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

AMOZOC
GOBIERNO MUNICIPAL 2024 - 2027

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

SECTOR HIDRÁULICO

PROYECTO EJECUTIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE 1 (UNA) PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y CRUCES ESPECIALES EN ZONA FEDERAL



CONSULTA PÚBLICA

CEMAUR

CONTENIDO

1 DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE, DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO....1
1.1 Datos generales del proyecto....1
1.1.1 Nombre del proyecto....1
1.1.2 Ubicación del proyecto....1
1.2 Superficies generales del Proyecto....4
1.3 Datos generales del promovente....11
1.3.1 Nombre o razón social....11
1.3.2 Registro Federal de Contribuyentes del promovente....11
1.3.3 Nombre y cargo del representante legal....11
1.3.4 Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones....11
1.3.5 Teléfono y correo electrónico de contacto....11
1.4 Responsable de la Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental....11
1.4.1 Nombre o Razón Social....11
1.4.2 Correo(s) electrónico(s)....11
1.4.3 Protesta de decir verdad....12
1.5 Etapas del proyecto....13
1.5.1 Descripción de la preparación del sitio (incluyendo obras temporales o provisionales).....13
1.5.2 Descripción de la etapa de construcción (englobando obras complementarias) incluir la descripción de los procesos constructivos y lo relativo a materiales de construcción, maquinaria y bancos de materiales requeridos para la construcción del proyecto.....15
1.5.3 Descripción de la etapa de operación.....24
1.5.4 Descripción de la etapa de mantenimiento.....34
1.5.5 Descripción de la etapa de abandono y desmantelamiento.....35
1.6 Costos de inversión del proyecto....35
1.7 Duración estimada del Proyecto (conforme al cronograma de trabajo)36
1.8 Resumen de Características del Proyecto....36

CONSULTA PÚBLICA

1.8.1 Superficie de incidencia en la zona federal y/o cuerpos de agua..... 39
1.8.2 Superficies de incidencia en Área Natural Protegida (ANP) Federal. 40
1.9 Anteproyectos de las diferentes opciones analizadas..... 40
1.9.1 Considerando las alternativas tecnológicas y de ubicación,..... 40
1.10 Cronograma detallado de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, abandono (desmantelamiento), con indicadores de tiempo y recursos [esta información se considera para establecer los plazos de la vigencia del proyecto en sus diferentes etapas]. 42
1.11 Volumen de material que será removido durante la etapa de preparación del sitio y construcción (derivados de cortes, excavaciones, dragados, movimientos de tierra), y de ser el caso, durante la etapa de operación 43
1.12 Cambio de Uso de Suelo de Áreas Forestales así como en selvas y zonas áridas. 43
2 VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN SOBRE USO DEL SUELO. 45
2.1 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)..... 46
2.2 Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (LGEEPA) 47
2.3 Ley de Aguas Nacionales..... 48
2.4 Decreto del Ejecutivo, que declara Área Natural Protegida de Jurisdicción Estatal: 50
2.5 Sitios ramsar..... 52
2.6 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)53
2.7 Programa de Estatal de Ordenamiento Ecológico del Estado de Puebla 57
2.8 Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Puebla (PEOTDUEP)..... 63
2.9 Programa Municipal de Desarrollo Urbano Sustentable de Amozoc 64
2.10 Plan Municipal de Desarrollo del Municipio de Amozoc, Puebla 2024-2027 67
2.11 Normas Oficiales Mexicanas 68
2.12 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos..... 71
3 DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA.....72

CONSULTA PÚBLICA

3.1 Elementos utilizados para la delimitación de la Región o Regiones Ecológicas de acuerdo con las características y alcances del Proyecto.....72
3.1.1 Criterios para delimitación.....72
3.1.2 Superficie de la Región Ecológica.....79
3.2 Componentes Ambientales.....84
3.2.1 Identificar los componentes ambientales de la región ecológica y área de influencia que tendrán interacción con la ejecución del proyecto. 84
3.3 Descripción de los tipos de uso de suelo y vegetación presentes en la Región o Regiones Ecológicas.....112
3.4 Especies potenciales.....115
3.5 Resumen y metodología de muestreos en el Área del Proyecto (AP), Área de Influencia (AI) y Región Ecológica (RE).....116
3.5.1 Reconocimiento y gabinete previo.....116
3.5.2 Diseño y número de unidades de muestreo.....117
3.6 Especies identificadas en campo endémicas o que se encuentren en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 120
3.6.1 Composición florística.....120
3.6.2 Fauna potencial de la Region Ecológica.....121
3.7 Diagnóstico ambiental.....123
3.7.1 Análisis del grado de conservación o deterioro de la región ecológica. 123
3.7.2 Diagnóstico integral de la situación de la región ecológica, conforme a la información analizada en las secciones anteriores.....124
3.7.3 Escenario a futuro de la región ecológica.....126
4 IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN.....129
4.1 Metodología empleada para la identificación, análisis y evaluación de impactos, en particular los impactos negativos significativos, sinérgicos, acumulativos y residuales; así como, la justificación de su selección.....129
4.1.1 Indicadores de impacto 131
4.1.2 Criterios y metodologías de evaluación.....131
4.2 Impactos ambientales existentes en la Región Ecológica para el posterior análisis de impactos negativos significativos, sinérgicos, acumulativos y residuales del Proyecto.....133

