	0	90	0	0	0	0	0	0	45	-34	0	0	0
		Vialidades y acceso	0	0	0	60	0	64	95	0	0	0	0	0	0	0	98	53	52	48	0	0	0	47	-34	0	0	0
		Interaccion de las comunidades	43	0	60	76	0	0	69	0	0	0	0	0	0	0	84	74	0	0	0	0	0	0	-38	0	0	0
	Economia	Economia regional	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	100	81	0	53	0	0	0	0	-38	0	0	0
		Empleo y mano de obra	48	48	41	71	71	86	86	60	0	0	0	0	0	0	66	52	0	0	0	0	0	0	-52	0	0	0
		Actividades productivas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	74	0	0	0	0	0	0	34	-69	0	0	0
		Valor Catastral	0	86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gestion ambiental		Normatividad ambiental	0	83	86	0	0	0	0	0	0	81	79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79	81
		Administración del riesgo ambiental	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	0	0	0
		Seguimiento ambiental del proyecto	0	0	86	0	0	0	0	0	0	81	79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69	79	79	0

Fichas con la descripción de impactos significativos de naturaleza adversa.

Tabla V. 19 Ficha descriptiva impactos adversos sobre calidad del aire

Componente: Atmósfera. **Factor Ambiental:** Calidad del aire			
Etapa del proyecto:	**Actividad:**	**Nivel de significancia:**	**Descripción:**
• Preparación del sitio	• CUSTF. Desmonte y despalme de predio	• Severo	• Empleo de maquinaria y equipo pesado; la Empleo de maquinaria y equipo pesado para la maniobra; los cuales estarán impulsadas por plantas motrices que funcionan con combustibles derivados del petróleo (diésel y/o gasolina). Se generarán emisiones de gases de efecto invernadero y partículas menores de 10 y 2.5 micras que pueden afectar la salud de las personas. • Polvos fugitivos de tolvas durante el transporte de materiales terrígenos. • Polvos por tráfico de autotransportes por accesos sin pavimentar.

Tabla V. 20 Ficha descriptiva impactos adversos sobre Provisión o infiltración de agua al subsuelo

Componente: Agua superficial y subterránea. **Factor Ambiental:** Provisión o infiltración de agua al subsuelo			
Etapa del proyecto:	**Actividad:**	**Nivel de significancia:**	**Descripción:**
• Construcción	• Construcción del cuerpo del terraplén	• Severo	• La construcción del terraplén puede reducir localmente la infiltración de agua al subsuelo por la compactación y la incorporación de materiales con menor permeabilidad en la franja del camino, incrementando el escurrimiento superficial. El efecto se limita principalmente al derecho de vía.
	• Colocación de pavimento (concreto hidráulico)	• Severo	• La colocación de pavimento de concreto hidráulico disminuye la infiltración al subsuelo al crear una superficie prácticamente impermeable en el área de rodamiento, incrementando el escurrimiento superficial hacia cunetas y obras de drenaje. El efecto es local y permanente, limitado a la huella del camino.

Tabla V. 21 Ficha descriptiva impactos adversos sobre Calidad del suelo

Componente: Suelo. **Factor Ambiental:** Calidad del suelo.			
Etapa del proyecto:	**Actividad:**	**Nivel de significancia:**	**Descripción:**
• Construcción	• Terracerías y camino de acceso	• Severo	• Las terracerías y la habilitación de caminos de acceso pueden degradar la calidad del suelo por la remoción y mezcla del horizonte superficial, compactación por tránsito de maquinaria, pérdida de estructura y porosidad, y mayor susceptibilidad a erosión y arrastre de finos. El efecto es principalmente local y temporal, concentrado en las áreas de obra y accesos.

	• Construcción del cuerpo del terraplén	• Severo	• La construcción del cuerpo del terraplén puede afectar la calidad del suelo por la remoción del suelo superficial, el cambio de material (rellenos) y la compactación requerida para alcanzar la capacidad estructural, lo que reduce porosidad y actividad biológica del suelo. Adicionalmente, durante su conformación puede incrementar la susceptibilidad a erosión en superficies expuestas si no se estabilizan oportunamente. El efecto se concentra en el derecho de vía y zonas inmediatas de obra.

Tabla V. 22 Ficha descriptiva impactos adversos sobre Erosión

Componente: Suelo. **Factor Ambiental:** Erosión.			
Etapa del proyecto:	**Actividad:**	**Nivel de significancia:**	**Descripción:**
• Preparación del sitio	• CUSTF - Desmonte y despalme de predio	• Severo	• El cambio de uso de suelo de terrenos forestales retirará la cubierta vegetal del suelo, lo cual lo volverá vulnerable a la erosión en tanto no se inicien los trabajos de edificación.

Tabla V. 23 Ficha descriptiva impactos adversos sobre Captura de Carbono

Componente: Suelo. **Factor Ambiental:** Captura de Carbono			
Etapa del proyecto:	**Actividad:**	**Nivel de significancia:**	**Descripción:**
• Preparación del sitio	• CUSTF - Desmonte y despalme de predio	• Severo	• El cambio de uso de suelo de terrenos forestales retirará la cubierta vegetal del suelo, lo cual incide en la captura de carbono natural en el sitio del Proyecto.

Tabla V. 24 Ficha descriptiva impactos adversos sobre Distribución y abundancia de Flora

Componente: Flora y fauna terrestre **Factor Ambiental:** Distribución y abundancia de Flora.			
Etapa del proyecto:	**Actividad:**	**Nivel de significancia:**	**Descripción:**
• Preparación del sitio	• CUSTF - Desmonte y despalme de predio	• Severo	• Las actividades de cambio de uso de suelo como es el desmonte afectarán directamente y de manera permanente la cobertura vegetal del área de influencia directa de las obras.

Tabla V. 25 Ficha descriptiva impactos adversos sobre Distribución y abundancia de Fauna

Componente: Flora y fauna terrestre **Factor Ambiental:** Distribución y abundancia de Fauna.			
Etapa del proyecto:	**Actividad:**	**Nivel de significancia:**	**Descripción:**
• Construcción	• Terracerías y camino de acceso	• Severo	• Las terracerías y el acondicionamiento de caminos de acceso pueden reducir temporalmente la distribución y abundancia de fauna por el incremento de ruido, vibraciones y presencia de maquinaria, así como por la pérdida y fragmentación puntual de hábitat y el riesgo de atropellamiento. El efecto es principalmente local y

			reversible, concentrado en el frente de obra y zonas inmediatas de tránsito.
	• Colocación de pavimento (concreto hidraúlico)	• Severo	• La colocación de pavimento de concreto hidráulico puede afectar temporalmente la distribución y abundancia de fauna por el ruido y actividad intensa durante el colado y operación de equipos, provocando desplazamiento hacia áreas adyacentes. Adicionalmente, al consolidar una superficie de rodamiento se puede incrementar el riesgo de atropellamiento durante la etapa operativa, con efectos localizados en la franja del camino.

Tabla V. 26 Ficha descriptiva impactos adversos sobre Biodiversidad Fauna

Componente: Flora y fauna terrestre **Factor Ambiental:** Biodiversidad Fauna			
Etapa del proyecto:	**Actividad:**	**Nivel de significancia:**	**Descripción:**
• Preparación del sitio	• CUSTF - Desmonte y despalme de predio	• Severo	• La pérdida del hábitat de especies de fauna terrestres por el CUSTF provocará la pérdida o desplazamiento de especies de fauna a las áreas no intervenidas por el Proyecto. • La biodiversidad en el área de influencia del Proyecto se alterará permanentemente; sin embargo, a nivel de la cuenca hidrográfica no tendrá un efecto significativo.

Tabla V. 27 Ficha descriptiva impactos adversos sobre Fragilidad visual

Componente: Paisaje. **Factor Ambiental:** Fragilidad visual.			
Etapa del proyecto:	**Actividad:**	**Nivel de significancia:**	**Descripción:**
• Preparación del sitio	• CUSTF - Desmonte y despalme de predio	• Severo	• El desmonte y despalme asociado al CUSTF puede incrementar la fragilidad visual al eliminar la cobertura vegetal que actúa como pantalla y al exponer superficies de suelo desnudo, generando un contraste cromático y textural con el entorno. El efecto es local y temporal, y disminuye conforme se estabilicen los suelos y se recupere la cobertura vegetal mediante revegetación o regeneración natural.

Tabla V. 28 Ficha descriptiva impactos adversos sobre Empleo y mano de obra

Componente: Economía. **Factor Ambiental:** Empleo y mano de obra.			
Etapa del proyecto:	**Actividad:**	**Nivel de significancia:**	**Descripción:**
• Abandono	• Retiro de instalaciones y limpieza	• Severo	• El retiro de la infraestructura carretera en la etapa de abandono puede generar un impacto adverso sobre el empleo y la mano de obra al reducir la conectividad y el flujo asociado a la vía, lo que tiende a disminuir la demanda de bienes y servicios, limitar el acceso a mercados y encarecer la movilidad. Como efecto indirecto, puede presentarse una contracción de oportunidades laborales locales (comercio, servicios, transporte y actividades productivas), particularmente en comunidades que se benefician de la comunicación terrestre.

Tabla V. 29 Ficha descriptiva impactos adversos sobre Actividades productivas

Componente: Economía. **Factor Ambiental:** Actividades productivas.			
Etapa del proyecto:	**Actividad:**	**Nivel de significancia:**	**Descripción:**
• Abandono	• Retiro de instalaciones y limpieza	• Severo	• El retiro de la infraestructura carretera en la etapa de abandono puede generar un impacto adverso sobre las actividades productivas regionales al disminuir la accesibilidad y conectividad, incrementando tiempos y costos de traslado de insumos, productos y personal. Esto puede traducirse en reducción de competitividad, limitación para colocar productos en mercados, menor frecuencia de abastecimiento y dificultades logísticas para actividades como pesca, comercio local, servicios y otras economías de apoyo en las comunidades vinculadas al corredor.

V.4 Impactos residuales.

La identificación de los impactos residuales deriva del cribado de la matriz de magnitud e importancia de impactos ambientales; considerando exclusivamente los impactos de naturaleza adversa severa a crítica. A continuación, se describe los principales impactos residuales identificados.

Tabla V. 30 Impactos residuales del proyecto

Componente	Factor	Etapa / Obra o actividad del Proyecto asociada	Impacto residual
Atmósfera.	Calidad del aire	**Preparación del sitio** CUSTF. Desmonte y despalme de predio	Aun con control de polvos y mantenimiento de maquinaria, persisten emisiones y polvos de baja intensidad y corta duración en frentes de obra y rutas de acarreo; el efecto remanente se limita espacialmente al derecho de vía y accesos, sin afectación crónica a receptores por su lejanía.
Agua superficial y subterránea.	Provisión o infiltración de agua al subsuelo	**Construcción.** Construcción del cuerpo del terraplén Colocación de pavimento (concreto hidráulico)	Se mantiene una reducción permanente de infiltración en la huella del pavimento y una reducción local asociada a capas compactadas; el agua se redistribuye hacia cunetas y obras de drenaje, conservándose el patrón de recarga regional, pero con pérdida residual de recarga localizada en el derecho de vía.
Suelo.	Calidad del suelo.	**Construcción.** Terracerías y camino de acceso Construcción del cuerpo del terraplén	Permanece la compactación y el cambio de propiedades físicas del suelo bajo la estructura del camino y áreas de apoyo, con pérdida residual de funciones edáficas (porosidad/biota) en la franja ocupada; fuera de la huella, el residual se reduce mediante estabilización y revegetación.
Suelo.	Captura de Carbono	**Preparación del sitio** CUSTF - Desmonte y despalme de predio	Persiste una reducción de la captura de carbono en las superficies donde la vegetación fue removida y no se restituye plenamente; la recuperación parcial depende de revegetación/regeneración, pero en la huella del

			camino la pérdida de capacidad de captura se mantiene a largo plazo.
Flora y fauna terrestre	Distribución y abundancia de Flora.	**Preparación del sitio** CUSTF - Desmonte y despalme de predio	Permanece la pérdida de individuos y cobertura en la huella del camino y zonas de obra permanentes; la recuperación residual se limita a bordes y áreas restaurables, dependiendo de la revegetación y del éxito de establecimiento, sin restituir completamente la estructura original.
Flora y fauna terrestre	Distribución y abundancia de Fauna.	**Construcción** Terracerías y camino de acceso Colocación de pavimento (concreto hidráulico)	Tras la obra, el desplazamiento por construcción disminuye, pero queda un efecto residual asociado al incremento del tránsito: riesgo persistente de atropellamiento y evitación del corredor por algunas especies; el residual se atenúa con señalización, control de velocidad y medidas de manejo de fauna.
Flora y fauna terrestre	Biodiversidad Fauna	**Preparación del sitio** CUSTF - Desmonte y despalme de predio	Permanece una pérdida residual de hábitat dentro del derecho de vía y una simplificación de microhábitats; a escala del SAR, el residual se expresa como reducción puntual de diversidad/abundancia local, con recolonización parcial en bordes si se mantiene conectividad y se restauran áreas intervenidas.
Paisaje.	Fragilidad visual.	**Preparación del sitio** CUSTF - Desmonte y despalme de predio	Aun con estabilización y revegetación, puede persistir un contraste visual moderado en taludes, bordes y superficies expuestas hasta que se consolide la cobertura; el residual tiende a disminuir con el tiempo, pero no necesariamente retorna al estado escénico previo en la franja intervenida.

V.5 Impactos acumulativos.

La identificación de los impactos residuales deriva del cribado de la matriz de magnitud e importancia de impactos ambientales; considerando exclusivamente los impactos de naturaleza adversa severa. A continuación, se describe los principales impactos acumulativos.

Tabla V. 31 Impactos acumulativos del proyecto

Componente	Factor	Etapa / Obra o actividad del Proyecto asociada	Impacto acumulativo o sinérgico
Atmósfera.	Calidad del aire	Preparación del sitio CUSTF. Desmonte y despalme de predio	La generación de polvos por desmonte/despalme y movimientos de tierra presenta sinergia con el tránsito de maquinaria y vehículos en accesos no pavimentados, incrementando la resuspensión de partículas finas (PM10/PM2.5) en condiciones secas y con viento. De manera acumulativa, los episodios repetidos de emisión (obra + tráfico) pueden elevar temporalmente la carga de polvo a lo largo del corredor, aun cuando cada fuente por separado sea de alcance local.
Agua superficial y subterránea.	Provisión o infiltración de agua al subsuelo	Construcción. Construcción del cuerpo del terraplén Colocación de pavimento (concreto hidráulico)	La compactación del terraplén y la impermeabilización por pavimento actúan de forma sinérgica al reducir la infiltración y aumentar el volumen y velocidad del escurrimiento superficial conducido por cunetas y obras de drenaje. De manera acumulativa a lo largo del trazo, la suma de superficies compactadas/impermeables redistribuye el

			balance infiltración–escurrimiento en la franja del camino, concentrando flujos hacia puntos de descarga y disminuyendo la recarga local en el derecho de vía.
Suelo.	Calidad del suelo.	Construcción. Terracerías y camino de acceso Construcción del cuerpo del terraplén	La remoción del horizonte superficial y la compactación por terracerías y terraplén presentan sinergia con la exposición del suelo a eventos de lluvia, incrementando la pérdida de finos, el sellado superficial y la susceptibilidad a erosión en bordes y taludes. El efecto acumulativo se expresa cuando intervenciones recurrentes (mantenimiento, tránsito de maquinaria) prolongan la compactación y la degradación física del suelo, reduciendo progresivamente su funcionalidad edáfica en áreas intervenidas.
Suelo.	Captura de Carbono	Preparación del sitio CUSTF - Desmonte y despalme de predio	La pérdida de cobertura vegetal reduce de manera directa la captura de carbono; además, la remoción de suelo superficial y la compactación generan un efecto sinérgico al disminuir la capacidad de regeneración y el restablecimiento de biomasa. El impacto se vuelve acumulativo si otras aperturas o cambios de uso de suelo en el SAR se suman en el tiempo, disminuyendo de forma incremental el almacenamiento de carbono en vegetación y suelo a escala local.
Flora y fauna terrestre	Distribución y abundancia de Flora.	Preparación del sitio CUSTF - Desmonte y despalme de predio	La pérdida de cobertura vegetal tiene efectos sinérgicos con la compactación y la erosión del suelo, ya que limita la regeneración natural y puede ampliar el efecto de borde, reduciendo la abundancia efectiva de flora más allá del área estrictamente desmontada si no se estabilizan superficies. De manera acumulativa, la reducción de cobertura en el corredor incrementa la fragmentación local y la simplificación de la estructura vegetal en el entorno inmediato del camino.
Flora y fauna terrestre	Distribución y abundancia de Fauna.	Construcción Terracerías y camino de acceso Colocación de pavimento (concreto hidraúlico)	Durante construcción, el ruido, vibraciones y presencia humana actúan sinérgicamente con la pérdida puntual de hábitat, incrementando el desplazamiento temporal de fauna hacia áreas adyacentes. En operación, la consolidación del camino y el aumento del tránsito generan un efecto acumulativo y sinérgico al incrementar el riesgo de atropellamiento y reforzar el “efecto barrera” para algunas especies, reduciendo su uso del corredor y modificando patrones de movimiento.
Flora y fauna terrestre	Biodiversidad Fauna	Preparación del sitio CUSTF - Desmonte y despalme de predio	La pérdida de hábitat por desmonte presenta sinergia con la fragmentación inducida por el corredor vial y la perturbación recurrente (tránsito/mantenimiento), favoreciendo especies generalistas y reduciendo la probabilidad de permanencia de especies más sensibles en el entorno inmediato. El efecto acumulativo se manifiesta como una disminución gradual de diversidad local y conectividad funcional si se incrementa el tráfico y se mantienen bordes sin restauración efectiva.
Paisaje.	Fragilidad visual.	Preparación del sitio CUSTF - Desmonte y despalme de predio	La eliminación de pantallas vegetales y la exposición de suelo desnudo actúan sinérgicamente con la presencia de taludes, terraplenes y estructuras de drenaje, incrementando el contraste visual y la percepción de artificialización del corredor. De manera acumulativa, la permanencia de superficies sin revegetar o con erosión prolonga el detrimento visual; su reducción depende de la estabilización y recuperación de cobertura vegetal en bordes y taludes.

V.6 Resumen y conclusiones.

Con base en la identificación y evaluación de impactos ambientales realizada en el presente Capítulo, se concluye que el Proyecto generará impactos de naturaleza adversa y benéfica. Los impactos adversos se concentran principalmente en la etapa de preparación del sitio y construcción, asociados al desmonte/despalme, movimientos de tierra, conformación del terraplén y establecimiento del pavimento; mientras que los impactos benéficos se relacionan con la mejora de accesibilidad y conectividad regional, así como con condiciones de seguridad y funcionalidad vial.

De manera específica, se concluye lo siguiente:

1. Los impactos adversos más relevantes se asocian a la remoción de cobertura vegetal por el CUSTF y a la modificación local de propiedades del suelo (compactación, pérdida de horizonte superficial) y del balance infiltración–escurrimiento (reducción de infiltración en la huella del terraplén y del pavimento), con efectos espacialmente acotados al derecho de vía.

2. La pérdida de cobertura vegetal implica impactos encadenados sobre captura de carbono, susceptibilidad a erosión, fragilidad visual y disponibilidad de hábitat para la fauna. No obstante, por la escala del Proyecto y su localización en un trazo ya intervenido, no se prevé una alteración significativa de la estructura y funciones del SAR.

3. Los impactos sobre fauna se manifiestan principalmente como desplazamiento temporal durante construcción y como riesgo de atropellamiento y efecto barrera durante la operación, con incidencia local en el corredor vial.

4. Los impactos potenciales sobre la calidad del aire (polvos y emisiones) y sobre la calidad del agua (por arrastre de sólidos y, en menor medida, por grasas y aceites) adquieren relevancia por su relación directa con prácticas constructivas y de manejo ambiental; su magnitud puede reducirse significativamente mediante medidas operativas, control de polvos, manejo adecuado de residuos y control de escorrentías.

5. Los impactos acumulativos o sinérgicos identificados se relacionan, principalmente, con la interacción entre desmonte/movimientos de tierra, compactación e impermeabilización, y la ocurrencia de lluvias intensas, lo cual puede potenciar erosión, arrastre de finos y concentración de escurrimientos si no se implementan oportunamente obras de drenaje y control de erosión.

6. En el balance ambiental del SAR, el Proyecto no implica la pérdida de ecosistemas críticos a escala regional ni compromete el equilibrio ecológico de la cuenca; los impactos adversos son esencialmente localizados y controlables, mientras que los beneficios socioeconómicos se consideran relevantes para las comunidades vinculadas al corredor.

Las medidas de prevención, mitigación, control y, en su caso, compensación que se desarrollan en el Capítulo VI fortalecerán la gestión ambiental del Proyecto y permitirán mantener la integridad funcional del SAR, reduciendo la magnitud de impactos adversos y asegurando el

cumplimiento de los objetivos ambientales establecidos para cada etapa.

VI. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

VI.1 Descripción de la medida o programa de medidas de la mitigación o correctivas por componente ambiental

Las acciones orientadas a la prevención, mitigación y, en su caso, compensación de impactos ambientales constituyen un conjunto de medidas de manejo aplicables a las diferentes etapas del Proyecto (preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, y abandono). Su propósito es evitar, reducir, controlar o compensar los efectos adversos sobre los componentes del Sistema Ambiental Regional (SAR), y con ello mantener la integridad de su estructura y funciones.

En el marco de esta MIA-R, las medidas se agrupan conforme a su finalidad y relación con el impacto, bajo las siguientes categorías operativas:

- Medidas preventivas (P): disposiciones anticipadas orientadas a suprimir o evitar la generación del impacto (p. ej., delimitación estricta del derecho de vía, señalización y control de accesos, control de emisiones y derrames antes de iniciar obras).

- Medidas de mitigación (M): acciones dirigidas a reducir la magnitud, extensión o duración del impacto, o a atenuar su intensidad (p. ej., control de polvos, estabilización de taludes, manejo de escurrimientos, rescate y reubicación de ejemplares de flora cuando aplique).

- Medidas de compensación (C): acciones destinadas a contrarrestar impactos adversos que no pueden evitarse completamente, mediante actividades equivalentes o de restauración ambiental (p. ej., revegetación con especies nativas en áreas afectadas, medidas de control de erosión y recuperación de superficies expuestas).

Estas medidas se plantean como instrumentos de control ambiental para reducir al mínimo los efectos negativos sobre el medio físico, biótico, paisaje y socioeconómico, y atender de manera específica los impactos residuales y los potenciales efectos acumulativos o sinérgicos identificados en el Capítulo V.

En el caso del presente Proyecto, el trazo se desarrolla sobre un corredor previamente intervenido (camino existente), por lo que una proporción de las alteraciones ambientales actuales deriva de procesos históricos de uso y tránsito. No obstante, las actividades de modernización (desmonte y despalme en la franja requerida, movimientos de tierra, conformación de terraplén, pavimentación y obras de drenaje) pueden intensificar impactos localizados y temporales durante la construcción, así como generar modificaciones permanentes en la huella vial (por ejemplo, reducción local de infiltración y cambios en

propiedades físicas del suelo). Por ello, el paquete de medidas prioriza: control de polvos y emisiones, prevención de contaminación del suelo y agua por manejo de residuos e hidrocarburos, control de erosión y escurrimientos, protección de flora y fauna, y manejo paisajístico mediante estabilización y revegetación de áreas expuestas.

Para asegurar su implementación y eficacia, las medidas se organizan en programas específicos que se integran al Programa de Vigilancia Ambiental, con la finalidad de establecer un sistema verificable de supervisión, seguimiento y mejora continua del desempeño ambiental del Proyecto. De manera general, el esquema programático considera:

i. Medidas de control y verificación del cumplimiento de la ubicación autorizada, el trazo definitivo, el derecho de vía, el diseño geométrico y los procedimientos constructivos establecidos.

ii. Verificación sistemática del cumplimiento de las medidas preventivas, de mitigación y compensatorias, por componente ambiental y por etapa del Proyecto, con registros de campo y evidencia documental.

iii. Monitoreo ambiental enfocado a variables clave asociadas a los impactos relevantes (p. ej., control de polvos, puntos de generación de escurrimientos, estabilidad de taludes y superficies expuestas, cumplimiento de manejo de residuos y condiciones de restauración/revegetación).

iv. Planes de prevención y atención de contingencias ambientales, con procedimientos para respuesta inmediata ante derrames, manejo de residuos peligrosos, afectaciones a fauna, y eventos de erosión/arrastre extraordinario durante lluvias.

Cuando me compartas el siguiente apartado (por ejemplo, la tabla de medidas por etapa o por componente), lo adapto con redacción técnica homogénea y lo alineo directamente con los impactos severos, residuales y acumulativos/sinérgicos ya identificados en tu Capítulo V.

VI.2 Programa de vigilancia ambiental

El Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) del Proyecto tiene como propósito garantizar la aplicación y verificación del cumplimiento de las medidas preventivas, de mitigación y, en su caso, de compensación propuestas en la presente MIA-R durante la ejecución de las obras (preparación del sitio y construcción), así como asegurar el seguimiento durante la etapa de operación y mantenimiento, mediante la supervisión y el monitoreo de los principales indicadores ambientales asociados a los impactos relevantes identificados en el Capítulo V.

La vigilancia ambiental se orienta a establecer controles de cumplimiento para asegurar que las obras y actividades del Proyecto se ejecuten conforme a lo evaluado en la MIA-R y a las condicionantes que determine la autoridad ambiental en la resolución correspondiente. En

particular, el PVA verificará que el Proyecto respete estrictamente el derecho de vía autorizado, la ubicación y trazo definitivo, los procedimientos constructivos previstos y la implementación efectiva de medidas de manejo ambiental en campo, incluyendo el control de emisiones de polvo, la prevención de contaminación del suelo y agua, el manejo de escurrimientos, la protección de flora y fauna y la estabilización de superficies expuestas.

El componente de monitoreo ambiental del PVA establece los parámetros, indicadores y mecanismos de seguimiento necesarios para evaluar el desempeño ambiental del Proyecto y la eficacia de las medidas implementadas. Para ello, considera el seguimiento de variables clave por componente ambiental, con énfasis en aquellas asociadas a impactos severos, residuales y/o acumulativos o sinérgicos: control de polvos y emisiones en frentes de obra y rutas de tránsito; condiciones del suelo (compactación, erosión y estabilidad de taludes y superficies expuestas); comportamiento de escurrimientos y funcionamiento de obras de drenaje; evidencias de afectación a fauna (desplazamiento, atropellamientos) y avance de la restauración (revegetación y control de erosión en áreas intervenidas).

De manera complementaria, el PVA integra planes de prevención y atención de contingencias ambientales con el fin de asegurar capacidad de respuesta inmediata ante eventualidades accidentales y eventos extraordinarios que puedan generar afectaciones ambientales. En este rubro se incluyen procedimientos para prevención y control de derrames de combustibles o aceites, atención de incidentes durante el manejo de residuos, protección y rescate de fauna en caso de hallazgos en frente de obra, y acciones preventivas y correctivas asociadas a lluvias intensas que puedan detonar erosión, arrastre de finos u obstrucción de estructuras de drenaje.

A continuación, se presentan de manera resumida los principales componentes del PVA, así como las medidas y lineamientos de seguimiento propuestos para cada etapa del Proyecto.

VI.2.1 Programa de Vigilancia Ambiental para las etapas de preparación del sitio y construcción.

Tabla VI. 1 Programa de vigilancia ambiental para las etapas de preparación del sitio y construcción

ETAPA DE PREPARACIÓN DELSITIO Y CONSTRUCCIÓN				
Componente ambiental		**Actividades del proyecto/interacciones**	**Descripción de impacto**	**Prevención, Mitigación y/o Compensación**
Atmosfera	Calidad del aire	P-Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.) P-CUSTF Desmonte y despalme de predio C-Terracerias y camino de acceso C-Corte y excavaciones C-Construcción del cuerpo del terraplén C-Colocación de pavimento	Incremento de contaminantes atmosféricos (CO_2, NOx, SOx, material particulado) y contribución a gases de efecto invernadero.	Delimitación de frentes y rutas de tránsito para minimizar superficies expuestas y recorridos innecesarios; señalizar y controlar velocidad en caminos no pavimentados. Riego con pipa en frentes y accesos; cubrir/cerrar cajas de volteo y humectar material fino; mantenimiento preventivo de maquinaria y

		(concreto hidraúlico) C-Construcción de obras complementarias (obras de drenaje, bordillos, lavaderos) C-Colocación de señalamientos C-Transporte de materiales, equipos e insumos. C-Transporte de personal		verificación de opacidad de humo.
	Ruido y vibraciones	P-Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.) P-Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.) P-CUSTF Desmonte y despalme de predio C-Terracerias y camino de acceso C-Corte y excavaciones C-Construcción del cuerpo del terraplén C-Colocación de pavimento (concreto hidraúlico) C-Construcción de obras complementarias (obras de drenaje, bordillos, lavaderos) C-Transporte de materiales, e insumos. - C-Transporte de personal	Emisión de ruido perimetral.	Programación de actividades de mayor emisión sonora en horario diurno. Mantenimiento de silenciadores; limitar velocidad de maquinaria; señalización preventiva en frentes y desvíos para reducir riesgo por vibraciones/ruido; uso de EPP auditivo.
Geología	Relieve	C-Terracerias y camino de acceso C-Corte y excavaciones C-Construcción del cuerpo del terraplén C-Colocación de pavimento (concreto hidraúlico)	Cambios en el relieve natural del predio del Proyecto.	Ajustar cortes y rellenos a lo estrictamente necesario (nivelaciones menores) y respetar el trazo/derecho de vía autorizado. Perfilado y conformación controlada de superficies; disposición adecuada de material excedente en sitios autorizados; restauración de áreas auxiliares (patios/acopios) al término de la obra. Restitución morfológica en áreas temporales intervenidas mediante reperfilado.
	Estabilidad de taludes/geoformas	C-Corte y excavaciones C-Construcción del cuerpo del terraplén C-Colocación de pavimento (concreto hidraúlico)	Modificación de la taludes y geoformas por infraestructura carretera.	Diseño y ejecución conforme a criterios de estabilidad (pendientes, compactación y drenaje) y limitación de cortes a la geometría requerida. Estabilización de taludes con compactación por capas.
Agua superficial y subterranea	Escurrimientos superficiales	P-CUSTF Desmonte y despalme de predio C-Terracerias y camino de acceso C-Construcción del cuerpo del terraplén C-Colocación de pavimento (concreto hidraúlico)	Alteración de la velocidad y dirección de los escurrimientos naturales.	Mantener libres las líneas naturales de escurrimiento durante obra; ubicar acopios fuera de cauces/vasos y no obstruir pasos naturales. Construcción y mantenimiento de obras de drenaje y cunetas. Estabilización post-obra de salidas/descargas y zonas de concentración de flujo con

				protección contra erosión y revegetación.
	Provisión o infiltración de agua al subsuelo	P-CUSTF Desmonte y despalme de predio C-Terracerias y camino de acceso C-Corte y excavaciones C-Construcción del cuerpo del terraplén C-Colocación de pavimento (concreto hidraúlico)	La infiltración en el área del proyecto es de 27.069 m^3/año. En el escenario con desmonte, la infiltración se reduce hasta presentar un déficit de – 211.4 m^3/año. La evaluación de infiltración mediante la implementación de medidas de mitigación resulta en 88.085 m^3/año lo que resulta en una ganancia de 61.986 m^3/año.	Minimizar el área efectiva de desmonte y compactación fuera de la huella indispensable; evitar sellamiento adicional por acopios no autorizados.
	Patrón de drenaje	C-Construcción del cuerpo del terraplén C-Colocación de pavimento (concreto hidraúlico)	Alteración del patron de drenaje por infraestructura carretera.	Respetar y mantener la conectividad hidráulica mediante diseño de pasos/alcantarillas en puntos de cruce; evitar “efecto dique” del terraplén. Obras de drenaje transversal y longitudinal; control de pendientes y salidas; mantenimiento de secciones hidráulicas durante obra para evitar taponamientos por material.
Suelo	Calidad del suelo	P-Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.) P-CUSTF Desmonte y despalme de predio C-Terracerias y camino de acceso C-Corte y excavaciones C-Construcción del cuerpo del terraplén C-Transporte de materiales, equipos e insumos.	Potencial contaminación del suelo Pérdida del suelo fértil	Delimitación estricta del derecho de vía; prohibición de mantenimiento mayor fuera de áreas controladas; acopio separado de capa superficial donde sea factible. Manejo de combustibles/aceites con charolas y material absorbente; atención inmediata de derrames (retiro de suelo contaminado y disposición autorizada); restitución de topsoil en áreas a restaurar; limpieza y orden de frentes para evitar dispersión de finos.
	Erosión	P-CUSTF Desmonte y despalme de predio	Erosión del suelo. Exposición de suelos a erosión hídrica y eólica: incremento estimado de 43.323 ton de pérdida hídrica y 151.054 ton de pérdida eólica. Incremento de 194.377 toneladas respecto a las	Secuenciar obra para reducir superficies desnudas simultáneas; evitar dejar taludes expuestos sin protección. Obras de control de erosión; humectación para controlar erosión eólica; estabilización progresiva de taludes y bordes conforme avance la obra. Restauración biológica con revegetación dirigida y obras de control de erosión

			condiciones actuales.	permanentes en puntos críticos.
	Captura de carbono	P-CUSTF Desmonte y despalme de predio	Pérdida de la capacidad de captura de carbono por desmonte y sellamiento del suelo.	Minimizar área de desmonte a lo estrictamente necesario; conservar vegetación fuera de la huella y protegerla durante obra. Rescate/reubicación de ejemplares cuando sea viable; evitar daños adicionales por tránsito fuera de área autorizada. Revegetación con especies nativas en zonas restaurables para recuperar el servicio de captura de carbono.
	Uso actual	P-CUSTF Desmonte y despalme de predio	Pérdida de ecosistema natural.	Señalización y respeto estricto del polígono autorizado; capacitación a personal y control de accesos. Rescate/reubicación de flora de interés cuando aplique; evitar apertura de áreas adicionales. Compensación mediante restauración de áreas temporales y revegetación/estabilización de bordes y taludes.
	Compactación	P-Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.) P-CUSTF Desmonte y despalme de predio C-Terracerias y camino de acceso C-Corte y excavaciones C-Construcción del cuerpo del terraplén C-Colocación de pavimento (concreto hidraúlico) C-Construcción de obras complementarias (obras de drenaje, bordillos, lavaderos)	Compactación del suelo por acciones mecánicas de la obra y tránsito de vehículos.	Restringir tránsito a rutas definidas; evitar compactación innecesaria fuera de la estructura de la obra. } Compactación controlada solo donde el diseño lo requiera; escarificado y descompactación de áreas temporales al cierre; restitución de topsoil y revegetación para recuperar funcionalidad superficial. Rehabilitación de áreas temporales afectadas.
Calidad del Agua	Calidad de agua terrestre (SST)	P-Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.) P-CUSTF Desmonte y despalme de predio C-Terracerias y camino de acceso C-Corte y excavaciones C-Construcción del cuerpo del terraplén	Potencial contaminación del agua por solidos suspendidos totales.	Ubicar acopios fuera de escurrimientos; no descargar material en cauces; programar actividades para minimizar exposición en temporada de lluvias cuando sea viable. Rehabilitación de zonas afectadas por arrastre, estabilización/revegetación.
	Calidad del agua terrestre (Grasas y aceites)	P-Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.) P-CUSTF Desmonte y despalme de predio C-Terracerias y camino de acceso C-Corte y excavaciones C-Construcción del cuerpo del	Potencial contaminación del agua por grasas y aceites.	Abastecimiento y mantenimiento en sitios controlados; contenedores y bandejas; prohibir disposición de aceites/grasas al suelo. Kit de derrames y capacitación; contención y recuperación inmediata; disposición de residuos

		terraplén C-Colocación de pavimento (concreto hidraúlico) C-Construcción de obras complementarias (obras de drenaje, bordillos, lavaderos)		peligrosos con gestor autorizado; bitácoras de manejo. Remediación puntual si ocurre contaminación (retiro de suelos/absorbentes contaminados y reposición).
Flora y fauna terrestre	Distribución y abundancia de flora. Especies protegidas o de interés especial de flora. Biodiversidad de flora. Distribución y abundancia de fauna. Especies protegidas o de interés especial de fauna. Biodiversidad de fauna. Funcionalidad del sistema.	FLORA P-CUSTF Desmonte y despalme de predio FAUNA P-CUSTF Desmonte y despalme de predio C-Terracerias y camino de acceso C-Colocación de pavimento (concreto hidraúlico) FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA P-CUSTF Desmonte y despalme de predio	Impacto sobre indicadores de flora y fauna por efectos del CUSTF. Remoción total de la cubierta vegetal; pérdida de individuos de especies enlistadas en el sitio del proyecto y reubicación de los mismos en el polígono de remediación.	Delimitar y señalizar el área autorizada; capacitación y prohibición de colecta/caza; inspección previa de frentes antes de desmonte. Rescate y reubicación de flora/fauna conforme procedimiento; supervisión ambiental durante CUSTF; control de velocidades y señalización para evitar atropellamientos; manejo de residuos para no atraer fauna; evitar excavaciones abiertas sin protección. Restauración biológica (revegetación + control de erosión) para recuperar hábitat en bordes/áreas intervenidas y favorecer recuperación funcional local.
Paisaje	Calidad paisajística	P-Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.) P-CUSTF Desmonte y despalme de predio C-Terracerias y camino de acceso C-Corte y excavaciones C-Construcción del cuerpo del terraplén C-Colocación de pavimento (concreto hidraúlico) C-Construcción de obras complementarias (obras de drenaje, bordillos, lavaderos)	Alteración del paisaje por obras y actividades.	Orden y confinamiento de acopios; mantener limpieza de frentes; evitar áreas auxiliares no autorizadas. Retiro oportuno de excedentes; estabilización progresiva; revegetación de bordes y taludes para integración visual. Restauración biológica y control de erosión en zonas visibles para acelerar recuperación paisajística.
	Fragilidad visual	P-Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.) P-CUSTF Desmonte y despalme de predio	Impacto en la Fragilidad visual por intervención de maquinar y construcción de carretera.	Reducir al mínimo superficies desnudas simultáneas; delimitar y proteger vegetación no afectada. Estabilización temprana y revegetación progresiva; control de erosión para evitar cárcavas visibles. Revegetación dirigida y rehabilitación de áreas auxiliares para disminuir contraste visual.
Economía	Calidad de vida	C-Terracerías y camino de acceso C-Transporte de materiales, equipos e insumos. C-Transporte de personal	Impacto en la calidad de vida de los habitantes de la localidad por obstrucción temporal o desvío de camino.	Señalización temporal; programación de actividades para mantener accesos funcionales; comunicación comunitaria sobre desvíos/horarios. Control de velocidad y seguridad vial en desvíos; riego para control de polvo en accesos; restitución inmediata de condiciones de acceso al concluir frentes.

VI.2.2 Programa de Vigilancia Ambiental para la etapa de operación y mantenimiento.

Tabla VI. 2 Programa de vigilancia ambiental para las etapas de Operación y mantenimiento y Abandono

ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO Y ABANDONO				
Componente ambiental		**Actividades del proyecto/interacciones**	**Descripción de impacto**	**Prevención, Mitigación y/o Compensación**
Atmosfera	Calidad del aire	OP-Tránsito de vehículos OP-Mantenimiento de cuerpo carretero	Incremento de contaminantes atmosféricos (CO_2, NOx, SOx, material particulado) y contribución a gases de efecto invernadero.	Control de velocidad y rutas para evitar aceleraciones/frenados repetidos. Señalización preventiva.
	Ruido y vibraciones	OP-Tránsito de vehículos OP-Mantenimiento de cuerpo carretero OP-Transporte de personal OP-Transporte de materiales e insumos OP-Mantenimiento de infraestructura cada 5 años. A-Estabilización de terreros y escorrentías locales	Emisión de ruido perimetral.	Control de velocidad y rutas para evitar aceleraciones/frenados repetidos. Señalización preventiva.
Suelo	Calidad del suelo	- OP-Mantenimiento de infraestructura cada 5 años.	Potencial contaminación del suelo.	Prohibición de cambio de aceite/reparaciones mayores fuera de áreas autorizadas. Kits de derrames disponibles y personal capacitado; uso de charolas, absorbentes y contenedores etiquetados; recolección y disposición de residuos peligrosos mediante gestor autorizado; retiro inmediato de material/suelo contaminado y reposición. Remediación puntual si ocurre impacto (excavación y confinamiento/disposición autorizada; restitución de suelo y estabilización superficial)
Calidad del agua	Calidad del agua terrestre (grasas y aceites)	OP-Mantenimiento de cuerpo carretero OP-Mantenimiento de señalizaciones	Potencial contaminación del agua por grasas y aceites	Evitar mantenimiento con riesgo de derrames en proximidad a escurrimientos; no lavar maquinaria/equipos en sitio; control y almacenamiento seguro de aceites/grasas. Contención de derrames (barreras/absorbentes) y respuesta inmediata; manejo y disposición de residuos peligrosos conforme normativa. Saneamiento puntual ante eventos (retiro de material contaminado; restitución/estabilización; verificación posterior del área).

Paisaje	Calidad paisajistica	OP-Tránsito de vehículos OP-Mantenimiento de cuerpo carretero	Modificación de la calidad paisajística por tránsito de vehículos.	Mantener orden y limpieza permanente del derecho de vía; evitar acopios visibles fuera de periodos estrictamente necesarios; señalización adecuada para reducir maniobras y detenciones. Retiro oportuno de residuos y material suelto; control de polvo en tramos no pavimentados o con material expuesto (si aplica); mantenimiento de cunetas y obras de drenaje para evitar erosión/cárcavas visibles; revegetación dirigida en taludes/bordes intervenidos.

VI.3 Seguimiento y control (monitoreo)

El seguimiento y control constituye el eje operativo del Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) y tiene como finalidad verificar, de manera sistemática y documentada, que las obras y actividades del Proyecto se ejecuten conforme a lo autorizado, que las medidas de prevención, mitigación y compensación se implementen en tiempo y forma, y que los impactos ambientales se mantengan dentro de rangos aceptables. En términos prácticos, el seguimiento y control integra inspección en campo, verificación documental, monitoreo de indicadores y acciones correctivas bajo un esquema de mejora continua.

Tabla VI. 3 Tabla de seguimiento y control del proyecto

Componente / Factor	Etapa y actividades asociadas	Indicador verificable (control)	Método de seguimiento	Frecuencia	Criterio de cumplimiento / umbral de control	Evidencia / registro	Responsable
Atmósfera / Calidad del aire	**P y C:** Preliminares; CUSTF Desmonte y despalme; Terracerías y camino de acceso; Corte y excavaciones; Terraplén; Pavimento; Obras complementarias; Señalamientos; Transporte de materiales e insumos; Transporte de personal	Presencia de polvo visible; emisiones de maquinaria; orden/limpieza en frentes	Recorridos en sitio + lista de verificación; revisión de mantenimiento de equipos; control de velocidad	Semanal y por evento (viento fuerte / actividad intensiva)	Sin “plumas” persistentes de polvo; maquinaria sin humo visible anormal	Checklist; bitácora; fotos georreferenciadas; registros de mantenimiento	Supervisor Ambiental de Obra (SAO) / Residente
Atmósfera / Calidad del aire	**OP:** Tránsito de vehículos; Mantenimiento de cuerpo carretero	Polvo por tránsito; condición de superficie de rodamiento	Inspección visual	Durante mantenimiento	Sin generación recurrente de polvo en condiciones normales; acciones de control activadas en mantenimiento	Bitácora; evidencia fotográfica	Responsable Ambiental del Proyecto (RAP) / SAO
Atmósfera / Ruido y vibraciones	**P y C:** Preliminares; CUSTF; Terracerías; Excavaciones; Terraplén; Pavimento; Obras complementarias; Transporte de	Quejas/avisos; operación en horarios; estado de silenciadores	Recorridos + verificación de horarios; registro de quejas; revisión de equipos	Semanal	Operación conforme horarios establecidos; sin quejas recurrentes no atendidas; equipos con silenciadores funcionales	Bitácora; checklist de equipos	SAO / Contratista

	personal/materiales						
Atmósfera / Ruido y vibraciones	**OP:** Tránsito; Mantenimiento cuerpo carretero; Transporte personal/materiales; Mantenimiento cada 5 años. **A:** Estabilización de terreros/escorrentías	Niveles de molestia (cualitativo) y eventos de alto ruido	Inspección + registro de actividades ruidosas	Durante mantenimientos	Sin actividades ruidosas fuera de horario; señalización preventiva cuando aplique	Reporte mensual; bitácora; fotos	RAP / SAO
Suelo / Calidad del suelo (contaminación)	**P y C:** Preliminares; CUSTF; Terracerías; Transporte de materiales e insumos	Presencia de manchas; manejo de combustibles/lubricantes; contención	Inspección de frentes, patios y zonas de abastecimiento; verificación de kits	Semanal	Cero derrames no atendidos; áreas de manejo con contención; residuos peligrosos correctamente confinados	Checklist; bitácora; fotos; manifiestos	SAO / Contratista
Suelo / Calidad del suelo (contaminación)	**OP:** Mantenimiento de infraestructura cada 5 años	Eventos de derrames; manejo de aceites usados	Inspección en mantenimiento; revisión documental de manejo de residuos	Durante mantenimiento y cierre de actividades	Cero descargas al suelo; aceites usados con trazabilidad	Reporte de mantenimiento; manifiestos; evidencia fotográfica	RAP / SAO
Agua / Grasas y aceites (calidad de agua terrestre)	**P y C:** Preliminares; CUSTF; Terracerías; Excavaciones; Terraplén; Pavimento; Obras complementarias	Presencia de hidrocarburos/grasas en escurrimientos; control de lavado/mantenimiento	Recorridos en puntos de escurrimiento; verificación de áreas de mantenimiento	Semanal y posterior a lluvias	Sin evidencia de películas iridiscentes/olor a hidrocarburo; mantenimiento/abastecimiento fuera de cauces/escurrimientos	Bitácora; fotos georreferenciadas; reporte de evento lluvia	SAO / Contratista
Agua / Grasas y aceites	**OP:** Mantenimiento cuerpo carretero; Mantenimiento	Manejo de residuos aceitosos (trapos, absorbentes); prevención de	Verificación en sitio + revisión de disposición	Durante mantenimiento	Absorbentes y residuos aceitosos gestionados como corresponde; sin arrastre a drenajes	Reporte de mantenimiento; manifiestos; fotos	RAP / SAO

	de señalizaciones	escurrimientos contaminados					
Paisaje / Calidad paisajística	**P y C:** Preliminares; CUSTF; Terracerías; Excavaciones; Terraplén; Pavimento; Obras complementarias	Orden y limpieza; manejo de acopios; restitución progresiva	Inspección visual + registro fotográfico comparativo	Semanal	Frentes sin residuos dispersos; acopios controlados; retiro oportuno de sobrantes	Checklist; fotos antes-durante-después	SAO / Residente
Paisaje / Calidad paisajística	**OP:** Tránsito de vehículos; Mantenimiento de cuerpo carretero	Presencia de residuos; deterioro visual por mantenimiento	Inspección visual	Durante mantenimiento	Sin residuos dispersos; áreas intervenidas restituidas al concluir mantenimiento	Reporte; fotos	RAP / SAO
Abandono / Control post-cierre (estabilidad y limpieza)	**A:** Retiro de instalaciones y limpieza; Estabilización de terreros/escorrentías locales; Restauración biológica (con control de erosión); Monitoreo posterior al cierre	Estabilidad de superficies; ausencia de residuos; funcionalidad de obras de control de erosión	Recorridos de verificación; evaluación visual de cárcavas/arrastres; revisión de puntos críticos	Semanal durante abandono; luego trimestral/según programa de monitoreo	Sin erosión activa significativa; obras de control íntegras; sitio libre de residuos; escurrimientos conducidos sin socavación	Informe de cierre; fichas de sitio; fotos georreferenciadas; reportes de monitoreo	RAP / SAO / Especialista

VII. PRONOSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

En este capítulo se presentan los diferentes escenarios del área en donde se pretende llevar a cabo el Proyecto. En este sentido, es necesario entender que un escenario se considera como la descripción provisoria y exploratoria de un futuro probable. Los escenarios describen eventos y tendencias, y cómo éstas pueden evolucionar en tiempo y espacio (Firmenich, 2009).

El desarrollo de los escenarios permitirá prever las posibles afectaciones que se tendrían sobre los recursos naturales, con y sin la presencia del Proyecto, lo cual permite comparar las condiciones ambientales actuales y posteriores a la ejecución del mismo.

Para ello, se compara la situación ambiental existente con la que se espera generar como consecuencia de la implementación del Proyecto, por lo que la línea base (condiciones iniciales del SAR y área del proyecto, descritas en el Capítulo IV) constituye una fuente de información primordial para determinar los impactos ambientales esperados por la ejecución del mismo.

En este sentido, y una vez caracterizada la línea base del SAR y área del proyecto, identificados los impactos ambientales que ocasionará el mismo y establecidos los programas, medidas y acciones de prevención, mitigación y/o compensación, se podrá plantear los diversos escenarios para el área en donde se pretende realizar el mismo.

Por otro lado, para la elaboración de los pronósticos ambientales es importante considerar el carácter significativo de los impactos ambientales, ya que la significancia de los mismos es proporcional a las alteraciones que causan en los componentes ambientales.

Interpretar o predecir el comportamiento de las acciones a futuro o construirlo, de acuerdo con perspectivas, resulta un tanto complicado. Sin embargo, existen métodos para la formulación de escenarios, como los pronósticos cualitativos y cuantitativos, estudios prospectivos, la simulación, modelos causales, entre otros, que nos proporcionan indicios de lo que podría esperarse para un tiempo posterior derivado de una acción (la ejecución del proyecto en el caso que nos ocupa).

El objetivo de cualquiera de estos métodos es pronosticar escenarios coherentes y acordes a las implicaciones que puede ocasionar la implementación del proyecto.

Tipos de escenarios:

- **Escenarios posibles**, son todos aquellos escenarios que puedan imaginar sin importar si su probabilidad de ocurrencia es alta o baja
- **Escenarios realizables**, son los escenarios cuya ocurrencia es factible teniendo en cuenta las restricciones del sistema de estudio

- **Escenarios deseables**, son los escenarios a los que los actores desean llegar, también pueden ser calificados como escenarios más convenientes. Forman parte de los escenarios posibles y no necesariamente son realizables.

De acuerdo con Ogayar, 2001, el método de escenarios consta de dos fases, las cuales se mencionan a continuación:

Elección de variables relevantes o elaboración de base: En esta etapa se trata de identificar las variables y de realizar la selección adecuada de los factores que pueden influir en el estudio prospectivo, a saber:

- **Elección de horizonte temporal y espacial**: Se refiere a la elección del periodo considerado como futuro, así como el ámbito territorial en el que se desarrollará la acción.

- **Elección de variables**: Se elegirán los fenómenos o factores que puedan tener una mayor incidencia en nuestro estudio.

- **Asignación de probabilidades de ocurrencia**: Existen dos tipos de probabilidades, la de ocurrencia consiste en señalar la posibilidad de que la variable considerada llegue a presentarse y la probabilidad de importancia consiste en indicar el grado de relevancia que tiene la variable en cuestión.

- **Estudio de inconsistencias y eliminación de algunas variables:** Por inconsistencia se entiende una relación entre variables que no puede existir. En el caso de encontrarse una inconsistencia se deberán eliminar las variables que la crean.

Fase I del método de escenarios:

- Eleccion de horizonte temporal y espacial
- Eleccion de variables
- Asignacion de probabilidades de ocurrencia
- Estudio de inconsistencias y eliminacion de algunas variables

Elaboración de escenarios: a partir de la elección de las variables relevantes, seleccionadas en el punto anterior, se procede a la creación de escenarios. Posteriormente, se describen las implicaciones de cada uno de los escenarios y se realiza una serie de recomendaciones con base en cada uno de ellos.

Fase II del método de escenarios:

- Escenarios
- Implicaciones
- Recomendaciones

Una vez mencionado lo anterior, gran parte del método de escenarios ha sido completado a lo largo de la **MIA-R** de la siguiente manera:

Tabla VII. 1 Capítulos de la MIA-R que alimentan el método de escenarios.

Fase 1 del método de escenarios	**Capítulo de la MIAR**	**Fase 2 del método de escenarios**	**Capítulo de la MIA-R**
Elección de horizonte espacial y temporal	II y IV	Escenarios	V
Elección de variables	IV y V	Implicaciones	V
Asignación de probabilidades	V	Recomendaciones	VII
Estudio de inconsistencias	V		

Por lo anterior, en este capítulo se complementará la información necesaria para la correcta aplicación del método de escenarios con la finalidad de encontrar el escenario más deseable y realizable para la ejecución del Proyecto descrito en esta MIA-R.

VII.1 Descripción y análisis del escenario sin proyecto

El área de estudio se localiza en el municipio de Pitiquito, Sonora, en el ámbito de influencia del proyecto. El Sistema Ambiental Regional (SAR) se caracteriza por condiciones de zona árida, con predominio de matorrales xerófilos y parches de vegetación secundaria, así como por la presencia de un camino existente que constituye un rasgo de perturbación previo y un eje de conectividad local.

En el polígono del proyecto, los tipos de vegetación y uso de suelo se distribuyen principalmente en: Matorral desértico micrófilo (5.7125 ha; 44.8%), camino actual (3.9701 ha; 31.1%), mezquital xerófilo (1.5822 ha; 12.4%), vegetación secundaria arbustiva de matorral sarcocaule (0.9527 ha; 7.5%) y matorral sarcocaule (0.5321 ha; 4.2%). Esta configuración indica que una proporción relevante de la huella del proyecto se inserta sobre un trazo ya existente, mientras que el resto intercepta coberturas de matorral con distinto grado de conservación.

Desde el punto de vista ambiental, el proyecto se desarrollará en las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, y abandono. Es importante precisar que, para esta MIA-R, la etapa de abandono se entiende como el retiro total de la infraestructura

carretera al final de su vida útil (~30 años), incluyendo la gestión de residuos, rehabilitación física del sitio y acciones de restitución/estabilización que resulten aplicables.

En términos de biota terrestre, la línea base reconoce que la remoción de vegetación asociada al derecho de vía y franja de afectación directa puede implicar la pérdida puntual de individuos y microhábitats, así como el desplazamiento temporal de fauna hacia áreas adyacentes, particularmente durante actividades intensivas de obra (terracerías, excavaciones, conformación de terraplenes, colado de concreto hidráulico y tráfico de maquinaria). No obstante, por su escala espacial y por la existencia de un trazo previamente perturbado, los efectos se consideran locales y acotados a la huella del proyecto, con potencial de recuperación en áreas no selladas mediante estabilización y revegetación donde corresponda.

En el componente socioeconómico, el proyecto se inserta en un contexto donde la conectividad terrestre es un determinante para la movilidad cotidiana, el acceso a servicios y el soporte de actividades productivas regionales. En la línea base existe un camino actual, y durante la ejecución de obra se prevén desvíos y ajustes temporales a la circulación, con efectos localizados en calidad de vida por tiempos de traslado, seguridad vial y tránsito de vehículos y personal.

Derivado del establecimiento del proyecto, se prevé la generación de impactos ambientales adversos y benéficos que fueron identificados y valorados en el Capítulo V. En consecuencia, se implementará un conjunto de medidas de prevención, mitigación y, cuando aplique, compensación, integradas en estrategias y programas (incluyendo seguimiento/monitoreo y control operativo) desarrollados en el Capítulo VI, con el fin de minimizar los efectos adversos, asegurar el cumplimiento normativo y favorecer la estabilidad del SAR durante todo el ciclo de vida del proyecto.

Escenarios

Para evaluar la evolución ambiental del Sistema Ambiental Regional (SAR) ante la ejecución del Proyecto, se plantean tres escenarios: (i) escenario sin proyecto (línea base), que describe la condición actual y su tendencia esperada bajo la dinámica regional; (ii) escenario con proyecto sin medidas de mitigación, que representa la trayectoria ambiental ante la ejecución de las obras y actividades sin controles ambientales; y (iii) escenario con proyecto con medidas de mitigación, que integra la aplicación de las estrategias de prevención, mitigación y compensación definidas en los Capítulos VI y el Programa de Vigilancia Ambiental (PVA). En los apartados siguientes se describe la tendencia de los principales componentes (clima, agua superficial/subterránea, suelo, vegetación/flora, fauna, paisaje y socioeconómico) bajo dichos escenarios, enfatizando el área de influencia directa del trazo y su conectividad regional.

VII.1.1 Escenario sin proyecto

Clima

Situación actual. El SAR se ubica en un contexto **muy seco desértico** (BW(h')w), con **precipitación anual baja** y una marcada concentración estacional de lluvias en verano, asociada al monzón de Norteamérica, mientras que en invierno los aportes son menores por frentes fríos. En la estación representativa *Félix Gómez–Pitiquito* se reporta una precipitación anual del orden de 273 mm, con máximos mensuales en julio–septiembre. El régimen térmico es cálido, con máximas estivales que frecuentemente superan los 40 °C, y una amplitud térmica diaria/anual típica de ambientes desérticos; adicionalmente, se reconoce susceptibilidad regional a eventos extremos como ondas de calor y lluvias intensas convectivas asociadas a remanentes de ciclones del Pacífico.

Tendencia. Sin el Proyecto, se espera la permanencia del patrón climático regional, con variabilidad interanual y ocurrencia episódica de precipitaciones intensas que activan escurrimientos temporales en cauces intermitentes.

Uso de suelo y vegetación

Situación actual. A escala del SAR (microcuenca), la cobertura vegetal y el uso del suelo se distribuyen principalmente entre matorral sarcocaule y matorral desértico micrófilo, con presencia adicional de vegetación secundaria arbustiva de matorral sarcocaule, mezquital xerófilo y áreas menores de agricultura de riego anual.

Tendencia. En ausencia del Proyecto, el uso del suelo tenderá a mantenerse con presiones antrópicas localizadas (tránsito, caminos existentes, aprovechamientos y dinámica de asentamientos), y cambios puntuales asociados a la accesibilidad y actividades regionales, sin que ello implique por sí mismo una transformación acelerada a escala de toda la microcuenca.

Flora terrestre

Situación actual. La vegetación regional corresponde a comunidades xerófilas adaptadas a condiciones de alta aridez, con dominancia de asociaciones del matorral desértico y sarcocaule, así como mezquitales asociados a suelos más profundos y cercanía a escorrentías. En el marco del SAR, el estudio de vegetación se enfocó en las comunidades que pueden ser afectadas por el trazo (mezquital xerófilo, matorral sarcocaule, matorral desértico micrófilo y vegetación secundaria arbustiva de matorral sarcocaule), bajo el supuesto de representatividad regional y control de impactos en la remoción.

Tendencia. Sin el Proyecto, la flora mantendrá su estructura general y su dinámica natural

(regeneración, mortalidad y reclutamiento) condicionada por la variabilidad climática, con afectaciones puntuales por actividades existentes (tránsito y uso local de recursos), sin cambios abruptos a escala regional.

Fauna terrestre

Situación actual. La fauna terrestre del SAR se asocia a hábitats xerófilos y a la disponibilidad de refugio, alimento y conectividad del paisaje. Los patrones de presencia/ausencia y actividad están fuertemente modulados por la estacionalidad (temperatura/precipitación), la disponibilidad de microhábitats y el nivel de disturbio antrópico (tránsito y caminos).

Tendencia. Sin el Proyecto, se espera continuidad de la fauna con desplazamientos locales por disturbios preexistentes y variación estacional, manteniéndose los procesos ecológicos regionales salvo incrementos significativos futuros de presión antrópica (nuevas aperturas, urbanización o intensificación de actividades).

Hidrología superficial y subterránea

Situación actual. El SAR corresponde a una microcuenca exorreica con respuesta hidrológica rápida ante eventos de lluvia intensa, con escurrimientos temporales que confluyen hacia el arroyo San Ignacio, cauce intermitente relevante en el área de influencia. La red de drenaje conduce los flujos hacia el cauce principal, que continúa hacia su desembocadura en el Golfo de California.

Tendencia. Sin el Proyecto, la dinámica hidrológica se mantendrá controlada por la ocurrencia episódica de lluvias intensas, con transporte temporal de sedimentos y procesos de erosión hídrica local, típicos de sistemas intermitentes en ambientes áridos.

Paisaje

Situación actual. El paisaje del SAR se caracteriza por unidades propias del desierto sonorense (planicies, bajadas y lomeríos), con cobertura vegetal xerófila y presencia de infraestructura lineal existente (camino actual y elementos antrópicos puntuales). La calidad visual está condicionada por la naturalidad del matorral y el grado de intervención localizada.

Tendencia. Sin el Proyecto, el paisaje tenderá a conservar su configuración general, con deterioros puntuales asociados al uso continuo de caminos existentes y presiones locales, manteniendo predominio del carácter xerófilo regional.

Socioeconómico: movilidad y conectividad terrestre

Situación actual. La comunicación terrestre entre localidades y servicios regionales depende de la continuidad y condiciones del camino, lo que influye en tiempos de traslado, accesibilidad a insumos/servicios y oportunidades económicas locales.

Tendencia. Sin el Proyecto, la conectividad se mantendrá con las limitaciones actuales de transitabilidad y seguridad vial propias de caminos no modernizados, lo que puede sostener barreras logísticas y costos de movilidad, especialmente bajo eventos climáticos intensos (lluvias convectivas) que deterioran temporalmente tramos y accesos.

VII.2 Descripción y análisis del escenario con proyecto

Clima y atmósfera

Situación con proyecto (emisiones a la atmósfera). Durante las etapas de preparación del sitio y construcción, las emisiones por combustión (CO_2, NOx, SOx, CO) y material particulado (PM_{10}/$PM_{2.5}$) derivadas del uso de maquinaria, equipo y transporte de materiales/personal se sumarán a las emisiones de fondo del SAR. La contribución del Proyecto es puntual y temporal, concentrada en el derecho de vía y frentes de obra.

Tendencia. Las emisiones presentan un efecto acumulativo y sinérgico con otras fuentes antropogénicas regionales (tránsito, caminos y actividades locales), pero no modifican de manera representativa la calidad del aire regional por su escala, duración limitada y la capacidad de dispersión atmosférica. La condición tenderá a reversibilidad al concluir obra y normalizar el tránsito.

Uso de suelo y vegetación

Situación con proyecto. El Proyecto induce un cambio de condición del trazo existente y áreas adyacentes inmediatas mediante rehabilitación/modernización del camino, incorporación de terracerías, terraplén, pavimento y obras complementarias de drenaje. Esto implica remoción de cobertura vegetal y modificación del uso del suelo en la huella directa (franja de impacto) y sitios auxiliares estrictamente necesarios (acopios y maniobras).

Tendencia. A escala del SAR, el cambio es localizado y lineal, con pérdida/transformación puntual de vegetación en el derecho de vía, sin detonar por sí mismo una conversión

generalizada del uso del suelo regional; sin embargo, la mejora de accesibilidad puede actuar como factor indirecto que incremente presiones futuras (tránsito, accesos secundarios), por lo que la tendencia requiere control mediante medidas de manejo, restricción de áreas de trabajo y restauración.

Flora terrestre

Situación con proyecto. La flora será afectada principalmente por el CUSTF (desmonte y despalme) y por actividades de terracerías/terraplén, con pérdida directa de individuos en la franja intervenida y reducción temporal de cobertura en áreas de maniobra. La afectación es permanente en la huella de la infraestructura y temporal en áreas auxiliares donde se prevea restauración.

Tendencia. La tendencia es a una disminución local de cobertura/estructura vegetal en el derecho de vía, con recuperación parcial en zonas no pavimentadas mediante restauración biológica y control de erosión. A escala del SAR, el efecto tiende a ser acumulativo si se suma a otros desmontes lineales o aperturas; por ello, la contención espacial (límites de obra) y la restauración determinan el comportamiento final.

Fauna terrestre

Situación con proyecto. Durante preparación del sitio y construcción, la fauna tenderá a desplazarse por incremento de ruido, vibración, presencia humana y maquinaria; adicionalmente, se incrementa el riesgo de atropellamiento y de pérdida/fragmentación puntual de hábitat en la franja intervenida. Las especies de baja movilidad (reptiles y pequeños mamíferos) son las más vulnerables en frentes de obra.

Tendencia. La tendencia principal es un desplazamiento temporal durante obra y una condición de riesgo persistente en operación por atropellamiento, concentrado en el eje vial. El efecto puede ser sinérgico con el aumento de tránsito derivado de la mejora del camino; por ello, medidas de velocidad, señalización y manejo de obra determinan la magnitud final.

Suelo

Situación con proyecto. Las terracerías, excavaciones y conformación del terraplén generan remoción y mezcla de horizontes, compactación, pérdida de estructura/porosidad y aumento de susceptibilidad a erosión. Existe riesgo de contaminación puntual por manejo inadecuado de combustibles, aceites y residuos (incluyendo grasas/aceites).

Tendencia. Sin medidas, la tendencia es a erosión y arrastre de finos en superficies expuestas y a mantener focos de compactación en accesos y frentes. El efecto puede ser acumulativo si coincide con episodios de lluvia intensa (sinergia suelo expuesto + escurrimientos). La estabilización de superficies y el control de residuos determinan la reversibilidad parcial.

Agua superficial y subterránea

Situación con proyecto. El Proyecto puede modificar localmente la dinámica hidrológica por: (i) reducción de infiltración en la huella compactada/pavimentada, (ii) incremento de escurrimiento superficial y su conducción hacia cunetas/obras de drenaje, y (iii) riesgo de afectación a la calidad del agua por SST y por grasas y aceites asociados a obra y mantenimiento, principalmente durante tormentas.

Tendencia. La tendencia es a efectos locales y dependientes del diseño y mantenimiento de drenaje. La interacción es sinérgica cuando coinciden superficies expuestas/acarreo de sedimentos y eventos de lluvia intensa. Con obras de drenaje funcionales y control de sedimentos/derrames, el impacto se mantiene acotado al derecho de vía.

Hidrología (escurrimientos y drenaje)

Situación con proyecto. El Proyecto interactúa con escurrimientos temporales a través del cruce/encauzamiento mediante obras de drenaje, cunetas y elementos de conducción, lo que puede modificar de manera puntual la dirección/velocidad del escurrimiento y la conectividad hidráulica local.

Tendencia. La tendencia hidrológica bajo el Proyecto depende de la capacidad de las obras de drenaje para conducir avenidas de diseño y del mantenimiento (p. ej., desazolve). Sin mantenimiento, el riesgo tiende a incrementarse por obstrucciones y erosión localizada; con mantenimiento, la tendencia es a estabilidad funcional del drenaje.

Paisaje

Situación con proyecto. Durante construcción se incrementa la alteración visual por presencia de maquinaria, suelos desnudos, acopios y la propia conformación del terraplén. En operación, el elemento dominante es la infraestructura lineal (pavimento, señalización) y la permanencia del derecho de vía intervenido.

Tendencia. La tendencia del paisaje es a un cambio permanente pero localizado en la franja vial, con recuperación parcial en taludes y áreas no pavimentadas mediante estabilización,

control de erosión y restauración. El efecto puede ser acumulativo si se suman nuevos trazos o ampliaciones futuras.

Socioeconómico (movilidad, accesibilidad y calidad de vida)

Situación con proyecto. En construcción pueden presentarse desvíos, afectaciones temporales a la movilidad local y riesgos por tránsito de maquinaria; sin embargo, en operación el Proyecto mejora la conectividad, reduce tiempos de traslado y eleva condiciones de seguridad vial, con efectos positivos en acceso a servicios y en actividades productivas locales.

Tendencia. La tendencia socioeconómica es a beneficios sostenidos por accesibilidad, aunque con efectos sinérgicos potenciales por incremento de tránsito (ruido, emisiones y riesgo de atropellamiento), que requieren gestión mediante señalización, control de velocidad y mantenimiento.

VII.3 Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de prevención, mitigación, compensación y/o corrección.

La aplicación de medidas de prevención, mitigación, control y compensación se articula principalmente mediante tres instrumentos operativos: (i) el Programa de Manejo Integral de Residuos (PMIR), (ii) el Programa de Rescate de Flora y Fauna (PRFF) —que incluye rescate, reubicación y reforestación/restauración de áreas intervenidas—, y (iii) el Programa de Protección de Suelos contra la Erosión (PPSE). De manera complementaria, se ejecutarán acciones de control tales como riego de caminos, señalización preventiva y de obra, control de velocidad, delimitación de frentes, y limpieza permanente de superficies y acopios, a fin de reducir la probabilidad y magnitud de impactos, así como asegurar su seguimiento.

Atmósfera y clima local

Situación con proyecto con medidas. Durante preparación del sitio y construcción, las emisiones por combustión y polvos se mantendrán bajo control mediante riego periódico en frentes y accesos, control de velocidad, cobertura de cargas, y mantenimiento preventivo de maquinaria/vehículos. El PMIR reducirá fuentes secundarias de polvo asociadas a manejo inadecuado de materiales y residuos.

Tendencia. La calidad del aire tenderá a mantenerse sin cambios regionales; el efecto adverso será local, temporal y reversible, disminuyendo conforme se estabilicen superficies y finalicen frentes de obra.

Uso de suelo y vegetación

Situación con proyecto con medidas. La intervención por desmonte/despalme y habilitación de la franja de obra se acota mediante delimitación física de áreas autorizadas, control de acopios y tránsito de maquinaria, y ejecución del PRFF con reforestación/restauración en superficies rehabilitables (taludes, bordes, y zonas no ocupadas permanentemente). El PPSE se integra para estabilizar superficies expuestas y evitar degradación secundaria del sitio.

Tendencia. El cambio permanecerá localizado en la huella vial, mientras que las áreas temporalmente impactadas tenderán a recuperación progresiva por restauración asistida y regeneración natural.

Flora terrestre

Situación con proyecto con medidas. El PRFF disminuirá el impacto por remoción de vegetación mediante rescate/reubicación cuando aplique, manejo del material vegetal conforme a criterios autorizados, y reforestación/restauración con especies nativas. El PPSE reforzará la supervivencia y establecimiento vegetal al controlar erosión y pérdida de suelo fértil en taludes y superficies desnudas.

Tendencia. Persistirá una pérdida permanente en la huella estructural del camino; fuera de ella, la tendencia será a recuperación parcial y gradual en función del éxito de restauración y estabilidad del suelo.

Fauna terrestre

Situación con proyecto con medidas. La perturbación por obra (ruido, vibraciones, presencia humana) se reducirá con señalización, control de velocidades, ordenamiento del tránsito de obra y capacitación ambiental al personal; el PRFF incorporará rescate y reubicación de fauna de lenta movilidad. El PMIR evitará atracción de fauna por residuos y reducirá riesgos indirectos (ingesta, atrapamiento, sinantropía).

Tendencia. Se esperan desplazamientos temporales durante obra con estabilización posterior; el riesgo de atropellamiento se mantiene como efecto operativo **local**, reducible con señalización y control de velocidad.

Suelo

Situación con proyecto con medidas. El PPSE es determinante para reducir degradación del suelo, mediante estabilización temprana de taludes, control de escorrentías locales, protección de superficies expuestas y acciones puntuales de control de erosión. El PMIR disminuye el riesgo de contaminación del suelo al asegurar segregación, almacenamiento temporal adecuado, retiro oportuno y disposición con gestores autorizados; además de acciones preventivas (áreas de resguardo, orden y limpieza).

Tendencia. La calidad del suelo tenderá a mantenerse fuera de la huella permanente; la probabilidad de erosión acelerada o contaminación puntual disminuye a niveles bajos si se mantiene la ejecución y supervisión continua de medidas.

Agua superficial y subterránea

Situación con proyecto con medidas. Para controlar incrementos de SST, el PPSE reducirá arrastre de finos y sedimentación mediante estabilización de superficies, control de erosión y manejo de escorrentías. Para grasas y aceites, el PMIR y medidas operativas (mantenimiento preventivo, orden y limpieza, manejo de residuos peligrosos) reducen la probabilidad de fugas y descargas accidentales. Adicionalmente, el riego de caminos se realizará de forma controlada para no generar encharcamientos ni arrastres innecesarios.

Tendencia. La tendencia será a mantener la calidad del agua sin cambios significativos, con efectos potenciales puntuales y controlables principalmente durante eventos de lluvia, condicionados a la permanencia de medidas y mantenimiento.

Hidrología y drenaje

Situación con proyecto con medidas. El proyecto interactúa con la hidrología local a través de la conducción de escurrimientos hacia cunetas y obras de drenaje. El PPSE incorpora protección contra erosión en puntos de descarga y taludes, así como control de sedimentos. La señalización y control de obra apoyan a mantener libres de obstrucciones las estructuras durante la ejecución.

Tendencia. Con mantenimiento y control de sedimentos, el patrón de escurrimiento tenderá a estabilizarse bajo un régimen conducido por la infraestructura, reduciendo riesgos de socavación y obstrucción.

Paisaje

Situación con proyecto con medidas. La afectación visual durante obra se reduce con

ordenamiento de frentes, retiro oportuno de excedentes y limpieza; posteriormente, el PRFF (reforestación/restauración) y el PPSE (estabilización de superficies) disminuyen el contraste cromático y textural por suelo desnudo, favoreciendo la integración visual progresiva del entorno intervenido.

Tendencia. El cambio será permanente en la huella vial, con tendencia a reducción del contraste a lo largo del tiempo por restauración y estabilización.

Socioeconómico (movilidad y calidad de vida)

Situación con proyecto con medidas. En construcción, la señalización, control de tránsito y comunicación operativa reducen afectaciones por desvíos y tránsito de obra. En operación, el mantenimiento del camino y señalizaciones contribuye a seguridad vial y continuidad de accesibilidad, con beneficios sociales por conectividad. El PMIR evita impactos indirectos a calidad de vida por manejo inadecuado de residuos.

Tendencia. La tendencia neta es positiva por mejora de movilidad y accesibilidad; los efectos adversos asociados a tránsito (ruido/emisiones/seguridad) se mantienen bajos con señalización, control de velocidad y mantenimiento.

VII.4 Pronóstico ambiental

Con base en el análisis de los tres escenarios (sin proyecto; con proyecto sin medidas; y con proyecto con medidas), se concluye que el escenario con mayor balance ambiental y social corresponde a la ejecución del Proyecto con la implementación efectiva de las medidas propuestas en esta MIA-R, integradas al Programa de Vigilancia Ambiental y a los programas específicos: Programa de Manejo Integral de Residuos, Programa de Rescate de Flora y Fauna (incluye reforestación/restauración) y Programa de Protección de Suelos contra la Erosión, además de acciones operativas de control (riego de caminos, señalización, control de tránsito y ordenamiento de frentes de obra).

En términos del medio físico, el pronóstico indica que los impactos adversos más relevantes (incremento temporal de polvo y emisiones; ruido y vibraciones; alteración local del suelo por remoción/compactación; susceptibilidad a erosión; incremento de escurrimiento superficial y reducción de infiltración en la huella vial; y potenciales aportes de SST, grasas y aceites por obra) serán localizados y, en su mayoría, temporales o controlables mediante la aplicación sistemática de medidas y el seguimiento de indicadores. En particular, la estabilización de superficies expuestas, el control de escorrentías y sedimentos y el manejo integral de residuos reducen la probabilidad de impactos secundarios y sinérgicos (por ejemplo, erosión–SST–afectación a suelos y drenajes).

En el medio biótico, la tendencia con proyecto y medidas se orienta a reducir la afectación directa por CUSTF (acotamiento estricto del área autorizada, rescate y reubicación de ejemplares cuando aplique) y a favorecer la recuperación progresiva de áreas temporalmente intervenidas mediante reforestación/restauración y control de erosión, manteniendo el impacto permanente esencialmente restringido a la huella estructural de la carretera.

Desde el punto de vista socioeconómico, el pronóstico prevé que el Proyecto contribuya a la mejora de accesibilidad y conectividad entre localidades, con beneficios en movilidad y seguridad vial. Durante obra, podrían presentarse efectos adversos acotados por desvíos, tránsito de maquinaria y molestias por ruido/polvo; sin embargo, se consideran reversibles y gestionables con señalización, control de velocidad, comunicación operativa y programación de actividades.

En síntesis, el pronóstico ambiental establece que, bajo el escenario con medidas, el Proyecto es ambientalmente viable a escala del Área del Proyecto y el Sistema Ambiental Regional, siempre que las medidas se implementen con trazabilidad, supervisión y corrección oportuna conforme al PVA.

Conclusiones

El escenario menos deseable para el Área del Proyecto y el SAR es la ejecución del Proyecto sin medidas de mitigación, ya que incrementaría la intensidad y extensión de los impactos adversos, particularmente en: calidad del aire (polvos y emisiones), suelo (remoción, compactación y riesgo de contaminación), procesos erosivos y arrastre de sedimentos (SST), alteraciones hidrológicas locales (escurrimiento e infiltración) y afectación directa a vegetación por CUSTF, con efectos indirectos sobre fauna por perturbación y fragmentación puntual del hábitat.

El escenario más deseable corresponde a la ejecución del Proyecto con medidas, donde los impactos adversos se mantienen locales y, en su mayoría, temporales o controlables, mediante la implementación del Programa de Manejo Integral de Residuos, el Programa de Rescate de Flora y Fauna (incluida la reforestación/restauración) y el Programa de Protección de Suelos contra la Erosión, además de acciones de control como riego de caminos, señalización, control de tránsito y ordenamiento de frentes.

Finalmente, el escenario sin proyecto no elimina las presiones antrópicas regionales (tránsito, apertura de brechas, cambios de uso y disturbios acumulados), por lo que la tendencia general del SAR puede mantenerse hacia la degradación gradual en ausencia de ordenamiento y medidas de manejo. Con base en lo anterior, y considerando la aplicación verificable de medidas y su seguimiento mediante el PVA, el Proyecto se considera ambientalmente viable.

VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN PRESENTADA EN LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

En el presente capítulo se establece toda la información necesaria que se adjunta a la MIA-R que se somete a consideración.

VIII.1 Presentación de la información

La Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad Regional está conformada por los ocho capítulos que se establecen en el artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de Evaluación de Impacto Ambiental complementándose con la siguiente información incluida en el anexo del documento.

Anexo 1. Documentación Legal INPI.

Anexo 2. Nombramiento y Poder del responsable.

Anexo 3- Carpeta básica RAN y escritura Fracc. El Coyote.

Anexo 4. Acta de Asamblea de aprobación del proyecto.

Anexo 5. Planos del proyecto.

Anexo 6. Programa de manejo integral de residuos.

Anexo 7. Programa de rescate y reubicación de flora y fauna, incluye reforestación.

Anexo 8. Programa de acciones de protección de suelos.

Anexo 10. Memoria de cálculo.

Anexo 11. Memoria fotográfica.

VIII.2 Cartografía

Las escalas de la información procesada es el siguiente:

- Datos vectoriales con mapas nacionales de CONABIO: 1:1,000,000
- Cartas topográficas de INEGI escala 1:250,000

VIII.3 Fotografías

Ver Anexo 11

VIII.4 Videos

No se presenta

VIII.5 Otros anexos

VIII.6 Memorias

Ver Anexo 10.

Referencias bibliográficas

Aguilar, G., & Hernández, G. (2002). *Serie sobre Evaluación de Impacto Ambiental: EIA en Centroamérica* (No. 3, 1.ª ed.). UICN, Oficina Regional para Mesoamérica.

Arriaga, L., Espinoza, J. M., Aguilar, C., Martínez, E., & Loa, E. (Coords.). (2000). *Regiones terrestres prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

Bojórquez Tapia, L., & Ortega Rubio, A. (1989). *Análisis de técnicas de simulación cualitativa para la predicción del impacto ecológico*. Recuperado de http://www.bashanfoundation.org/contributions/OrtegaA/ortegaprediccion.pdf

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2014). *Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental*. Recuperado de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGEEPA_MEIA_311014.pdf

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2014). *Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal*. Recuperado de (liga indicada en el documento)

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2021). *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. Recuperado de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf_mov/Constitucion_Politica.pdf

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2021). *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. Recuperado de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf

Ceballos, G., & Oliva, G. (Coords.). (2005). *Los mamíferos silvestres de México*. Fondo de Cultura Económica; Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

Challenger, A. (1998). *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México, pasado, presente y futuro*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad; Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México; Agrupación Sierra Madre, S.C.

CONABIO. (2008). *Capital natural de México* (Vol. I: *Conocimiento actual de la biodiversidad*). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

Deschênes, O. (2014). Temperature, human health, and adaptation: A review of the empirical literature. *Energy Economics, 46*, 606–619. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2013.10.013

Diario Oficial de la Federación. (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. Recuperado de (liga indicada en el documento)

Emanuel, K. A. (2005). Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years. *Nature, 436*, 686–688.

Energy Efficient Strategies. (2006). *Intrusive Residential Standby Survey Report* (Report for E3 2006/02). Australian National Framework for Energy Efficiency; New Zealand National Energy Efficiency and Conservation Strategy.

González, M. F. (2004). *Las comunidades vegetales de México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Instituto Nacional de Ecología.

Halfter, G., Soberón, J., Koleff, P., & Melic, A. (Eds.). (2005). *Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades Alfa, Beta y Gamma* (M3m-Monografías 3cer Milenio, Vol. 4). Sociedad Entomológica Aragonesa; CONABIO; Grupo Diversitas-México; CONACYT.

Iglesias, A., Moneo, M., & Quiroga, S. (2009). *Coping with drought risk in agriculture and water supply systems* (A. Iglesias, A. Cancelliere, D. A. Wilhite, L. Garrote, & F. Cubillo, Eds.). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9045-5

IPCC. (2012). *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: A special report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (C. B. Field, V. Barros, T. F. Stocker, & Q. Dahe, Eds.). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9781139177245

Jørgensen, E. S., Costanza, R., & Xu, F.-L. (2005). *Handbook of ecological indicators for assessment of ecosystem health*. Taylor & Francis Group.

National Research Council. (2005). *Valuing ecosystem services: Toward better environmental decision-making*. National Academies Press.

Patz, J. A., Campbell-Lendrum, D., Holloway, T., & Foley, J. A. (2005). Impact of regional climate change on human health. *Nature, 438*(7066), 310–317. https://doi.org/10.1038/nature04188

PNUMA & OMM. (1997). *Impactos regionales del cambio climático: Evaluación de la vulnerabilidad. América Latina*.

Ponce, D. V. (1971). *La matriz de Leopold para la evaluación de impacto ambiental*. Recuperado de http://ponce.sdsu.edu/la_matriz_de_leopold.html

Ramos Fernández, A. (1987). *Diccionario de la naturaleza: Hombre, ecología, paisaje*. Espasa-Calpe.

Royal Society. (2007). *Biodiversity-climate interactions: Adaptation, mitigation and human*

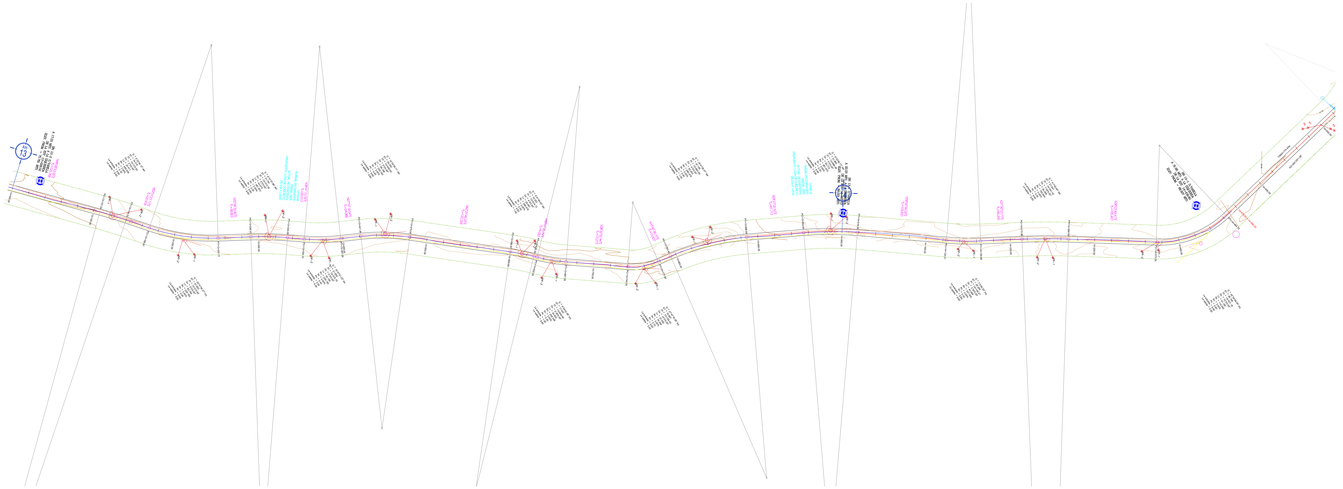
livelihoods. Report of an international meeting held at the Royal Society, 12–13 June 2007. The Royal Society.

Rzedowski, J., & Huerta M., L. (1986). *Vegetación de México*. Limusa.

Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México* (1.ª ed. digital). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

SMAGDF. (2008). *Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero de la Zona Metropolitana del Valle de México 2006*.

WBGU. (2006). *The future oceans—Warming up, rising high, turning sour*. German Advisory Council on Global Change (WBGU).