CONSULTA PÚBLICA

4.3 Identificación y evaluación de impactos ambientales del proyecto 140
4.3.1 Valoración de los impactos 143
4.4 Impactos ambientales del proyecto y medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración 156
4.4.1 Catálogo de medidas ambientales 157
4.4.2 Matriz resumen de impactos y medidas ambientales 161
4.5 Resumen del análisis de los impactos ambientales significativos, acumulativos, sinérgicos y residuales, considerando cómo se suman los impactos del Proyecto a los impactos existentes en la región ecológica y sus efectos, así como el resultado de la aplicación de las medidas. Incluir en los anexos específicos por sector, el análisis completo de tales impactos y de la aplicación de las medidas. 166
4.5.1 Impactos significativos 166
4.5.2 Impactos sinérgicos 167
4.5.3 Impactos acumulativos 168
4.5.4 Impactos residuales 168
4.6 Medidas de compensación y/o restauración ambiental 169
4.7 Programa de Vigilancia Ambiental 171
4.8 Conclusiones 178
4.9 Glosario de Términos 180
4.10 Referencias bibliográficas 184

CONSULTA PÚBLICA

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Macrolocalización 8
Figura 2 Microlocalización 9
Figura 3 Ubicación predios PTAR y Celdas solares 10
Figura 4 Uso de Suelo y Vegetación INEGI serie VII 44
Figura 5 Sitio del proyecto y áreas de Importancia Ambiental colindantes 51
Figura 6 Región Ecológica colindante con el ANP Estatal "Flor del Bosque". 52
Figura 7 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT). 54
Figura 8 Reg. 16.10 (Unidad ambiental biofísica No 57). 56
Figura 9 Reg. 16.10 (Unidad ambiental biofísica No 57). 56
Figura 10 UGA 12 Clave A_AH_112 en el sitio del proyecto 59
Figura 11 UGA 12 Clave A_AH_112 en cruces en zona federal. 59
Figura 12 Información sobre UGA correspondiente al sitio del proyecto, de acuerdo con el Programa Estatal de Ordenamiento Ecológico del Estado de Puebla. 61
Figura 13 PMDUS de Amozoc 66
Figura 14 Área de proyecto 75
Figura 15 Región ecológica 80
Figura 16 Temperatura promedio en el municipio 85
Figura 17 Probabilidad diaria de precipitación 86
Figura 18 Velocidad promedio del viento 87
Figura 19 Dirección del viento 87
Figura 20 Geología dentro de la RE 90
Figura 21 Suelos dentro de la RE 92
Figura 22 Hidrología superficial 94
Figura 23 Hidrología subterránea 99
Figura 24 Población por manzana 100
Figura 25 Población que habla alguna lengua indígena 102
Figura 26 Disponibilidad de bienes y TIC's. 103
Figura 27 Total de escuelas por nivel educativo en el municipio de 104
Figura 28 Niveles de escolaridad 104
Figura 29 Distribución de la población analfabeta 105
Figura 30 Instituciones de salud y tipo 106
Figura 31 Distribución de personas afiliadas a servicios de salud por sexo 106
Figura 32 Discapacidades por tipo de actividad cotidiana en la población de Amozoc 107
Figura 33 UE por sector económico 108
Figura 34 Uso de suelo y vegetacion dentro de la RE 115
Figura 35 Forma y tamaño de los sitios de muestreo 117
Figura 36 Muestreos de flora en AP y RE 118
Figura 37 Distribución de la abundancia arbórea por especie 121