CUADRO DE REFERENCIAS DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL

IDENT.	KM	GRADO	Rad.	SENT.	UBICACION
PI	13+121.03				Prolongación de la Tangente de Ataque Sentido: (EDE
		DAH/2°54' 39"	PR= 1	22.68	(L/TRAMO
		AT=45°09' 18"	PR= 1	22.68	(L/TRAMO
PI	13+212.60				Prolongación de la Tangente de Ataque Sentido: (EDE
		DAH/4°17' 08"	PR= 1	22.45	(L/TRAMO
		AT=62°33' 50"	PR= 2	19.83	(L/TRAMO
PI	13+312.28				Prolongación de la Tangente de Ataque Sentido: (EDE
		DAH/2°54' 39"	PR= 1	22.68	(L/TRAMO
		DAH/36°54' 07"	PR= 2	19.11	(L/TRAMO
PI	13+376.70				Prolongación de la Tangente de Ataque Sentido: (EDE
		AT=57°54' 11"	PR= 2	23.07	(L/TRAMO
		TOTAL=57°54' 11"		23.06	(L/TRAMO
PI	13+402.62				Prolongación de la Tangente de Ataque Sentido: (EDE
		AH/1°34' 55"	PR= 1	22.81	(L/TRAMO
		DAH/42°39' 58"	PR= 2	24.25	(L/TRAMO
PI	13+474.12				Prolongación de la Tangente de Ataque Sentido: (EDE
		DAH/14°43' 31"	PR= 2	14.35	(L/TRAMO
		AH/10°40' 07"	PR= 2	21.24	(L/TRAMO
PI	13+549.60				Prolongación de la Tangente de Ataque Sentido: (EDE
		AH/1°27' 09"	PR= 1	19.68	(L/TRAMO
		DAH/4°17' 08"	PR= 1	22.45	(L/TRAMO
PI	13+709.40				Prolongación de la Tangente de Ataque Sentido: (EDE
		AT=57°41' 56"	PR= 1	22.62	(L/TRAMO
		T=24°24'24.0"	PR= 2	23.98	(L/TRAMO
PI	13+843.58				Prolongación de la Tangente de Ataque Sentido: (EDE
		AH/1°27' 09"	PR= 1	19.68	(L/TRAMO
		DAH/10°31' 27"	PR= 2	19.22	(L/TRAMO
PI	13+886.58				Prolongación de la Tangente de Ataque Sentido: (EDE
		AT/57°54' 07"	PR= 2	19.82	(L/TRAMO
		DAT/42°10' 21"	PR= 2	24.50	(L/TRAMO
PI	14+144.47				Prolongación de la Tangente de Ataque Sentido: (EDE
		AT=11°42' 30"	PR= 2	11.85	(L/CURVA
		CU=25°58'58"	PR= 2	11.58	(L/CURVA
PI	14+241.42				Prolongación de la Tangente de Ataque Sentido: (EDE
		T=24°24'24.0"	PR= 2	24.00	(L/TRAMO
		AT=57°54' 07"	PR= 2	19.81	(L/TRAMO
PI	14+421.18				Prolongación de la Tangente de Ataque Sentido: (EDE
		AT=23°19' 17"	PR= 1	8.52	(L/TRAMO
		AH/39°23'24"	PR= 2	21.51	(L/TRAMO

CUADRO DE CONSTRUCCION DE EJE

PUNTO	DISTANCIA	Y	COORDENADAS
PI+0+00.00	0.00	PI+0+00.00	NE=0.000 S=76,457.566

SIMBOLOGIA

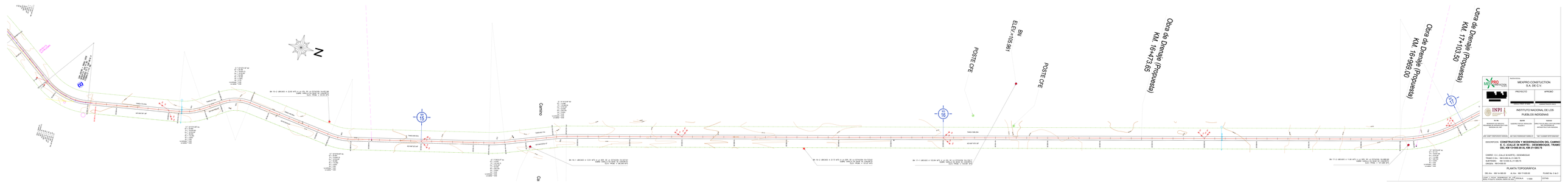
- CURVA DE NIVEL PRIMARIA
- CURVA DE NIVEL SECUNDARIA
- LIMITE DE DERECHO DE VIA
- HOMBROS DEL CAMINO
- EJE
- HOMBROS DEL CAMINO
- POSTE CFE
- OBRAS DE DRENAJE



DESARROLLO DEL TRAZO							
P.I.'s (VERTICE)	LOS ANGULOS DE DE INCIDENCIA A LA DERECHA O IZQUIERDA DE LA TANGENTE DE ATRAS, LOS DISTANCIAS DE ESTA TANGENTE						
EJEMPLO	LINEA						
1	TRAMO EJE - EJE TIPO "E" A TRAMO LIBRE	LINEA		LINEA			
2	TRAMO EJE - EJE TIPO "E" A TRAMO LIBRE	LINEA		LINEA			
3	TRAMO EJE - EJE TIPO "E" A TRAMO LIBRE	LINEA		LINEA			
4	TRAMO EJE - EJE TIPO "E" A TRAMO LIBRE	LINEA		LINEA			
5	TRAMO EJE - EJE TIPO "E" A TRAMO LIBRE	LINEA		LINEA			

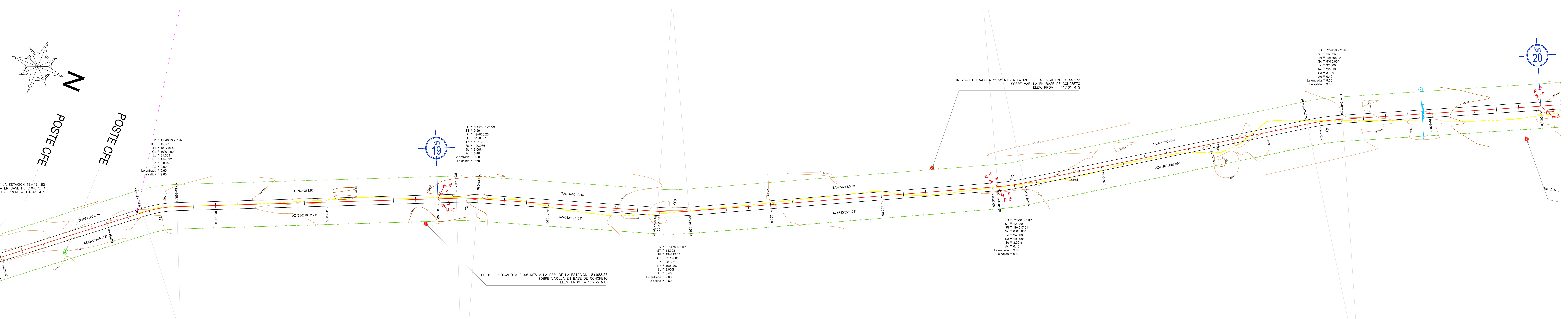
CUADRO DE CONSTRUCCION DE EJE

P.I.	PUNTO	ESTACION	Y	COORDENADAS X
P.I.=1+000.00	P.I.=1+000.00	N 43°45'34.87" W	99.9999	P.I.=1+000.00
P.I.=1+219.20	P.I.=1+219.20	N 43°45'34.87" W	99.9999	299,154.1100
		219.20	0.1100	2,178,222.7000
P.I.=1+421.70	P.I.=1+421.70	N 43°45'34.87" W	99.9999	299,292.6100
		421.70	0.1100	2,178,321.4017
P.I.=1+628.20	P.I.=1+628.20	N 43°45'34.87" W	99.9999	299,434.1000
		628.20	0.1100	2,178,421.8100
P.I.=1+835.07	P.I.=1+835.07	N 43°45'34.87" W	99.9999	299,575.5900
		835.07	0.1100	2,178,522.1900
P.I.=2+041.57	P.I.=2+041.57	N 43°45'34.87" W	99.9999	299,716.9800
		1,041.57	0.1100	2,178,622.5800
P.I.=2+250.20	P.I.=2+250.20	N 43°45'34.87" W	99.9999	299,859.7700
		1,250.20	0.1100	2,178,723.9600
P.I.=2+459.20	P.I.=2+459.20	N 43°45'34.87" W	99.9999	300,002.5700
		1,459.20	0.1100	2,178,825.3500
P.I.=2+668.20	P.I.=2+668.20	N 43°45'34.87" W	99.9999	300,145.3700
		1,668.20	0.1100	2,178,926.7400
P.I.=2+876.87	P.I.=2+876.87	N 43°45'34.87" W	99.9999	300,287.7600
		1,876.87	0.1100	2,179,027.9400
P.I.=3+085.54	P.I.=3+085.54	N 43°45'34.87" W	99.9999	300,430.1500
		2,085.54	0.1100	2,179,129.1400
P.I.=3+294.20	P.I.=3+294.20	N 43°45'34.87" W	99.9999	300,572.5400
		2,294.20	0.1100	2,179,230.3400



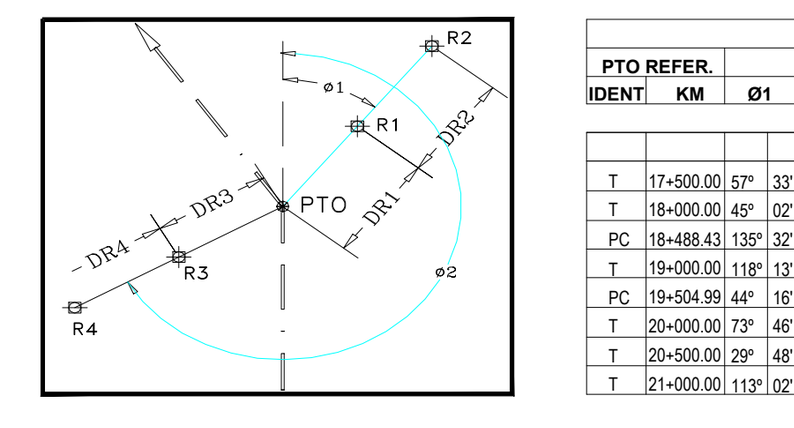
RESIDENTE DE OBRA(S): ING. ROBERTO ALEJANDRO CARRILLO	REVISO: SUBDIRECTOR DE OBRA(S)
APO. 20067 CORTAZAR GTO.	RFC: ROCR8201
DESCRIPCION:	**CONSTRUCCION Y MODERNIZACION DEL CAMINO E. C. (CALLE 20 NORTE) – DESEMBOQUE, TRAMO: DEL KM 13+000.00 AL KM 21+355.75**
CAMINO: E.C. (CALLE 20 NORTE) – DESEMBOQUE	
TRAMO: D Km. 49+000.00, AL (+) Km. 75	
LOCALIDAD: DESEMBOQUE, (+) Km. 75	
UBICACIÓN: KM 0+000.00	
PLANTA TOPOGRÁFICA	
DEL Km. KM 1+000.00	AL Km. KM 1+520.00
ESCALA: HORIZONTAL 1:1000 VERTICAL 1:1000	ACOTADA: METROS
FECHA: AGOSTO, NOVIEMBRE 2016	ESCALA: 1:1000
PLANO No. 2 de 5	
CLAVES:	

RESIDENTE:	MEXPRO CONSTUCTION S.A. DE C.V.
PROYECTO:	APROBO
INSTITUTO NACIONAL DE LOS PUEBLOS INDÍGENAS	
No. No.	REVISO: SUBDIRECTOR DE OBRA(S)
DIRECTOR DE OBRA(S) Y/O DIRECTOR RESPONSABLE DE OBRA(S)	DIRECTOR DE OBRA(S) Y/O DIRECTOR RESPONSABLE DE OBRA(S)



CUADRO DE CURVAS						
CURVA	DELTA	RADIO	ARCO	STAN	CUERDA	Gc
C50	18°18'7.69"	229.183	73.209	36.919	72.898	05°0'0"
C51	04°49'44.72"	229.183	19.316	9.664	19.311	05°0'0"
C52	10°22'29.06"	229.183	41.499	20.806	41.442	05°0'0"
C53	22°14'34.86"	229.183	88.972	45.053	88.414	05°0'0"
C54	52°24'55.47"	114.592	104.831	56.405	101.213	10°0'0"
C55	15°46'53.95"	114.592	31.563	15.882	31.464	10°0'0"
C56	05°44'59.12"	190.986	19.166	9.591	19.158	06°0'0"
C57	08°34'50.60"	190.986	28.602	14.328	28.576	06°0'0"
C58	07°12'8.38"	190.986	24.008	12.020	23.992	06°0'0"
C59	07°59'59.77"	229.183	32.000	16.026	31.974	05°0'0"
C60	46°19'5.49"	229.183	185.273	98.034	180.269	05°0'0"
C61	18°17'43.74"	229.183	73.182	36.905	72.871	05°0'0"
C62	21°21'59.65"	229.183	85.466	43.235	84.972	05°0'0"

CUADRO DE CONSTRUCCION DE EJE						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
EST	PV				X	Y
				PST=0+000.00	364,507.3835	3,264,864.4659
PT=16+986.75	PC=17+110.06	N 42°50'02.11" W	123.314	PC=17+110.06	367,447.3467	3,280,635.5914
PC=17+110.06	PT=17+183.27	N 33°40'58.26" W ∆ = 18°18'7.69" der Rc = 229.183	72.898 Lc = 73.209 ST = 36.919	PT=17+183.27 PI=17+146.98	367,406.9179 367,422.2465	3,280,696.2510 3,280,662.6649
PT=17+183.27	PC=17+619.87	N 24°31'54.41" W	436.601	PC=17+619.87	367,225.6421	3,281,093.4406
PC=17+619.87	PT=17+639.19	N 22°07'02.06" W ∆ = 4°49'44.72" der Rc = 229.183	19.311 Lc = 19.316 ST = 9.664	PT=17+639.19 PI=17+629.53	367,218.3716 367,221.6296	3,281,111.3303 3,281,102.2321
PT=17+639.19	PC=18+108.47	N 19°42'09.70" W	469.283	PC=18+108.47	367,060.1579	3,281,553.1385
PC=18+108.47	PT=18+149.97	N 14°30'55.17" W ∆ = 10°22'29.06" der Rc = 229.183	41.442 Lc = 41.499 ST = 20.806	PT=18+149.97 PI=18+129.28	367,049.7708 367,053.1432	3,281,593.2580 3,281,572.7268
PT=18+149.97	PC=18+335.76	N 09°19'40.63" W	185.790	PC=18+335.76	367,019.6569	3,281,776.5915
PC=18+335.76	PT=18+424.73	N 01°47'36.80" E ∆ = 22°14'34.86" der Rc = 229.183	88.414 Lc = 88.972 ST = 45.053	PT=18+424.73 PI=18+380.81	367,022.4242 367,012.3545	3,281,864.9626 3,281,821.0490
PT=18+424.73	PC=18+488.43	N 12°54'54.23" E	63.697	PC=18+488.43	367,036.6608	3,281,927.0480
PC=18+488.43	PT=18+593.26	N 13°17'33.51" W ∆ = 52°24'55.47" izq Rc = 114.592	101.213 Lc = 104.831 ST = 56.405	PT=18+593.26 PI=18+544.83	367,013.3893 367,049.2677	3,282,025.5496 3,281,982.0262
PT=18+593.26	PC=18+733.60	N 39°30'01.24" W	140.346	PC=18+733.60	366,924.1176	3,282,133.8436
PC=18+733.60	PT=18+765.17	N 31°36'34.27" W ∆ = 15°46'53.95" der Rc = 114.592	31.464 Lc = 31.563 ST = 15.882	PT=18+765.17 PI=18+749.49	366,907.6267 366,914.0152	3,282,160.6393 3,282,146.0986
PT=18+765.17	PC=19+016.67	N 23°43'07.29" W	251.498	PC=19+016.67	366,806.4623	3,282,390.8940
PC=19+016.67	PT=19+035.83	N 20°50'37.73" W ∆ = 5°44'59.12" der Rc = 190.986	19.158 Lc = 19.166 ST = 9.591	PT=19+035.83 PI=19+026.26	366,799.6455 366,802.6044	3,282,408.7980 3,282,399.6748
PT=19+035.83	PC=19+197.81	N 17°58'08.17" W	161.979	PC=19+197.81	366,749.6748	3,282,562.8763
PC=19+197.81	PT=19+226.41	N 22°15'33.47" W ∆ = 8°34'50.60" izq Rc = 190.986	28.576 Lc = 28.602 ST = 14.328	PT=19+226.41 PI=19+212.14	366,738.8504 366,745.2546	3,282,589.3225 3,282,576.5054
PT=19+226.41	PC=19+504.99	N 26°32'58.77" W	278.579	PC=19+504.99	366,614.3330	3,282,838.5246
PC=19+504.99	PT=19+529.00	N 30°09'02.96" W ∆ = 7°12'8.38" izq Rc = 190.986	23.992 Lc = 24.008 ST = 12.020	PT=19+529.00 PI=19+517.01	366,602.2823 366,608.9605	3,282,859.2706 3,282,849.2768
PT=19+529.00	PC=19+789.20	N 33°45'07.15" W	260.196	PC=19+789.20	366,457.7175	3,283,075.6110
PC=19+789.20	PT=19+821.20	N 29°45'07.27" W ∆ = 7°59'59.77" der Rc = 229.183	31.974 Lc = 32.000 ST = 16.026	PT=19+821.20 PI=19+805.22	366,441.8506 366,448.8135	3,283,103.3700 3,283,088.9357
PT=19+821.20	PC=20+616.74	N 25°45'07.39" W	795.549	PC=20+616.74	366,096.2026	3,283,819.9068
PC=20+616.74	PT=20+802.02	N 02°35'34.64" W ∆ = 46°19'5.49" der Rc = 229.183	180.269 Lc = 185.273 ST = 98.034	PT=20+802.02 PI=20+714.78	366,088.0472 366,053.6089	3,283,999.9911 3,283,908.2047
PT=20+802.02	PC=21+066.17	N 20°33'58.10" E	264.157	PC=21+066.17	366,180.8426	3,284,247.3130
PC=21+066.17	PT=21+139.36	N 11°25'06.23" E ∆ = 18°17'43.74" izq Rc = 229.183	72.871 Lc = 73.182 ST = 36.905	PT=21+139.36 PI=21+103.08	366,195.2692 366,193.8070	3,284,318.7421 3,284,281.8660
PT=21+139.36	PC=21+182.18	N 02°16'14.36" E	42.828	PC=21+182.18	366,196.9660	3,284,361.5362
PC=21+182.18	PT=21+267.65	N 12°57'14.19" E ∆ = 21°21'59.65" der Rc = 229.183	84.972 Lc = 85.466 ST = 43.235	PT=21+267.65 PI=21+225.42	366,216.0139 366,198.6790	3,284,444.3457 3,284,404.7377
PT=21+267.65	PST=21+385.75	N 23°38'14.01" E	118.103	PST=21+385.75	366,263.3666	3,284,552.5398



REFERENCIAS DEL TRAZO													
PTO REFER.		LOS ANGULOS (Ø) SE MIDEN A LA DERECHA DESDE LA PROLONGACION DE LA TANGENTE DE ATRAS. LAS DISTANCIAS DR SON TOTALES.											
IDENT	KM	Ø1		DR1		DR 2		Ø2		DR3		DR4	
T	17+500.00	57°	33'	8.82	S/ Trompo y clavo	7.35	S/ Trompo y clavo	208°	39'	13.64	S/ Trompo y clavo	5.41	S/ Trompo y clavo
T	18+000.00	45°	02'	12.57	S/ Trompo y clavo	6.36	S/ Trompo y clavo	151°	41'	16.15	S/ Trompo y clavo	5.92	S/ Trompo y clavo
PC	18+488.43	135°	32'	11.29	S/ Trompo y clavo	5.78	S/ Trompo y clavo	305°	02'	8.39	S/ Trompo y clavo	6.34	S/ Trompo y clavo
T	19+000.00	118°	13'	5.94	S/ Trompo y clavo	7.17	S/ Trompo y clavo	230°	36'	7.36	S/ Trompo y clavo	6.25	S/ Trompo y clavo
PC	19+504.99	44°	16'	7.45	S/ Trompo y clavo	6.47	S/ Trompo y clavo	244°	57'	8.75	S/ Trompo y clavo	4.76	S/ Trompo y clavo
T	20+000.00	73°	46'	9.36	S/ Trompo y clavo	5.31	S/ Trompo y clavo	223°	52'	7.69	S/ Trompo y clavo	7.18	S/ Trompo y clavo
T	20+500.00	29°	48'	11.14	S/ Trompo y clavo	6.22	S/ Trompo y clavo	133°	48'	8.65	S/ Trompo y clavo	6.91	S/ Trompo y clavo
T	21+000.00	113°	02'	7.84	S/ Trompo y clavo	6.03	S/ Trompo y clavo	215°	21'	10.72	S/ Trompo y clavo	5.85	S/ Trompo y clavo

RAZON SOCIAL:

MEXPRO CONSTUCTION
S.A. DE C.V.

[redacted]	PROYECTÓ	APROBÓ
	[redacted] CEDULA PROF. 5714003	[redacted] ADMINISTRADOR ÚNICO

INSTITUTO NACIONAL DE LOS PUEBLOS INDÍGENAS

Vo. Bo.	Aprobó	Autorizó
RESIDENTE DE SERVICIO PROGRAMA DE INFRAESTRUCTURA INDÍGENA DEL INPI	SUBDIRECTOR DE OPERACIÓN REGIÓN II	DIRECTOR DE ÁREA CON FUNCIONES DEL PROGRAMA DE INFRAESTRUCTURA INDÍGENA
ARQ. JANET CIENFUEGOS VAZQUEZ	ING. SAUL RODRIGUEZ CARRILLO	ING. VLADIMIR ORTIZ SÁNCHEZ

DESCRIPCION: **CONSTRUCCIÓN Y MODERNIZACIÓN DEL CAMINO E. C. (CALLE 36 NORTE) - DESEMBOQUE, TRAMO DEL KM 13+000.00 AL KM 21+385.75**

CAMINO: E.C. (CALLE 36 NORTE) - DESEMBOQUE
TRAMO O Km.: KM 0+000 AL 21+385.75
SUBTRAMO: KM 13+000 AL 21+385.75
ORIGEN: KM 0+000.00

PLANTA TOPOGRÁFICA

DEL Km: KM 17+020.00 AL Km: KM 21+385.75 PLANO No. 3 de 3

LUGAR Y FECHA: DESEMBOQUE DE LOS SERIS, PITIQUITO, SONORA, ENERO DE 2026.	ESCALA: 1:1000	COTAS:

RAZON SOCIAL:

MEXPRO CONSTUCTION
S.A. DE C.V.

PROYECTÓ

[redacted]

CEDULA PROF. 5714003

APROBÓ

[redacted]

ADMINISTRADOR UNICO

INPI
INSTITUTO NACIONAL DE LOS PUEBLOS INDÍGENAS

INSTITUTO NACIONAL DE LOS
PUEBLOS INDÍGENAS

Vo. Bo.	Aprobó	Autorizó
RESIDENTE DE SERVICIO PROGRAMA DE INFRAESTRUCTURA INDÍGENA DEL INPI	SUBDIRECTOR DE OPERACIÓN REGIÓN II	DIRECTOR DE ÁREA CON FUNCIONES DEL PROGRAMA DE INFRAESTRUCTURA INDÍGENA
ARQ. JANET CIENFUEGOS VAZQUEZ	ING. SAÚL RODRIGUEZ CARRILLO	ING. VLADIMIR ORTÍZ SÁNCHEZ

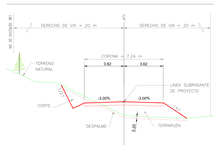
DESCRIPCION: CONSTRUCCIÓN Y MODERNIZACIÓN DEL CAMINO E. C. (CALLE 36 NORTE) - DESEMBOQUE, TRAMO DEL KM 13+000.00 AL KM 21+385.75

CAMINO: E.C. (CALLE 36 NORTE) - DESEMBOQUE
TRAMO O Km.: KM 0+000 AL 21+385.75
SUBTRAMO: KM 13+000 AL 21+385.75
ORIGEN: KM 0+000.00

PLANO DE PERFIL

DEL Km: KM 13+000.00 AL Km: KM 14+220.00 PLANO No. 1 de 3

LUGAR Y FECHA: DESEMBOQUE DE LOS SERIS, PITIQUITO, SONORA, ENERO DE 2026. ESCALA: 1:2000 COTAS: METROS



ESPESORES:
CAPA SUBRASANTE = 0.30 M

ESPECIFICACIONES DE PROYECTO

CONCEPTOS	CARACTERISTICAS DEL TRAMO	CARACTERISTICAS EN ESTE PLANO	UNIDAD
CARRETERA	E	E	E
VELOCIDAD DE PROYECTO	30.00	30.00	Km./hora
ANCHO DE CORONA	7.24	7.24	m.
ANCHO DE CARPETA	0.00	0.00	m.
ESPESOR DE SUB BASE MAS BASE	0.00	0.00	m.
CURVATURA MAXIMA	60.00	60.00	-
PENDIENTE MAXIMA	12.00	12.00	%

No.-

ESCALAS : VERTICAL
HORIZONTAL
CURVA MASA

CANTIDADES DE OBRA

TERRACERIAS

DESMONTE PARA DENSIDAD 100 % VEGETACION TIPO SEMARIDA		22.45.755	
EXCAVACION EN EL PROGRAMA	DESPALME	CORTE	5943.54 m³
		TERRAPLEN	2997.13 m³
	TOTAL 4908.04 m³	MATERIAL "A"	m³
		MATERIAL "B"	4908.12 m³
		MATERIAL "C"	m³
	CORTES Y ACOT. ABAJO SUBRAS.	MAT.APROVECHADO 0.00 m³	
		MAT.DESPERDICIADO 0.00 m³	
	CAJAS	MAT.APROVECHADO 0.00 m³	
		MAT.DESPERDICIADO 0.00 m³	
	ABATIMIENTO DE TALUDES	MAT.APROVECHADO 0.00 m³	
		MAT.DESPERDICIADO 0.00 m³	
	REBAJES CORTE NA. DE CORTES Y/O TERRAPLEN	MAT.APROVECHADO 0.00 m³	
		MAT.DESPERDICIADO 0.00 m³	
	ESCALONES	MAT.APROVECHADO 0.00 m³	
		MAT.DESPERDICIADO 0.00 m³	
EXCAVACION EN EL PROGRAMA	DESPALME	0.00 m³	
	TOTAL 1540.00 m³	MATERIAL "A" 0.00 m³	
		MATERIAL "B" 1540.00 m³	
		MATERIAL "C" 0.00 m³	
	LATERALES	0.00 m	0.00 m³
	DENTRO DE CORONA	0.00 m	0.00 m³
	LAS FAJAS DE CORONA	0.00 m	m³
	DE BANCO		0.00 m³
	DE BANCO		0.00 m³
	DE BANCO		0.00 m³
	DE BANCO		0.00 m³

FORMACION Y COMPACTACION	DEL TERRENO	BANDEADO m³
	NATURAL EN EL	A 90 % m³
	AREA DE DESPLANTE	A 95 % m³
		A 100 % m³
	DE TERRAPLEN	m³
	DE LA CAMA DE LOS CORTES	A 90 % m³
		A 95 % m³
		A 100 % m³
	DE TERRACERIAS	A 90 % m³
	EXISTENTES	A 95 % m³
		A 100 % m³
	DE PAVIMENTO EXISTENTE	A 90 % m³
		A 95 % m³
	DE TERRAPLENES CON O SIN CUÑA	BANDEADO m³
		A 90 % m³
		A 95 % m³
		A 100 % m³
	DE ATAMIENTO DE LA CAPA SUPERIOR DE TERRAPLENES CONSTRUIDA CON MATERIAL NO COMPACTADO	A 90 % m³
		A 95 % m³
		A 100 % m³
	DEL RELLENO PARA FORMAR CAPA DE SUBRASANTE EN CORTES	A 90 % m³
		A 95 % m³
		A 100 % m³
	DE LA AMPLIACION DE LA CORONA EN TERRAPLENES EXISTENTES	A 90 % m³
		A 95 % m³
		A 100 % m³
	DE ELEVACION DE SUBRASANTE EN TERRAPLENES EXISTENTES	A 95 % m³
		A 100 % m³
	EXCAVACION, ACARREO, TEND. Y COMPACTADO	A 90 % m³
		A 100 % m³

ACARREOS PARA TERRACERIAS

MATERIAL PRODUCTO DE LOS CORTES						MATERIAL PRODUCTO DE LOS PRESTAMOS					
m³	Km	m³	Km	m³	Km	m³	Km	m³	Km	m³	Km
4245.00	1149.00	2997.00	0.00	1540.00	5093.00	8677.00				2449.00	3539.00

			m³
			m³
			m³

RAZON SOCIAL:

MEXPRO CONSTUCTION S.A. DE C.V.

PROYECTO

APROBO

CEDULA PROF. 3214502 | ADMINISTRACION UNICO

INSTITUTO NACIONAL DE LOS PUEBLOS INDÍGENAS

Vo. Bo.	Aprobó	Autorizó
RESIDENTE DE SERVICIO PROGRAMADOS DE INFRAESTRUCTURA INDÍGENA DEL INPI.	SUBDIRECTOR DE OPERACIÓN REGIÓN 1	DIRECTOR DE AREA CON FUNCIONES DE INFRAESTRUCTURA INDÍGENA
ARQ. JANET CENTURIÓN VAZQUEZ	ING. SAÚL RODRIGUEZ CARRILLO	ING. VLADIMIR ORTIZ SÁNCHEZ

DESCRIPCION: CONSTRUCCIÓN Y MODERNIZACIÓN DEL CAMINO E. C. (CALLE 36 NORTE) - DESEMBOQUE, TRAMO DEL KM 13+000.00 AL KM 21+385.75

CAMINO: E.C. (CALLE 36 NORTE) - DESEMBOQUE

TRAMO: KM 0+000 AL 21+385.75

SUBTRAMO: KM 13+000 AL 21+385.75

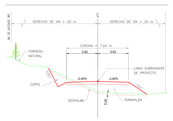
ORIGEN: KM 0+000.00

PLANO DE PERFIL

DEL Km: KM 14+220.00 AL Km: KM 18+980.00 PLANO No: 2 de 3

LUGAR Y FECHA: DESEMBOQUE DE LOS SERNE PITIQUITO, SONORA, ENERO DE 2026

ESCALA: 1:2000 COTAS: METROS



ESPECIFICACIONES DE PROYECTO

CONCEPTOS	CARACTERISTICAS DEL TRAMO	CARACTERISTICAS EN ESTE PLANO	UNIDAD
CARRETERA	E	E	E
VELOCIDAD DE PROYECTO	30.00	30.00	Km./hora
ANCHO DE CORONA	7.24	7.24	m.
ANCHO DE CARPETA	0.00	0.00	m.
ESPESOR DE SUB BASE MAS BASE	0.00	0.00	m.
CURVATURA MAXIMA	60.00	60.00	-
PENDIENTE MAXIMA	12.00	12.00	%

No. ---------- ESCALAS : VERTICAL HORIZONTAL CURVA MAYA

CANTIDADES DE OBRA

T E R R A C E R I A S

EXCAVACIONES: DEMONTE PARA DENSIDAD 22.00 PIEZ.; ESTRUCTURA TIPO: VEGETACION; SEMARSA; CORTE: DESPLANE, TERRAPLEN, PRESTAMO, TOTAL, ABRIGO, CAJAS, ABATIMIENTO DE TALUDES, RESBALES CORDON DE CORTES Y TERRAPLENES, ESCALINES; PRESTAMOS: DESPLANE, TOTAL, ABRIGO, LATERALES, CENTRO DE CAJA DEL PLAYO DE, CONTROL EN EL PRESTAMO: 1) BANCO, 2) BANCO, 3) BANCO, 4) BANCO, 5) BANCO

| | | |

RAZON SOCIAL:

MEXPRO CONSTUCTION S.A. DE C.V.

PROYECTÓ	APROBÓ
[redacted]	[redacted]
CEDULA PROF. 5714003	ADMINISTRADOR UNICO

INSTITUTO NACIONAL DE LOS PUEBLOS INDÍGENAS

Vo. Bo.	Aprobó	Autorizó
RESIDENTE DE SERVICIO PROGRAMA DE INFRAESTRUCTURA INDIGENA DEL INPI	SUBDIRECTOR DE OPERACIÓN REGIÓN II	DIRECTOR DE ÁREA CON FUNCIONES DEL PROGRAMA DE INFRAESTRUCTURA INDIGENA
ARQ. JANET CIENFUEGOS VAZQUEZ	ING. SAUL RODRIGUEZ CARRILLO	ING. VLADIMIR ORTIZ SÁNCHEZ

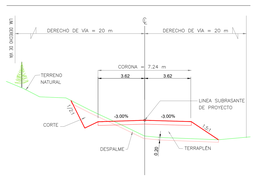
DESCRIPCION: CONSTRUCCIÓN Y MODERNIZACIÓN DEL CAMINO E. C. (CALLE 36 NORTE) - DESEMBOQUE, TRAMO DEL KM 13+000.00 AL KM 21+385.75

CAMINO: E.C.(CALLE 36 NORTE)- DESEMBOQUE
TRAMO O Km.: KM 0+000 AL 21+385.75
SUBTRAMO: KM 13+000 AL 21+385.75
ORIGEN: KM 0+000.00

PLANO DE PERFIL

DEL Km: KM 18+960.00 AL Km: KM 21+385.75 PLANO No. 3 de 3

LUGAR Y FECHA: DESEMBOQUE DE LOS SERIS; PITIQUITO, SONORA, ENERO DE 2026. ESCALA: 1:2000 COTAS: METROS



ESPESORES:
CAPA SUBRASANTE = 0.30 M

ESPECIFICACIONES DE PROYECTO

CONCEPTOS	CARACTERISTICAS DEL TRAMO	CARACTERISTICAS EN ESTE PLANO	UNIDAD
CARRETERA	E	E	E
VELOCIDAD DE PROYECTO	30.00	30.00	Km./hora
ANCHO DE CORONA	7.24	7.24	m.
ANCHO DE CARPETA	0.00	0.00	m.
ESPESOR DE SUB BASE MAS BASE	0.00	0.00	m.
CURVATURA MAXIMA	60.00	60.00	°
PENDIENTE MAXIMA	12.00	12.00	%

No.-_____ ESCALAS : VERTICAL 1:200; HORIZONTAL 1:2000; CURVA MASA 1:2000

CANTIDADES DE OBRA

OBRAS DE DRENAJE

EXCAVACIONES	MATERIAL "A"	0.00	m³
	MATERIAL "B"	0.00	m³
	MATERIAL "C"	0.00	m³
MAMPOSTERIA	DE 2a	0.00	m³
	DE 3a	0.00	m³
ZAMPEADO		52.46	m³
CONCRETO	F'c= 200 Kg/cm2	216.61	m³
	F'c= 250 Kg/cm2	412.07	m³
	CICLOPEO	0.00	m³
	M A S A	0.00	m³
FIERRO DE REFUERZO		42.00	Tons.
ACERO ESTRUCTURAL		0.00	Tons.
TUBOS	DE m		m
	DE m		m
	DE m		m
	DE m		m
	DE m		m
	DE m		m
DEMOLICIONES	CONCRETO	0.00	m³
	MAMPOSTERIA	0.00	m³
BORDO PARA CANALES COMP. A		0.00	m³

CANTIDADES DE OBRA

TERRACERIAS

EXCAVACIONES

GEOMETRICO EN LA EXCAVACION

DESMONTE PARA DENSIDAD		22.65 Hts.	
100 % VEGETACION TIPO	SEMÁRIDA		
DESPALME	CORTE	5943.59	m³
	TERRAPLEN	39691.53	m³
TOTAL	MATERIAL "A"		m³
45635.12 m³	MATERIAL "B"	45635.12	m³
	MATERIAL "C"		m³
CORTES Y ADIC.	MAT.APROVECHADO.	0.00	m³
ABAJO SUBRAS.	MAT.DESPERDICIADO.	0.00	m³
CAJAS	MAT.APROVECHADO.	0.00	m³
	MAT.DESPERDICIADO.	0.00	m³
ABATIMIENTO DE TALUDES	MAT.APROVECHADO.	0.00	m³
	MAT.DESPERDICIADO.	0.00	m³
REBAJES CORONA DE CORTES Y/O TERRAPLEN	MAT.APROVECHADO.	0.00	m³
	MAT.DESPERDICIADO.	0.00	m³
ESCALONES	MAT.APROVECHADO.	0.00	m³
	MAT.DESPERDICIADO.	0.00	m³

PRESTAMOS

GEOMETRICO EN EL PRESTAMO

DESPALME		0.00	m³
TOTAL	MATERIAL "A"	0.00	m³
154023.00 m³	MATERIAL "B"	154023.00	m³
	MATERIAL "C"	0.00	m³
LATERALES DENTRO DE	0.00 m	0.00	m³
LAS FAJAS DE	0.00 m	0.00	m³
DE BANCO		0.00	m³
DE BANCO		0.00	m³
DE BANCO		0.00	m³
DE BANCO		0.00	m³

FORMACION Y COMPACTACION

COMPACTACIONES

DEL TERRENO NATURAL EN EL AREA DE DESPLANTE DE TERRAPLEN	BANDEADO		m³
	A 90 %		m³
	A 95 %		m³
	A 100 %		m³
DE LA CAMA DE LOS CORTES	A 90 %		m³
	A 95 %		m³
	A 100 %		m³
DE TERRACERIAS EXISTENTES	A 90 %		m³
	A 95 %		m³
	A 100 %		m³
DE PAVIMENTO EXISTENTE	A 90 %		m³
	A 95 %		m³
DE TERRAPLENES CON O SIN CUÑA	BANDEADO		m³
	A 90 %		m³
	A 95 %		m³
	A 100 %		m³
DE ATAMIENTO			m³
DE LA CAPA SUPERIOR DE TERRAPLENES SOBRE MATERIAL NO COMPACTADO	A 90 %		m³
	A 95 %		m³
	A 100 %		m³
DEL RELLENO PARA FORMAR CAPA DE SUBRASANTE EN CORTES	A 95 %		m³
	A 100 %		m³
DE LA AMPLIACION DE LA CORONA EN TERRAPLENES EXISTENTES	A 90 %		m³
	A 95 %		m³
	A 100 %		m³
DE ELEVACION DE SUBRASANTE EN TERRAPLENES EXISTENTES	A 95 %		m³
	A 100 %		m³
EXCAVACION ACHELLONADO TEND. Y COMPACTADO.	A 95 %		m³
	A 100 %		m³

ACARREOS PARA TERRACERIAS

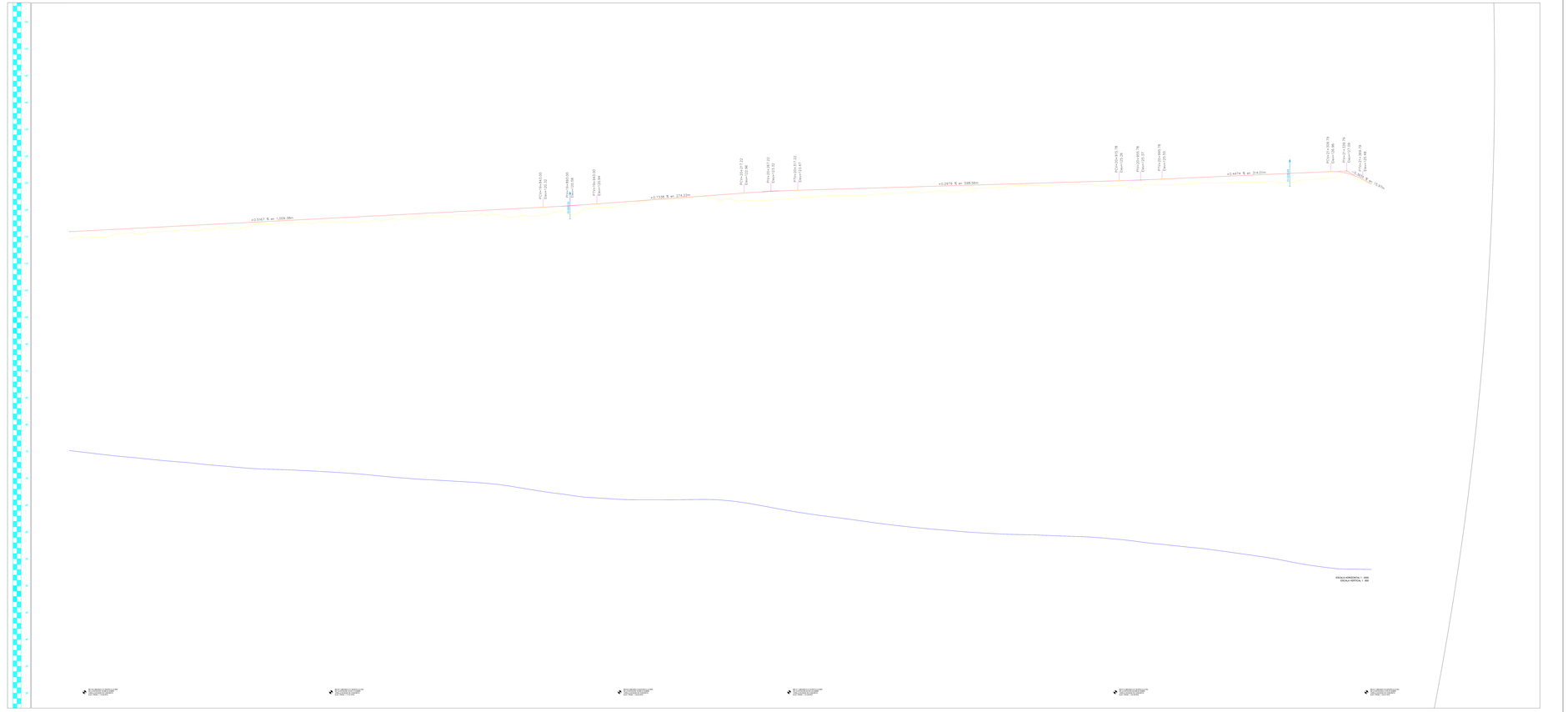
MATERIAL PRODUCTO DE LOS CORTES

m³ = Exc.	m³ - Inm.	m³ Inm.x 1.3=	m³ - Sobrio	m³ Inm.x 5	m³ - Km.	m³ Km.x
5040.00	1148.00	2861.00	0.00	15982.00	5066.00	8417.00

MATERIAL PRODUCTO DE LOS PRESTAMOS

m³	1.0 Km.	m³ Km.=
2949.00		3539.00







MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONA

Del Proyecto

CONSTRUCCIÓN Y MODERNIZACIÓN DEL CAMINO: E. C. (CALLE 36 NORTE) – DESEMBOQUE, TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 21+385.75, SUBTRAMO DEL KM 13+000 AL KM 21+385.75, EN EL MUNICIPIO DE PITIQUITO, ESTADO DE SONORA.

ANEXO 6.- PROGRAMA DE MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS

Del Promovente:
INSTITUTO NACIONAL DE LOS PUEBLOS INDÍGENAS
Responsable
C. HUGOLINO MENDOZA SÁNCHEZ.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 1
2. FUNDAMENTO NORMATIVO 2
3. OBJETIVOS 3
4. ALCANCES 4
5. METODOLOGÍA 5
5.1 Residuos sólidos urbanos (RSU) 5
5.2 Residuos de manejo especial (RME) 6
5.3 Residuos peligrosos (RP) 7
6. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE RESIDUOS 9
7. SUPERVISIÓN AMBIENTAL 11

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Contenedores utilizados para el acopio temporal de RSU. 5
Figura 2.- Ejemplos de diseño del ATRP y contenedores. 8
Figura 3.- Ejemplo de EPP y Kit control de derrames. 9

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de proyectos como la construcción de infraestructura vial implica la generación de residuos de distinta naturaleza a lo largo de sus etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento. Una gestión inadecuada de estos residuos puede ocasionar afectaciones al suelo, cuerpos de agua, aire y ecosistemas circundantes, por lo que resulta indispensable establecer mecanismos técnicos y administrativos que aseguren su manejo integral conforme a la normatividad ambiental vigente.

En este contexto, el Programa de Manejo Integral de Residuos del proyecto “Construcción y modernización del camino E.C. (Calle 36 Norte)–Desemboque, tramo del Km 0+000 al Km 21+385.75 subtramo del km 13+000 al km 21+385.75, en el municipio de Pitiquito, estado de Sonora” tiene como finalidad definir los lineamientos, procedimientos y responsabilidades para la correcta identificación, clasificación, manejo, almacenamiento temporal, transporte y disposición final de los residuos generados. El programa se sustenta en los principios de prevención, reducción en la fuente, reutilización, reciclaje y disposición final controlada, priorizando alternativas que permitan minimizar la generación de residuos y optimizar el aprovechamiento de materiales cuando sea técnica y ambientalmente viable.

La aplicación de este programa contribuye a prevenir la contaminación ambiental asociada a la disposición inadecuada de residuos, tales como la infiltración de lixiviados al suelo, la dispersión de residuos sólidos, la generación de emisiones atmosféricas y los riesgos a la salud del personal y de las comunidades cercanas. Asimismo, establece medidas específicas para el manejo diferenciado de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos, de acuerdo con sus características físicas, químicas y normativas.

El marco jurídico que rige el presente programa se fundamenta en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su Reglamento, así como en las normas oficiales mexicanas aplicables y los lineamientos emitidos por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. De manera complementaria, se incorporan criterios técnicos y buenas prácticas orientadas a fortalecer la trazabilidad, el control documental y la supervisión de las actividades relacionadas con el manejo de residuos durante la ejecución del proyecto.

La correcta implementación del Programa de Manejo Integral de Residuos permitirá asegurar el cumplimiento ambiental del proyecto, mejorar la eficiencia operativa en obra y establecer un esquema ordenado y verificable para la gestión de los residuos generados, alineado con los objetivos de protección ambiental y uso responsable de los recursos naturales.

2. FUNDAMENTO NORMATIVO

El presente programa se sustenta en el marco jurídico ambiental vigente en México, el cual regula la prevención, manejo y disposición final de los residuos generados por actividades de infraestructura. Su aplicación tiene como finalidad asegurar que la gestión de los residuos se realice de forma ordenada, segura y conforme a los principios de protección ambiental, prevención de la contaminación y aprovechamiento sustentable de los recursos.

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos constituye el principal ordenamiento legal que rige este documento, ya que establece las bases para la gestión integral de los residuos en el territorio nacional. Dicha ley clasifica los residuos en residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos, y define las responsabilidades de los generadores en cada caso. Asimismo, promueve la reducción en la fuente, la separación, el reciclaje y la disposición final adecuada como ejes centrales de la política ambiental en materia de residuos.

De manera complementaria, el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos en Materia de Residuos Peligrosos establece los lineamientos técnicos y administrativos para el manejo, almacenamiento temporal, transporte y disposición final de este tipo de residuos. Este ordenamiento exige la implementación de medidas de control que prevengan riesgos a la salud humana y eviten la contaminación del suelo, agua y aire durante el desarrollo de las actividades del proyecto.

El marco normativo también se encuentra alineado con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la cual establece los principios rectores para la preservación y restauración del ambiente, así como para la prevención y mitigación de impactos ambientales derivados de obras y actividades de desarrollo. En este contexto, el Reglamento de la LGEEPA en materia de prevención y control de la contaminación del suelo resulta aplicable, al regular las acciones que puedan generar alteraciones físicas o químicas en este componente ambiental como consecuencia del manejo inadecuado de residuos.

En lo que respecta a la aplicación de criterios técnicos específicos, el presente programa considera diversas Normas Oficiales Mexicanas que regulan la identificación, clasificación y manejo de residuos. La NOM-052-SEMARNAT-2005 establece los criterios para determinar las características de peligrosidad de los residuos y su clasificación, mientras que la NOM-161-SEMARNAT-2011 define los lineamientos para la identificación y manejo de

los residuos de manejo especial, así como los requisitos para la elaboración de planes de manejo por parte de los generadores.

Asimismo, se consideran las disposiciones aplicables en materia de residuos sólidos urbanos, particularmente aquellas relacionadas con su separación, almacenamiento y disposición final en sitios autorizados, de conformidad con la normatividad ambiental vigente. Cuando las actividades del proyecto lo requieran, también se atenderán las normas relacionadas con la prevención de emisiones contaminantes asociadas al manejo y traslado de residuos.

3. OBJETIVOS

Objetivo general

Establecer los lineamientos técnicos y operativos para la gestión integral de los residuos generados durante las distintas etapas del proyecto, con el fin de asegurar su manejo adecuado, prevenir la contaminación ambiental y reducir riesgos a la salud pública, en cumplimiento con la normatividad ambiental vigente.

Objetivos específicos

- Implementar acciones orientadas a la prevención y minimización de la generación de residuos desde la fuente, promoviendo el uso eficiente de materiales y la reducción de desperdicios.
- Establecer criterios para la segregación de los residuos en el sitio de generación, de acuerdo con su clasificación, a fin de facilitar su manejo, aprovechamiento y disposición final.
- Definir los procedimientos para el almacenamiento temporal, recolección, transporte y disposición final de los residuos, garantizando que se realicen en sitios y con prestadores de servicios autorizados conforme a la legislación aplicable.
- Promover la capacitación y sensibilización del personal involucrado en el proyecto en materia de manejo adecuado de residuos, fortaleciendo la aplicación de buenas prácticas ambientales durante las actividades constructivas y operativas.
- Implementar mecanismos de supervisión, control y seguimiento que permitan verificar el cumplimiento de las medidas establecidas en el presente programa y detectar oportunamente desviaciones en su aplicación.

4. ALCANCES

El presente programa será de aplicación obligatoria en todas las actividades asociadas al proyecto y cubrirá la gestión de los residuos generados a lo largo de su ciclo de vida, desde la preparación del sitio hasta el cierre y abandono. Su alcance comprende las siguientes etapas:

Durante la etapa de preparación del sitio, se establecerán medidas preventivas orientadas a reducir la generación de residuos desde el inicio de las actividades, así como lineamientos para su segregación, almacenamiento temporal y disposición conforme a la normatividad ambiental aplicable.

En la etapa de construcción, el programa regulará el manejo de los residuos derivados de las actividades de obra, incluyendo escombros, materiales excedentes, envases, empaques y residuos peligrosos asociados al uso y mantenimiento de maquinaria, combustibles, lubricantes y otras sustancias necesarias para el desarrollo del proyecto, asegurando su control y disposición en sitios autorizados.

Durante la etapa de operación y mantenimiento, se aplicarán los procedimientos establecidos para la gestión de los residuos generados de manera continua por el funcionamiento del proyecto, tales como residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y, en su caso, residuos peligrosos, garantizando su manejo seguro y ambientalmente adecuado.

En la etapa de cierre y abandono, se contemplará la recolección, retiro y disposición final de los residuos remanentes, así como la limpieza y acondicionamiento de las áreas intervenidas, con el objetivo de favorecer la restauración ambiental del sitio y prevenir pasivos ambientales.

El alcance del programa incluye la totalidad de las áreas asociadas al proyecto, tales como frentes de obra, campamentos, áreas de almacenamiento, patios de maniobras y zonas de servicios. Se prestará especial atención a aquellas áreas cercanas a componentes ambientales sensibles, estableciendo medidas específicas que aseguren el control de los residuos y eviten afectaciones al suelo, cuerpos de agua, vegetación y fauna, en estricto apego a la legislación ambiental vigente.

5. METODOLOGÍA

De conformidad con lo establecido en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) y para la atención integral de los residuos generados por el proyecto, considerando los tres tipos identificados en función de su origen y características: residuos sólidos urbanos (RSU), residuos de manejo especial (RME) y residuos peligrosos (RP). La metodología de manejo se estructura de manera diferenciada para cada tipo de residuo, atendiendo la naturaleza de las actividades del proyecto, las condiciones operativas de la obra y los lineamientos establecidos en la normatividad ambiental vigente.

5.1 Residuos sólidos urbanos (RSU)

Los residuos sólidos urbanos se generarán principalmente en los frentes de trabajo, áreas de campamento, zonas administrativas, patios de maquinaria y áreas de descanso del personal. Para su manejo, se instalarán contenedores en puntos estratégicos que permitan su fácil acceso y promuevan la correcta disposición por parte del personal.

Se podrán emplear contenedores fijos administrados por empresas externas prestadoras de servicios, así como contenedores móviles con capacidad aproximada de 200 litros. Estos últimos resultan particularmente funcionales en los frentes de trabajo, ya que facilitan su manipulación y reubicación conforme avanza la obra, permitiendo un control más eficiente de los residuos generados.



Figura 1.- Contenedores utilizados para el acopio temporal de RSU.

Los RSU serán clasificados desde su origen en residuos orgánicos e inorgánicos, con el propósito de facilitar su manejo, recolección y disposición final. Los residuos recolectados serán trasladados y dispuestos únicamente en sitios autorizados, tales como rellenos

sanitarios, centros de acopio definidos por el municipio correspondiente o instalaciones operadas por empresas que cuenten con los permisos ambientales necesarios.

Como medida de mitigación adicional, se implementarán campañas de limpieza periódicas y consecutivas en las áreas de trabajo y zonas aledañas donde se identifique dispersión de residuos, con el fin de mantener condiciones adecuadas de orden, higiene y control ambiental durante el desarrollo del proyecto.

5.2 Residuos de manejo especial (RME)

Los Residuos de Manejo Especial se generarán principalmente durante las actividades de movimiento de tierras, desmonte, despalme, construcción de la plataforma carretera y labores auxiliares, e incluyen materiales como restos de madera, metales, empaques industriales, sacos de cemento, residuos pétreos no peligrosos, entre otros.

Para su manejo se establecerán zonas de acopio temporal cercanas a los frentes de trabajo o en áreas específicas como el patio de maquinaria o zonas de almacenamiento, debidamente identificadas y habilitadas para tal fin. Estas áreas serán seleccionadas considerando factores de accesibilidad, pendiente, distancia a cuerpos de agua, ausencia de escurrimiento superficial y seguridad operacional, con el fin de evitar afectaciones al suelo o la dispersión no controlada de residuos.

Los RME deberán segregarse desde su generación, clasificándolos por tipo de material (por ejemplo: madera, metales ferrosos, metales no ferrosos, sacos de cemento vacíos, cartón, plásticos de empaque, restos de concreto y otros agregados) y depositarse en contenedores o áreas diferenciadas. Para evitar la contaminación directa del suelo, las superficies de acopio se cubrirán con una barrera física impermeable, como láminas de plástico de alta resistencia u otro geotextil homologado, que impida la filtración de partículas y facilite la recolección ordenada.

El manejo de estos residuos se realizará de acuerdo con las siguientes etapas:

- **Segregación en origen:** Los residuos serán separados por tipo en el momento de su generación, mediante contenedores, habilitados con señalización clara para cada fracción (madera, metales, sacos de cemento, plásticos, etc.). Esta segregación facilita su posterior reutilización o reciclaje y evita mezclas que dificulten su valorización.

- **Acopio temporal:** Una vez segregados, los residuos serán depositados en las áreas de acopio temporal habilitadas. Estas zonas contarán con demarcación visible,

impermeabilización de superficie y rutas de acceso para la carga y descarga segura de materiales.

- **Reutilización interna:** Cuando sea técnica y operativamente viable, ciertos materiales clasificados como RME (por ejemplo, madera intacta, metales estructurales reutilizables, sacos de cemento enteros) podrán ser reutilizados dentro de las mismas actividades del proyecto, reduciendo la necesidad de insumos nuevos y favoreciendo la gestión sustentable de recursos.

- **Reciclaje externo:** Los residuos que no se reutilicen en obra pero sean susceptibles de reciclaje, tales como metales (ferrosos y no ferrosos), cartón, plásticos y otros materiales aprovechables, serán entregados a empresas recicladoras autorizadas. Los metales recuperables podrán ser segregados por tipo y destino según los estándares del mercado de reciclaje local, contribuyendo a la economía circular y al aprovechamiento de materiales.

- **Disposición final segura:** Para los residuos de manejo especial que no puedan ser reutilizados ni reciclados, se gestionará su transporte a sitios de disposición final autorizados, tales como centros de acopio municipal, plantas de transferencia o rellenos sanitarios con la capacidad y permisos ambientales correspondientes. El traslado y la entrega de estos residuos serán realizados por prestadores de servicios debidamente autorizados, y se mantendrá un registro documental que permita dar seguimiento a su destino final.

5.3 Residuos peligrosos (RP)

Los residuos peligrosos generados durante el desarrollo del proyecto estarán asociados principalmente al uso y mantenimiento de maquinaria y equipo, así como al manejo de combustibles, aceites, lubricantes, grasas, solventes, filtros, trapos contaminados y envases que hayan contenido sustancias peligrosas. El manejo de estos residuos se realizará conforme a lo establecido en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su Reglamento, con énfasis en la prevención de riesgos a la salud y la protección del suelo y otros componentes ambientales.

Para la gestión adecuada de los RP, se habilitará o construirá un Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP), el cual cumplirá con las características y lineamientos establecidos en el artículo 82 del Reglamento de la LGPGIR. Dicho almacén se ubicará en

un área estratégica del proyecto, preferentemente en el patio de maquinaria o en una zona de fácil acceso y baja susceptibilidad ambiental, evitando la cercanía a cuerpos de agua, zonas de escurrimiento superficial o áreas de tránsito continuo de personal.

El ATRP contará con contenedores específicos para cada tipo de residuo peligroso, debidamente etiquetados y clasificados conforme a las características CRETIB (corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables y biológico-infecciosos, en caso de aplicar). Los contenedores serán compatibles con la naturaleza del residuo, mantendrán condiciones de hermeticidad y se colocarán sobre superficies impermeables, con señalización visible y dispositivos de contención secundaria para prevenir derrames.



Figura 2.- Ejemplos de diseño del ATRP y contenedores.

Para la correcta operación del ATRP, se designará un responsable del almacén, quien será el encargado de supervisar el manejo interno de los residuos peligrosos, así como de llevar el control administrativo mediante bitácoras de registro de entradas y salidas, en las que se documentará el tipo de residuo, cantidad generada, fecha de ingreso, tiempo de almacenamiento y destino final. Este control permitirá asegurar la trazabilidad de los residuos y el cumplimiento de los tiempos máximos de almacenamiento establecidos en la normatividad vigente.

En los frentes de trabajo y áreas donde se utilice maquinaria, se dispondrá de kits para la atención de derrames, que incluirán materiales absorbentes, barreras de contención, contenedores de emergencia y herramientas básicas para la recolección inmediata de sustancias peligrosas, como aceites, combustibles y lubricantes. Estos kits permitirán una respuesta oportuna ante contingencias, reduciendo el riesgo de contaminación del suelo y facilitando la recuperación del material derramado para su manejo adecuado como residuo peligroso.

El personal responsable de la atención de derrames y del manejo de residuos peligrosos deberá contar con el equipo de protección personal (EPP) correspondiente, de acuerdo con el tipo de residuo y el riesgo asociado, incluyendo guantes resistentes a químicos, botas de seguridad, gafas de protección, mascarillas o respiradores, según sea necesario. Asimismo, dicho personal será capacitado en procedimientos de respuesta a emergencias, manejo seguro de sustancias peligrosas y uso adecuado del EPP.



Figura 3.- Ejemplo de EPP y Kit control de derrames.

La recolección, transporte y disposición final de los residuos peligrosos se realizará exclusivamente a través de empresas autorizadas por la autoridad ambiental competente, que cuenten con los permisos vigentes para el manejo integral de este tipo de residuos. La entrega de los RP se documentará mediante los manifiestos correspondientes, asegurando que su destino final se realice en instalaciones autorizadas para su tratamiento, aprovechamiento o disposición final.

6. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE RESIDUOS

Con el fin de reducir la generación de residuos y prevenir impactos ambientales asociados a su manejo inadecuado, se implementarán de manera transversal las siguientes estrategias de prevención y mitigación durante todas las etapas del proyecto, aplicables a los residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos.

- La empresa contará de manera permanente con personal encargado del seguimiento ambiental, responsable de verificar el cumplimiento de las medidas establecidas en el

presente programa y de identificar oportunamente situaciones de riesgo asociadas a la generación y manejo de residuos.

- Se realizará un monitoreo continuo del estado físico y mecánico de la maquinaria y equipo, con énfasis en la detección temprana de fugas de aceites, combustibles, lubricantes y otros insumos, a fin de prevenir la generación de residuos peligrosos y evitar incidentes de contaminación del suelo.
- Se promoverá la optimización en el uso de materiales, insumos y consumibles, priorizando la compra controlada, el almacenamiento adecuado y el uso racional, con el objetivo de disminuir residuos innecesarios desde la fuente.
- Se implementarán campañas periódicas de limpieza en los frentes de trabajo, áreas de campamento, patio de maquinaria y zonas auxiliares, enfocadas a la recolección y correcta segregación de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y, en su caso, residuos peligrosos generados durante las actividades del proyecto.
- Se pondrá especial atención a las áreas con presencia de escurrimientos superficiales, cunetas, drenes naturales y cuerpos de agua cercanos al sitio de la obra, priorizando la ejecución de campañas de limpieza y retiro de residuos cuando se identifique acumulación o dispersión de materiales que pudieran ser arrastrados por escorrentía.
- En zonas con mayor susceptibilidad ambiental, se reforzarán las medidas de contención, señalización y orden, evitando el depósito temporal de residuos fuera de las áreas designadas y reduciendo el riesgo de dispersión por acción del viento o del agua.
- Se establecerán procedimientos claros de respuesta ante derrames, complementados con la disponibilidad de kits de atención en puntos estratégicos, lo que permitirá una intervención inmediata y la correcta gestión de los materiales contaminados generados como residuo peligroso.
- El personal operativo y técnico recibirá capacitación continua en buenas prácticas ambientales, enfocada en la correcta separación de residuos, el manejo seguro de sustancias peligrosas, la prevención de incidentes y la protección de áreas ambientalmente sensibles.
- Se llevará a cabo la documentación y seguimiento de las acciones implementadas, mediante registros, bitácoras y reportes de supervisión ambiental, los cuales permitirán evaluar la eficacia de las estrategias de prevención y realizar ajustes oportunos cuando sea necesario.

7. SUPERVISIÓN AMBIENTAL

La supervisión ambiental tendrá como función principal verificar que las actividades relacionadas con la generación, manejo, almacenamiento, transporte y disposición final de los residuos se realicen conforme a lo establecido en el presente documento y en la normatividad ambiental aplicable. Este proceso permitirá asegurar la correcta implementación de las medidas de manejo de residuos durante las distintas etapas del proyecto.

La supervisión será llevada a cabo por personal técnico con experiencia en gestión ambiental, quien realizará actividades de seguimiento permanente en los frentes de trabajo, áreas de campamento, patios de maquinaria y zonas auxiliares, con el fin de identificar oportunamente desviaciones, riesgos ambientales o prácticas inadecuadas en el manejo de residuos.

Entre las principales actividades de la supervisión ambiental se incluyen:

- Realización de monitoreos en sitio para verificar la correcta separación de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos en los puntos de generación.
- Ejecución de inspecciones periódicas a las áreas de almacenamiento temporal de residuos, evaluando condiciones de orden, señalización, contención y cumplimiento de los lineamientos técnicos establecidos.
- Verificación del estado físico y operativo de la maquinaria y equipo, con énfasis en la prevención de fugas de aceites, combustibles y lubricantes.
- Revisión del uso adecuado de contenedores, señalización y equipos de respuesta ante derrames, así como de la disponibilidad y estado de los kits de atención a contingencias.
- Supervisión de las actividades de recolección, traslado interno y disposición final de residuos, asegurando que se realicen mediante empresas y sitios autorizados.
- Registro de incidencias, observaciones y acciones correctivas mediante bitácoras y reportes de supervisión ambiental, los cuales servirán como respaldo del cumplimiento ambiental.
- Coordinación con el personal operativo para la implementación inmediata de medidas correctivas, en caso de detectarse prácticas que representen riesgo ambiental.

La supervisión ambiental se desarrollará de manera continua durante la ejecución de la obra, permitiendo evaluar el desempeño del manejo de residuos y asegurar la aplicación consistente de las medidas establecidas, así como el cumplimiento de las disposiciones ambientales vigentes.

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

Del Proyecto

CONSTRUCCIÓN Y MODERNIZACIÓN DEL CAMINO: E. C. (CALLE 36 NORTE) – DESEMBOQUE, TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 21+385.75, SUBTRAMO DEL KM 13+000 AL KM 21+385.75, EN EL MUNICIPIO DE PITIQUITO, ESTADO DE SONORA.

ANEXO 7.- PROGRAMA DE RESCATE Y REUBICACIÓN DE FLORA Y FAUNA, INCLUYE REFORESTACIÓN

Del Promovente:
INSTITUTO NACIONAL DE LOS PUEBLOS INDÍGENAS
Responsable
C. HUGOLINO MENDOZA SÁNCHEZ.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN. 1
2. OBJETIVOS 1
3. Programa de rescate y reubicación de flora, incluye reforestación 2
3.1 Criterios para la Selección de Especies de Flora a Rescatar 2
3.2 Metas y resultados esperados 4
3.2.1 Estimación del numero de individuos de flora a rescatar 4
3.2.2 Densidad de plantación 5
3.3 Metodología 6
3.4 Localización de los sitios de reubicación mediante coordenadas utm 10
3.5 Seguimiento 17
3.6 Programa de actividades (plazo mínimo de 5 años) 17
3.7 Evaluación del programa (indicadores) 18
3.71 Informes de avances y resultados 18
4. Programa de rescate y reubicación de especies de fauna 19
4.1 Introducción. 19
4.2 Objetivos. 20
4.3 Metas y Alcances. 21
4.4 Metodología para el ahuyentamiento y rescate de especies 21
4.5 Localización de los sitios de reubicación. 23
4.6 Seguimiento. 24
4.7 Evaluación del programa. 27
4.8 Informe de avances y resultados. 28

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Especies vegetales presentes en los ecosistemas del área propuesta para CUSTF. 2
Tabla 2.- Especies seleccionadas para ser rescatadas del área propuesta para CUSTF. 4
Tabla 3.- Número de individuos por especie, de flora a rescatar en el predio. 4
Tabla 4.- Área requerida para establecer las plantas rescatadas. 5
Tabla 5.- Especies seleccionadas para las actividades de reforestación del proyecto. 8
Tabla 6.- Área requerida para establecer las plantas reforestadas. 9

Tabla 7.- Coordenadas UTM de los polígonos identificados para reforestación. 11
Tabla 8.- Cronograma de actividades para el rescate de Vegetación. 17
Tabla 9.- Actividades en protección de fauna. 27
Tabla 10.- Cronograma General de Actividades. 28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Blanqueo de plantas seleccionadas para ser rescatadas. 7
Figura 2.- Esquema ejemplo de trasplante de organismos vegetales. 10
Figura 3.- Polígonos identificados para acciones de reforestación. 11
Figura 4.- Sitios para la reubicación de fauna 24

1. INTRODUCCIÓN.

El presente Programa de Rescate fue elaborado siguiendo las disposiciones señaladas en la Fracción IX del artículo 141 del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable publicado en el Diario Oficial de la Federación con fecha 9 de Diciembre del 2020, en el que establece que *"la propuesta de programa de rescate deberá incluir el nombre de las especies a rescatar, la densidad de plantación, el plano georreferenciado del sitio donde serán reubicadas dentro del ecosistema afectado, preferentemente en áreas vecinas o cercanas a donde se realizarán los trabajos de Cambio de uso de suelo, así como las acciones que aseguren al menos un ochenta por ciento de supervivencia de las referidas especies, los periodos de ejecución de dichas acciones y de su mantenimiento"*.

Considerando que el área del proyecto deberá ser deforestada totalmente, se propone rescatar un número de ejemplares especies de la flora residente para dar cumplimiento con los requerimientos de cumplimiento del presente instrumento.

La siguiente tabla nos muestra las especies vegetales encontradas en las áreas propuestas para Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF).

2. OBJETIVOS

Objetivo general

Considerando que el área del proyecto será objeto de desmonte total como parte del Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales, se establece el presente Programa de Rescate y Reubicación de Flora y Fauna con el propósito de salvaguardar un número representativo de ejemplares de las especies presentes, evitando la afectación significativa a la biodiversidad local y dando cumplimiento a las condicionantes ambientales establecidas por la autoridad competente.

Objetivos específicos

- Identificar y seleccionar sitios adecuados para la reubicación y trasplante de los ejemplares de flora rescatados, dentro de áreas previamente destinadas para este fin en la zona de influencia del proyecto, verificando que presenten condiciones ambientales similares a las del sitio de origen, tales como tipo de suelo, exposición, pendiente y régimen hídrico.

- Establecer criterios técnicos y normativos para la selección de especies vegetales susceptibles de rescate, priorizando aquellas con mayor valor ecológico, baja capacidad de regeneración natural o relevancia regional.
- Implementar acciones de rescate, manejo y reubicación de fauna silvestre, enfocadas en la reducción de riesgos durante las actividades de desmonte, mediante procedimientos de ahuyentamiento, captura y liberación controlada en áreas compatibles.
- Integrar acciones de reforestación como medida complementaria, orientadas a la restauración de la cobertura vegetal en áreas destinadas para compensación y recuperación ambiental.

3. Programa de rescate y reubicación de flora, incluye reforestación

3.1 Criterios para la Selección de Especies de Flora a Rescatar

Con base en los muestreos realizados durante los trabajos de campo, se registró la presencia de 22 especies de flora (Tabla 1), tanto nativas como introducidas. No obstante, se determinó que no todas las especies identificadas son susceptibles de rescate, por lo que se aplicaron criterios técnicos para discriminar aquellas que presentan viabilidad ecológica y operativa para su trasplante.

Tabla 1.- Especies vegetales presentes en los ecosistemas del área propuesta para CUSTF.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	FAMILIA	N0M-059	CITES
1	*Ambrosia deltoidea*	Chamizo toboso	Asteraceae	-	-
2	*Ambrosia dumosa*	Chamizo cenizo	Asteraceae	-	-
3	*Atriplex polycarpa*	Chamizo cenizo	Chenopodiaceae	-	-
5	*Carnegiea gigantea*	Sahuaro	Cactaceae	A	-
6	*Cercidium microphyllum*	Palo verde	Fabaceae	-	-
7	*Cordia parvifolia*	Vara prieta	Boraginaceae	-	-
8	*Encelia farinosa*	Rama Blanca	Asteraceae	-	-
9	*Fouquieria splendens*	Ocotillo	Fouquieriaceae	-	-
10	*Jatropha cinerea*	Lomboy	Euphorbiaceae	-	-
11	*Jatropha cuneata*	Matacora	Euphorbiaceae	-	-
12	*Koeberlinia spinosa*	Corona de Cristo	Koeberliniaceae	-	-
13	*Krameria sonorae*	Cosahui	Krameriaceae	-	-
14	*Larrea tridentata*	Gobernadora	Zygophyllaceae	-	-
15	*Lemaireocereus thurberi*	Pitahaya	Cactaceae	-	-
16	*Lophocereus schottii* var. *schottii*	Sina	Cactaceae	-	-
17	*Olneya tesota*	Palo fierro	Fabaceae	Pr	-
18	*Opuntia bigelovii*	Choya güera	Cactaceae	-	-
19	*Opuntia fulgida*	Choya	Cactaceae	-	-
20	*Pachycereus pringlei*	Cardón	Cactaceae	-	-
21	*Phaulothamnus spinescens*	Huevito	Achatocarpaceae	-	-

22	*Prosopis glandulosa*	Mezquite	Fabaceae	-	-

Respecto a la Norma Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, de las especies mostradas en la Tabla .1, el sahuaro se encuentra listado como amenazado (A), mientras que el palo fierro aparece sujeto a protección especial. De acuerdo a la CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora), ninguna de las especies antes citadas se encuentra listada en sus anexos de protección. (DOF, 2010; CITES, 2017).

Para la selección de las especies a considerar en el rescate de flora se utilizaron los siguientes criterios:

- Presencia de especies incluidas en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010.
- Especies endémicas o con distribución restringida a la región del Desierto Sonorense.
- Especies de la familia Cactaceae consideradas poco comunes o de crecimiento lento.
- Otras especies con porte arbustivo o arbóreo que presenten importancia ecológica a nivel local o regional, así como aquellas con bajo potencial de regeneración natural posterior al desmonte.

Las especies herbáceas de amplia distribución, alta capacidad de regeneración o asociadas a ambientes perturbados no fueron consideradas prioritarias para las actividades de rescate.

Con base en los muestreos de campo y en la caracterización de la vegetación presente en el área del proyecto, se identificaron las especies susceptibles de ser consideradas dentro del Programa de Rescate y Reubicación de Flora. El porcentaje de rescate se estableció entre el 20 y el 100 % de la abundancia registrada, en función de criterios técnicos relacionados con la estructura de los individuos (altura, número de ramificaciones y vigor), su distribución dentro de los ecosistemas de la cuenca hidrográfica, así como la viabilidad técnica y operativa de su manejo, con el propósito de garantizar la factibilidad de las actividades de rescate.

La selección de los individuos se realizó considerando que la viabilidad del trasplante depende principalmente de su estado fisiológico, incluyendo edad, vigor, tamaño y facilidad de manejo. En este sentido, se priorizaron individuos jóvenes, debido a que presentan una mayor probabilidad de supervivencia y establecimiento en comparación con ejemplares maduros, además de facilitar las labores de extracción y reubicación (Weber y Stoney, 1986). Asimismo, únicamente se consideraron individuos sanos, excluyendo aquellos que presentaran daños estructurales, lesiones visibles o signos de enfermedad.

Con base en estos criterios, se determinó rescatar únicamente aquellos individuos que mostraran alta probabilidad de supervivencia y adaptación en los sitios de reubicación,

descartando especies o ejemplares cuya manipulación y trasplante no permitieran prever resultados favorables. En la Tabla 2 se presentan las especies vegetales identificadas en el área del proyecto y consideradas dentro de las acciones de rescate

Tabla 2.- Especies seleccionadas para ser rescatadas del área propuesta para CUSTF.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN
1	*Carnegiea gigantea*	Sahuaro
2	*Cercidium microphyllum*	Palo verde
3	*Fouquieria splendens*	Ocotillo
4	*Jatropha cinerea*	Lomboy
5	*Jatropha cuneata*	Matacora
6	*Lemaireocereus thurberi*	Pitahaya
7	*Lophocereus schottii* var. *schottii*	Sina
8	*Olneya tesota*	Palo fierro
9	*Opuntia bigelovii*	Choya güera
10	*Opuntia fulgida*	Choya
11	*Pachycereus pringlei*	Cardón
12	*Prosopis glandulosa*	Mezquite

3.2 Metas y resultados esperados

3.2.1 Estimación del numero de individuos de flora a rescatar

El número de individuos y especies a restablecer en relación al predio del cual se solicita el cambio de uso del suelo se indican en la tabla siguiente.

Tabla 3.- Número de individuos por especie, de flora a rescatar en el predio.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	INDIVIDUOS EN ÁREA DEL PROYECTO	% DE RESCATE	TOTAL PLANTAS A RESCATAR
Carnegiea gigantea	Sahuaro	198	100	198
Cercidium microphyllum	Palo verde	39	100	39
Fouquieria splendens	Ocotillo	242	70	169
Jatropha cinerea	Lomboy	184	80	147
Jatropha cuneata	Matacora	65	100	65
Lemaireocereus thurberi	Pitahaya	30	100	30
Lophocereus schottii var. *schottii*	Sina	163	80	130
Olneya tesota	Palo fierro	38	100	38
Opuntia bigelovii	Choya güera	67	100	67
Opuntia fulgida	Choya	363	50	182
Pachycereus pringlei	Cardón	11	100	11
Prosopis glandulosa	Mezquite	67	100	67

TOTAL DE PLANTAS A RESCATAR:	**1,144**

Las especies que se no incluyen para ser rescatadas se consideran plantas que, debido a su agresividad natural para propagarse, se encuentran ampliamente distribuidas dentro de la CH del proyecto y en general en todos los ecosistemas de la región, de tal forma que no se consideran en alto porcentaje en el programa de rescate ya que se asume que en el corto plazo se incrementarán sus poblaciones debido a su alto potencial reproductivo.

3.2.2 Densidad de plantación

La densidad de plantación se calculó considerando básicamente la cobertura máxima promedio de las plantas del estrato de mayor tamaño ya que esos individuos son los que ocupan mayor espacio debido a su cobertura aérea; además, se asumió que las plantas de los estratos inferiores, en este caso las arbustivas y herbáceas, se plantarían en los espacios existentes entre las plantas de mayor talla.

Así, para este caso se estimó conservadoramente un espacio territorial de 25 m^2 (5m x 5m) para cada árbol y de esa manera el número de hectáreas necesarias para incluir todas las plantas que se deberán rescatar.

Tabla 4.- Área requerida para establecer las plantas rescatadas.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	INDIVIDUOS A RESCATAR	ESPACIO TERRITORIAL (m^2)	ÁREA REQUERIDA (ha)
Carnegiea gigantea	Sahuaro	198	3	0.0594
Cercidium microphyllum	Palo verde	39	25	0.0975
Fouquieria splendens	Ocotillo	169	9	0.1521
Jatropha cinerea	Lomboy	147	2	0.0294
Jatropha cuneata	Matacora	65	3	0.0195
Lemaireocereus thurberi	Pitahaya	30	9	0.0270
Lophocereus schottii var. *schottii*	Sina	130	14	0.1820
Olneya tesota	Palo fierro	38	25	0.0950
Opuntia bigelovii	Choya güera	67	1	0.0067
Opuntia fulgida	Choya	182	2	0.0364
Pachycereus pringlei	Cardón	11	16	0.0176
Prosopis glandulosa	Mezquite	67	25	0.1675
			TOTAL DE HECTAREAS REQUERIDAS:	**0.8901**

Una vez obtenida el área necesaria para el establecimiento de las plantas rescatadas, es posible determinar la densidad de plantación por hectárea incluyendo individuos de todas las especies pertenecientes a los diferentes estratos y formas de vida, simplemente dividiendo el número total de individuos a rescatar sobre la cantidad de hectáreas calculadas para incluir las plantas arbóreas, en este caso:

$$\frac{\mathbf{1,144}}{\mathbf{0.8901}} = \mathbf{1,285}\ {}^{\boldsymbol{plantas}}/_{\boldsymbol{ha}}$$

3.3 Metodología

a) Rescate

El personal que participe en las brigadas de rescate de especies vegetales debe estar correctamente capacitado. Este equipo debe conocer los conceptos básicos relacionados con las técnicas aplicadas y poseer conocimientos esenciales de las especies vegetales incluidas en el rescate.

Durante esta etapa se detectarán los ejemplares presentes en las áreas destinadas a remoción vegetal pertenecientes a los taxa seleccionados. Estos ejemplares se contrastarán con marcas evidentes visuales, con el fin de que el personal las ubique fácilmente y se rescaten antes del desmonte vegetal, logrando trasplantarlas de manera segura.

- **Técnica**

Banqueo de los brinzales arbóreos, arbustivos y/o de las especies de cactáceas

El banqueo de especies de flora silvestre, consiste en hacer una zanja alrededor del brinzal con el fin de formar un cepellón donde quedarán confinadas las raíces con las que se llevara el árbol a su sitio de reubicación y las dimensiones de este dependerán de las especies que se trate, el tamaño de su sistema radical y la clase y textura del suelo.

Un factor importante el desarrollo del banqueo y que tiene que considerarse para la construcción del cepellón es la profundidad que alcanzan las raíces activas y las raíces de sostén; dado que las primeras generalmente son las que mantienen el árbol y las que se deben procurar extraer con el cepellón, además de considerar un periodo de cicatrización y recuperación para asegurar la sobrevivencia de los ejemplares.

La extracción de las plantas que han sido banqueadas, se deberá hacer con cuidado, hay que envolver perfectamente el bloque de suelo con un costal o plástico, cosiéndolo o

envolviéndolo, buscando que el cepellón quede bien protegido para el traslado y no se disgregue durante su manejo.



Figura 1.- Blanqueo de plantas seleccionadas para ser rescatadas.

Mantenimiento en un centro de acopio

Las plantas rescatadas permanecerán en el centro de acopio durante el periodo de aclimatación, para finalmente trasladar a su posición definitiva dentro del área de reubicación. En el caso de los ejemplares obtenidos para su propagación vegetativa, deberán permanecer en el centro de acopio hasta su completo enraizamiento y su transformación en una nueva planta para ser establecida en su sitio final de residencia.

Trasplante

Una vez identificado el lugar de reubicación para cada ejemplar, el suelo se prepara para el trasplante de estas.

Para el trasplante de los individuos de las especies se deben tomar en cuenta las condiciones climáticas; es decir, cuando la evaporación, precipitación y temperatura sean adecuadas para la reintroducción en el sitio propuesto. El método para la reintroducción consta de los siguientes pasos a seguir:

1.- Apertura de cepas de 30x30x30 cm hasta los 50x50x50 o acorde a las dimensiones del cepellón conformado durante el banqueo de las plántulas.

2. Colocar el brinzal en la parte central de la cepa.

3. Rellenar la cepa con el material extraído para su conformación, colocando primeramente la parte con mayor contenido de materia orgánica, apisonar para evitar la formación de bolsas de aire y finalmente agregar más suelo hasta al nivel del cepellón sin cubrir más allá del nivel determinado por este y evitar con ello la pudrición del tallo.

4. Después de la plantación, conformar un cajete o terraza individual con la finalidad de asegurar la captación de agua de lluvia y ofrecer un mayor periodo de humedad alrededor de la cepa.

Durante el proceso de transporte y posterior trasplante al personal encargado de esta actividad deberá de ser cuidadoso con los ejemplares, evitar golpear los cepellones, aunque cuenten con el material protector, y este se deberá remover hasta que el ejemplar se encuentre dentro de la cepa, de esta manera se evitará que las raíces que están brotando se expongan a los rayos directos del sol y se desequen.

b) Reforestación

Para las actividades de reforestación contempladas en el presente programa, se emplearán especies nativas y endémicas de la región, las cuales fueron previamente identificadas durante los análisis de composición y estructura de la vegetación realizados en el área de estudio. La selección de estas especies se fundamenta en su adaptación a las condiciones ambientales locales, así como en su representatividad dentro de los tipos de vegetación presentes en el sitio del proyecto y su zona de influencia.

De acuerdo con la lista de especies identificadas en el área del proyecto y por la viabilidad de adquisición en viveros forestales, se enlistan las especies a utilizar en las actividades de reforestación:

Tabla 5.- Especies seleccionadas para las actividades de reforestación del proyecto.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	TOTAL PLANTAS A REFORESTAR
Cercidium microphyllum	Palo verde	39
Fouquieria splendens	Ocotillo	121
Jatropha cinerea	Lomboy	110
Jatropha cuneata	Matacora	65
Olneya tesota	Palo fierro	38
Prosopis glandulosa	Mezquite	67
TOTAL DE PLANTAS A REFORESTAR		**440**

Tabla 6.- Área requerida para establecer las plantas reforestadas.

Nombre científico	Nombre común	Individuos a reforestar	Espacio territorial (m^2)	Área requerida (ha)
Cercidium microphyllum	Palo verde	39	25	0.0975
Fouquieria splendens	Ocotillo	121	9	0.1089
Jatropha cinerea	Lomboy	110	3	0.033
Jatropha cuneata	Matacora	65	2	0.013
Olneya tesota	Palo fierro	38	25	0.095
Prosopis glandulosa	Mezquite	67	25	0.1675
			TOTAL:	0.5149

El área requerida para la reforestación corresponde a 0.6264 hectáreas. Si consideramos el total de organismos de reubicación y reforestación, la suma corresponde a 1,584 organismos y un área requerida total de 1.4091 hectáreas.

Traslado de planta de vivero al sitio de reforestación

Para evitar el maltrato de las plantas con las que se va a reforestar, primeramente, se colocarán estas de manera cuidadosa en bolsas de polietileno procurando no dañar la raíz.

Al acomodar las plantas en el vehículo se cuidará que los envases sean de las mismas dimensiones, con la finalidad de conseguir un arreglo homogéneo para procurar que con el movimiento del vehículo las plantas no se muevan, por ello se ajustará la carga a las dimensiones de la caja del camión, sin apretar los envases. Para estibarlas se traslaparán los envases de manera que las bolsas de arriba no aplasten a la planta de abajo, cuidando que el tallo y hojas de las que quedan abajo no sufran dobleces o quebraduras.

Trasplante

El trasplante se procurará realizar una vez que el suelo se encuentra bien humedecido y entre los meses de julio y agosto, ya que se reconoce que esta temporada es la más adecuada, porque la planta cuenta con mayor tiempo para establecerse, antes de que el medio ambiente la someta a condiciones estresantes, como pueden ser temperaturas extremas y sequía.

Se realizarán los trasplantes de la manera más correcta y organizada, siguiendo el procedimiento que muestra la ilustración de abajo, el cual consiste en sostener debidamente con una mano la planta en su posición correcta, o, cuando sea el caso, sostener en una posición recta el cepellón. Con la otra mano se rellena con tierra uniformemente alrededor

de la planta, cuidando que la distribución de la tierra vaya siendo homogénea; esta operación se continúa hasta que el nivel de la tierra de relleno llega un poco por encima del terreno, finalmente se compacta con el pie, procurando quede al mismo nivel del terreno o ligeramente más abajo.

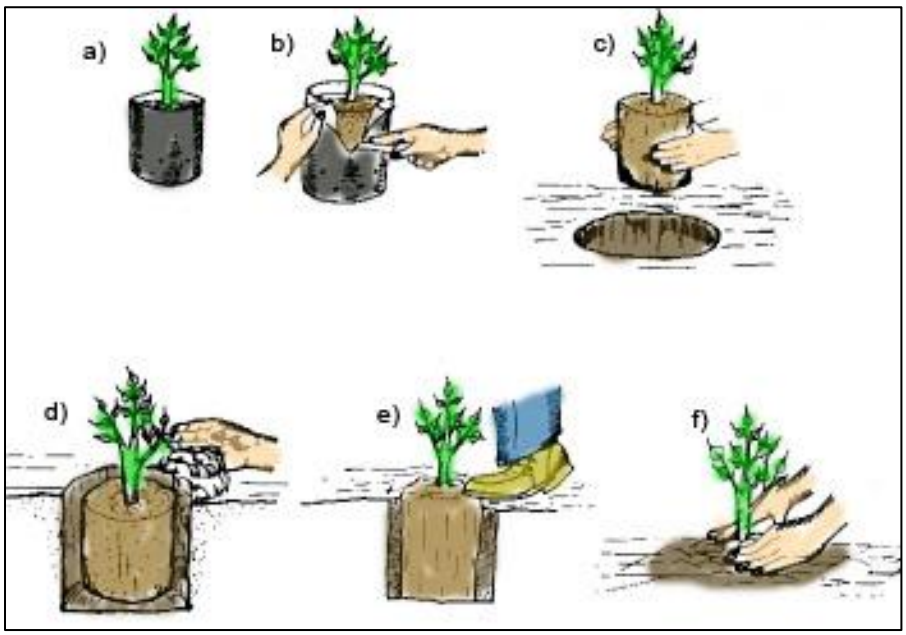


Figura 2.- Esquema ejemplo de trasplante de organismos vegetales.

- Excavación de cepa de 15 cm de diámetro x 30 cm de profundidad.
- Baño de la raíz de la planta en promotor de raíz, previo a la siembra
- Adición de agua o primer riego
- Riegos de auxilio y en su caso reposiciones a la plantación.
-

3.4 Localización de los sitios de reubicación mediante coordenadas utm

Las especies de flora rescatadas serán reubicadas una vez que las condiciones del sitio y el avance de la obra lo permitan, priorizando áreas previamente identificadas con baja densidad de vegetación y características ambientales compatibles. La selección de estos sitios tiene como finalidad mejorar la cobertura vegetal, favorecer el establecimiento de los ejemplares

reubicados y contribuir a la atenuación de los impactos residuales derivados de las actividades de la obra civil.