CONSULTA PÚBLICA

Figura 38 Caracterización de la fauna potencial de la RE. Izquierda: riqueza por grupo taxonómico. Centro: proporción de especies bajo NOM-059 (14.3 % = Pr). Derecha: proporción de endemismo (40 % México). 122
Figura 39 Presiones ambientales sobre la Región Ecológica ordenadas por magnitud (escala 0–10). Las tres presiones de magnitud alta (≥8.5) involucran la calidad del agua y la expansión urbana. 124
Figura 40 Proyección del Índice de Integridad Ecológica (IIE) de la Región Ecológica bajo tres escenarios (2026–2045). El escenario con medidas de mitigación es el único que revierte la tendencia de deterioro y alcanza valores superiores a la condición actual hacia 2033 127

CONSULTA PÚBLICA

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ubicación del sitio 1
Tabla 2 Coordenadas UTM predio PTAR 2
Tabla 3 Coordenadas UTM predio Celdas Solares 2
Tabla 4 Coordenadas UTM Cruces especiales 3
Tabla 5 Superficies generales del proyecto 5
Tabla 6 Memoria de Cálculo de Superficies en Zona Federal (253 Cruces Especiales) 6
Tabla 7 Resumen de Superficies Generales del Proyecto 6
Tabla 8 Especificaciones constructivas y de equipamiento PTAR 17
Tabla 9 Secuencia constructiva del sistema fotovoltaico 18
Tabla 10 Volúmenes principales de movimientos de tierras 19
Tabla 11 Principales materiales e insumos de construcción. 21
Tabla 12 Flota de maquinaria y equipo requerido 22
Tabla 13 Logística de bancos de materiales térreos y sitios de confinamiento 24
Tabla 14 Especificaciones técnicas de la PTAR 29
Tabla 15 Caudal de diseño y características del agua residual. 31
Tabla 16 Parámetros operativos de los reactores anaerobios 32
Tabla 17 Acciones de mantenimiento en componentes de la PTAR 34
Tabla 18 Duración estimada del proyecto 36
Tabla 19 Características del proyecto 36
Tabla 20 Memoria de Cálculo de Superficies en Zona Federal (25 Cruces Especiales) 39
Tabla 21 Cronograma de construcción 42
Tabla 22 Insumos por etapa 43
Tabla 23 Características de la Región Ecológica 16.10 54
Tabla 24 Estrategias ecológicas de la Región Ecológica 16.10 que se vinculan al proyecto. 57
Tabla 25 Criterios de Regulación Ecológica. 62
Tabla 26 Coordenadas Región Ecológica 81
Tabla 27 Regiones hidrológicas del municipio de Amozoc. 93
Tabla 28 Balance hidrológico y disponibilidad media anual (Mm3) del Valle de Puebla. 97
Tabla 29 Localidades del municipio de Amozoc 101
Tabla 30 Cobertura de servicios básicos 103
Tabla 31 Calidad y Espacios en la Vivienda 103
Tabla 32 Población de 15 años y más con rezago educativo 105
Tabla 33 Vocaciones productivas (porcentaje respecto al municipio) 108
Tabla 34 Evaluación paisajista. 109
Tabla 35 Valoración de calidad paisajística. 112
Tabla 36 Fauna potencial por grupo taxonómico. 122
Tabla 37 Parámetros a considerar. 132

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 38 Clasificación de los Impactos Ambientales.....132
Tabla 39 Rangos de Relevancia.....133
Tabla 40 Impactos Ambientales identificados en la Región Ecológica. 135
Tabla 41 Impactos identificados en el proyecto.....141
Tabla 42 Matriz de Impactos con símbolos.....145
Tabla 43 Matriz de impactos con valores numéricos.....150
Tabla 44 Resumen de impactos ambientales identificados. 155
Tabla 45 Sumatoria de impactos ambientales. 155
Tabla 46 Medidas ambientales por impacto identificado. 161
Tabla 47 Impactos significativos. 166
Tabla 48 Impactos sinérgicos. 167
Tabla 49 Impactos acumulativos. 168
Tabla 50 Impactos residuales. 169

CONSULTA PÚBLICA

1 DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE, DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1 DATOS GENERALES DEL PROYECTO

1.1.1 Nombre del proyecto

PROYECTO EJECUTIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE 1 (UNA) PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y CRUCES ESPECIALES EN ZONA FEDERAL

1.1.2 Ubicación del proyecto

Los elementos sometidos a evaluación ambiental en este estudio son:

Planta de Tratamiento (PTAR) y Parque Fotovoltaico: Desplantados sobre una superficie privada en el paraje Tlacapaca, ejido de San Salvador Chachapa, Municipio de Amozoc de Mota, Puebla.