La ubicación del área donde se llevará a cabo el programa de rescate, reubicación y/o reforestación se define con las coordenadas UTM y Datum WGS 84 enlistadas a continuación:

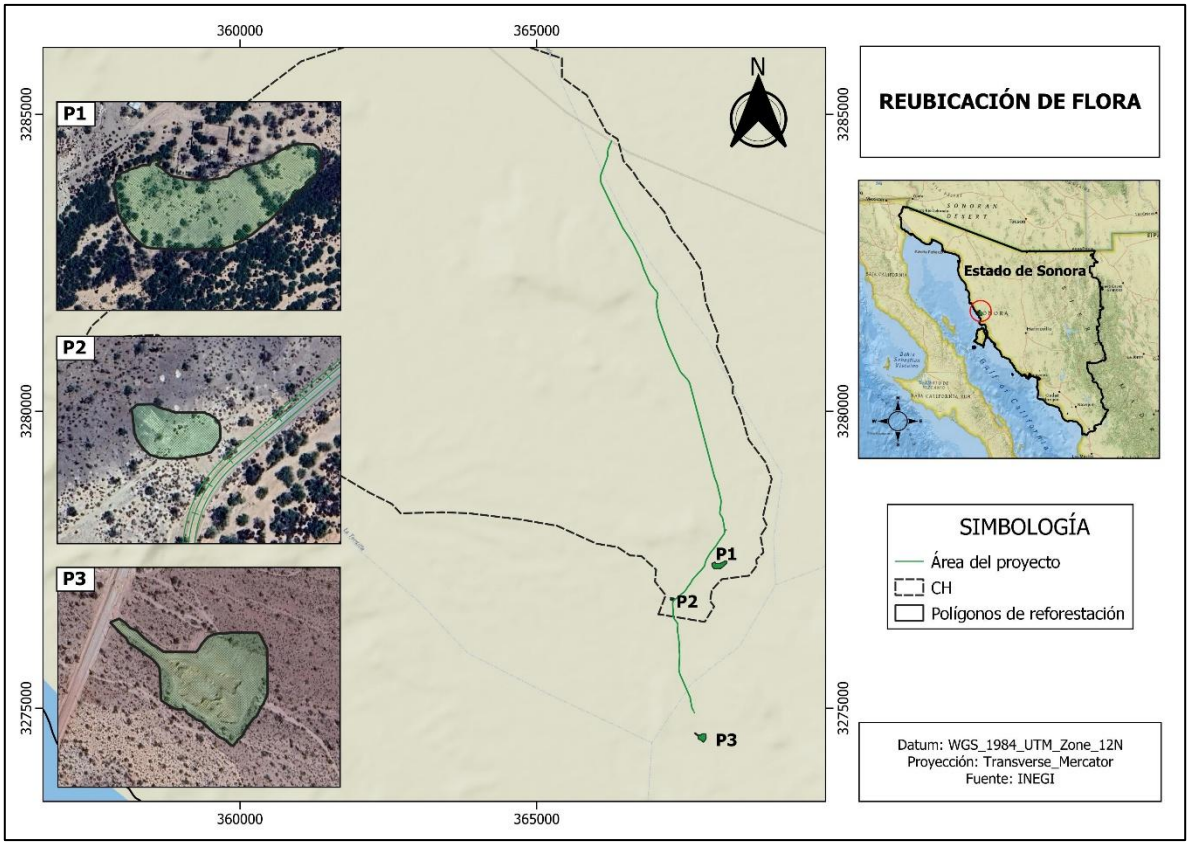


Figura 3.- Polígonos identificados para acciones de reforestación.

Tabla 7.- Coordenadas UTM de los polígonos identificados para reforestación.

Polígono 1					
ID	**UTM X**	**UTM Y**	**ID**	**UTM X**	**UTM Y**
1	367995.574	3277451.637	128	368199.71	3277439.489
2	367993.67	3277451.635	129	368201.007	3277442.121
3	367990.623	3277451.633	130	368202.255	3277443.879
4	367989.481	3277451.632	131	368203.183	3277446.538
5	367987.633	3277451.183	132	368204.031	3277447.872
6	367985.027	3277450.733	133	368204.583	3277450.552
7	367983.184	3277450.285	134	368204.725	3277452.796
8	367980.76	3277448.499	135	368204.84	3277454.598

9	367977.41	3277448.043	136	368205.04	3277457.766
10	367973.811	3277446.696	137	368205.986	3277460.492
11	367971.607	3277446.243	138	368206.103	3277462.318
12	367969.782	3277445.792	139	368205.892	3277465.07
13	367967.764	3277444.027	140	368205.203	3277466.453
14	367965.626	3277443.147	141	368204.513	3277467.84
15	367963.049	3277442.707	142	368203.099	3277470.159
16	367960.606	3277441.392	143	368202.071	3277472.488
17	367957.615	3277438.771	144	368199.813	3277473.906
18	367956.313	3277437.465	145	368197.575	3277475.796
19	367954.778	3277435.288	146	368195.671	3277476.75
20	367953.015	3277432.254	147	368192.565	3277477.247
21	367952.612	3277430.097	148	368190.999	3277477.261
22	367951.166	3277427.519	149	368189.042	3277477.278
23	367951.58	3277424.953	150	368186.302	3277477.302
24	367952.197	3277421.127	151	368184.737	3277477.316
25	367953.03	3277416.045	152	368182.779	3277477.334
26	367953.805	3277411.405	153	368180.431	3277477.355
27	367954.503	3277407.221	154	368178.082	3277477.376
28	367955.127	3277403.484	155	368175.733	3277477.397
29	367955.678	3277400.184	156	368173.726	3277476.008
30	367956.213	3277396.92	157	368170.989	3277476.033
31	367957	3277392.07	158	368169.005	3277475.115
32	367958.965	3277388.849	159	368166.257	3277474.672
33	367960.515	3277386.024	160	368164.669	3277473.753
34	367962.129	3277382.808	161	368162.304	3277472.842
35	367963.898	3277380.797	162	368159.531	3277471.007
36	367965.069	3277378.015	163	368156.787	3277470.104
37	367966.593	3277375.242	164	368154.427	3277468.737
38	367967.982	3277373.265	165	368150.894	3277466.462
39	367969.84	3277370.521	166	368149.336	3277466.016
40	367971.684	3277367.796	167	368146.589	3277463.287
41	367973.757	3277365.846	168	368143.878	3277462.853
42	367975.546	3277363.502	169	368142.707	3277461.493
43	367977.206	3277361.939	170	368140.378	3277459.691
44	367978.447	3277360.77	171	368138.059	3277458.348
45	367979.674	3277359.617	172	368136.129	3277457.006
46	367982.119	3277357.319	173	368134.591	3277456.567
47	367983.743	3277355.792	174	368133.053	3277456.128
48	367985.819	3277353.516	175	368131.133	3277455.694
49	367987.379	3277352.374	176	368129.596	3277455.707
50	367989.584	3277351.596	177	368127.684	3277453.92
51	367991.836	3277350.448	178	368126.152	3277453.484
52	367995.731	3277350.019	179	368121.179	3277452.629
53	368000.367	3277349.209	180	368117.743	3277451.762
54	368003.845	3277349.17	181	368116.213	3277451.776
55	368008.359	3277349.13	182	368114.689	3277451.341
56	368013.652	3277348.343	183	368112.792	3277450.462

57	368017.468	3277348.309	184	368109.006	3277448.709
58	368019.55	3277348.291	185	368107.49	3277448.276
59	368022.673	3277348.263	186	368105.974	3277447.844
60	368025.449	3277348.238	187	368103.339	3277446.533
61	368029.612	3277348.201	188	368102.589	3277446.096
62	368034.123	3277348.161	189	368099.962	3277444.789
63	368038.98	3277348.118	190	368099.582	3277444.792
64	368043.144	3277348.081	191	368098.087	3277443.921
65	368046.96	3277348.047	192	368095.135	3277441.3
66	368049.042	3277348.029	193	368093.997	3277441.31
67	368051.471	3277348.007	194	368092.937	3277439.123
68	368053.552	3277347.989	195	368091.849	3277437.819
69	368058.357	3277348.685	196	368089.976	3277437.398
70	368060.44	3277348.667	197	368088.859	3277436.971
71	368062.87	3277348.645	198	368085.461	3277437.001
72	368066.342	3277348.614	199	368084.724	3277436.571
73	368068.773	3277348.593	200	368082.518	3277435.28
74	368070.856	3277348.574	201	368081.031	3277434.855
75	368073.287	3277348.553	202	368079.523	3277434.868
76	368075.717	3277348.531	203	368076.907	3277434.453
77	368077.8	3277348.513	204	368075.423	3277434.028
78	368079.517	3277348.868	205	368073.54	3277434.045
79	368082.296	3277348.843	206	368070.176	3277433.637
80	368084.71	3277349.192	207	368066.812	3277433.24
81	368086.795	3277349.173	208	368063.416	3277433.301
82	368088.501	3277349.9	209	368061.906	3277433.328
83	368093.298	3277351.716	210	368060.019	3277433.363
84	368096.407	3277352.434	211	368058.131	3277433.397
85	368097.092	3277352.801	212	368055.866	3277433.438
86	368099.148	3277353.904	213	368053.222	3277433.486
87	368101.536	3277355.757	214	368050.2	3277433.54
88	368102.935	3277355.744	215	368048.311	3277433.574
89	368105.344	3277357.227	216	368046.8	3277433.602
90	368107.068	3277358.342	217	368044.533	3277433.643
91	368109.497	3277359.455	218	368043.399	3277433.663
92	368111.571	3277360.96	219	368040.753	3277433.711
93	368113.652	3277362.47	220	368039.581	3277434.172
94	368115.745	3277363.601	221	368036.515	3277434.668
95	368117.143	3277364.356	222	368033.744	3277436.039
96	368119.945	3277365.869	223	368031.849	3277436.074
97	368123.103	3277368.158	224	368029.533	3277436.555
98	368124.155	3277369.31	225	368027.217	3277437.034
99	368126.627	3277370.842	226	368024.518	3277437.52
100	368128.394	3277372.775	227	368024.139	3277437.527
101	368129.813	3277373.935	228	368021.394	3277438.452
102	368131.948	3277375.484	229	368020.547	3277439.344
103	368134.091	3277377.826	230	368018.467	3277441.139
104	368136.6	3277379.779	231	368016.471	3277442.056

105	368140.557	3277382.124	232	368014.333	3277444.303
106	368146.001	3277386.87	233	368012.616	3277446.107
107	368151.51	3277392.47	234	368011.803	3277446.567
108	368154.098	3277394.887	235	368009.263	3277448.839
109	368160.038	3277399.748	236	368008.495	3277448.853
110	368163.455	3277404.262	237	368005.993	3277450.687
111	368166.086	3277406.318	238	368005.224	3277450.701
112	368168.36	3277408.384	239	368002.382	3277452.091
113	368170.274	3277410.462	240	368003.482	3277452.527
114	368172.211	3277412.97	241	368004.972	3277452.948
115	368173.738	3277414.223	242	368006.513	3277452.919
116	368176.449	3277417.167	243	368007.521	3277454.249
117	368178.023	3277419.283	244	368007.224	3277456.963
118	368180.701	3277420.969	245	368006.351	3277457.885
119	368183.429	3277423.52	246	368003.876	3277459.293
120	368186.127	3277425.22	247	368001.409	3277460.675
121	368188.481	3277427.361	248	367999.489	3277460.673
122	368190.072	3277429.083	249	367998.879	3277459.308
123	368192.043	3277430.808	250	367998.322	3277457.494
124	368192.842	3277431.673	251	367997.003	3277455.685
125	368193.717	3277433.854	252	367996.016	3277454.332
126	368195.676	3277435.147	253	367995.688	3277453.881
127	368197.286	3277436.88	254	367995.574	3277451.637
Polígono 2					
ID	**UTM X**	**UTM Y**	**ID**	**UTM X**	**UTM Y**
1	367256.847	3276846.618	85	367311.327	3276834.241
2	367256.993	3276845.205	86	367311.276	3276835.311
3	367257.12	3276843.973	87	367311.251	3276835.848
4	367257.21	3276843.096	88	367311.205	3276836.914
5	367257.354	3276841.696	89	367311.143	3276838.341
6	367257.48	3276840.475	90	367311.127	3276838.698
7	367257.641	3276838.911	91	367311.065	3276840.132
8	367257.749	3276837.872	92	367310.855	3276841.031
9	367257.855	3276836.835	93	367310.489	3276841.571
10	367258.012	3276835.445	94	367310.115	3276842.293
11	367258.112	3276834.576	95	367309.576	3276842.834
12	367258.679	3276833.895	96	367308.668	3276843.92
13	367259.019	3276832.343	97	367308.127	3276844.464
14	367259.461	3276831.317	98	367307.757	3276845.009
15	367260.065	3276830.452	99	367307.051	3276845.371
16	367260.852	3276829.418	100	367306.164	3276845.916
17	367261.288	3276828.557	101	367305.633	3276846.271
18	367262.256	3276827.357	102	367304.571	3276846.978
19	367262.462	3276827.015	103	367303.877	3276847.149
20	367263.406	3276825.992	104	367303.192	3276847.138
21	367264.021	3276824.969	105	367302.48	3276847.671
22	367264.556	3276824.627	106	367301.947	3276848.025
23	367265.111	3276824.116	107	367300.91	3276848.19

24	367266.035	3276823.265	108	367300.225	3276848.179
25	367267.12	3276822.416	109	367299.198	3276848.163
26	367267.16	3276822.077	110	367298.514	3276848.152
27	367268.038	3276821.57	111	367297.488	3276848.135
28	367269.205	3276821.4	112	367296.628	3276848.131
29	367270.226	3276821.062	113	367296.456	3276848.131
30	367271.574	3276820.725	114	367295.252	3276848.126
31	367272.776	3276820.219	115	367294.22	3276848.123
32	367274.086	3276820.218	116	367293.533	3276848.12
33	367275.267	3276819.881	117	367292.845	3276848.118
34	367276.922	3276819.712	118	367291.814	3276848.114
35	367277.741	3276819.712	119	367290.784	3276848.11
36	367279.052	3276819.712	120	367290.612	3276848.11
37	367279.379	3276819.712	121	367289.582	3276848.106
38	367280.691	3276819.711	122	367288.723	3276848.103
39	367281.674	3276819.711	123	367287.35	3276848.098
40	367282.494	3276819.711	124	367286.493	3276848.095
41	367282.988	3276819.709	125	367285.464	3276848.091
42	367284.306	3276819.703	126	367284.778	3276848.089
43	367285.131	3276819.699	127	367283.749	3276848.085
44	367285.625	3276819.697	128	367283.063	3276848.083
45	367286.779	3276819.692	129	367282.507	3276848.625
46	367287.438	3276819.689	130	367281.635	3276848.803
47	367287.768	3276819.687	131	367280.934	3276848.982
48	367288.578	3276819.853	132	367280.032	3276849.523
49	367289.223	3276820.019	133	367279.331	3276849.703
50	367289.675	3276820.526	134	367278.458	3276849.881
51	367290.487	3276820.692	135	367277.225	3276850.241
52	367292.305	3276820.684	136	367275.673	3276850.406
53	367293.118	3276820.85	137	367275.304	3276850.761
54	367293.944	3276820.846	138	367274.085	3276851.101
55	367294.758	3276821.013	139	367273.036	3276851.444
56	367295.904	3276821.178	140	367272.496	3276851.796
57	367296.235	3276821.176	141	367271.601	3276852.323
58	367296.86	3276821.684	142	367270.89	3276852.673
59	367297.839	3276821.854	143	367269.823	3276853.198
60	367298.5	3276821.854	144	367269.297	3276853.37
61	367299.161	3276821.854	145	367268.447	3276853.355
62	367299.811	3276822.024	146	367267.428	3276853.337
63	367300.626	3276822.195	147	367266.749	3276853.326
64	367301.277	3276822.366	148	367265.731	3276853.308
65	367302.093	3276822.537	149	367264.883	3276853.293
66	367302.59	3276822.538	150	367264.037	3276853.276
67	367303.553	3276823.051	151	367263.2	3276853.25
68	367304.206	3276823.223	152	367262.362	3276853.225
69	367304.859	3276823.395	153	367261.693	3276853.204
70	367305.513	3276823.567	154	367261.191	3276853.189
71	367305.982	3276824.082	155	367260.021	3276853.153

72	367306.923	3276825.117	156	367259.389	3276852.773
73	367307.07	3276825.463	157	367258.591	3276852.389
74	367307.69	3276826.329	158	367258.015	3276851.472
75	367308.321	3276827.023	159	367257.386	3276851.094
76	367308.796	3276827.546	160	367256.463	3276850.349
77	367309.104	3276828.069	161	367255.854	3276849.795
78	367309.403	3276828.768	162	367255.266	3276849.063
79	367309.872	3276829.468	163	367254.623	3276848.867
80	367310.518	3276829.995	164	367254.623	3276848.867
81	367310.643	3276830.875	165	367255.597	3276849.073
82	367310.954	3276831.404	166	367256.26	3276849.092
83	367311.25	3276832.288	167	367256.425	3276849.097
84	367311.208	3276833.174	168	367256.847	3276846.618
Polígono 3					
ID	**UTM X**	**UTM Y**	**ID**	**UTM X**	**UTM Y**
1	367656.827	3274582.797	39	367849.99	3274480.603
2	367666.062	3274573.091	40	367854.035	3274489.841
3	367670.697	3274568.144	41	367855.363	3274494.491
4	367676.758	3274563.171	42	367855.241	3274502.314
5	367680.028	3274556.693	43	367855.093	3274511.748
6	367685.961	3274553.345	44	367855.044	3274514.904
7	367693.407	3274548.375	45	367854.846	3274527.586
8	367702.374	3274541.706	46	367854.771	3274532.365
9	367709.774	3274536.761	47	367854.621	3274541.962
10	367715.819	3274530.262	48	367854.497	3274549.976
11	367718.92	3274525.432	49	367848.607	3274561.324
12	367719.351	3274517.501	50	367847.118	3274564.611
13	367719.694	3274511.182	51	367844.162	3274569.572
14	367720.293	3274500.178	52	367835.55	3274569.809
15	367720.808	3274490.783	53	367825.509	3274570.006
16	367721.158	3274484.517	54	367818.336	3274570.147
17	367728.433	3274479.65	55	367811.163	3274570.288
18	367734.205	3274476.388	56	367801.168	3274568.855
19	367741.364	3274473.097	57	367793.995	3274568.996
20	367751.157	3274472.843	58	367786.877	3274567.509
21	367754.17	3274468.12	59	367779.825	3274564.396
22	367759.894	3274464.882	60	367771.606	3274554.841
23	367765.661	3274460.163	61	367768.94	3274550.054
24	367771.279	3274458.553	62	367764.856	3274545.308
25	367779.893	3274450.832	63	367760.578	3274545.391
26	367782.775	3274447.759	64	367749.171	3274545.612
27	367794.148	3274438.543	65	367739.188	3274545.806
28	367801.142	3274435.444	66	367732.056	3274545.945
29	367809.65	3274427.736	67	367723.496	3274546.111
30	367812.404	3274427.685	68	367714.579	3274552.724
31	367817.701	3274435.154	69	367710.199	3274554.423
32	367823.101	3274439.61	70	367704.232	3274559.259
33	367827.056	3274447.157	71	367695.169	3274567.472

34	367829.715	3274451.696	72	367690.569	3274572.416
35	367837.801	3274462.3	73	367681.726	3274575.879
36	367840.55	3274463.791	74	367675.551	3274582.505
37	367843.24	3274468.375	75	367668.028	3274587.511
38	367845.911	3274474.498	76	367656.827	3274582.797

3.5 Seguimiento

Como acciones básicas para obtener una buena supervivencia de las plantas rescatadas se aplicarán riegos semanales durante el primer mes de transplante. Dadas las características de las plantas sujetas a rescate, durante el segundo mes de su establecimiento se aplicará un riego cada dos semanas. La aplicación de riegos suplementarios, dependerá de la temporada de transplante y de las temperaturas que prevalezcan en el sitio de sembrado, así como de la respuesta de las plantas a las condiciones del proceso debido a sus formas de vida.

Como aspectos que deben considerarse en el mantenimiento básico de las plantas rescatadas abarcan: corrección del plantado (ejemplares caídos, ladeados o desenterrados), protección contra herbivoría (consumo por liebres y otros animales nativos), registro de presencia de plagas y enfermedades, registro de eventos y fenómenos extraordinarios (vandalismo, herbivoría, vientos fuertes, tormentas intensas, etc.).

Con estas acciones se tiene la plena seguridad de obtener una tasa de sobrevivencia de materiales rescatados iguales o superiores a un 85%.

3.6 Programa de actividades (plazo mínimo de 5 años)

Se proponen acciones de trabajo durante un período de 12 meses. Las acciones deberán realizarse de acuerdo al siguiente programa:

Tabla 8.- Cronograma de actividades para el rescate de Vegetación.

ACTIVIDADES	Meses												Años			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2	3	4	5
Identificación, selección y marcaje de individuos																
Rescate y sembrado de plantas																
Colecta de materiales de propagación																
Propagación de especies																

Transplante de ejemplares propagados																
Monitoreo y Mantenimiento de plantas																
Reemplazo de ejemplares no exitosos																

3.7 Evaluación del programa (indicadores)

Para evaluar el éxito del programa de rescate y reforestación, se utilizarán los siguientes indicadores:

- Indicador de corto plazo: Sobrevivencia de los individuos trasplantados con una tasa igual o mayor al 80%.
- Indicador de mediano plazo: Respuesta fenológica de las plantas rescatadas de acuerdo al ciclo de vida de la comunidad.
- Indicador de largo plazo: Presencia nueva de brotes jóvenes y evidencias de la presencia de especies animales (polinizadores, anidamientos, etc.) en las áreas de transplante.

Se levantarán registros en un formato de campo como el siguiente:

REUBICACIÓN DE FLORA SILVESTRE

REGISTRO

RESPONSABLE: _____ FECHA: _____

Clave del Individuo	Nombre Científico	Nombre Común	Coordenadas de origen		Coordenadas de reubicación		Condición	Observaciones
			X	Y	X	Y		

3.71 Informes de avances y resultados

Aviso de inicio de actividades

Vía oficio se informará con antelación a la o las autoridades correspondientes, la fecha de inicio del Programa de Rescate.

Informes parciales de actividades

Se rendirán informes parciales en la forma que lo decida el promovente o como lo establezca la SEMARNAT (informes mensuales, bimestrales o trimestrales). Es imperativo un informe anual por cada año que dure el Programa de Rescate.

Informe final

Deberá informarse a la o las autoridades correspondientes la terminación de las actividades del Programa de Rescate y reforestación incluyéndose con ese oficio, el informe final correspondiente.

4. Programa de rescate y reubicación de especies de fauna

4.1 Introducción.

En el contexto del desarrollo sostenible y la conservación ambiental, los proyectos de construcción e infraestructura enfrentan el reto de equilibrar progreso y preservación. La ejecución de tales proyectos, especialmente en áreas ricas en biodiversidad, requiere una planificación meticulosa para asegurar que los impactos negativos sobre la fauna local sean minimizados. El rescate y la reubicación de fauna, como componentes de un enfoque más amplio en la gestión ambiental, emergen como prácticas esenciales. Este enfoque no solo refleja un compromiso con la ética ambiental, sino que también cumple con regulaciones legales que buscan proteger a las especies y sus hábitats naturales de las perturbaciones inevitables que conlleva la actividad humana.

La normatividad en materia de protección de fauna en proyectos de desarrollo está fundamentada en varias leyes y reglamentos tanto a nivel nacional como internacional. En México, por ejemplo, la Ley General de Vida Silvestre y su Reglamento, así como la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, juegan un papel crucial. Estas regulaciones clasifican las especies en riesgo y establecen los lineamientos para su manejo dentro de proyectos que implican cambios de uso de suelo. Adicionalmente, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) establece marcos para asegurar que los proyectos no sólo minimicen los daños, sino que también implementen medidas para la restauración ecológica.

El cumplimiento de estas normativas no es meramente una obligación legal, sino una responsabilidad ética y social que los proyectos deben asumir para fomentar un desarrollo verdaderamente sostenible. Implementar un programa de rescate y reubicación de fauna

efectivo implica realizar estudios de impacto ambiental detallados y monitorear de forma continua el bienestar de las especies afectadas. Además, la participación y colaboración con autoridades ambientales, expertos en ecología y comunidades locales enriquece la implementación de estas prácticas y asegura un mayor grado de éxito y aceptación del proyecto en su conjunto.

4.2 Objetivos.

General.

Rescate y reubicación de fauna para asegurar la protección y preservación de las especies afectadas por el proyecto, minimizando los impactos negativos en la biodiversidad local y cumpliendo con la normativa ambiental vigente.

Específicos.

1. Capacitación y Sensibilización del Personal: Capacitar y sensibilizar al personal involucrado en el proyecto sobre las prácticas adecuadas para el respeto y protección de la fauna local, incluyendo la correcta identificación de especies y el manejo seguro de los individuos durante todas las actividades de construcción y operación. Esto incluirá la distribución de material educativo y la realización de talleres prácticos para asegurar que todas las partes comprendan y apliquen medidas que eviten la destrucción de hábitats y la perturbación innecesaria de la fauna.

2. Monitoreo y Rescate Activo Pre-Desmonte: Implementar un plan detallado de monitoreo de fauna dos semanas antes de iniciar las acciones de desmonte para identificar y mapear áreas críticas con presencia significativa de vida silvestre. Este objetivo también incluye la captura y reubicación segura de especies de lento desplazamiento y aquellas susceptibles de ocultarse en lugar de huir, utilizando técnicas especializadas y equipo adecuado para minimizar el estrés y el riesgo para los animales y el personal.

3. Gestión de Rescate y Reubicación Durante la Operación: Coordinar estrechamente con los equipos de construcción para implementar rescates en tiempo real durante las fases de desmonte y despalme. Esto involucra la captura y reubicación inmediata de especies encontradas directamente en las áreas de trabajo activo, así como la supervisión constante para adaptar rápidamente las estrategias de rescate en función del avance de la obra y el comportamiento de la fauna local.

4.3 Metas y Alcances.

El programa de rescate y reubicación de fauna del proyecto tiene como objetivo principal la conservación de la fauna local durante todas las etapas del proyecto. Antes de iniciar cualquier actividad de construcción, se llevarán a cabo sesiones de capacitación dirigidas a todo el personal involucrado, enfocándose en la importancia de la conservación de la fauna, las técnicas de rescate apropiadas y la sensibilización sobre el respeto a los hábitats naturales. Adicionalmente, se realizarán inspecciones detalladas del área para identificar zonas donde la fauna es más activa y planificar así intervenciones de rescate efectivas.

Durante la fase operativa, se prevé el rescate activo de especies antes y durante el desmonte, con especial atención en especies que tienden a ocultarse en vez de huir. Un equipo de rescate estará presente en el sitio para manejar intervenciones inmediatas en coordinación con el equipo de construcción, asegurando que la maquinaria y las actividades de desmonte permitan la captura y reubicación segura de los animales. Esto incluye la preparación para el manejo de situaciones especiales donde los especímenes rescatados requieran reubicación fuera del área de influencia del proyecto.

Después de la fase de desmonte, se continuarán las labores de inspección y rastreo para asegurar que no queden animales afectados por las actividades residuales. El programa también incluye un monitoreo a largo plazo para evaluar la efectividad de las medidas implementadas y ajustar las estrategias de rescate conforme sea necesario. Esta fase de post-operación es crucial para verificar la adaptación de la fauna a sus nuevos entornos y asegurar su supervivencia a largo plazo.

4.4 Metodología para el ahuyentamiento y rescate de especies

En el contexto del proyecto, la metodología adoptada para el ahuyentamiento y rescate de especies de fauna se estructura de manera que asegure la máxima eficiencia y respeto por el bienestar animal, alineándose con las directrices de manejo ético y normativas ambientales vigentes. Este proceso se divide en dos fases principales: el ahuyentamiento preventivo y el rescate directo de especies, diseñados para minimizar el impacto de las actividades de construcción sobre la fauna local.

- Fase de Ahuyentamiento: La fase de ahuyentamiento se realiza antes del inicio de cualquier actividad de desmonte o construcción. El objetivo es disuadir a las especies de fauna de mayor movilidad para que abandonen el área de forma natural, evitando así la necesidad de captura física. Esta etapa incluye la emisión de ruidos controlados y el uso de barreras visuales que desalienten la permanencia de animales en el área. Se presta especial atención a evitar acciones que puedan causar estrés excesivo o daño a los

animales. Las especies que por su naturaleza no responden al ahuyentamiento, como ciertos reptiles y mamíferos pequeños, son directamente sujetos a rescate.

- Fase de Rescate: El rescate de especies se lleva a cabo de manera sistemática y está planificado para ejecutarse en concordancia con las etapas de desmonte. Personal especializado en manejo de fauna realiza recorridos programados para capturar especies que no han respondido al ahuyentamiento. La captura se realiza utilizando técnicas y herramientas específicas que varían según el tipo de especie y el biotopo del que forman parte. Por ejemplo, para reptiles se pueden utilizar pinzas y ganchos herpetológicos, mientras que para mamíferos se utilizan trampas con cebo y jaulas.

Para garantizar la efectividad del rescate, se delimitan previamente las zonas a desmontar y se realiza un mapeo de puntos críticos donde se concentra la actividad animal. Este mapeo ayuda a identificar áreas prioritarias para la intervención. Una vez capturados, los animales son examinados por un veterinario, identificados y registrados antes de ser reubicados en zonas previamente seleccionadas que ofrecen condiciones similares a su hábitat original y que están fuera del impacto directo del proyecto.

Rescate de mamíferos.

- Se deberán colocar trampas con cebo para ser capturados se deberán de llevar al sitio de destino por medio de jaulas. El cebo se deberá elegir dependiendo del animal que se desee capturar.
- Se deberán colocar as trampas por una semana y deberán revisarse todos los días.
- Antes de ser liberados, los ejemplares capturados deberán ser identificados registrados en bitácoras.
- Se deberán realizar recorridos posteriores para verificar si aún hay presencia de mamíferos en la zona a afectar y de ser así se deberán capturar manualmente utilizando los guantes carnaza.
- Las madrigueras deberán ser revisadas cuidadosamente para verificar que estén vacías.
- Nunca se deberá de utilizar agua ni químicos para ahuyentar a la fauna.

Rescate de aves.

- Los nidos a los quo sea posible llegar serán rescatados y reubicados en el sitio de destino.
- Se considera que las aves se desplazaran por si mismas a un nuevo sitio.

Rescate de reptiles y anfibios.

- El rastreo deberá llevarse a cabo en la tarde, noche y al amanecer.
- Una vez ubicados los ejemplares deberán ser rescatados con ayuda de pinzas y ganchos herpetológicos.
- La captura del animal con pinzas y ganchos herpetológicos se deberá realizar poniéndolo a 15 centímetros de la cabeza, sin presionar con mucha fuerza para evitar causarle daños, posteriormente, se acerca lentamente el gancho a la región de la cabeza para tomarle con una mano la misma y con la otra detener el cuerpo.
- Los individuos capturados deberán ser identificados y registrados en bitácoras.
- Los individuos se colocarán en bates de plástico con tape ventilada o en sacos de lona, cuidando no mezclar especies y que contengan ejemplares de talla similar.
- Los ejemplares capturados serán trasladados a los sitios de reubicación y deberán ser I liberados con precaución.
- Los reptiles no venenosos pueden ser manejados manualmente. Una vez capturado el ejemplar, se deposita en una caja de cartón can pequeños orificios para permitir la respiración y evitar el estrés.

4.5 Localización de los sitios de reubicación.

En el marco del proyecto, se ha previsto una estrategia de reubicación de fauna que atiende a las necesidades específicas de conservación y manejo de las especies afectadas por las actividades de construcción y desmonte. Dicha estrategia contempla la selección de sitios de reubicación que se localizan en áreas colindantes a la zona del proyecto.

Los sitios de reubicación se caracterizarán por su proximidad al área de influencia del proyecto, lo que facilita el manejo logístico y reduce el estrés en los individuos durante el proceso de traslado.

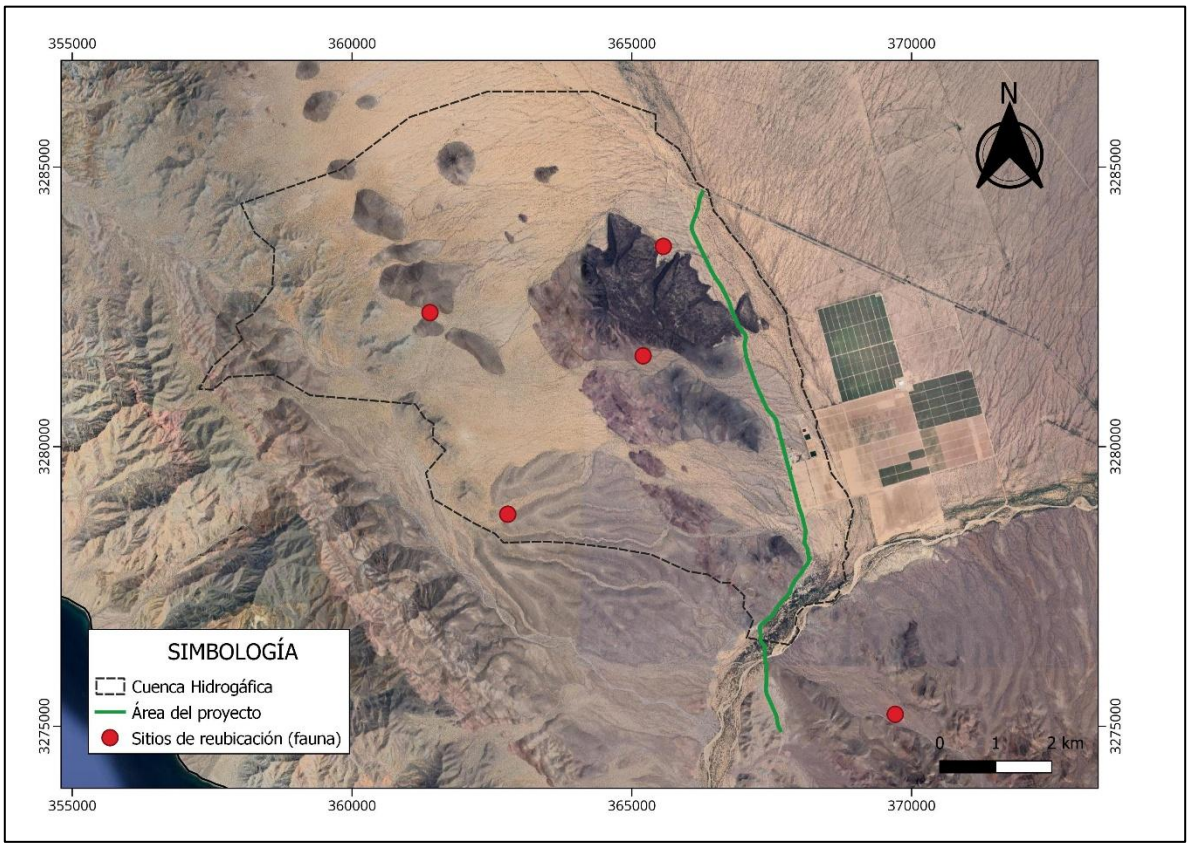


Figura 4.- Sitios para la reubicación de fauna

4.6 Seguimiento.

A. Etapa previa

- Se iniciará con la etapa de información y capacitación del personal que participará en las actividades de rescate, así como la impartición de pláticas y repartición de folletos al personal obrero sobre el respeto a la fauna existente.

- Se instruirá al personal de faenas pare evitar, en la medida de lo posible, la destrucción de hábitats y la protección de la fauna evitando la persecución, ahuyentamiento y caza, aplicando estrictas medidas de protección.

- Se recorrerá el área para familiarizarse con ella, a fin de identificar los puntos específicos donde se debe concentrar la captura de los individuos. Asimismo, se

identificarán los ambientes rocosos o de matorral les donde los reptiles muestran mayor actividad.

- Se del imitarán los sitios que serán desmontados, para determinar el plan de acción de las acciones de rescate de fauna, acorde al avance de la remoción de vegetación forestal.

B. Etapa de operación

En esta etapa se plantean dos escenarios:

- El rescate previo antes de las acciones de desmonte, y
- La supervisión y rescate de ejemplares durante las acciones de desmonte y despalme.

Previo a las acciones de desmonte, el rescate se ejecutará antes del inicio de las actividades de desmonte y se mantendrá continuamente hasta el momento de iniciar las actividades propias de la remoción de la vegetación. El rescate se aplicará en gran medida hacia aquellas especies de lento desplazamiento y que tienden a ocultarse en lugar de huir (anfibios, reptiles y mamíferos pequeños).

Las especies mayores son susceptibles de ser espantados fuera de los sitios de la obra sin necesidad de captura, a excepción de posibles crías que tienden a buscar refugio (Jiménez-Marín, 2010).

El rescate posterior y la supervisión durante las fases de desmonte y despalme involucran la coordinación con los responsables de obra para que, durante la operación de la maquinaria, se den las facilidades al equipo de rescate, en caso de presentarse ejemplares de lento desplazamiento, para su captura y posterior reubicación en los sitios aledaños que no serán afectados.

Cuando el espécimen rescatado no pueda ser trasladado a un sitio adecuado para su supervivencia, deberá ser puesto a la disposición de las autoridades competentes pare que estas decidan el sitio donde deberá enviarse, mismo que deberá asegurar su supervivencia.

La captura de organismos deberá ser aplicada con todas las medidas de seguridad indispensables y con la metodología adecuada para cada grupo faunístico, a fin de evitar

posibles accidentes. Para ello, deberá contarse con el equipo adecuado, de acuerdo a la especie.

C. Inspección del área y rastreo

- El personal de medio ambiente y/o contratista deberá iniciar con las labores de rescate y reubicación de fauna silvestre, dos semanas antes de que se inicien los trabajos de desmonte. Para esto deberán hacer recorridos de inspección para verificar la presencia de nidos y/o madrigueras.

- La inspección se realizará por medio de recorridos a pie en el área de intervención (con un mínimo de 2 personas), hacienda un barrido, con el objeto de maximizar el número de animales atrapados. Los recorridos deberán ser dirigidos principalmente a los micros hábitats con mayor probabilidad de encuentro de organismos que son el foco del rescate, a modo de maximizar la captura.

- El rastreo se iniciará en la mañana, a las 8:00 y finalizara a las 5:00 del día, periodo del día en la que los animales presentan mediana actividad con el objeto de facilitar la captura.

- Los nidos y madrigueras detectados deberán ser reubicados en sitios que cumplan con las características necesarias para asegurar su supervivencia, a una distancia segura.

- Se llevarán a cabo búsquedas periódicas en el área de influencia para relocalizar los ejemplares.

D. Monitoreo

Se mantendrá presencia constante en el sitio de trabajo para capturar cualquier espécimen que se encuentre durante el desarrollo de las actividades.

Para el desarrollo de este programa la empresa promovente, responsable del cumplimiento de los ordenamientos legales y normatividad ambiental; deberá establecer y promover la observancia de un reglamento interno para todo el personal participante en el desarrollo de las actividades del proyecto, así como para los visitantes y contratistas.

Antes de realizar las labores de desmonte, de manera preventiva se realizará el trampeo o extracción de ejemplares vivos sin destrucción de micronichos espaciales.

En el desarrollo de estas acciones, se intentará proteger de igual manera a las especies que no se encuentran enlistadas en la Norma.

El desplazamiento o la captura, identificación, traslado y liberación de los ejemplares animales se realizarán el mismo die para disminuir el estrés, previo registro en una bitácora. Para esto, el área que recibirá a los organismos deberá ser seleccionada y preparada previamente.

4.7 Evaluación del programa.

Para evaluar de manera efectiva el éxito del programa de rescate y reubicación de fauna en el proyecto, se han establecido indicadores que permiten monitorear la eficacia de las intervenciones y ajustar las metodologías según sea necesario. Estos indicadores son esenciales para asegurar que las acciones de conservación no solo cumplan con los requisitos normativos, sino que también contribuyan positivamente al bienestar de las especies involucradas y a la integridad ecológica del área.

Indicador de número de especies y individuos capturados y reubicados, que proporciona una medida cuantitativa del impacto directo de las actividades del proyecto sobre la fauna local. Este indicador refleja la eficacia de las fases de captura y reubicación y ayuda a asegurar que se están rescatando suficientes individuos para minimizar el impacto negativo en las poblaciones de fauna del área.

La Incidencia de regreso de los animales a la zona de construcción, un indicador que ayuda a evaluar la efectividad de las barreras físicas y las técnicas de ahuyentamiento empleadas inicialmente. Un bajo número de regresos indica que las medidas preventivas son efectivas, mientras que un alto número puede señalar la necesidad de ajustes en las estrategias de manejo de fauna.

Estos indicadores no solo facilitan una evaluación continua del impacto del proyecto sobre la fauna local, sino que también permiten realizar ajustes proactivos en las técnicas y estrategias utilizadas, asegurando así la protección y conservación efectiva de la biodiversidad en el área de influencia del proyecto.

Tabla 9.- Actividades en protección de fauna.

Actividad	Frecuencia	Ubicación	Detalles
Capacitación del personal	Diaria durante el periodo	Área del proyecto	Capacitación sobre técnicas de manejo y ética ambiental.

Inspección inicial del sitio	Diaria durante el periodo	Área del proyecto	Identificación de áreas críticas y especies prioritarias.
Instalación de señalización y barreras	Inicio del periodo	Perímetro del proyecto	Instalación de señales informativas y barreras físicas.
Implementación de medidas de ahuyentamiento	Diaria durante el periodo	Área de construcción	Uso de técnicas no invasivas para disuadir a la fauna de la zona.
Recorridos de rastreo y captura	Diaria durante el periodo	Área del proyecto	Rastreo matutino y vespertino de fauna.
Reubicación de fauna capturada	Diaria durante el periodo	Sitios designados	Traslado y liberación de fauna en áreas seguras.
Monitoreo de fauna reubicada	Diaria durante el periodo	Áreas de reubicación	Seguimiento del ajuste de la fauna a su nuevo hábitat.
Reporte final y entrega a autoridades	Una vez	Oficinas del proyecto	Compilación y entrega de resultados y documentación final.

Tabla 10.- Cronograma General de Actividades.

ACTIVIDADES	Meses												Años			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2	3	4	5
Capacitación del personal	■	■	■	■	■	■										
Instalación de señalización y barreras	■	■	■													
Implementación de medidas de ahuyentamiento	■	■	■	■	■	■										
Recorridos de rastreo y captura	■	■	■	■	■	■										
Reubicación de fauna capturada	■	■	■	■	■	■										
Monitoreo de fauna reubicada			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
Informes y Reporte final y entrega a autoridades			■			■			■			■	■	■	■	■

4.8 Informe de avances y resultados.

En el contexto del proyecto, la elaboración y presentación de informes y resultados son esenciales para documentar el progreso y efectividad de las acciones implementadas, especialmente en las áreas de manejo y conservación de fauna. Los informes se generarán de manera periódica, asegurando que cada fase del proyecto sea documentada de forma detallada. Estos documentos incluirán datos sobre las especies capturadas y reubicadas, el estado de salud de los animales al momento de su captura y después de su liberación, así

como cualquier incidente o desviación de los procedimientos estándares. Además, los informes contendrán análisis de las actividades de mitigación realizadas y su efectividad, proporcionando una base sólida para ajustes operativos necesarios.

Los resultados serán compilados en informes trimestrales que serán revisados por el coordinador de medio ambiente del proyecto, asegurando que cada reporte cumpla con las normativas ambientales vigentes y los estándares éticos establecidos. Además de los informes periódicos, se preparará un informe final al concluir el proyecto, el cual detallará los logros generales, las lecciones aprendidas y las recomendaciones para futuras iniciativas similares.

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

Del Proyecto

CONSTRUCCIÓN Y MODERNIZACIÓN DEL CAMINO: E. C. (CALLE 36 NORTE) – DESEMBOQUE, TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 21+385.75, SUBTRAMO DEL KM 13+000 AL KM 21+385.75, EN EL MUNICIPIO DE PITIQUITO, ESTADO DE SONORA.

ANEXO 8.- PROGRAMA DE ACCIONES PARA LA PROTECCIÓN DE SUELOS CONTRA EROSIÓN

Del Promovente:
INSTITUTO NACIONAL DE LOS PUEBLOS INDÍGENAS

Responsable
[redacted]

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 1
2. OBJETIVOS 2
3. ALCANCES 2
4. METODOLOGÍA 3
4.1 Bordos en curvas de nivel 3
4.2 Terrazas Individuales 5
4.3 Integración de las Técnicas con la Reforestación 6
5. CRITERIO DE SELECCIÓN DE SITIOS 6
6. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Y MONITOREO 8
7. INDICADORES DE DESEMPEÑO 8

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Indicadores del programa de acciones para la protección de suelos contra erosión 9

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Ejemplos de bordos en curvas de nivel. 4
Figura 2.- Ejemplo de terrazas individuales para plantas reforestadas. 5
Figura 3.- Cuenca hidrográfica del proyecto 7

1. INTRODUCCIÓN

El presente Programa de Acciones para la Protección de Suelos contra la Erosión Hídrica y Eólica se formula para el área de influencia del proyecto carretero Desemboque Seri, con el objetivo de prevenir, mitigar y controlar los procesos de degradación del suelo que pueden generarse como consecuencia de la remoción de la cobertura vegetal, la modificación del relieve natural y la exposición del terreno a eventos de precipitación y acción del viento durante las distintas etapas del proyecto.

El trazo de la infraestructura vial atraviesa zonas con pendientes variables y suelos susceptibles a procesos erosivos, particularmente en periodos de lluvias intensas de corta duración, típicas de la región. En este contexto, la implementación de medidas de conservación de suelos resulta necesaria para reducir la pérdida de material edáfico, limitar el arrastre de sedimentos y mantener la estabilidad física del terreno en el área intervenida y su entorno inmediato.

Como parte de las acciones de control y mitigación, el proyecto contempla la construcción de bordos en curvas de nivel y la conformación de terrazas individuales, las cuales se ejecutarán conforme a las condiciones topográficas del sitio. Estas prácticas de conservación permiten disminuir la velocidad de la escorrentía superficial, favorecer la infiltración del agua en el suelo y promover la retención de sedimentos, contribuyendo a la estabilidad de taludes y superficies expuestas derivadas de la obra.

Las medidas propuestas se alinean con los principios de manejo y conservación de suelos establecidos en la normatividad ambiental vigente y en criterios técnicos de ingeniería ambiental y bioingeniería, priorizando soluciones que se integren a las condiciones naturales del sitio y que sean compatibles con el desarrollo del proyecto. El programa se concibe como un instrumento preventivo y correctivo que permitirá reducir los impactos asociados a la erosión, asegurar la funcionalidad del suelo y apoyar los procesos de recuperación de la cobertura vegetal en las áreas intervenidas.

2. OBJETIVOS

Objetivo General

Prevenir y mitigar los procesos de erosión hídrica y eólica en el área de influencia del proyecto carretero Desemboque Seri, mediante la implementación de obras de conservación de suelos que contribuyan a la estabilidad del terreno, la reducción del arrastre de sedimentos y la mejora de las condiciones de infiltración del agua en las superficies intervenidas.

Objetivos Específicos

- Implementar bordos en curvas de nivel y terrazas individuales en zonas con susceptibilidad a procesos erosivos, de acuerdo con las condiciones topográficas y edáficas del área del proyecto.
- Reducir la velocidad de la escorrentía superficial generada por eventos de precipitación, favoreciendo la retención de sedimentos y la disminución de la pérdida de suelo.
- Promover la infiltración del agua en el suelo como medida de control de erosión y apoyo a los procesos de recuperación de la cobertura vegetal.
- Contribuir a la estabilidad física de taludes, superficies expuestas y áreas adyacentes a la infraestructura vial durante las etapas de construcción y operación del proyecto.
- Establecer un esquema de seguimiento y mantenimiento de las obras de conservación de suelos, que permita evaluar su funcionalidad y realizar ajustes correctivos en caso necesario.

3. ALCANCES

El presente Programa es aplicable a las áreas del proyecto carretero donde se identifique susceptibilidad a procesos de pérdida de suelo, principalmente aquellas superficies intervenidas por las actividades de preparación del sitio y construcción de la infraestructura vial.

El programa contempla la planeación, ejecución y seguimiento de obras de conservación de suelos, específicamente la construcción de bordos en curvas de nivel y terrazas individuales, las cuales serán implementadas en función de las condiciones topográficas, edáficas y de escurrimiento superficial presentes en el área de influencia del proyecto.

Las acciones previstas abarcan desde la identificación y delimitación de sitios prioritarios para la aplicación de medidas de control de erosión, hasta la ejecución de las obras y su integración con otras medidas ambientales del proyecto, como la revegetación y el manejo de escurrimientos superficiales. Asimismo, el programa considera la adecuación de las medidas conforme al avance de la obra, permitiendo su implementación de manera progresiva y compatible con las actividades constructivas.

El alcance del programa incluye el seguimiento técnico de las obras de conservación de suelos durante la etapa de construcción y, de manera posterior, la verificación de su funcionalidad a fin de identificar la necesidad de mantenimiento, ajustes o refuerzos en las estructuras implementadas. Estas actividades se realizarán sin intervenir cauces naturales permanentes ni modificar de manera significativa la dinámica hidrológica regional.

4. METODOLOGÍA

La selección de las técnicas se realizó considerando las características topográficas del terreno, el tipo de suelo, el régimen de precipitaciones, la dinámica de escurrimientos y la necesidad de generar condiciones favorables para la sobrevivencia de las plantas. Las técnicas a aplicar son: bordos en curvas de nivel y terrazas individuales, las cuales se describen a continuación.

4.1 Bordos en curvas de nivel

Los bordos en curvas de nivel son estructuras de conservación de suelos construidas transversalmente a la pendiente, siguiendo las curvas de nivel del terreno, con el objetivo de interceptar, desacelerar y distribuir el escurrimiento superficial, reduciendo la energía del agua y favoreciendo la infiltración.

Descripción técnica

Los bordos consisten en pequeñas elevaciones de suelo compactado, formadas a partir del material extraído inmediatamente aguas arriba, generando una depresión que funciona como área de captación temporal de escurrimientos. La sección del bordo será trapezoidal o semicircular, dependiendo de las condiciones del sitio, con un ancho de corona aproximado de 40 a 60 cm y una altura promedio de 30 a 50 cm, suficientes para contener los volúmenes de escurrimiento esperados en eventos de lluvia ordinarios.

La traza de los bordos se realizará siguiendo curvas de nivel previamente marcadas en campo, utilizando nivel de mano, manguera de nivel o equipo topográfico, asegurando pendientes longitudinales cercanas a cero para evitar concentraciones de flujo. En tramos largos se podrán incorporar aliviaderos laterales de baja profundidad para controlar excedentes y evitar fallas estructurales.



Figura 1.- Ejemplos de bordos en curvas de nivel.

Criterios técnicos de aplicación

Los bordos en curvas de nivel se implementarán en laderas con pendientes suaves a moderadas, en áreas con evidencia de erosión laminar o escurrimientos difusos, y en polígonos destinados a la reforestación y reubicación de plantas rescatadas. Estas estructuras permitirán mejorar la retención de humedad en el suelo, incrementar la infiltración y reducir la pérdida de sedimentos, creando condiciones favorables para el establecimiento radicular de las especies plantadas.

Las plantas se establecerán preferentemente en la parte interna del bordo o ligeramente aguas arriba, donde se concentra la humedad y se acumula material fino, incrementando la probabilidad de sobrevivencia y crecimiento inicial.

4.2 Terrazas Individuales

Las terrazas individuales son microestructuras de conservación de suelos diseñadas para proteger y favorecer el establecimiento de plantas individuales, especialmente en zonas con pendientes variables, suelos poco profundos o con baja cobertura vegetal.

Descripción técnica

Las terrazas individuales consisten en la conformación manual o mecánica de una media luna, cajete o plataforma semicircular alrededor de cada planta, con el lado abierto orientado en sentido contrario a la pendiente. Estas estructuras permiten captar y retener el agua de escurrimiento inmediato, reducir la erosión puntual alrededor de la planta y mejorar la infiltración en la zona radicular.

El diámetro de las terrazas será variable, generalmente entre 60 y 120 cm, dependiendo del tamaño de la planta y de las características del suelo, con un pequeño bordo frontal de 20 a 30 cm de altura. El suelo removido se compactará ligeramente para dar estabilidad a la estructura, evitando el colapso durante eventos de lluvia.



Figura 2.- Ejemplo de terrazas individuales para plantas reforestadas.

Criterios técnicos de aplicación

Las terrazas individuales se aplicarán de manera prioritaria en áreas con pendiente irregular, en sitios con baja o nula cobertura vegetal y en zonas donde se establezcan plantas rescatadas o ejemplares de reforestación que requieran protección individual durante su etapa inicial de crecimiento.

Esta técnica es especialmente adecuada para especies arbustivas, arbóreas y cactáceas, ya que mejora la captación de agua, reduce el estrés hídrico y limita la pérdida de suelo fino alrededor de cada individuo. Asimismo, permite una adaptación flexible a la microtopografía del terreno, sin generar alteraciones significativas al patrón natural de escurrimiento.

4.3 Integración de las Técnicas con la Reforestación

Ambas técnicas se implementarán de manera complementaria, priorizando el uso de bordos en curvas de nivel en superficies extensas y terrazas individuales en sitios puntuales o de difícil acceso. La integración de estas acciones con las actividades de rescate, reubicación y reforestación permitirá mejorar las condiciones físicas del suelo, favorecer el establecimiento de la vegetación y reducir los procesos de erosión asociados a la intervención del proyecto.

Las obras de conservación de suelos se ejecutarán de forma progresiva conforme avancen las actividades de obra, asegurando su compatibilidad con el desarrollo del proyecto y permitiendo ajustes técnicos en función de las condiciones observadas en campo.

5. CRITERIO DE SELECCIÓN DE SITIOS

La selección de los sitios para la implementación de bordos en curvas de nivel y terrazas individuales se realizará con base en criterios técnicos, topográficos y ambientales, priorizando aquellas áreas con mayor susceptibilidad a procesos de erosión hídrica y eólica asociados a la remoción de la cobertura vegetal y a la modificación del terreno derivada de las actividades del proyecto.

Considerando las características del área de influencia, donde predominan pendientes suaves a moderadas, suelos de textura media a fina con baja cohesión superficial y una cobertura vegetal naturalmente rala, la selección de sitios se enfocará en zonas donde los escurrimientos superficiales se concentran de manera difusa durante eventos de lluvia de alta intensidad y corta duración, típicos de la región. Estas condiciones favorecen el arrastre de partículas finas y la formación incipiente de surcos y cárcavas si no se aplican medidas de control.

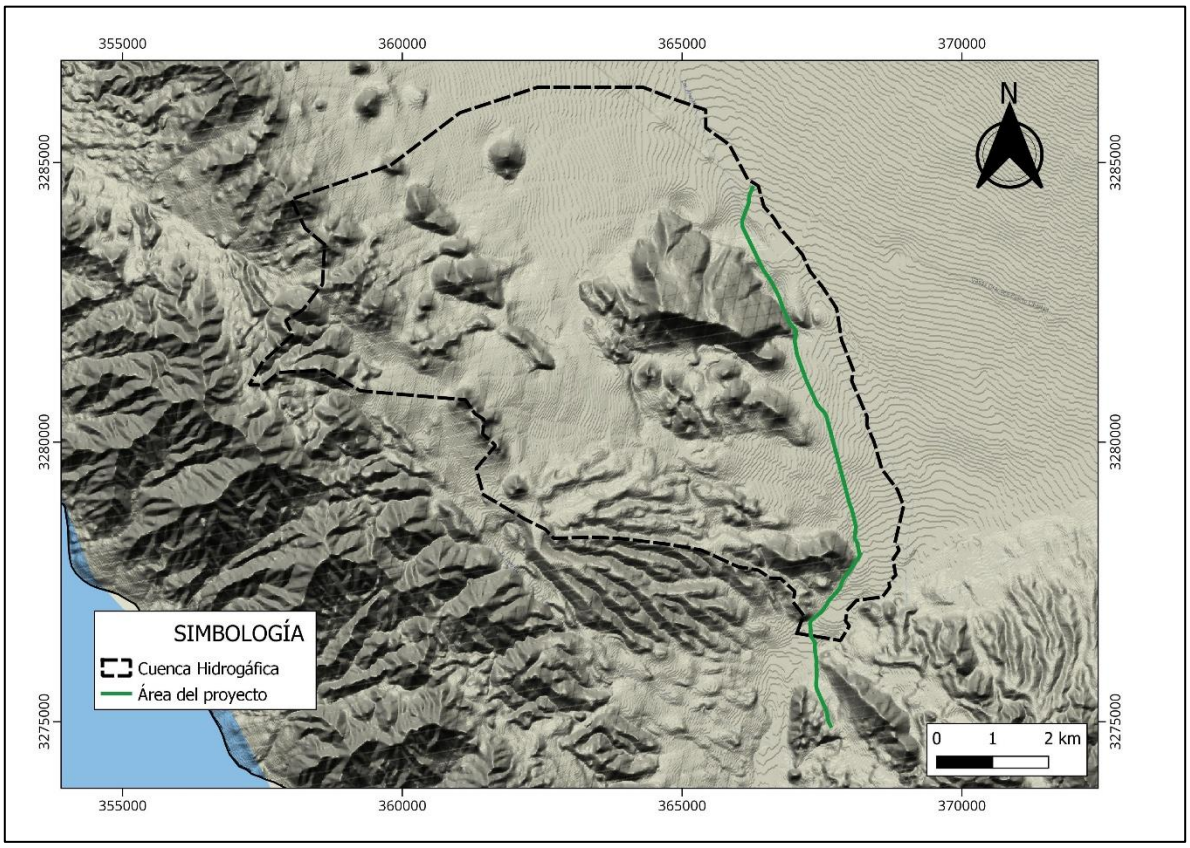


Figura 3.- Cuenca hidrográfica del proyecto

Se considerarán preferentemente los polígonos con baja o nula cobertura vegetal, taludes de corte y relleno generados por la traza carretera, áreas de préstamo, zonas de disposición temporal de materiales y superficies adyacentes al derecho de vía donde se identifiquen evidencias de escurrimiento superficial, pérdida de suelo o acumulación de sedimentos. En estos sitios, los bordos en curvas de nivel permitirán reducir la velocidad del escurrimiento y promover la infiltración, mientras que las terrazas individuales favorecerán la retención de humedad y la estabilidad del suelo en torno a las plantas rescatadas y reforestadas.

Adicionalmente, se priorizarán áreas que no intercepten cauces naturales ni alteren la dinámica hidrológica local, asegurando que las obras de conservación de suelos se integren de manera funcional al relieve existente y contribuyan a la estabilización progresiva del terreno, sin generar afectaciones aguas abajo.

Otro criterio relevante será la proximidad a áreas donde se hayan realizado actividades de rescate y reforestación de flora, de manera que las obras de conservación de suelo

contribuyan directamente al establecimiento y supervivencia de las plantas. Adicionalmente, se evaluarán las características del suelo, como textura y capacidad de infiltración, así como la accesibilidad para su construcción, mantenimiento y supervisión, asegurando la viabilidad técnica de las acciones propuestas.

6. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Y MONITOREO

El programa de mantenimiento y monitoreo tiene como objetivo garantizar la funcionalidad y eficacia de los bordos en curvas de nivel y las terrazas individuales durante la etapa de construcción y, en su caso, durante la etapa inicial de operación del proyecto. Para ello, se realizarán inspecciones periódicas en sitio, especialmente después de eventos de precipitación significativa, con el fin de identificar posibles afectaciones como erosión en los bordos, azolvamiento excesivo, rupturas, deslizamientos o pérdida de material.

Las actividades de mantenimiento incluirán la rehabilitación de bordos que presenten daños, el reacomodo y compactación del material desprendido, la limpieza controlada de sedimentos cuando estos comprometan la capacidad de retención de las estructuras y el reforzamiento puntual en tramos críticos. En el caso de las terrazas individuales, se verificará la estabilidad del microbordo, la correcta captación de escurrimientos y el estado fitosanitario de las plantas establecidas, realizando ajustes cuando se detecten fallas en su funcionamiento.

El monitoreo se realizará mediante recorridos técnicos documentados, monitoreo con dron, registros fotográficos georreferenciados y bitácoras de supervisión ambiental, en las cuales se asentará el estado general de las obras de conservación de suelo y su interacción con la vegetación. Esta información permitirá evaluar de manera continua el desempeño del programa y, en caso necesario, ajustar el diseño o la densidad de las estructuras para atender condiciones específicas del sitio.

7. INDICADORES DE DESEMPEÑO

Para evaluar la eficacia del Programa de Acciones para la Protección de Suelos contra la Erosión, se establecerán indicadores de desempeño cualitativos y cuantitativos que permitan dar seguimiento a los resultados obtenidos en campo. Entre los principales indicadores se

considera la estabilidad física de los bordos en curvas de nivel y terrazas individuales, evaluada a partir del porcentaje de estructuras que se mantienen íntegras y funcionales durante los periodos de monitoreo.

Otro indicador relevante será la reducción visible de procesos erosivos, como cárcavas, surcos o arrastre de sedimentos, en comparación con las condiciones previas a la implementación del programa. Asimismo, se tomará en cuenta la acumulación controlada de sedimentos aguas arriba de los bordos como evidencia de su correcta operación. En relación con la vegetación, se evaluará la supervivencia y establecimiento de las plantas rescatadas y reforestadas asociadas a las estructuras de conservación de suelo, considerando su vigor y desarrollo general.

De manera complementaria, se utilizarán indicadores de gestión, tales como el cumplimiento del programa de mantenimiento, la frecuencia de las inspecciones realizadas y la atención oportuna de las observaciones detectadas durante la supervisión ambiental (Tabla 1). En conjunto, estos indicadores permitirán verificar que las acciones implementadas contribuyen efectivamente a la protección del suelo, la reducción de la erosión y la estabilidad ambiental de las áreas intervenidas por el proyecto.

Tabla 1.- Indicadores del programa de acciones para la protección de suelos contra erosión

Tipo de indicador	Indicador	Descripción	Método de evaluación	Frecuencia
Cuantitativo	Longitud de bordos construidos	Metros lineales de bordos a curva de nivel implementados respecto a lo programado	Medición directa en campo y revisión de planos de obra	Durante la construcción y cierre de etapa
Cuantitativo	Número de terrazas individuales instaladas	Cantidad de terrazas individuales construidas en plantas rescatadas y reforestadas	Conteo en campo y registros de reforestación	Durante y posterior a la reforestación
Cuantitativo	Superficie atendida con obras de conservación	Área total (m² o ha) donde se implementaron bordos y terrazas	Delimitación georreferenciada y verificación en sitio	Al término de cada tramo
Cuantitativo	Porcentaje de estructuras funcionales	Proporción de bordos y terrazas que mantienen su forma y	Inspección física y registro fotográfico	Trimestral y posterior a lluvias

		función hidráulica		
Cuantitativo	Supervivencia de plantas asociadas	Porcentaje de plantas reforestadas que permanecen vivas en áreas con terrazas	Conteo directo en campo	Semestral
Cuantitativo	Eventos de erosión detectados	Número de cárcavas, surcos o arrastres de suelo identificados	Recorridos de supervisión ambiental	Posterior a eventos de lluvia
Cualitativo	Estabilidad visual de bordos	Evaluación del estado físico general de los bordos	Inspección visual sistemática	Trimestral
Cualitativo	Condición de terrazas individuales	Evaluación de la integridad estructural y retención de humedad	Observación directa en campo	Trimestral
Cualitativo	Evidencia de arrastre de sedimentos	Presencia o ausencia de sedimentos fuera de áreas controladas	Inspección visual en zonas bajas y escurrimientos	Posterior a lluvias
Cualitativo	Integración con la vegetación	Grado de incorporación de vegetación en bordos y terrazas	Registro fotográfico comparativo	Semestral
Cualitativo	Cumplimiento del programa	Evaluación del apego a los criterios técnicos establecidos	Revisión documental y reportes de supervisión	Anual
Cualitativo	Necesidad de mantenimiento correctivo	Identificación de zonas que requieren refuerzo o ajuste	Reportes de supervisión ambiental	Continuo

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

Del Proyecto

CONSTRUCCIÓN Y MODERNIZACIÓN DEL CAMINO E.C. (CALLE 36 NORTE)–DESEMBOQUE, DEL KM 13+000 AL KM 21+385.75, EN EL MUNICIPIO DE PITIQUITO, ESTADO DE SONORA

ANEXO 10

MEMORIAS DE CALCULO

MATRIZ DE LEOPOLD

Resumen de valoración de magnitud e importancia del proyecto

			Preparacion del sitio			Construccion													Operación y mantenimiento										Abandono				
			Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.)	Desmonte y despalme de predio	Acciones de manejo ambiental (manejo de residuos, rescate flora y	Terracerias y camino de acceso	Cimentación y edificación terrestre de áreas auxiliares	Rack de tuberias portuarias control y atorcha	Cimentación y estructura de terminal marítima	Traslado e instalación de barcazas factorias de pre-tratamiento y licuefacción	Traslado e instalación de buques de almacenamiento	Acopio temporal y manejo de residuos.	Manejo de aguas residuales.	Transporte de materiales, equipos e insumos	Transporte de personal	Retiro de obra	Trafico de buques por Golfo de California	Trafico de buque tanques y remolcadores en terminal marítima	Maniobras de carga de buques con GNL	Operación de unidad de almacenamiento flotante (FSU)	Operación de procesos de compresión y licuefacción en barcazas	Planta de tratamiento de aguas residuales	Acopio temporal y manejo de residuos.	Manejo de aguas residuales.	Mantenimiento de infraestructura cada 5 años	Cierre y desmantelamiento de equipo	Estabilización de terrenos y escorrentías locales	Restauración biológica	Monitoreo posterior al cierre
Ambiente físico	Atmósfera	Calidad del aire	-10 -8	-23 -8	20 12	-21 -8	-21 -8	-21 -8	-15 -6	-15 -6	-6 -5	13 10	11 10	-16 -8	-11 -6	11 9	-17 -11	-10 -6	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	11 9	0 0	0 0	0 0
		Ruido y vibraciones	-10 -8	-19 -8	13 11	-21 -8	-21 -8	-21 -8	-16 -6	-16 -6	0 0	0 0	0 0	-15 -6	-10 -6	11 9	-16 -9	-11 -6	0 0	0 0	-5 -5	-10 -6	0 0	0 0	-17 -6	11 9	-14 -6	0 0	0 0
	Geologia	Relieve	0 0	0 0	0 0	-10 -8	-6 -6	-10 -8	-11 -8	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	11 9	17 14	0 0	0 0
		Estabilidad de taludes/geoformas	0 0	0 0	0 0	0 0	-6 -6	-13 -9	-12 -9	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	11 9	17 14	16 13	0 0
	Hidrología superficial y subterranea	Escurrimientos superficiales	0 0	-18 -9	18 14	-18 -9	0 0	-18 -9	-18 -9	32 19	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	11 9	33 20	31 16	0 0
		Provisión o infiltración de agua al subsuelo	0 0	-13 -9	18 14	-18 -9	-11 -6	-17 -14	-17 -14	21 14	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	11 9	26 15	30 16	0 0
		Patrón de drenaje	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	-7 -11	-7 -13	33 19	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	32 19	0 0	0 0	0 0
	Suelo	Calidad del suelo	-10 -8	-18 -10	22 19	-22 -10	-9 -6	-23 -13	0 0	0 0	0 0	22 19	22 19	-14 -10	0 0	17 14	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	17 14	17 14	-12 -10	17 14	0 0	29 20	0 0
		Erosión	0 0	-22 -10	23 19	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	33 20	35 19	0 0
		Captura de carbono	0 0	-26 -11	24 14	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	33 18	0 0
		Uso actual	0 0	-16 -10	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
		Compactación	-16 -8	-15 -8	17 14	-12 -6	-12 -6	-12 -6	-12 -6	-12 -6	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	16 13	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	20 14	0 0	0 0	0 0
	Calidad del agua	Calidad de agua terrestre (SST)	-10 -6	-18 -10	31 18	-17 -6	-17 -6	-17 -6	0 0	0 0	0 0	22 19	22 19	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	21 14	0 0	0 0	19 14	0 0	21 14	16 14	31 20	35 19	25 17
		Calidad del agua terrestre (Grasas y aceites)	-11 -10	-11 -10	27 18	16 -10	-11 -10	-11 -10	-10 -9	-16 -10	0 0	22 19	0 0	0 0	0 0	17 14	0 0	-14 -12	-8 -7	0 0	0 0	0 0	17 14	0 0	21 15	0 0	0 0	0 0	0 0
Ambiente biológico	Flora y fauna terrestre	Distribución y abundancia Flora	0 0	-18 -12	22 15	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	15 14	0 0	35 18	29 18
		Especies protegidas o de interés especial Flora	0 0	-13 -15	26 18	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	15 14	0 0	38 19	33 19
		Biodiversidad Flora	0 0	-8 -6	19 18	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	14 15	0 0	0 0	22 22
		Distribucion y abundancia Fauna	0 0	-17 -10	19 15	-25 -11	0 0	0 0	-24 -11	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	21 16	0 0
		Especies protegidas o de interés especial-Fauna	0 0	-11 -13	18 16	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
		Biodiversidad Fauna	0 0	-22 -10	19 14	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	21 16
		Funcionalidad del sistema	0 0	-15 -12	19 14	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	15 13	25 18	28 17	28 16
	Fauna acuática	Distribución y abundancia plancton	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
		Biota bentonica	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
		Especies nectónicas	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
		Especies protegidas y de interés especial	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
	Flora acuática	Flora acuática	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Paisaje		Visibilidad	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
		Calidad paisajística	-9 -6	-10 -6	14 15	-9 -6	-9 -6	-9 -6	-9 -6	-9 -6	0 0	11 14	11 14	0 0	0 0	16 17	-12 -11	-6 -6	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	12 13	21 17	25 19	31 18	0 0
		Fragilidad visual	-9 -6	-20 -12	12 14	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	13 15	0 0	27 17	0 0
Ambiente socioeconomico	Poblacion	Demografía y migración	9 14	0 0	0 0	15 15	15 15	15 15	10 14	15 15	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	6 13	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
		Actividades recreativas y culturales	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
		Calidad de vida	0 0	0 0	0 0	-11 -14	13 9	14 9	30 15	25 16	0 0	0 0	0 0	-15 -10	-15 -10	0 0	37 14	13 9	17 13	19 13	0 0	0 0	0 0	0 0	14 13	-8 -11	0 0	25 11	0 0
	Servido	Servicios e infraestructura	8 7	8 7	0 0	20 12	15 10	22 12	32 17	27 15	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	37 15	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	14 12	-8 -12	0 0	0 0	0 0
		Vialidades y acceso	0 0	0 0	0 0	23 12	0 0	25 12	38 17	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	42 15	19 12	16 14	14 14	0 0	0 0	0 0	0 0	15 12	-8 -12	0 0	0 0	0 0
		Interacción de las comunidades	9 16	0 0	18 17	27 17	0 0	0 0	23 17	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	32 17	26 17	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	-8 -14	0 0	0 0	0 0
	Economia	Economía regional	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	19 16	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	40 18	29 18	0 0	16 15	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	-8 -14	0 0	0 0	0 0
		Empleo y mano de obra	13 15	13 15	10 14	24 17	24 17	31 19	31 19	19 16	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	20 18	15 15	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	-14 -16	0 0	0 0	0 0
		Actividades productivas	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	28 15	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	8 12	-22 -18	0 0	0 0	0 0
		Valor Catastral	0 0	36 14	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Gestion ambiental		Normatividad ambiental	0 0	32 16	34 16	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	32 15	31 15	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	27 15	0 0	0 0	0 0	0 0	29 17	30 17
		Administración del riesgo ambiental	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	14 13	0 0	0 0	0 0
		Seguimiento ambiental del proyecto	0 0	0 0	34 16	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	32 15	31 15	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	27 14	0 0	0 0	25 15	29 17	29 17	0 0

Matriz de valoración de significancia que adiciona la Importancia y Magnitud de los impactos ambientales del proyecto.

			Preparacion del sitio			Construccion										Operación y mantenimiento								Abandono			
			Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos,	CUSTF: Desmonte y despalme de predio	Acciones de manejo ambiental (manejo de residuos, rescate flora y fauna, suelo, etc)	Terracerias y camino de acceso	Corte y excavaciones	Construcción del cuerpo del terraplén	Colocación de pavimento (concreto hidraulico)	Construcción de obras complementarias (obras de drenaje, topetes, laviaderos)	Colocación de señalamientos	Acopio temporal y manejo de residuos.	Manejo de aguas residuales.	Transporte de materiales , equipos e insumos.	Transporte de personal	Retiro de obra	Tránsito de vehículos	Mantenimiento de cuerpo carretero	Mantenimiento de señalizaciones	Desazolve de estructuras de drenaje	Transporte de personal	Transporte de materiales e insumos	Acopio temporal y manejo de residuos.	Manejo de aguas residuales.	Mantenimiento de infraestructura cada 5 años.	Retiro de instalaciones y limpieza	Estabilización de terrenos y escorrentías locales	Restauración biológica	Monitoreo posterior al cierre
Ambiente físico	Atmósfera	Calidad del aire	-18	-31	32	-29	-29	-29	-21	-21	-11	23	21	-24	-17	20	-28	-16	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0
		Ruido y vibraciones	-18	-27	24	-29	-29	-29	-22	-22	0	0	0	-21	-16	20	-25	-17	0	0	-10	-16	0	0	-23	20	-20	0	0
	Geología	Relieve	0	0	0	-18	-12	-18	-19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	31	0	0
		Estabilidad de taludes/geoformas	0	0	0	0	-12	-22	-21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	31	29	0
	Agua superficial y subterranea	Escurrimientos superficiales	0	-27	32	-27	0	-27	-27	51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	53	47	0
		Provisión o infiltración de agua al subsuelo	0	-22	32	-27	-17	-31	-31	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	41	46	0
		Patrón de drenaje	0	0	0	0	0	-18	-20	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51	0	0	0
	Suelo	Calidad del suelo	-18	-28	41	-32	-15	-36	0	0	0	41	41	-24	0	31	0	0	0	0	0	0	31	31	-22	31	0	49	0
		Erosión	0	-32	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53	54	0
		Captura de Carbono	0	-37	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51	0
		Uso actual	0	-26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Compactación	-24	-23	31	-18	-18	-18	-18	-18	0	0	0	0	0	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	0	0	0
	Calidad del agua	Calidad de agua terrestre (SST)	-16	-28	49	-23	-23	-23	0	0	0	41	41	0	0	0	0	0	0	35	0	0	33	0	35	30	51	54	42
		Calidad del agua terrestre (Grasas y aceites)	-21	-21	45	-26	-21	-21	-19	-26	0	41	0	0	0	31	0	-26	-15	0	0	0	31	0	36	0	0	0	0
Ambiente biológico	Flora y fauna terrestre	Distribucion y abundancia Flora	0	-30	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	0	53	47
		Especies protegidas o de interes especial Flora	0	-28	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	0	57	52
		Biodiversidad Flora	0	-14	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	0	0	44
		Distribucion y abundancia Fauna	0	-27	34	-36	0	0	-35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	0
		Especies protegidas o de interes especial-Fauna	0	-24	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Biodiversidad Fauna	0	-32	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37
		Funcionalidad del sistema	0	-27	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	43	45	44
	Fauna acuatica	Distribución y abundancia plancton	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Biota bentonica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Especies nectónicas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Especies protegidas y de interés especial	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Flora acuatica	Flora acuatica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paisaje		Visibilidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Calidad paisajística	-15	-16	29	-15	-15	-15	-15	-15	0	25	25	0	0	33	-23	-12	0	0	0	0	0	0	25	38	44	49	0
		Fragilidad visual	-15	-32	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0	44	0
Ambiente socioeconomico	Poblacion	Demografía y migracion	23	0	0	30	30	30	24	30	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Actividades recreativas y culturales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Calidad de vida	0	0	0	-25	22	23	45	0	41	0	0	-25	-25	0	51	22	30	32	0	0	0	0	27	-19	0	36	0
	Servicio	Servicios e infraestructura	15	15	0	32	25	34	49	42	0	0	0	0	0	0	52	0	0	0	0	0	0	0	26	-20	0	0	0
		Vialidades y acceso	0	0	0	35	0	37	55	0	0	0	0	0	0	0	57	31	30	28	0	0	0	0	27	-20	0	0	0
		Interaccion de las comunidades	25	0	35	44	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	49	43	0	0	0	0	0	0	0	-22	0	0	0
	Economia	Economia regional	0	0	0	0	0	0	35	0	0	0	0	0	0	0	58	47	0	31	0	0	0	0	0	-22	0	0	0
		Empleo y mano de obra	28	28	24	41	41	50	50	35	0	0	0	0	0	0	38	30	0	0	0	0	0	0	0	-30	0	0	0
		Actividades productivas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43	0	0	0	0	0	0	0	20	-40	0	0	0
		Valor Catastral	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gestion ambiental		Normatividad ambiental	0	48	50	0	0	0	0	0	0	47	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	0	0	0	0	46	47
		Administración del riesgo ambiental	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	0	0	0
		Seguimiento ambiental del proyecto	0	0	50	0	0	0	0	0	0	47	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	0	0	40	46	46	0
			-54	-391	832	-123	-73	-113	50	143	30	265	220	-94	-58	183	272	102	45	126	-10	-16	178	31	151	341	373	743	313

387	430	879	1770
11.05%	12.28%	25.10%	50.54%

Matriz de nivel de significancia de impactos ambientales.

			Preparacion del sitio			Construccion											Operación y mantenimiento									Abandono			
			Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos	CUSTF Desmonte y despalme de predio	Acciones de manejo ambiental (manejo de residuos, rescate flora y fauna, suelo, etc.)	Terracerias y camino de acceso	Corte y excavaciones	Construcción del cuerpo del terraplén	Colocación de pavimento (concreto hidraulico)	Construcción de obras complementarias (obras de drenaje, bordillos, lavaderos)	Colocación de señalamientos	Acopio temporal y manejo de residuos.	Manejo de aguas residuales.	Transporte de materiales, equipos e insumos.	Transporte de personal	Retiro de obra	Transito de vehículos	Mantenimiento de cuerpo carretero	Mantenimiento de señalizaciones	Desazolve de estructuras de drenaje	Transporte de personal	Transporte de materiales e insumos	Acopio temporal y manejo de residuos.	Manejo de aguas residuales.	Mantenimiento de infraestructura cada 5 años.	Retiro de instalaciones y limpieza	Estabilización de terrenos y escorrentías locales	Restauracion biológica	Monitoreo posterior al cierre
Ambiente físico	Atmósfera	Calidad del aire	-31	**-53**	55	-50	-50	-50	-36	-36	**-19**	40	36	-41	-29	34	-48	-28	0	0	0	0	0	0	0	34	0	0	0
		Ruido y vibraciones	-31	-47	41	-50	-50	-50	-38	-38	0	0	0	-36	-28	34	-43	-29	0	0	-17	-28	0	0	-40	34	-34	0	0
	Geología	Relieve	0	0	0	-31	**-21**	-31	-33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	53	0	0
		Estabilidad de taludes/geoformas	0	0	0	0	**-21**	-38	-36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	53	50	0
	Agua superficial y subterranea	Escurrimientos superficiales	0	-47	55	-47	0	-47	-47	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	91	81	0
		Provisión o infiltración de agua al subsuelo	0	-38	55	-47	-29	**-53**	**-53**	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	71	79	0
		Patrón de drenaje	0	0	0	0	0	-31	-34	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88	0	0	0
	Suelo	Calidad del suelo	-31	-48	71	**-55**	-26	**-62**	0	0	0	71	71	-41	0	53	0	0	0	0	0	0	53	53	-38	53	0	84	0
		Erosión	0	**-55**	72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	91	93	0
		Captura de Carbono	0	**-64**	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88	0
		Uso actual	0	-45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Compactación	-41	-40	53	-31	-31	-31	-31	-31	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59	0	0	0
	Calidad del agua	Calidad de agua terrestre (SST)	-28	-48	84	-40	-40	-40	0	0	0	71	71	0	0	0	0	0	0	60	0	0	57	0	60	52	88	93	72
		Calidad del agua terrestre (Grasas y aceites)	-36	-36	78	-45	-36	-36	-33	-45	0	71	0	0	0	53	0	-45	-26	0	0	0	53	0	62	0	0	0	0
Ambiente biológico	Flora y fauna terrestre	Distribucion y abundancia Flora	0	**-52**	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	91	81
		Especies protegidas o de interes especial Flora	0	-48	76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	98	90
		Biodiversidad Flora	0	-24	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	76
		Distribucion y abundancia Fauna	0	-47	59	**-62**	0	0	**-60**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64	0
		Especies protegidas o de interes especial-Fauna	0	-41	59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Biodiversidad Fauna	0	**-55**	57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64
		Funcionalidad del sistema	0	-47	57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	74	78	76
	Fauna acuatica	Distribución y abundancia plancton	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Biota bentonica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Especies nectónicas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Especies protegidas y de interés especial	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Flora acuatica	Flora acuatica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paisaje		Visibilidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Calidad paisajística	-26	-28	50	-26	-26	-26	-26	-26	0	43	43	0	0	57	-40	**-21**	0	0	0	0	0	0	43	66	76	84	0
		Fragilidad visual	-26	**-55**	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	0	76	0
Ambiente socioeconomico	Población	Demografia y migracion	40	0	0	52	52	52	41	52	0	0	0	0	0	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Actividades recreativas y culturales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Calidad de vida	0	0	0	-43	38	40	78	0	71	0	0	-43	-43	0	88	38	52	55	0	0	0	0	47	-33	0	62	0
	Servicio	Servicios e infraestructura	26	26	0	55	43	59	84	72	0	0	0	0	0	0	90	0	0	0	0	0	0	0	45	-34	0	0	0
		Vialidades y acceso	0	0	0	60	0	64	95	0	0	0	0	0	0	0	96	53	52	48	0	0	0	0	47	-34	0	0	0
		Interaccion de las comunidades	43	0	60	76	0	0	69	0	0	0	0	0	0	0	84	74	0	0	0	0	0	0	0	-38	0	0	0
	Economia	Economia regional	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	100	81	0	53	0	0	0	0	0	-38	0	0	0
		Empleo y mano de obra	48	48	41	71	71	86	86	60	0	0	0	0	0	0	66	52	0	0	0	0	0	0	0	**-52**	0	0	0
		Actividades productivas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	74	0	0	0	0	0	0	0	34	**-69**	0	0	0
		Valor Catastral	0	86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gestion ambiental		Normatividad ambiental	0	83	86	0	0	0	0	0	0	81	79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72	0	0	0	0	79	61
		Administración del riesgo ambiental	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	0	0	0
		Seguimiento ambiental del proyecto	0	0	86	0	0	0	0	0	0	81	79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71	0	0	69	79	79	0
			-93	-675	**1434**	-213	-126	-194	86	246	52	458	379	-161	-100	314	469	175	78	216	-17	-28	306	53	260	586	642	1279	540
			666			741											1512									3047			
			11.05%			12.29%											25.08%									50.55%			

MATRICES DE ANALISIS DE FLORA Y FAUNA

PROYECTO: **CARRETERA SERI**

METODO DE PARCELA RECTANGULAR

MUNICIPIO: **PITIQUITO, SONORA**

FECHA: **3/SEPT/2025**

REPTILES

ESPECIE	DENS/AREA MUESTREADA	DENS/HA	DOMINANCIA
Aspidoscelis tigris	7	12	0.1712
Gallisaurus draconoides	6	10	0.1189
Holbrookia maculata	1	2	0.0048
Sceloporus magister	3	5	0.0297
	17	29	0.3246

ESPECIE	DENS. RELAT.	DOMINANCIA	DOMIN. REL.	FRECUENCIA	FREC. RELAT.	VI	CLASE
Aspidoscelis tigris	41.38	0.1712	52.75	7	41.18	135.30	1
Gallisaurus draconoides	34.48	0.1189	36.63	6	35.29	106.41	2
Holbrookia maculata	6.90	0.0048	1.47	1	5.88	14.24	4
Sceloporus magister	17.24	0.0297	9.16	3	17.65	44.05	3
	100	0.3246	100	17	100	300	

MAMIFEROS

ESPECIE	DENS/AREA MUESTREADA	DENS/HA	DOMINANCIA
Canis latrans	2	3	0.0186
Lepus alleni	4	7	0.1012
Peromyscus merriami	6	10	0.2066
Spermophilus variegatus	1	2	0.0083
	13	22	0.3347

ESPECIE	DENS. RELAT.	DOMINANCIA	DOMIN. REL.	FRECUENCIA	FREC. RELAT.	VI	CLASE
Canis latrans	13.64	0.0186	5.56	2	15.38	34.58	3
Lepus alleni	31.82	0.1012	30.25	4	30.77	92.83	2
Peromyscus merriami	45.45	0.2066	61.73	6	46.15	153.34	1
Spermophilus variegatus	9.09	0.0083	2.47	1	7.69	19.25	4
	100	0.3347	100	13	100	300	

AVES

ESPECIE	DENS/AREA MUESTREADA	DENS/HA	DOMINANCIA
Buteo jamaicensis	2	1	0.0123
Cathartes aura	6	2	0.0494
Corvus corax	5	1	0.0123
Mimus polyglottos	3	1	0.0123
Zenaida asiatica	9	2	0.0494
Zenaida macroura	7	2	0.0494
	32	9	0.1852

ESPECIE	DENS. RELAT.	DOMINANCIA	DOMIN. REL.	FRECUENCIA	FREC. RELAT.	VI	CLASE
Buteo jamaicensis	11.11	0.0123	6.67	2	6.25	24.03	5
Cathartes aura	22.22	0.0494	26.67	6	18.75	67.64	3
Corvus corax	11.11	0.0123	6.67	5	15.63	33.40	4
Mimus polyglottos	11.11	0.0123	6.67	3	9.38	27.15	5
Zenaida asiatica	22.22	0.0494	26.67	9	28.13	77.01	1
Zenaida macroura	22.22	0.0494	26.67	7	21.88	70.76	2
	100	0.1852	100	32	100	300	

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

Del Proyecto

CONSTRUCCIÓN Y MODERNIZACIÓN DEL CAMINO E.C. (CALLE 36 NORTE)–DESEMBOQUE, DEL KM 13+000 AL KM 21+385.75, EN EL MUNICIPIO DE PITIQUITO, ESTADO DE SONORA

ANEXO 11

MEMORIA FOTOGRÁFICA

CUENCA HIDROGÁFICA.



Imagen fotográfica que muestra la forma de crecimiento arbustivo del mezquite.



Imagen fotográfica que muestra el matorral desértico micrófilo del sitio de muestreo 2.



Imagen panorámica que muestra las características del ecosistema del sitio de muestreo 3.



Fotografía que muestra una parte del matorral desértico micrófilo del sitio de muestreo 4.



Imagen parcial del ecosistema que predomina en la estación de muestreo 5.



Fotografía que muestra una parte del matorral desértico micrófilo del sitio de muestreo 9.



Imagen fotográfica que muestra el matorral sarcocaule del sitio de muestreo 6.



Fotografía que muestra una parte del mezquital xerófilo del sitio de muestreo 8.



Imagen fotográfica que muestra el mezquital xerófilo del sitio de muestreo 10.



fotografía que muestra una parte de la vegetación secundaria arbustiva de matorral sarcocaule del sitio de muestreo 1.

AREA DEL PROYECTO



Ambrosia deltoidea



Ambrosia dumosa



Atriplex polycarpa



Carnegiea gigantea



Cercidium microphyllum



Cordia parvifolia



Encelia farinosa



Fouquieria splendens



Jatropha cinerea



Jatropha cuneata



Koeberlinia spinosa



Krameria sonorae



Larrea tridentata



Lemaireocereus thurberi



Lophocereus schottii var. schottii



Olneya tesota



Opuntia bigelovii



Opuntia fulgida



Pachycereus pringlei



Phaulothamnus spinescens



Aspidoscelis tigris



Holbrookia maculata



Callisaurus draconoides



Sceloporus magister



Canis latrans



Lepus alleni



Peromyscus merriami



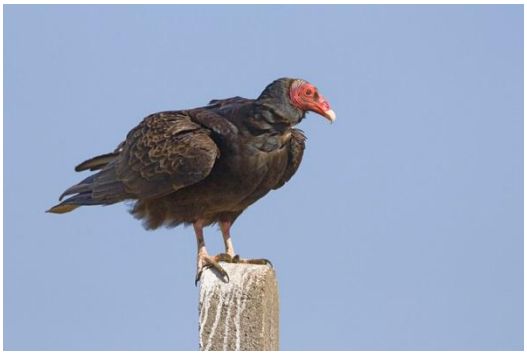
Spermophilus variegatus



Mimus polyglottos



Zenaida asiática



Cathartes aura



Corvus corax



Buteo jamaicensis



Zenaida macroura

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

Del Proyecto

CONSTRUCCIÓN Y MODERNIZACIÓN DEL CAMINO E.C. (CALLE 36 NORTE)–DESEMBOQUE, DEL KM 13+000 AL KM 21+385.75, EN EL MUNICIPIO DE PITIQUITO, ESTADO DE SONORA

ANEXO 12

ANÁLISIS DE EROSIÓN E INFILTRACIÓN

ÍNDICE

I ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS TASAS DE EROSIÓN DE LOS SUELOS, ASÍ COMO LA CALIDAD, CAPTACIÓN E INFILTRACIÓN DEL AGUA EN EL ÁREA SOLICITADA, RESPECTO A LAS QUE SE TENDRÍAN DESPUÉS DE LA REMOCIÓN DE LA VEGETACIÓN FORESTAL 1

I.1 Análisis de la pérdida de suelo 1

I.1.1 Erosión hídrica 2

I.1.1.1 Pérdida de suelo por erosión hídrica en condiciones actuales 4

I.1.1.2 Pérdida de suelo por erosión hídrica en condiciones de remoción de la vegetación en el área del proyecto 16

I.1.1.3 Pérdida de suelo por erosión hídrica bajo acciones de remediación 18

I.1. 2 Erosión Eólica del suelo del área del proyecto 21

I.1.2.1 Pérdida de suelo por erosión eólica en condiciones actuales en el área total del proyecto 21

I.1.2.2 Pérdida de suelo por erosión eólica en condiciones de remoción de la vegetación en el área total del proyecto 28

I.1.2.3 Pérdida de suelo por erosión eólica con acciones de remediación 29

I.2 Análisis de la calidad, captación e infiltración del agua 32

I.2.1 Volumen de captación de agua 32

I.2.1.1 Captación actual de agua en las áreas del CUSTF 34

I.2.1.2 Captación de agua en las áreas del CUSTF después de removida la vegetación 36

I.2.1.3 Captación de agua en las áreas del CUSTF aplicando actividades de remediación 37

I.2.2 Análisis de la calidad del agua 38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. 1 Ecuaciones para estimar la Erosividad de la lluvia (R) en las diferentes regiones del país. 4
Tabla I. 2 Valor de erosionabilidad (K) estimado en la unidad de suelo y su textura (ton.ha.hr/ha.MJ.mm). 9
Tabla I. 3 Valores que toma m en función del grado de pendiente. 12

Tabla I. 4 Factor C para el tipo de vegetación y/o uso de suelo. 14
Tabla I. 5 Valores de erosión hídrica por tipos de vegetación en condiciones actuales. 16
Tabla I. 6 Valores de erosión hídrica por tipos de vegetación en condiciones de desmonte. 17
Tabla I. 7 Valores del factor P en curvas a nivel. 18
Tabla I. 8 Valores de erosión hídrica por tipos de vegetación bajo condiciones de remediación. 20
Tabla I. 9 Valores de erosión hídrica por tipos de vegetación bajo diferentes escenarios. .. 20
Tabla I. 10 Descripción de los grupos de erosionabilidad eólica (GEE) y sus valores de I. 22
Tabla I. 11 Porcentaje mensual del factor climático anual C para los 12 conglomerados. .. 24
Tabla I. 12 Cálculo de la distancia desprotegida a lo largo de la dirección prevaleciente del viento. 25
Tabla I. 13 Pérdida potencial actual del suelo por acción eólica en el área del proyecto. ... 26
Tabla I. 14 Pérdida potencial actual del suelo por acción eólica en el área del proyecto. ... 27
Tabla I. 15 Pérdida potencial actual del suelo por acción eólica en el área del proyecto. ... 27
Tabla I. 16 Pérdida actual del suelo por acción eólica en el área del proyecto. 28
Tabla I. 17 Valores de erosión eólica actual en las áreas de los diferentes tipos de vegetación. 28
Tabla I. 18 Pérdida potencial actual del suelo por acción eólica en las áreas del proyecto después de la deforestación. 29
Tabla I. 19 Pérdida potencial actual del suelo por acción eólica en el área del proyecto después de la deforestación. 30
Tabla I. 20 Valores de erosión eólica por tipos de vegetación bajo diferentes escenarios... 31
Tabla I. 21 Balance en la pérdida del suelo por acción conjunta de la erosión por el agua y el viento en el área del proyecto después de la deforestación. 31
Tabla I. 22 Volumen de infiltración actual de agua (m3) en las áreas propuestas para CUSTF. 36
Tabla I. 23 Volumen de infiltración de agua bajo condiciones de desmonte en las áreas propuestas para CUSTF. 36
Tabla I. 24 Volumen de infiltración de agua bajo condiciones de mitigación en las áreas propuestas para CUSTF. 37
Tabla I. 25 Valores de erosión hídrica por tipos de vegetación bajo diferentes escenarios. 38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I. 1 Mapa que muestra la Regionalización nacional de factor R de acuerdo a Montes-León y otros (2002). 3
Figura I. 2 Triangulo textural de la USDA. 6
Figura I. 3 Nomograma creado por Wischmeier & Smith (1978) para estimar el factor K. .. 7
Figura I. 4 Distribución de los conglomerados para la distribución mensual del factor C. . 24

I ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS TASAS DE EROSIÓN DE LOS SUELOS, ASÍ COMO LA CALIDAD, CAPTACIÓN E INFILTRACIÓN DEL AGUA EN EL ÁREA SOLICITADA, RESPECTO A LAS QUE SE TENDRÍAN DESPUÉS DE LA REMOCIÓN DE LA VEGETACIÓN FORESTAL

I.1 Análisis de la pérdida de suelo

La palabra erosión proviene del latín *erosio* que significa: el desgaste que se produce en la superficie del suelo por la acción de agentes externos como el viento y el agua y que son acelerados por la acción del hombre (INEGI, 2014a).

INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2014a). Guía para la interpretación de cartografía de erosión del suelo escala 1:250 000, serie I.

Tipos de erosión

Erosión antrópica: Ocurre cuando el agente causal directo es el Hombre, al modificar el paisaje natural de manera abrupta e irreversible (mediante la construcción de carreteras, presas, asentamientos urbanos, líneas de transmisión, gasoductos, etc.). En tal sentido, 2,387.50 km^2 (0.12%) de la superficie nacional es la que se encuentra afectada por este tipo de erosión.

Erosión hídrica: Resulta cuando el agente causal de la erosión es el agua, en sus formas de torrente, lluvia, arroyadas, granizadas, crecida de ríos y el efecto del riego en terrenos agrícolas. El agua es un agente erosivo muy enérgico. A nivel nacional 1´027,611.50 km^2 (52.86%) de superficie territorial se encuentran afectados por este tipo de erosión.

Erosión eólica: Sucede cuando el agente causal de la erosión es el viento en diversas formas como remolino, tolvaneras o tornados. La superficie nacional afectada es de 46,779.32 km^2 (2.41%).

Las áreas del país donde no aplica el concepto de erosión del suelo son: Localidad 22,453.98 km^2 (1.16%); Cuerpo de agua 15,866.36 km^2 (0.82%); Sin erosión 799,279.59 km^2 (41.12%) y Zona arenosa 27,035.90 km^2 (1.39%). Cabe mencionar que en 2,576.07 km2 (0.13%), no fue posible captar información (N/D).

Fuente:
INEGI:http://www.inegi.gob.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/geografia/publicaciones/diccionario/dicc_erosion/dicc_erosion.pdf ; Diccionario de datos de erosión del suelo.

En el área del proyecto, gran parte de la superficie corresponde a un camino de terracería el cual, al tratarse de un suelo desnudo, está totalmente expuesto a los procesos de erosión, pero las áreas laterales a esos caminos que serán afectadas con el desarrollo del proyecto no son zonas erosionadas severamente ya que el suelo está protegido por la cubierta vegetal y rocas y no existe arrastre severo de material edáfico por acción del viento o las lluvias. Así, en el área del proyecto, se puede considerar que el grado de erosión o pérdida natural de suelo presente en las áreas que serán afectadas, es ligero. La baja tasa de erosión, cuando se presenta, es causada por el arrastre de material edáfico derivada de la acción del viento y el agua en zonas donde existen pequeños depósitos de suelo limoso y donde la cobertura vegetal no es abundante.

I.1.1 Erosión hídrica

Para estimar la erosión hídrica de los suelos en la zona propuesta para cambio de uso del suelo se utilizó la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo o EUPS (SAGARPA, 2005); a continuación se muestra la memoria de cálculo del fenómeno erosivo ocasionado por el agua:

$$A= R*K*LS*C*P$$

Dónde:

A = tasa de erosión anual (ton/ha/año)
R = factor de erosividad de la lluvia (MJ.mm/ha/h)
K = factor de erodabilidad del suelo (ton.h/MJ.mm)
LS = factor topográfico longitud-pendiente.
C = factor de vegetación y cultivo.
P = factor de prácticas conservación.

Los parámetros de la ecuación para estimar la erosión hídrica anual se determinan como sigue:
Factor (R) Erosividad de la lluvia

El factor R representa, para un área específica, la energía potencial de la lluvia y su escurrimiento asociado; es el factor de tipo climático que indica el potencial erosivo de las precipitaciones (Montes-León y otros, 2002).

La erosividad (R) se estimó utilizando la precipitación media anual de la región bajo estudio. Se selecciona la región bajo estudio en el mapa de la República Mexicana donde existen 14 regiones.

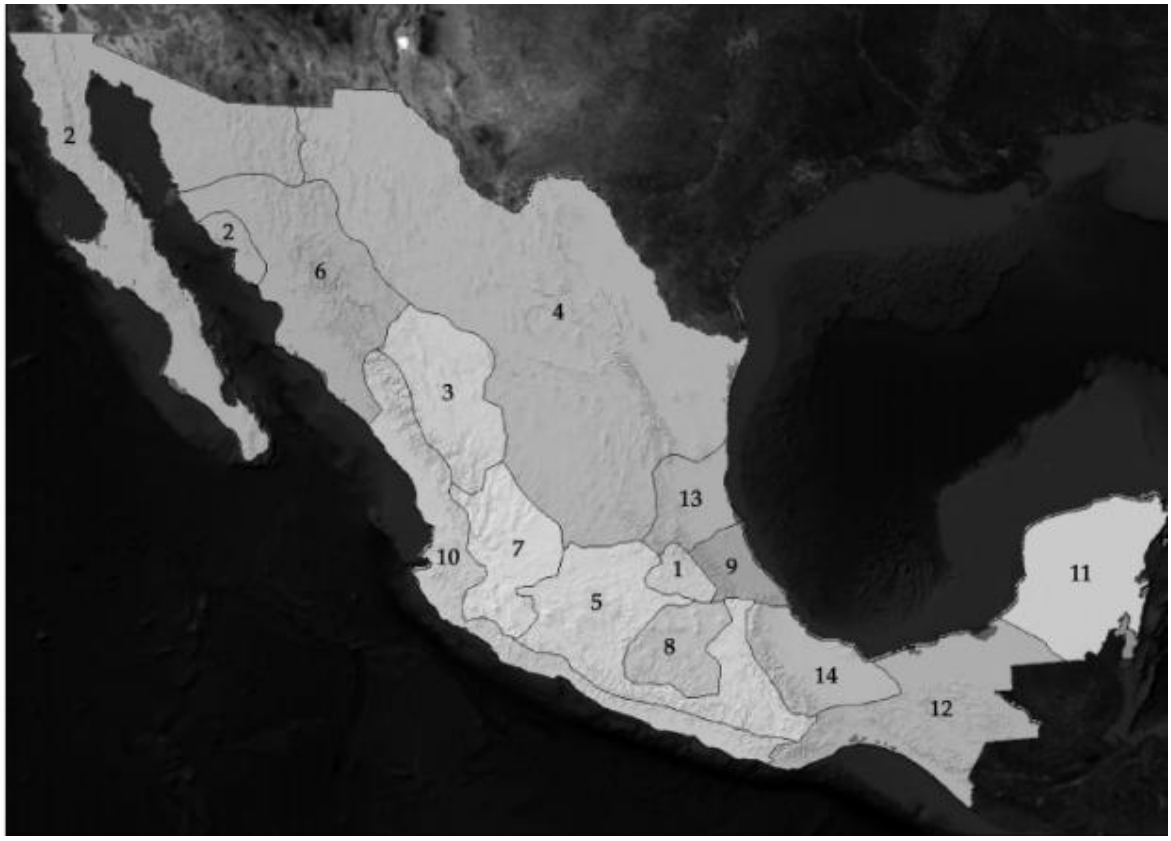


Figura I. 1 Mapa que muestra la Regionalización nacional de factor R de acuerdo a Montes-León y otros (2002).

Fuente: *Montes-León, M.A.L., E.M. Uribe-Alcántara y E. García-Celis. 2002. Mapa Nacional de Erosión Potencial. Agroasemex, S.A. México. 17 p.*

La región bajo estudio se asocia a un número de la región, se consulta una ecuación cuadrática donde a partir de datos de precipitación anual (P) se puede estimar el valor de R (Cuadro VI.1).

Tabla I. 1 Ecuaciones para estimar la Erosividad de la lluvia (R) en las diferentes regiones del 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
VI	$R = 2.8559P + 0.002983P^2$	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
XVI	$R = 1.5005P + 0.002640P^2$	0.95

La región en donde se ubica el proyecto es la número II, la cual nos propone la siguiente fórmula:

$$\mathbf{R = 3.4555P + 0.006470P^2}$$

I.1.1.1 Pérdida de suelo por erosión hídrica en condiciones actuales

La región en donde se ubica el proyecto es la número II, la cual nos propone la siguiente fórmula:

$$\mathbf{R = 3.4555P + 0.006470P^2}$$

La precipitación anual para la región es de 98.5 mm. Para estimar el valor de erosividad para la región se aplicó la ecuación de la Región II quedando:

$$R = 3.4555\ (98.5) + 0.006470\ (98.5)^2$$

R= 403.1403075 Mj/ha mm/hr

Factor (K) Erosionabilidad del suelo

El factor K indica el grado de susceptibilidad o resistencia de un horizonte específico del suelo a la erosión. La erodabilidad del suelo es una propiedad compleja y se concibe como la facilidad con la cual es desprendido por: 1) el salpicado de las gotas durante un evento de lluvia, 2) el flujo superficial o 3) por la acción de ambos fenómenos. Sin embargo, desde un punto de vista más cuantitativo, la erodabilidad del suelo puede entenderse como el cambio en la pérdida de suelo por unidad de fuerza o energía externa aplicada (Montes-León y otros, op. cit.).

La erodabilidad representa un valor promedio integral anual de la pérdida de suelo en respuesta a procesos de erosión e hidrológicos, entre los que destaca lo siguiente: el desprendimiento y transporte por el impacto de las gotas de lluvia y el escurrimiento superficial; la deposición localizada debida a la topografía natural e inducida por las operaciones de labranza, y la infiltración del agua en el perfil del suelo.

La susceptibilidad de los suelos a erosionarse depende de:

- Tamaño de las partículas del suelo
- Contenido de materia orgánica
- Estructura del suelo
- Permeabilidad

Aun cuando la erosionabilidad de un suelo depende de la combinación de muchos factores, es evidente que uno de los más importantes es la textura, por su estrecha relación con la cohesión del material así como con la permeabilidad del mismo. Experimentalmente se comprueba que los suelos más erosionables corresponden a texturas intermedias (fracción de limos más abundante) del tipo FrAr, Fr, FrLi y Li (Diez-Hernández, 2007).

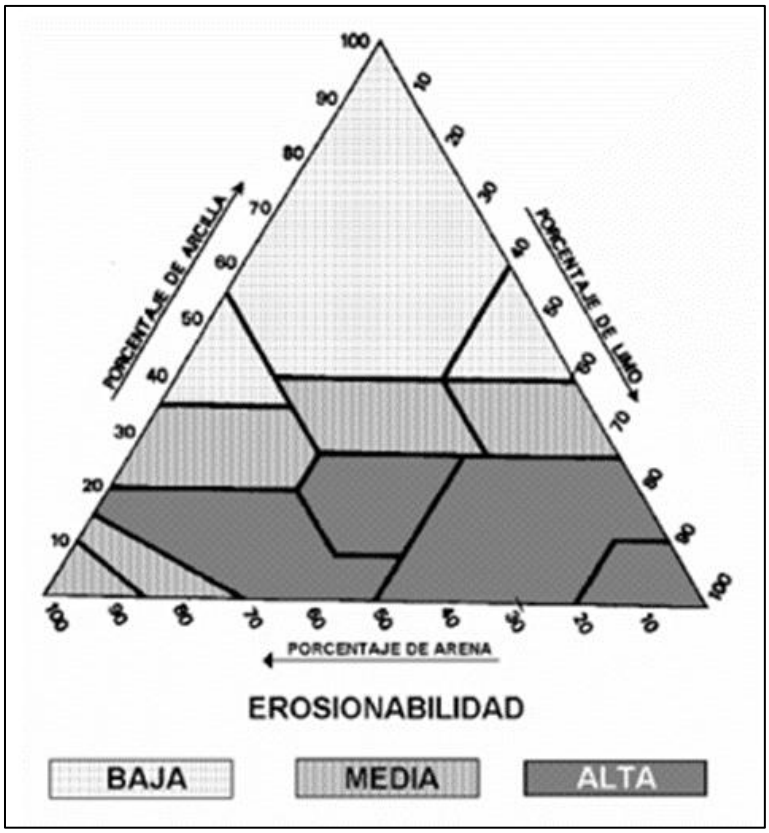


Figura I. 2 Triangulo textural de la USDA.

Diez-Hernández, J.M. 2007. Metodologías para la Evaluación de la Erosión Hídrica en Cuencas Vertientes. Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias. Universidad de Valladolid. España. 15 p.

Con esta información, se puede obtener el valor de K usando el nomograma propuesto por Wischmeier & Smith (1978).

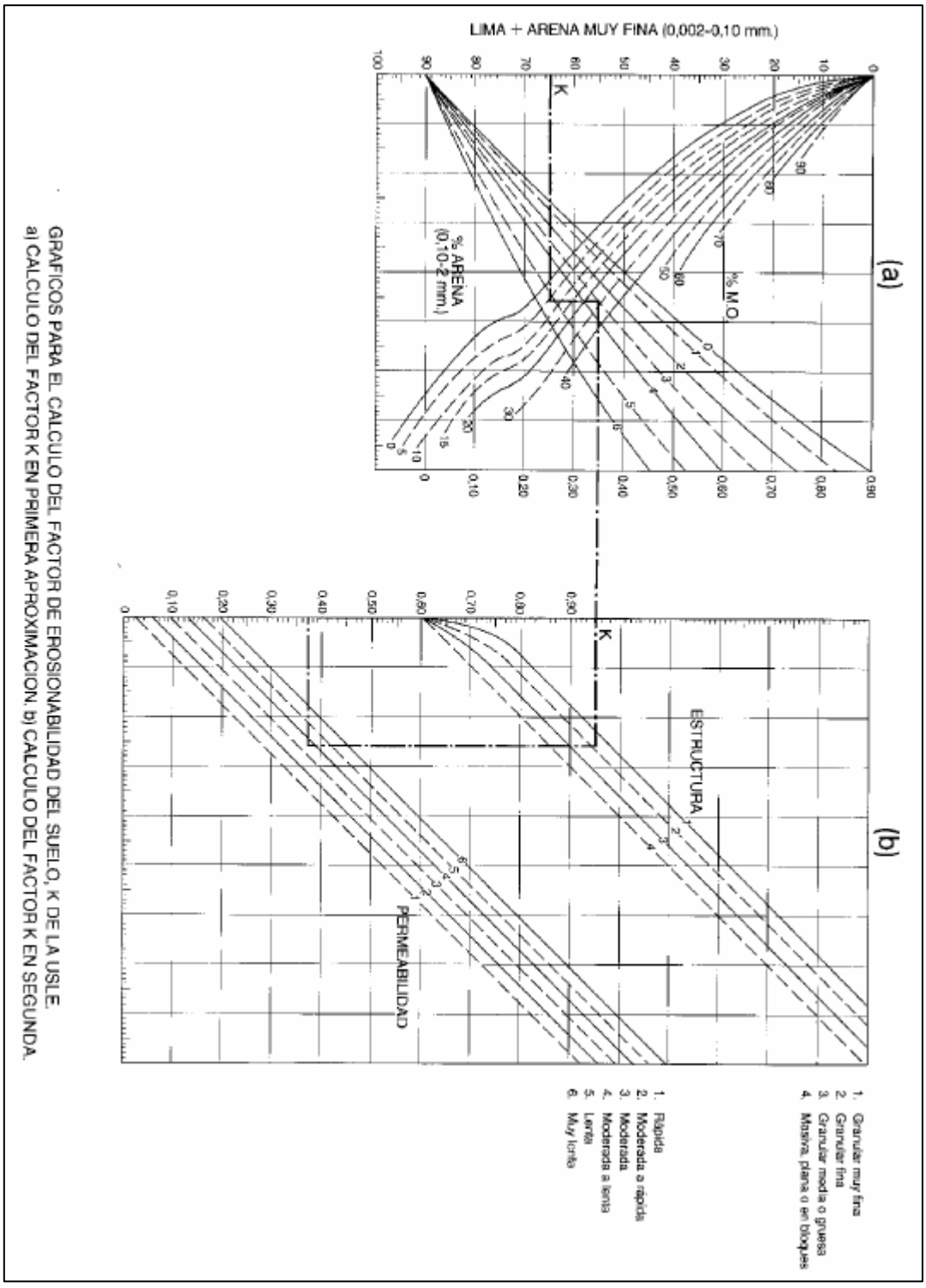


Figura I. 3 Nomograma creado por Wischmeier & Smith (1978) para estimar el factor K.

Wischmeier, W.H. & Smith, D.D. (1978). Predicting Rainfall Erosion Losses. A guide to conservation planning. Agriculture Handbook No. 537. USDA/Science and Education Administration, US. Govt. Printing Office, Washington, DC. 67 p.

Flores-Islas (2016) recomienda que cuando no se disponga de datos necesarios para hacer uso del nomograma, se puede calcular el factor K mediante la metodología propuesta por FAO (1980). La FAO propone calcular el factor K a partir de la textura superficial (utilizando tres grupos texturales) y la unidad de suelo a que pertenece, según la clasificación FAO/UNESCO, tal y como se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla I. 2 Valor de erosionabilidad (K) estimado en la unidad de suelo y su textura (ton.ha.hr/ha.MJ.mm).

Unidades y subunidades de suelo de acuerdo a la clasificación de la FAO		Textura		
Símbolo	**Nombre**	**Gruesa**	**Media**	**Fina**
A	Acrisol	0.026	0.040	0.013
Af	Acrisol férrico	0.013	0.020	0.007
Ag	Acrisol gléyico	0.026	0.030	0.013
Ah	Acrisol húmico	0.013	0.020	0.007
Ao	Acrisol órtico	0.026	0.040	0.013
Ap	Acrisol plíntico	0.053	0.079	0.026
B	Cambisol	0.026	0.040	0.013
B (c,d,e,k)	Cambisol crómico, dístrico, éutrico, cálcico	0.026	0.040	0.013
Bf	Cambisol férrico	0.013	0.020	0.007
Bg	Cambisol gléyico	0.026	0.040	0.013
Bh	Cambisol húmico	0.013	0.020	0.007
Bk	Cambisol cálcico	0.026	0.040	0.013
B (v,x)	Cambisol vértico, xérico)	0.053	0.079	0.026
C (h,k,l)	Chernozem (háplico, cálcico y lúvico)	0.013	0.020	0.007
D (d,g,e)	Podzoluvisol (dístrico,gléyico, éutrico)	0.053	0.079	0.026
E	Rendzina	0.013	0.020	0.007
F(a,h,p,o)	Ferrasol (ácrico, húmico, plíntico, ócrico)	0.013	0.020	0.007
G	Gleysol	0.026	0.040	0.013
Gc	Gleysol calcárico	0.013	0.020	0.007
G (d,e)	Gleysol dístrico éutrico	0.026	0.040	0.013
G(h,m)	Gleysol húmico, mólico	0.013	0.020	0.007
G(p,x)	Gleysol plíntico, gélico)	0.053	0.079	0.026
Gv	Gleysol vértico	0.053	0.079	0.026
H(c,g,h,l)	Feozem calcárico, gléyico, háplico, lúvico)	0.013	0.020	0.007
I	Litosol	0.013	0.020	0.007
J	Fluvisol	0.026	0.040	0.013
Jc	Fluvisol calcárico	0.013	0.020	0.007

Unidades y subunidades de suelo de acuerdo a la clasificación de la FAO		Textura		
Símbolo	Nombre	Gruesa	Media	Fina
Jd	Fluvisol dístrico	0.026	0.040	0.013
Je	Fluvisol eútrico	0.026	0.040	0.013
Jt	Fluvisol tiónico	0.053	0.079	0.026
Jp	Fluvisol plíntico	0.053	0.079	0.026
K (h,k,l)	Kastañosem (húmico, cálcico y lúvico)	0.026	0.040	0.013
L	Luvisol	0.026	0.040	0.013
La	Luvisol álbico	0.053	0.079	0.026
Lc	Luvisol crómico	0.026	0.040	0.013
Lf	Luvisol férrico	0.013	0.020	0.007
Lg	Luvisol gléyico	0.026	0.040	0.013
Lk	Luvisol cálcico	0.026	0.040	0.013
Lo	Luvisol órtico	0.026	0.040	0.013
Lp	Luvisol plíntico	0.053	0.079	0.026
Lv	Luvisol vértico	0.053	0.079	0.026
M (a,g)	Greysem (ácrico, gléyico)	0.026	0.040	0.013
N (d,e,h)	Nitosol (dístrico, éutrico, húmico)	0.013	0.020	0.007
O (d,e,x)	Histosol (dístrico, éutrico, gélico)	0.013	0.020	0.007
P	Podzol	0.053	0.079	0.026
Pf	Podzol férrico	0.053	0.079	0.026
Pg	Podzol gléyico	0.053	0.079	0.026
Ph	Podzol húmico	0.026	0.040	0.013
Po	Podzol órtico	0.053	0.079	0.026
Pp	Podzol plácico	0.053	0.079	0.026
Q (a,c,f,l)	Arenosol (álbico, cámbico, ferrálico, lúvico)	0.013	0.020	0.007
R	Regosol	0.026	0.040	0.013
Re	Regosol éutrico	0.026	0.040	0.013
Rc	Regosol calcárico	0.013	0.020	0.007
Rd	Regosol dístrico	0.026	0.040	0.013
Rx	Regosol gélico	0.053	0.079	0.026
S	Solonetz	0.053	0.079	0.026

Unidades y subunidades de suelo de acuerdo a la clasificación de la FAO		Textura		
Símbolo	Nombre	Gruesa	Media	Fina
Sg	Solonetz gléyico	0.053	0.079	0.026
Sm	Solonetz mólico	0.026	0.040	0.013
So	Solonetz órtico	0.053	0.079	0.026
T	Andosol	0.026	0.040	0.013
Th	Andosol húmico	0.013	0.020	0.007
Tm	Andosol mólico	0.013	0.020	0.007
To	Andosol ócrico	0.026	0.040	0.013
Tv	Andosol vítrico	0.026	0.040	0.013
U	Ranker	0.013	0.020	0.007
V(c,p)	Vertisol (crómico, pélico)	0.053	0.079	0.026
W	Planosol	0.053	0.079	0.026
Wd	Planosol dístrico	0.053	0.079	0.026
We	Planosol éutrico	0.053	0.079	0.026
Wh	Planosol húmico	0.026	0.040	0.013
Wm	Planosol mólico	0.026	0.040	0.013
Wx	Planosol gélico	0.053	0.079	0.026
X(k,h,l,g)	Xerosol (cálcico, háplico, lúvico, gypsico)	0.053	0.079	0.026
Y(h,k,l,g,t)	Yermosol (háplico, cálcico, lúvico, gípsico,takírico)	0.053	0.079	0.026
Z	Solonchak	0.053	0.040	0.013
Zg	Solonchak gléyico	0.026	0.040	0.013
Zm	Solonchak mólico	0.013	0.020	0.007
Zo	Solonchak órtico	0.026	0.040	0.013
Zt	Solonchak takírico	0.053	0.079	0.026

Flores-Islas, E. 2016. Estimación de la Pérdida de Suelo por Erosión Hídrica en Tres Cuencas de la República Mexicana, Utilizando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería. UNAM. CDMX. 164 p.

Para obtener el factor K de cada cuenca en este trabajo, se empleó el método de la FAO (1980).

Fuente:*Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO) http://www.fao.org/home/es/*

Factor (LS) Longitud y Grado de pendiente

El efecto de la topografía sobre la erosión está representado por los factores: longitud (*L*) y grado de pendiente (*S*). La longitud *L* se define como la distancia desde el punto de origen de un escurrimiento hasta el punto donde decrece la pendiente, al grado de que ocurre una sedimentación o bien hasta el punto donde el escurrimiento, una vez concentrado, encuentra un canal de salida bien definido (Loredo-Osti y otros, 2007).

Loredo-Osti, C., S. Beltrán-López, F. Moreno-Sánchez y M. Casiano-Domínguez. 2007. Predicción de Riesgo a la Erosión Hídrica a Nivel Microcuenca. Folleto Técnico No. 29. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 75 p.

La fórmula para estimar la longitud de la pendiente es:

$$\boldsymbol{L} = \left(\frac{\boldsymbol{\lambda}}{\mathbf{22.13}}\right)^{\boldsymbol{m}}$$

Donde:

L = Factor longitud de la pendiente (adimensional)
λ = Longitud de la pendiente (metros)
m = Coeficiente que depende del grado de la pendiente (varía de 0.2 a 0.5), de acuerdo al siguiente cuadro:

Tabla I. 3 Valores que toma m en función del grado de pendiente.

Grado de pendiente (%)	Valor que toma *m*
< 1	0.2
1 - 3	0.3
3 - 5	0.4
>5	0.5

Fuente: *Diez-Hernández, J.M. 2007. Metodologías para la Evaluación de la Erosión Hídrica en Cuencas Vertientes. Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias. Universidad de Valladolid. España. 15 p.*

Para el caso del presente estudio se consideró el valor de 0.3 para *m*.

El factor de grado de pendiente (*S*) refleja la influencia del ángulo de la misma en la erosión. La pendiente puede ser determinada usando mapas topográficos con curvas a nivel

equidistantes, si se tiene el cuidado adecuado, o en el mejor de los casos, utilizando un Modelo Digital de Elevaciones (MDE). Este factor de grado de pendiente se estima por la siguiente formula:

$$S = 0.065 + 0.045s + 0.0065s^2$$

Donde:
S = Factor por grado de pendiente (adimensional)
s = Grado de pendiente promedio (%), el cual se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$s = \frac{H_a - H_b}{L}$$

s = Pendiente promedio general del área (%)
Ha = Altura de la parte alta del terreno (metros)
Hb = Altura de la parte baja del terreno (metros)
L = Longitud del terreno entre la parte más alta y la más baja del terreno (metros)

Para determinar el factor LS se utiliza la siguiente formula:

$$LS = (\lambda/22.13)^{m} (0.065 + 0.045s + 0.0065s^2)$$

Dónde:

LS = Factor de grado y longitud de la pendiente
λ = Longitud de la pendiente
m = Parámetro cuyo valor es 0.3
s = Pendiente media del terreno

En base a la metodología anteriormente mencionada y desarrollada, el valor de LS para el área del proyecto es:

$$LS = (170/22.13)^{0.3} (0.065 + 0.045 * 1.4 + 0.0065 * 2.04)$$

LS = 1.329380389

Factor (C) Longitud y Grado de pendiente

El factor C se asigna con el objeto de reflejar el efecto de la vegetación y las prácticas de manejo en las tasas de erosión.

El coeficiente asociado con este factor fue asignado de acuerdo con diversas bibliografías y asociado con la información más reciente de INEGI de uso de suelo y vegetación, correspondiente a la Carta de Uso del Suelo y Vegetación 1:250,000 Serie III. Esta cartografía de recursos naturales muestra la ubicación, distribución y extensión de diferentes ecosistemas vegetales y sistemas agrícolas con sus respectivas variantes: tipos de vegetación, tipos de agricultura, e información ecológica relevante.

La erosión actual es el resultado de la erosión potencial por el gradiente de vegetación de la zona (t/ha por año), sin prácticas de conservación del suelo y de agua. El gradiente puede variar de 0–1, este valor disminuye a medida que aumenta la cobertura vegetal y adquiere el valor de 1 cuando el suelo carece de vegetación. En el siguiente cuadro se presenta la relación del valor C para cada tipo de vegetación y/o uso de suelo.

Tabla I. 4 Factor C para el tipo de vegetación y/o uso de suelo.

Vegetación y/o uso de suelo	C
Bosque de ayarin	0.01
Bosque de cedro	0.01
Bosque de encino	0.10
Bosque de encino-pino	0.01
Bosque de galería	0.10
Bosque de oyamel	0.01
Bosque de pino	0.01
Bosque de pino-encino	0.01
Bosque de tascate	0.01
Bosque de mesofilo de montaña	0.01
Chaparral	0.65
Manglar	0.10
Matorral crasicaule	0.65
Matorral de coníferas	0.20
Matorral desértico microfilo	0.25
Matorral desértico roetofilo	0.25
Matorral espinoso tamaulipeco	0.45
Matorral rosetofilo costero	0.25
Matorral sarcocaule	0.25
Matorral sarco-crasicaule	0.25
Matorral sarco-crasicaule de neblina	0.25
Matorral submontano	0.35
Matorral subtropical	0.12
Mezquital	0.65
Palmar inducido	0.75
Palmar natural	0.75

Vegetación y/o uso de suelo	C
Pastizal gipsofilo	0.25
Pastizal halofilo	0.25
Pastizal inducido	0.02
Pastizal natural	0.07
Popal	0.85
Pradera de alta montaña	0.05
Sabana	0.54
Sabanoide	0.54
Selva alta perennifolia	0.45
Selva alta subperennifolia	0.45
Selva baja caducifolia	0.50
Selva baja espinosa caducifolia	0.50
Selva baja espinosa subperennifolia	0.50
Selva mediana caducifolia	0.45
Selva mediana perennifolia	0.45
Selva mediana subcaducifolia	0.45
Tular	0.10
Vegetación de desiertos arenosos	0.85
Vegetación de dunas costeras	0.85
Vegetación de galería	0.85
Vegetación halófila	0.85
Zona urbana	0.005
Cuerpos de agua	1.0
Agricultura en riego	0.55
Agricultura de temporal	0.75
Agricultura de humedad	0.25

Fuente: *Montes-León, M.A.L., E.M. Uribe-Alcántara y E. García-Celis. 2002. Mapa Nacional de Erosión Potencial. Agroasemex, S.A. México. 17 p.*

Como se aprecia en el cuadro anterior, no se define un valor de C para el ecosistema de vegetación secundaria arbustiva de matorral sarcocaule por lo que, para este estudio, se le asignó el mismo valor del matorral sarcocaule (0.25).

Así pues, substituyendo valores en la ecuación universal de pérdida del suelo por erosión hídrica (E= R*K*LS*C) asignando un valor para C de 0.25 para el caso del área del proyecto con los tipos de vegetación matorral desértico micrófilo (MDM), matorral sarcocaule (MS) y vegetación secundaria arbustiva de matorral sarcocaule (VSAMS) se tiene que:

E = 403.1403075* 0.013 * 1.329380389 * 0.25
E = 1.742 ton/ha año

La erosión hídrica del suelo en las áreas del proyecto con vegetación matorral desértico micrófilo, matorral sarcocaule y vegetación secundaria arbustiva de matorral bajo condiciones actuales, se estima que es de 1.742 toneladas por hectárea al año; extrapolando los valores obtenidos al área total que estaría sujeta a cambio de uso del suelo en esos tipos de vegetación del proyecto (7.2700 ha), esto nos da un total de 12.663 toneladas de suelo en el área del proyecto al año.

Para el caso del mezquital xerófilo el factor C tiene asignado un valor de 0.65 y, substituyendo valores en la ecuación universal de pérdida del suelo por erosión hídrica (E= R*K*LS*C) se tiene:

E = 403.1403075* 0.013 * 1.329380389 * 0.65
E = 4.529 ton/ha año

La erosión hídrica del suelo en el área del proyecto con mezquital xerófilo (MX) bajo condiciones actuales, se estima que es de 4.529 toneladas por hectárea al año; extrapolando los valores obtenidos al área total que estaría sujeta a cambio de uso del suelo en el mezquital xerófilo del proyecto (0.9700 ha), esto nos da un total de 4.393 toneladas de suelo en el área del proyecto al año.

Así pues, considerando las tasas de erosión hídrica estimadas para los diferentes tipos de vegetación existentes en el área propuesta para CUSTF, se tiene que en condiciones actuales se pierden 18.046 toneladas de suelo en el área del proyecto al año.

Tabla I. 5 Valores de erosión hídrica por tipos de vegetación en condiciones actuales.

TIPO DE VEGETACIÓN	AREA CUSTF	EROSION ACTUAL (ton/ha año)	EROSION ACTUAL PROYECTO (ton/año)
Matorral Desértico Micrófilo (MDM), Matorral Sarcocaule (MS) y Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Sarcocaule (VSAMS)	7.8385	1.742	13.653
Mezquital Xerófilo (MX)	0.9700	4.529	4.393
		TOTAL:	**18.046**

I.1.1.2 Pérdida de suelo por erosión hídrica en condiciones de remoción de la vegetación en el área del proyecto

En virtud de que al realizarse actividades de desmonte en el área del proyecto, el suelo quedará desprotegido por la cubierta vegetal en un 100% lo cual provocará un desprendimiento y arrastre de material edáfico por acción del viento o las lluvias. Así, en el área del proyecto, se puede considerar que el grado de erosión o pérdida natural de suelo presente se incrementará en forma significativa.

Desde el momento en que se lleven a cabo las acciones de desmonte y despalme para establecer el proyecto, se iniciarán los procesos de construcción de la carretera y con ello desaparecerá el recurso suelo como tal. Sin embargo, puede hacerse una estimación de los efectos del proceso de erosión que podría suceder en el suelo desnudo en un lapso de tiempo, mientras se completa el proceso de construcción del tramo carretero.

Para calcular la erosión hídrica en condiciones de desmonte, todos los parámetros de la ecuación universal de pérdida del suelo por erosión hídrica conservan sus mismos valores con excepción del factor C, el cual tomará un valor de 1.0 debido a que es considerado un terreno desprovisto de vegetación de acuerdo a Montes-León et.al., (opt. cit.)

Así pues, substituyendo valores en la ecuación universal de pérdida del suelo por erosión hídrica (E= R*K*LS*C) para el caso del área del proyecto se tiene que:

E = 403.1403075* 0.013 * 1.329380389 * 1.0

E = 6.967 ton/ha año

La erosión hídrica del suelo en las áreas del proyecto con los tipos de vegetación MDM, MS y VSAMS bajo condiciones de desmonte total, se estima que es de 6.967 toneladas por hectárea al año; extrapolando los valores obtenidos al área total que estaría sujeta a cambio de uso del suelo en esos tipos de vegetación del proyecto (7.8385 ha), esto nos da un total de 54.6112 toneladas de suelo en el área del proyecto al año.

Para el caso del área con MX, substituyendo valores en la ecuación universal de pérdida del suelo por erosión hídrica (E= R*K*LS*C) para el caso del área del proyecto se tiene que:

E = 403.1403075* 0.013 * 1.329380389 * 1.0
E = 6.967 ton/ha año

La erosión hídrica del suelo en las áreas del proyecto con el tipo de vegetación MX bajo condiciones de desmonte total, se estima que es de 6.967 toneladas por hectárea al año; extrapolando los valores obtenidos al área total que estaría sujeta a cambio de uso del suelo en esos tipos de vegetación del proyecto (0.9700 ha), esto nos da un total de 6.7580 toneladas de suelo en el área del proyecto al año.

Sumando las tasas de erosión de todos los tipos de vegetación del área del proyecto bajo condiciones de desmonte se tiene que se pierden 61.3692 toneladas de suelo al año. Si consideramos que el suelo estará expuesto al proceso de erosión hídrica en forma escalonada, es decir, no se removerá la vegetación de forma simultánea en todo el proyecto, podemos estimar que podríamos tener una tasa de erosión 5.1141 toneladas de suelo en el área del proyecto por cada mes que el suelo permanezca desnudo.

Tabla I. 6 Valores de erosión hídrica por tipos de vegetación en condiciones de desmonte.

TIPO DE VEGETACIÓN	AREA CUSTF	EROSION DESMONTE (ton/ha año)	EROSION DESMONTE PROYECTO (ton/año)
Matorral Desértico Micrófilo (MDM), Matorral Sarcocaule (MS) y Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Sarcocaule (VSAMS)	7.8385	6.967	54.611
Mezquital Xerófilo (MX)	0.9700	6.967	6.758
		TOTAL:	**61.369**

I.1.1.3 Pérdida de suelo por erosión hídrica bajo acciones de remediación

Como se mencionó anteriormente, una vez realizadas las actividades de desmonte y despalme de la capa superior del suelo, se iniciarán los procesos de construcción y con ello desaparecerá el recurso suelo como tal y, al no existir suelo erosionable, el proceso toma un valor de cero. En otras palabras, al adquirir un valor de cero alguno(s) de los parámetros de la ecuación universal de pérdida del suelo por erosión hídrica (E= R*K*LS*C*P), aunque los demás parámetros conserven su mismo valor, automáticamente la estimación de la pérdida del suelo por erosión hídrica en el área del proyecto será igual a cero. Así pues, en el caso del presente proyecto, al entrar en operación la construcción de la carretera, el valor de K en el suelo del área de interés toma un valor de cero y con esto, la tasa de erosión hídrica adquiere un valor de cero; sin embargo, para compensar la pérdida de suelo por erosión hídrica ocasionada con el desarrollo del proyecto, con las actividades de rescate y reforestación en otras áreas circundantes del área del proyecto, se pretende mejorar las condiciones de retención de suelo reduciendo la tasa de erosión hídrica mediante obras de retención y conservación de suelos, en este caso con bordos en curvas a nivel, principalmente.

Para calcular la erosión hídrica en condiciones de reforestación y acciones técnicas para controlar la pérdida del suelo en el caso de los tipos de vegetación MDM, MS y VSAMS, todos los parámetros de la ecuación universal de pérdida del suelo por erosión hídrica conservan sus mismos valores con excepción del factor P, el cual tomará un valor de 0.5, que corresponde a curvas a nivel en terrenos con una pendiente de 1 a 2% (*Fuente: Figueroa-Sandoval y otros, 1991*).

Tabla I. 7 Valores del factor P en curvas a nivel.

PENDIENTE (%)	ALTURA DE BORDOS		
	Baja (< 7.5 cm)	Moderada (7.5 - 12.5 cm)	Alta (> 12.5 cm)
0.5	1.0	0.8	0.8
1	0.9	0.7	0.7
2	0.9	0.6	0.5
3	0.9	0.5	0.3
4	0.8	0.5	0.3
5	0.8	0.5	0.2
6	0.8	0.5	0.2
7	0.8	0.5	0.2
8	0.8	0.5	0.2
9	0.8	0.5	0.2
10	0.8	0.6	0.2
11	0.8	0.6	0.2
12	0.9	0.6	0.2
13	0.9	0.6	0.3
14	0.9	0.6	0.3
15	1.0	0.6	0.3

16		0.7	0.3
17		0.7	0.3
18		0.7	0.3
19		0.8	0.4
20		0.8	0.4
21		0.9	0.5
22		0.9	0.5
23		1.0	0.6
24			0.6
26			0.7
28			0.8
30			0.9
32			1.0

Fuente: *Figueroa-Sandoval, B., A. Amante-Orozco, G.G. Cortés-Torres, J. Pimentel-López, E.S. Osuna-Ceja, J.M. Rodríguez-Olvera y F.J. Morales-Flores. 1991. Manual de Predicción de Pérdidas de Suelo por Erosión. Colegio de Postgraduados. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Chapingo, México. 158 p.*

Así pues, substituyendo valores en la ecuación universal de pérdida del suelo por erosión hídrica (E= R*K*LS*C*P) para el caso del área del proyecto con los ecosistemas MDM, MS y VSAMS se tiene que:

E = 403.1403075* 0.013 * 1.329380389 * 0.25 * 0.5
E = 0.871 ton/ha año

La erosión hídrica del suelo en el área del proyecto bajo condiciones de remediación, se estima que es de **0.871** toneladas por hectárea al año; extrapolando los valores obtenidos al área total que estaría sujeta a cambio de uso del suelo en el terreno del proyecto (7.8385 ha), esto nos da un total de 6.826 toneladas de suelo al año.

Para el caso del área con MX, substituyendo valores en la ecuación universal de pérdida del suelo por erosión hídrica (E= R*K*LS*C) para el caso del área del proyecto se tiene que:

E = 403.1403075* 0.013 * 1.329380389 * 0.65 * 0.5
E = 2.264 ton/ha año

La erosión hídrica del suelo en el área del proyecto con mezquital xerófilo (MX) bajo condiciones de remediación, se estima que es de 2.264 toneladas por hectárea al año; extrapolando los valores obtenidos al área total que estaría sujeta a cambio de uso del suelo en el mezquital xerófilo del proyecto (0.9700 ha), esto nos da un total de 2.196 toneladas de suelo en el área del proyecto al año.

Tabla I. 8 Valores de erosión hídrica por tipos de vegetación bajo condiciones de remediación.

TIPO DE VEGETACIÓN	AREA CUSTF	EROSION CON REMEDIACION (ton/ha año)	EROSION CON REMEDIACION PROYECTO (ton/año)
Matorral Desértico Micrófilo (MDM), Matorral Sarcocaule (MS) y Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Sarcocaule (VSAMS)	7.8385	0.871	6.826
Mezquital Xerófilo (MX)	0.9700	2.264	2.196
		TOTAL:	**9.022**

La siguiente tabla nos presenta en forma resumida los valores de resultantes del proceso de erosión bajo diferentes escenarios:

Tabla I. 9 Valores de erosión hídrica por tipos de vegetación bajo diferentes escenarios.

POLIGONO CUSTF	SUPERFICIE (ha)	TIPO DE SUELO	ESCENARIO	TASA EROSION (ton/ha)
1	8.8085	Regosol	Condiciones actuales (CA)	18.046
			Sin vegetación	61.369
			Con remediación (CR)	9.022
BALANCE EN RECUPERACION DE SUELO (CA – CR):				**9.024**

Los valores de las tasas de erosión nos indican que, al ser removida la vegetación, la tasa de erosión en el área de interés aumentará tres veces más que la tasa de erosión actual; sin embargo, con las obras de remediación, el valor de la erosión hídrica actual se reducirá en un 50%.

I.1. 2 Erosión Eólica del suelo del área del proyecto

I.1.2.1 Pérdida de suelo por erosión eólica en condiciones actuales en el área total del proyecto

La erosión eólica, cuando se presenta, es causada por el arrastre de material edáfico derivada de la acción del viento en zonas donde existen pequeños depósitos de suelo limoso y donde la cobertura vegetal no es abundante.

Para el cálculo de la erosión eólica se utilizó la Ecuación de Predicción de Erosión Eólica (EPEE), propuesta por Wischmeier y Smith en 1978, modificada y adecuada para las diferentes condiciones de México por Figueroa et al. (1991).

Wischmeier, W.H. and Smith, D.D. (1978) Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning. Science, US Department of Agriculture Handbook, No. 537, Washington DC.

Figueroa-Sandoval, B., A. Amante-Orozco, G.G. Cortés-Torres, J. Pimentel-López, E.S. Osuna-Ceja, J.M. Rodriguez-Olvera y F.J. Morales-Flores. 1991. Manual de Predicción de Pérdidas de Suelo por Erosión. Colegio de Postgraduados. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Chapingo, México. 158 p.

La ecuación de la erosión eólica tiene la siguiente expresión matemática:

$$E = I*K*C*L*V$$

En donde:

E = Promedio anual de pérdida de suelo (ton/ha/año)
I = Susceptibilidad de erosión del suelo (ton/ha/año)
K = Rugosidad del suelo (adimensional)
C = Factor climático (%)
L = Longitud equivalente del terreno (ha)
V = Cantidad equivalente de cubierta vegetal (%)

La relación entre los factores que conforman la ecuación depende directamente de la intensidad del viento y su dirección en un promedio anual, así como de la longitud del terreno, sus barreras y la cobertura vegetal que presente. La información asignada a cada uno de los factores se basó en los datos obtenidos en campo, análisis de laboratorio y en información bibliográfica.

El valor de cada uno de los factores se obtuvo de la siguiente manera:

El parámetro *I* representa el potencial de pérdida de suelo y depende de la granulometría de éste. Se determina clasificando el suelo dentro de un grupo de erosionabilidad (8 posibles) según las propiedades de la superficie del suelo y a partir del porcentaje de agregados del suelo seco mayores de 0.8 mm.
Para la estimación de este factor se utilizó el método propuesto por Figueroa et al. (op. cit.), que agrupa los suelos por clase textural predominante de la capa superficial. Esta clase de textura superficial se basó en datos de campo y laboratorio.

Para el tipo de suelo del área del proyecto (Arena francosa) se asigna un valor de 301).

Tabla I. 10 Descripción de los grupos de erosionabilidad eólica (GEE) y sus valores de I.

GEE	Clase textural del suelo predominante en la capa superficial	% de agregados del suelo >0.84mm	Erosionabilidad del suelo "I" ton/ha/año
1	Arena muy fina, arena fina, arena media, o arena gruesa	1 2 3 5 7	696 561 494 404 359
2	Arena francosa, arena francosa fina	10	301
3	Franco arenoso muy fino, franco arenoso fino o franco arenoso	25	193
4	Arcillas, arcilla limosa, franco arcilloso y franco arcillo limoso no calcáreos con más del 35% de contenido de arcilla	25	193
4L	Franco y franco limoso calcáreos, franco arcillosos y franco arcillo limoso calcáreos con menos del 35% de contenido de arcilla	25	193
5	Franco y franco limoso no calcáreos con menos del 20% de arcilla, franco arcillo arenoso, arcillo arenoso	40	126
6	Franco y franco limoso no calcáreos con más del 20% de arcilla, franco arcilloso no calcáreo con menos del 35% de arcilla	45	108
7	Limoso, franco arcillo limoso no calcáreo con menos del 35% de arcilla	50	85
8	Suelos muy mojados o muy pedregosos que no pueden cultivarse, donde la erosión eólica no es un problema	-	-

El parámetro *K* es estimado a partir de la presencia de bordos o lomos presentes en el terreno, su orientación y longitud, así como la dirección del viento y su intensidad. Para el caso del área del proyecto, la rugosidad es considerada según la metodología de Wischmeier y Smith en 1978, modificada por Figueroa et al. (op. cit.), el cual menciona que la rugosidad al azar puede también reducir la erosión eólica pero por su propia naturaleza no puede estimarse en forma consistente y en el caso de la rugosidad al azar se le asigna un valor de uno. Por otro lado, Eltaif y Gharaibeh (2011) mencionan que el factor de la rugosidad de las crestas (bordos) del suelo y la condición de la superficie del campo en un momento determinado durante el análisis de erosión, tal como las crestas y los terrones son usualmente descritos por el valor K, el cual es un decimal de 0.1 a 1.0. Por otra parte, cuando la eficacia de los bordos y de la rugosidad aumenta, el valor K disminuye.

1. Terrenos sin rugosidad de las crestas (suelo nivelado): K=1
2. Terrenos con rugosidad aleatoria de las crestas (terreno natural): K= 0.75
3. Terrenos con rugosidad al azar de las crestas (suelo con medidas de protección) K= 0.50
4. Terrenos con rugosidad planeada de las crestas (suelo con medidas de protección) K= 0.10

En este estudio, para obtener el valor K en condiciones actuales, se consideró la condición número 2 de las propuestas anteriores tomando en cuenta que es un terreno natural sin medidas de protección (***K= 0.75***).

Eltaif, N.I. y M. A. Gharaibeh. 2011. Aplicación de un Modelo Matemático para Predecir y Reducción de la Erosión Eólica en Tierras Aridas no Protegidas. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, Volumen XVII, Edición Especial: 195-206, 2011.

Figueroa-Sandoval, B., A. Amante-Orozco, G.G. Cortés-Torres, J. Pimentel-López, E.S. Osuna-Ceja, J.M. Rodríguez-Olvera y F.J. Morales-Flores. 1991. Manual de Predicción de Pérdidas de Suelo por Erosión. Colegio de Postgraduados. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Chapingo, México. 158 p.

El cuanto al parámetro *C*, este se estima con base en la ecuación desarrollada por Chepil et al. (1962), que considera que la tasa de movimiento del suelo varía directamente con la velocidad del viento; así, Woodruff y Armbrust (1968), desarrollaron un método para estimar la energía del viento en un año.

Chepil, W. S.; Siddoway, F. H.; Armbrust, D. D. 1962. Climatic factor for estimating wind erodibility of farm fields. J Soil Water Conserv. 17: 162-165 pp.
Woodruff, N. P. and D. V. Armbrust. 1968. A Monthly Climatic Factor for Wind Erosion Equation, Journal of Soil and Water Conservation, 23, 103–104.

Para el caso de México, Figueroa-Sandoval et. al. (op. cit.), agruparon los observatorios del país en doce conglomerados homogéneos, los cuales se muestran en la Figura inferior.

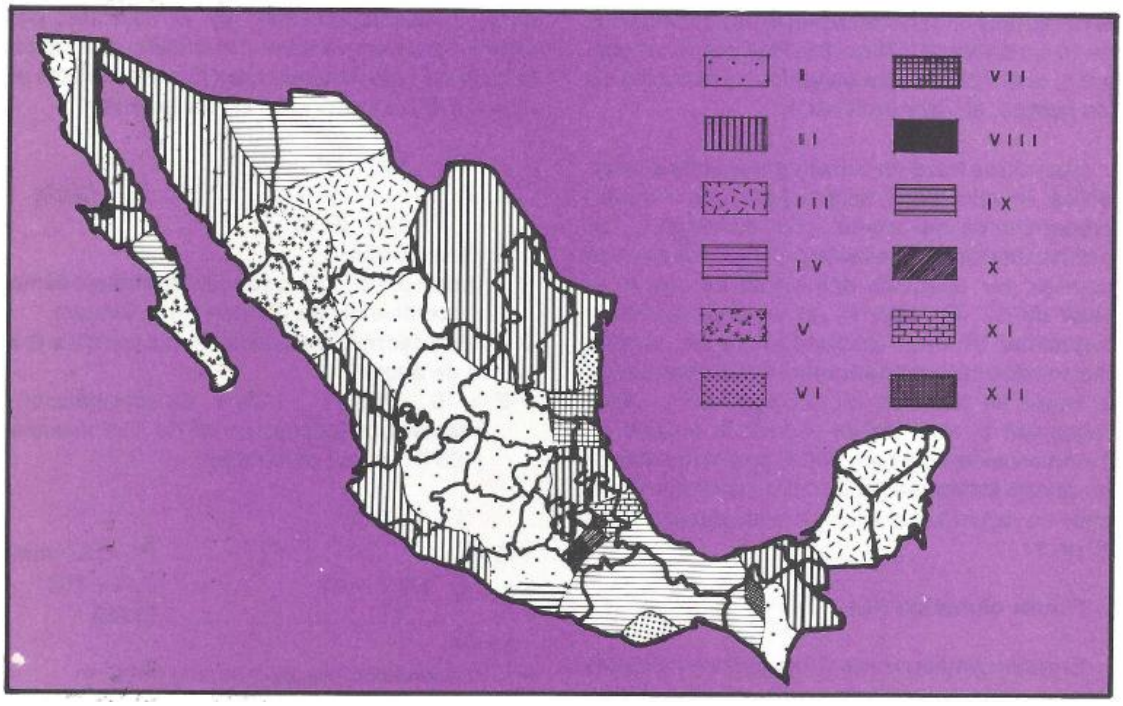


Figura I. 4 Distribución de los conglomerados para la distribución mensual del factor C.

El área de interés se encuentra en el conglomerado o grupo 2 y los valores para cada mes se muestran en el Cuadro VI.11, de tal forma que el promedio anual es de: 8.3.

Tabla I. 11 Porcentaje mensual del factor climático anual C para los 12 conglomerados.

GRUPO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
1	8.9	11.7	15.7	11.5	9.8	7.3	6.0	5.8	5.4	5.3	5.7	6.7	-
2	**6.4**	**7.8**	**9.1**	**9.5**	**8.6**	**9.1**	**10.0**	**10.7**	**8.6**	**7.4**	**7.2**	**5.6**	**8.3**
3	7.1	8.5	15.4	18.5	15.5	8.0	6.4	4.0	3.7	3.9	4.5	4.4	-
4	11.8	14.5	10.3	8.3	6.6	4.7	4.6	3.7	4.0	8.0	11.8	11.5	-
5	5.2	6.4	9.4	11.9	15.7	16.8	9.3	5.6	6.6	4.6	4.6	3.8	-
6	45.1	4.7	7.9	7.6	5.8	4.9	4.0	4.7	3.1	3.1	3.5	5.6	-
7	5.5	6.2	12.1	10.7	7.7	8.6	23.2	5.2	5.1	5.4	6.9	3.3	
8	3.8	4.3	6.2	4.8	5.7	6.3	10.0	6.9	2.8	44.2	2.9	2.2	-
9	2.7	20.7	36.9	3.5	9.6	4.4	3.3	5.9	2.6	4.0	3.7	2.6	-
10	6.1	7.2	9.5	7.8	6.1	5.2	5.1	4.4	3.5	6.4	4.0	34.7	-
11	3.5	4.9	5.8	5.8	6.4	4.4	5.0	4.8	6.1	5.8	42.9	4.5	-
12	5.8	7.8	7.2	5.6	3.6	2.6	3.3	3.5	46.7	4.4	4.7	4.8	-

C = 8.3

El parámetro *L* Es la distancia desprotegida del terreno y se estima aplicando el nomograma de Wischmeier y Smith, modificado y adecuado para las diferentes condiciones de México por Figueroa et al. (op. cit.), para determinar la distancia a través de la faja de terreno a lo

largo de la dirección prevaleciente del viento, para lo cual se requiere conocer la dirección del viento y el ángulo en que incide con el terreno.

En el caso del área propuesta para CUSTF, como todo el largo del terreno no es paralelo a la dirección del viento, se toma el valor de 0.0100 del siguiente cuadro:

Tabla I. 12 Cálculo de la distancia desprotegida a lo largo de la dirección prevaleciente del viento.

Angulo de desviación de la perpendicular a lo largo del extremo más largo del terreno	Factor de Corrección
0°	0.0100
22.5°	0.0108
45°	0.0141
67.5°	0.0261
90°	L´ = longitud del terreno

L = 0.0100

El parámetro *V* se obtiene considerando tres subfactores: el porcentaje de residuos vegetales superficiales del suelo, la clase de cobertura vegetal (densidad, superficie y altura), y la orientación, uniformidad, distribución y ancho de la vegetación.

El área del proyecto presenta 4 tipos de vegetación diferente y, por consiguiente, cada uno tiene un valor de cobertura vegetal diferente, por lo que se tiene que estimar la tasa de erosión eólica para cada uno de ellos.

Matorral Desértico Micrófilo (MDM)

Con los datos tomados en campo para la cobertura vegetal, se estimó que para el caso del Matorral Desértico Micrófilo se tiene una cobertura del 13%, además considerando que el material residual vegetativo en el área es de 30%, el valor de factor V será de: 0.43, es decir, la suma de 13%+30%/100%.

$$V = 0.43$$

Sustituyendo los valores de los factores de la EPEE considerados para el predio y que fueron calculados en el Estudio Técnico Justificativo tenemos que:

$$E = I*K*C*L*V$$
$$E = 301 * 0.75 * 8.3 * 0.01 * 0.43$$
E = 8.0570 ton/ha/año

Si tomamos en cuenta que el área del proyecto con MDM, tiene una superficie de 5.9400 ha y el índice de erosión eólica calculado es de 8.0570 ton/ha/año, se obtiene que la pérdida potencial actual de suelo en el predio es el valor reportado en la siguiente tabla:

Tabla I. 13 Pérdida potencial actual del suelo por acción eólica en el área del proyecto.

Tipo de cobertura	Índice de erosión eólica (ton/ha/año)	Superficie (ha)	Erosión actual (ton/predio/año)
Matorral Desértico Micrófilo	8.0570	5.9400	**47.8587**

Matorral Sarcocaule (MS)

Con los datos tomados en campo para la cobertura vegetal, se estimó que para el caso del Matorral Sarcocaule se tiene una cobertura del 14%, además considerando que el material residual vegetativo en el área es de 30%, el valor de factor V será de: 0.44, es decir, la suma de 14%+30%/100%.

$$V = 0.44$$

Sustituyendo los valores de los factores de la EPEE considerados para el predio y que fueron calculados en el Estudio Técnico Justificativo tenemos que:

$$E = I*K*C*L*V$$
$$E = 301 * 0.75 * 8.3 * 0.01 * 0.44$$
E = 8.2444 ton/ha/año

Si tomamos en cuenta que el área del proyecto con MS, tiene una superficie de 0.3635 ha y el índice de erosión eólica calculado es de 8.2444 ton/ha/año, se obtiene que la pérdida potencial actual de suelo en el predio es el valor reportado en la siguiente tabla:

Tabla I. 14 Pérdida potencial actual del suelo por acción eólica en el área del proyecto.

Tipo de cobertura	Índice de erosión eólica (ton/ha/año)	Superficie (ha)	Erosión actual (ton/predio/año)
Matorral Sarcocaule	8.2444	0.3635	**2.9968**

Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Sarcocaule (VSAMS)

Con los datos tomados en campo para la cobertura vegetal, se estimó que para el caso del ecosistema con Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Sarcocaule se tiene una cobertura del 5%, además considerando que el material residual vegetativo en el área es de 30%, el valor de factor V será de: 0.35, es decir, la suma de 5%+30%/100%.

$$V = 0.35$$

Sustituyendo los valores de los factores de la EPEE considerados para el predio y que fueron calculados en el Estudio Técnico Justificativo tenemos que:

$$E = I*K*C*L*V$$
$$E = 301 * 0.75 * 8.3 * 0.01 * 0.35$$
$$\mathbf{E = 6.5580\ ton/ha/año}$$

Si tomamos en cuenta que el área del proyecto con MDM, tiene una superficie de 0.9700 ha y el índice de erosión eólica calculado es de 6.5580 ton/ha/año, se obtiene que la pérdida potencial actual de suelo en el predio es el valor reportado en la siguiente tabla:

Tabla I. 15 Pérdida potencial actual del suelo por acción eólica en el área del proyecto.

Tipo de cobertura	Índice de erosión eólica (ton/ha/año)	Superficie (ha)	Erosión actual (ton/predio/año)
Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Sarcocaule	6.5580	0.9700	**6.3613**

Mezquital Xerófilo (MX)

Con los datos tomados en campo para la cobertura vegetal, se estimó que para el caso del Mezquital Xerófilo se tiene una cobertura del 11%, además considerando que el material

residual vegetativo en el área es de 30%, el valor de factor V será de: 0.41, es decir, la suma de 11%+30%/100%.

$$V = 0.41$$

Sustituyendo los valores de los factores de la EPEE considerados para el predio y que fueron calculados en el Estudio Técnico Justificativo tenemos que:

$$E = I*K*C*L*V$$
$$E = 301 * 0.75 * 8.3 * 0.01 * 0.41$$
$$\mathbf{E = 7.6823\ ton/ha/año}$$

Si tomamos en cuenta que el área del proyecto con MX, tiene una superficie de 1.5350 ha y el índice de erosión eólica calculado es de 7.6823 ton/ha/año, se obtiene que la pérdida potencial actual de suelo en el predio es el valor reportado en la siguiente tabla:

Tabla I. 16 Pérdida actual del suelo por acción eólica en el área del proyecto.

Tipo de cobertura	Tasa de erosión eólica (ton/ha/año)	Superficie (ha)	Erosión actual (ton/predio/año)
Mezquital Xerófilo	7.6823	1.5350	**11.7923**

Así pues, considerando las tasas de erosión eólica estimadas para los diferentes tipos de vegetación existentes en el área propuesta para CUSTF, se tiene que en condiciones actuales se pierden 69.009 toneladas de suelo en el área del proyecto al año.

Tabla I. 17 Valores de erosión eólica actual en las áreas de los diferentes tipos de vegetación.

TIPO DE VEGETACIÓN	EROSION ACTUAL (ton/ha año)	AREA CUSTF	EROSION ACTUAL PROYECTO (ton/año)
Matorral Desértico Micrófilo (MDM)	8.0570	5.9400	47.859
Matorral Sarcocaule (MS)	8.2444	0.3635	2.997
Mezquital Xerófilo (MX)	7.6823	1.5350	11.792
Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Sarcocaule (VSAMS)	6.5580	0.9700	6.361
	TOTAL:	**8.8085**	**69.009**

I.1.2.2 Pérdida de suelo por erosión eólica en condiciones de remoción de la vegetación en el área total del proyecto

En virtud de que al realizarse actividades de desmonte en el área del proyecto, el suelo quedará desprotegido por la cubierta vegetal en un 100% lo cual provocará un

desprendimiento y arrastre de material edáfico por acción del viento. Así, en el área del proyecto, se puede asumir que el grado de erosión o pérdida de suelo por la acción del viento se incrementará en forma significativa.

Para calcular la erosión eólica en condiciones de desmonte, el parámetros K de la ecuación universal de pérdida del suelo por erosión eólica adquiere el valor de 1.0, mientras que el factor V no se toma cuenta en la ecuación, ya que no existe una cubierta vegetal protectora del suelo.

Así pues, substituyendo valores en la ecuación universal de pérdida del suelo por erosión eólica (E = I*K*C*L) para el caso del área del proyecto en todos sus tipos de vegetación después del desmonte se tiene que:

$$E = 301 * 1.0 * 8.3 * 0.01$$

E = 17.6380 ton/ha/año

Así pues, considerando las tasas de erosión eólica estimadas para los diferentes tipos de vegetación existentes en el área propuesta para CUSTF, se tiene que en condiciones de suelo desnudo se pierden 220.063 toneladas de suelo en el área del proyecto al año.

Tabla I. 18 Pérdida potencial actual del suelo por acción eólica en las áreas del proyecto después de la deforestación.

TIPO DE VEGETACIÓN	EROSION CON DESMONTE (ton/ha año)	AREA CUSTF	EROSION CON DESMONTE PROYECTO (ton/año)
Matorral Desértico Micrófilo (MDM)	24.9830	5.9400	148.399
Matorral Sarcocaule (MS)	24.9830	0.3635	9.081
Mezquital Xerófilo (MX)	24.9830	1.5350	38.349
Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Sarcocaule (VSAMS)	24.9830	0.9700	24.234
	TOTAL:	**8.8085**	**220.063**

I.1.2.3 Pérdida de suelo por erosión eólica con acciones de remediación

Como se mencionó anteriormente, una vez realizadas las actividades de desmonte y despalme de la capa superior del suelo, se iniciarán las actividades de construcción de proyecto carretero y con ello desaparecerá el recurso suelo como tal y, al no existir suelo erosionable,

el proceso de erosión toma un valor de cero; sin embargo, para compensar la pérdida de suelo por erosión eólica ocasionada con el desarrollo del proyecto, mediante las actividades de rescate y reforestación en otras áreas circundantes del matorral sarcocaule, se pretende mejorar las condiciones de retención de suelo hasta alcanzar, al menos, la tasa de erosión eólica que se presenta en condiciones actuales.
En este estudio, para obtener el valor K se consideraron los servicios que brindan las terrazas individuales y los bordos en curvas a nivel como medidas de protección, cuyos valores van de 0.1 a 0.5 y que en este proyecto se asignó a K un valor de 0.3. Para calcular la erosión eólica en condiciones de reforestación, como ya se explicó anteriormente, el factor V se obtiene considerando tres subfactores: el porcentaje de residuos vegetales superficiales del suelo, la clase de cobertura vegetal (densidad, superficie y altura), y la orientación, uniformidad, distribución y ancho de la vegetación (Figueroa et al., op. cit.).

En las áreas de remediación del proyecto se pretende establecer una densidad de plantas que produzcan, un mínimo de 80% de cobertura vegetal en sus 4 tipos de vegetación, por lo que al estimar la tasa de erosión eólica para cada uno de ellos, el valor de pérdida del suelo será el mismo, pero diferente en cuanto a la superficie afectada.

Substituyendo valores en la ecuación universal de pérdida del suelo por erosión eólica (E= I*K*C*L*V) para el caso del área del proyecto con MDM se tiene que:

$$E = I*K*C*L*V$$
$$E = 301* 0.3 * 8.3 * 0.01 * 0.80$$
$$\mathbf{E = 5.9959\ ton/ha/año}$$

Tabla I. 19 Pérdida potencial actual del suelo por acción eólica en el área del proyecto después de la deforestación.

TIPO DE VEGETACIÓN	EROSION CON REMEDIACION (ton/ha año)	AREA CUSTF	EROSION CON REMEDIACION PROYECTO (ton/año)
Matorral Desértico Micrófilo (MDM)	5.9959	5.9400	35.616
Matorral Sarcocaule (MS)	5.9959	0.3635	2.180
Mezquital Xerófilo (MX)	5.9959	1.5350	9.204
Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Sarcocaule (VSAMS)	5.9959	0.9700	5.816
	TOTAL:	**8.8085**	**52.815**

La erosión eólica del suelo en el área del proyecto bajo condiciones de remediación, se estima que es de 52.815 toneladas por hectárea al año; extrapolando los valores obtenidos al área total que estaría sujeta a cambio de uso del suelo en el terreno del proyecto (8.8085 ha), esto

nos da un total de 52.815 toneladas de suelo al año, lo que corresponde a 22.4860 toneladas de suelo al año menores a las del área del proyecto en condiciones actuales.

Tabla I. 20 Valores de erosión eólica por tipos de vegetación bajo diferentes escenarios.

POLIGONO	SUPERFICIE (ha)	TIPO DE SUELO	ESCENARIO	TASA EROSION (ton/ha)
1	8.8085	Regosol	Condiciones actuales	69.009
			Sin vegetación	220.063
			Con remediación	52.815
BALANCE EN RECUPERACION DE SUELO:				**16.194**

Sumando los dos tipos de erosión para conocer la tasa de pérdida de suelo total (toneladas/año) en las 8.8085 ha del proyecto, tenemos los siguientes resultados:

Tabla I. 21 Balance en la pérdida del suelo por acción conjunta de la erosión por el agua y el viento en el área del proyecto después de la deforestación.

TIPO DE EROSION	EROSION ACTUAL	EROSION CON DEFORESTACION	EROSION CON REMEDIACION	BALANCE DE RECUPERACION
Hídrica	18.046	61.369	9.022	9.024
Eólica	69.009	220.063	52.815	16.194
TOTAL:	**87.055**	**281.432**	**61.837**	**25.218**

Como se aprecia en la tabla anterior, debido a las condiciones del relieve del área del proyecto, la tasa de erosión total en el escenario con deforestación se incrementa 3 veces el valor de la tasa de erosión total actual, aunque con las medidas de remediación, se recupera la pérdida de suelo con una situación favorable, es decir, con una tasa de erosión menor a la que se presenta en condiciones actuales.

I.2 Análisis de la calidad, captación e infiltración del agua

I.2.1 Volumen de captación de agua

Para el cálculo de los valores hipotéticos de escurrimiento anual y evapotranspiración, se utilizó información de registros climatológicos, de la estación FELIX GOMEZ con clave 26035 de la Base de Datos compilada por el Servicio Meteorológico Nacional, por ser la información estandarizada y oficial vigente.

Se tomó como dato de precipitación promedio anual acumulada 98.5 mm que corresponde a los registros de esa estación meteorológica. Como resultado del análisis anterior se determinó que los valores hipotéticos de escurrimiento anual y evapotranspiración son los mismos para toda la cuenca hidrológráfica del proyecto y por consiguiente del área propuesta para CUSTF.

Así pues, la lámina de agua infiltrada al subsuelo, calculada hipotéticamente para determinar la captación de agua de la microcuenca de interés, es la misma para todas las zonas donde puede haber captación de agua superficial al subsuelo dentro de la microcuenca y solo se multiplica por la superficie de esas zonas de captación para determinar el volumen de agua captado en un año típico.
Para determinar la lámina de infiltración de agua se utilizó la ecuación de continuidad de Balance Hídrico (Ordoñez-Gálvez, 2011):

$$P = (ETP + Es + I)$$

Donde:
P = Precipitación pluvial;
ETP = Evapotranspiración;
Es = Escurrimiento superficial;
I = Tasa de infiltración.
De la cual se despeja "***I***" para determinar la infiltración que en nuestro caso corresponde al volumen de captación de agua, resultando la ecuación matemática:

$$I = P - ETP – Es$$

Ordoñez-Gálvez, J.J. 2011. Cartilla Técnica: Balance Hídrico Superficial. Sociedad Geográfica de Lima. Lima, Perú. 44p.

Para el valor de P, como se mencionó anteriormente, se tomó la precipitación media anual acumulada reportada en la estación climatológica más cercana al área del proyecto, la cual es de: 98.5 mm/año.

Para el parámetro ETP, se calculó el valor de evapotranspiración real para la zona, que corresponde al agua producto de la lluvia que retorna a la atmósfera por los fenómenos de evaporación directa y transpiración de las plantas. Para ello se tomó la ecuación de Coutagne, referida por Ordóñez-Gálvez (op.cit.) en la cual se tiene que:

$$\boldsymbol{ETP_R = P - \lambda * P2}$$

Donde:

$\boldsymbol{ETP_R}$ = Evapotranspiración real
$\boldsymbol{P}$ = Precipitación media anual = 98.5 mm = 0.0985 m^3
$\boldsymbol{\lambda = 1/(0.8+0.14*t)}$
$\boldsymbol{t}$ = Temperatura media anual = 20.6 ºC

Sustituyendo valores, se tiene que:

$$\boldsymbol{\lambda = 1/(0.8+0.14*20.6)}$$
$$\boldsymbol{\lambda = 0.271530072}$$

Entonces:

$$\boldsymbol{ETP_R = 0.0985 - ((0.271530072*(0.0985)^2) = 0.0958\ m^3 = 95.8\ mm/año}$$

El valor del coeficiente de escurrimiento (*Es*) fue tomado de la información generada por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), en la serie Conjuntos de Datos Vectoriales de la Carta de Aguas Superficiales escala 1:250,000 Serie I, Isla Ángel de la Guarda H12-7. En esa carta se presentan unidades de escurrimiento las cuales son áreas en las que el escurrimiento tiende a ser uniforme debido principalmente, a sus características de permeabilidad, cubierta vegetal y precipitación media. Como resultado del análisis de estos factores se obtiene un coeficiente de escurrimiento que representa el porcentaje de agua precipitada que escurre superficialmente; para el caso de la zona de estudio, los valores del escurrimiento están en un rango de 0 a 5%, dependiendo de la cobertura vegetal que está protegiendo al suelo.

La permeabilidad influye en relación inversa al comportamiento del escurrimiento, es decir, a mayor permeabilidad, menor escurrimiento. Las características de permeabilidad de los materiales constituyentes del área están clasificadas en 3 tipos: alta, media y baja, en función

de su capacidad de infiltración. La permeabilidad alta predomina en las arenas de areniscas sin cementante, así como los suelos de origen aluvial, que contiene cantidades importantes de arenas, ampliamente extendidas en las planicies.

La precipitación es otro de los factores importantes del escurrimiento ya que depende de su intensidad y su frecuencia, la rapidez con que el suelo es saturado y comienza la escorrentía.

I.2.1.1 Captación actual de agua en las áreas del CUSTF

Matorral Desértico Micrófilo (MDM)

Valor de "Es" en el MDM del proyecto en condiciones actuales = **2.2 mm/año**

Así pues, se tiene que la infiltración actual de agua en los tipos de vegetación del área donde se solicita el cambio de uso del suelo, con base en los datos anteriores será igual a:

$$I = P - ETP_R - Es$$

I = 98.5 mm/año – 95.8 mm/año – 2.2 mm/año

$$I = 0.4 \text{ mm/año}$$

De acuerdo a los datos climatológicos de la estación más cercana, es evidente que la zona donde se solicita el cambio de uso del suelo existe poca infiltración debido a que la tasa de precipitación, es apenas superior que la de evapotranspiración, por ello la infiltración calculada para las zonas de captación resulta mínima.

Matorral Sarcocaule (MS)

Valor de "Es" en el MS del proyecto en condiciones actuales = **2.2 mm/año**

Así pues, se tiene que la infiltración actual de agua en los tipos de vegetación del área donde se solicita el cambio de uso del suelo, con base en los datos anteriores será igual a:

$$I = P - ETP_R - Es$$

I = 98.5 mm/año – 95.8 mm/año – 2.2 mm/año

$$I = 0.4 \text{ mm/año}$$

De acuerdo a los datos climatológicos de la estación más cercana, es evidente que la zona donde se solicita el cambio de uso del suelo existe poca infiltración debido a que la tasa de precipitación, es apenas superior que la de evapotranspiración, por ello la infiltración calculada para las zonas de captación resulta mínima.

Mezquital Xerófilo (MX)

Valor de "Es" en el Mx del proyecto en condiciones actuales = **2.1 mm/año**

Así pues, se tiene que la infiltración actual de agua en los tipos de vegetación del área donde se solicita el cambio de uso del suelo, con base en los datos anteriores será igual a:

$$I = P - ETP_R - Es$$
I = 98.5 mm/año – 95.8 mm/año – 2.1 mm/año
$$I = 0.5 \text{ mm/año}$$

De acuerdo a los datos climatológicos de la estación más cercana, es evidente que la zona donde se solicita el cambio de uso del suelo existe poca infiltración debido a que la tasa de precipitación, es apenas superior que la de evapotranspiración, por ello la infiltración calculada para las zonas de captación resulta mínima.

Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Sarcocaule (VSAMS)

Valor de "Es" en el VSAMS del proyecto en condiciones actuales = **3.3 mm/año**

Así pues, se tiene que la infiltración actual de agua en los tipos de vegetación del área donde se solicita el cambio de uso del suelo, con base en los datos anteriores será igual a:

$$I = P - ETP_R - Es$$
I = 98.5 mm/año – 95.8 mm/año – 3.3 mm/año
$$I = -0.6 \text{ mm/año}$$

De acuerdo a los datos climatológicos de la estación más cercana, es evidente que la zona donde se solicita el cambio de uso del suelo existe un déficit de infiltración debido a que la tasa de precipitación, es menor que la pérdida de agua por evapotranspiración y escurrimiento.

El volumen de infiltración de agua captada en el área del proyecto en condiciones actuales se muestra en la Tabla.

Tabla I. 22 Volumen de infiltración actual de agua (m3) en las áreas propuestas para CUSTF.

TIPO DE VEGETACIÓN	"I" (m)	ÁREA CUSTF (m^2)	VOLUMEN DE "I" m^3
Matorral Desértico Micrófilo (MDM)	0.0004	59400	23.760
Matorral Sarcocaule (MS)	0.0004	03635	1.454
Mezquital Xerófilo (MX)	0.0005	15350	7.675
Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Sarcocaule (VSAMS)	-0.0006	9700	-5.82
Volumen total de infiltración:			**27.069**

El volumen de captación de agua del área donde se solicita el cambio de uso del suelo, en las condiciones actuales presenta un volumen de 27.069 m^3 anuales.

I.2.1.2 Captación de agua en las áreas del CUSTF después de removida la vegetación

En virtud de que al realizarse actividades de desmonte en el área del proyecto, el suelo quedará desprotegido por la cubierta vegetal en un 100% lo cual provocará un incremento en el escurrimiento, de tal manera que después de una precipitación se incrementará en forma significativa y la infiltración será aún menor que en condiciones actuales.

Como se indica en la Tabla I.15, si no existe cubierta vegetal el escurrimiento aumenta a 5%, adquiriendo un nuevo valor de 5.0 para todos los tipos de vegetación:

$$\boldsymbol{I = P - ETP_R - Es}$$

I = 98.5 mm/año – 95.8 mm/año – 5.0 mm/año

$$\boldsymbol{I = -2.4\ mm/año}$$

Tabla I. 23 Volumen de infiltración de agua bajo condiciones de desmonte en las áreas propuestas para CUSTF.

TIPO DE VEGETACIÓN	"I" (m)	ÁREA CUSTF (m^2)	VOLUMEN DE "I" m^3
Matorral Desértico Micrófilo (MDM)	-0.0024	59400	-142.56
Matorral Sarcocaule (MS)	-0.0024	03635	-8.724
Mezquital Xerófilo (MX)	-0.0024	15350	-36.84
Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Sarcocaule (VSAMS)	-0.0024	9700	-23.28
Volumen total de infiltración:			**-211.404**

El volumen de captación de agua del área donde se solicita el cambio de uso del suelo, en las condiciones actuales presenta un déficit de 211.404 m^3 anuales.

I.2.1.3 Captación de agua en las áreas del CUSTF aplicando actividades de remediación

Al llevarse a cabo las actividades de construcción de la carretera, el suelo en toda el área del proyecto quedará sellado de tal forma que no habrá captación de agua después de los eventos lluviosos. Sin embargo, para compensar y retribuir esa recarga al acuífero de la cuenca hidrográfica, se propone realizar actividades de remediación en áreas adyacentes.

En virtud de que al realizarse actividades de compensación en el área del proyecto, el suelo quedará protegido por una mayor cubierta vegetal en un mínimo de 80% lo cual provocará un decremento en el escurrimiento y un incremento en la infiltración, de tal manera que después de una precipitación se incrementará en forma significativa la infiltración la cual será mayor que en condiciones actuales.

Como se indica en la Tabla I.24, si existe una mayor cubierta vegetal el escurrimiento disminuye a 1%, adquiriendo un nuevo valor de 1.0 para todos los tipos de vegetación:

$$\boldsymbol{I = P - ETP_R - Es}$$

$$I = 98.5 \text{ mm/año} – 95.8 \text{ mm/año} – 1 \text{ mm/año}$$

$$\boldsymbol{I = 1.6 \text{ mm/año}}$$

Tabla I. 24 Volumen de infiltración de agua bajo condiciones de mitigación en las áreas propuestas para CUSTF.

TIPO DE VEGETACIÓN	"I" (m)	ÁREA CUSTF (m^2)	VOLUMEN DE "I" m^3
Matorral Desértico Micrófilo (MDM)	0.001	59400	59.4
Matorral Sarcocaule (MS)	0.001	03635	3.635
Mezquital Xerófilo (MX)	0.001	15350	15.35
Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Sarcocaule (VSAMS)	0.001	9700	9.7
Volumen total de infiltración:			**88.085**

El volumen de captación de agua en el área donde se solicita el cambio de uso del suelo, condiciones con actividades de remediación presenta un volumen de 88.085 m^3 anuales, lo cual representa una ganancia en captación de agua de 61.986 m^3 anuales con respecto a la tasa de infiltración en condiciones actuales.

La siguiente tabla nos muestra el balance hídrico en el área del proyecto bajo los 3 diferentes escenarios que podrían presentarse a lo largo del cambio de uso de suelo:

Tabla I. 25 Valores de erosión hídrica por tipos de vegetación bajo diferentes escenarios.

POLIGONO CUSTF	SUPERFICIE (ha)	TIPO DE SUELO	ESCENARIO	TASA DE INFILTRACION (m^3/año)
1	8.8085	Regosol	Condiciones actuales (CA)	26.099
			Sin vegetación	-211.404
			Con remediación (CR)	88.085
BALANCE EN RECUPERACION DE SUELO (CR – CA):				**61.986**

I.2.2 Análisis de la calidad del agua

Como parte de los trabajos de campo del estudio realizado por la Comisión Nacional del Agua en el año 2022 (CONAGUA, 2024), se tomaron muestras de agua subterránea para la caracterización hidrogeoquímica y su análisis fisicoquímico correspondiente.

La calidad del agua se determina a partir de un análisis físico, químico y bacteriológico, el cual puede variar desde sencillo hasta complejo, que incluye una gran variedad de especies en el agua dependiendo del uso al que se destine, ya sea: agua potable, riego agrícola, abrevadero en ganadería o uso industrial. También se toman en cuenta las características observadas en la zona, como por ejemplo: en una zona minera, es conveniente determinar las concentraciones de algunos metales que puedan ser nocivos a la salud; en lugares próximos a poblados o establos, debe analizarse el contenido de nitratos y organismos coliformes, etc. En el presente estudio solamente se contempla el uso agrícola del agua. El análisis físico-químico señala en general un 64% de las muestras con agua de calidad aceptable para riego. El resto de las muestras resultó con alto contenido de sodio en el agua analizada, en porcentajes que sobrepasan los valores límites permitidos por las normas para el uso agrícola. Sin embargo, con mejoramiento de suelos es factible en otras condiciones su uso para el riego.

CONAGUA. 2024. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Arivaipa (2618), Estado de Sonora. Subdirección General Técnica. Gerencia de Aguas Subterráneas. Comisión Nacional del Agua. Ciudad de México. 24 p.

En lo que respecta a la calidad del agua que fluya sobre el área de rescate y reforestación en tiempos de lluvias, podrá ser filtrada por las capas superficiales del suelo del ecosistema de tal forma que el volumen del acuífero subterráneo será enriquecido con aguas de buena calidad.