Cruces Especiales en Zona Federal: Un total de 25 estructuras de soporte y transición aérea que cruzan a través de la zona federa de barrancas, principalmente Barranca "La Grande" y forman de un sistema que contempla un colector principal y subcolectores de aportación distribuidos en la periferia y traza urbana local. Se precisa formalmente que, al discurrir por vías públicas de jurisdicción local, dicha red de conducción no es motivo de evaluación en el presente estudio técnico.

Tabla 1 Ubicación del sitio

Entidad federativa	Puebla	**Municipio**	Amozoc de Mota
Calle y número, código postal y localidad, en caso aplicable	Se localizará físicamente en el predio denominado paraje Tlacapaca, perteneciente al núcleo agrario del ejido de San Salvador Chachapa, dentro del municipio de Amozoc de Mota, Puebla		
Cruces especiales	Se sitúan en las intersecciones con la Zona Federal de las barrancas y escurrimientos de la región, incidiendo de manera específica sobre la Barranca "La Grande".		
Paneles solares	Dispuesta de forma contigua a las inmediaciones de la PTAR dentro del mismo paraje		

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 2 Coordenadas UTM predio PTAR

Vértice	Coordenada X	Coordenada Y
1	594,806.274	2,105,270.2250
2	594,726.9808	2,105,153.1580
3	594,708.2440	2,105,160.6630
4	594,692.3435	2,105,172.8150
5	594,683.5907	2,105,177.7350
6	594,674.5293	2,105,199.9790
7	594,662.4777	2,105,206.1700
8	594,693.0935	2,105,278.4536
9	594,687.1500	2,105,298.5950
10	594,702.4472	2,105,334.7367

Tabla 3 Coordenadas UTM predio Celdas Solares

Vértice	Coordenada X	Coordenada Y
1	594803.5959	2105353.4860
2	594804.3765	2105345.4600
3	594797.1692	2105331.8830
4	594777.0422	2105318.9480
5	594751.2320	2105325.9380
6	594744.1785	2105337.8280
7	594712.9308	2105359.0840
8	594699.2445	2105360.8440
9	594695.6329	2105371.1910
10	594749.9171	2105368.1440
11	594820.0292	2105378.1520
12	594803.5959	2105353.4860

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 4 Coordenadas UTM Cruces especiales

No.	Tipo	Longitud (m)	Diámetro (pulg)	Inicial		Final	
				Coordenada X	Coordenada Y	Coordenada X	Coordenada Y
1	Colector	15	24	599,930.83	2,105,691.09	599,921.55	2,105,679.05
2	Colector	34.10	24	598,881.93	2,105,750.92	598,873.64	2,105,717.37
3	Colector	34.82	30	597,715.23	2,105,700.45	597,695.80	2,105,671.45
4	Colector	32.25	30	597,105.56	2,105,566.90	597,086.11	2,105,540.98
5	Colector	18.41	30	596,510.75	2,105,384.27	596,492.34	2,105,382.33
6	Colector	30.45	36	596,225.92	2,105,346.20	596,198.51	2,105,333.15
7	Colector	39.16	36	596,037.22	2,105,263.15	596,015.75	2,105,230.76
8	Colector	16.37	36	594,815.65	2,105,303.56	594,799.57	2,105,303.48
9	Colector	15.73	36	594,785.53	2,105,305.56	594,777.59	2,105,315.05
10	Colector	37.53	36	594,744.44	2,105,337.63	594,707.65	2,105,329.75
11	Colector	30.23	30	594,685.46	2,105,323.18	594,661.00	2,105,305.84
12	Colector	30.72	30	594,610.24	2,105,227.51	594,579.82	2,105,230.42
13	Colector	25.61	30	594,482.11	2,105,187.50	594,457.28	2,105,184.00
14	Colector	24.79	30	594,407.08	2,105,225.85	594,385.67	2,105,238.35
15	Colector	40.59	30	594,385.67	2,105,238.65	594,374.95	2,105,277.64
16	Colector	30.30	30	594,408.92	2,105,380.17	594,397.96	2,105,408.70
17	Colector	23.66	12	594,603.69	2,105,707.01	594,580.31	2,105,705.97
18	Subcolector	39.85	12	597,857.18	2,105,944.66	597,870.24	2,105,907.54
19	Subcolector	24.81	12	597,864.67	2,105,965.30	597,884.18	2,105,980.46
20	Subcolector	33.40	12	596,063.42	2,106,520.22	596,031.51	2,106,530.20
21	Subcolector	38.32	12	595,747.25	2,106,273.28	595,709.51	2,106,280.15
22	Subcolector	26.27	36	596,380.62	2,105,448.76	596,362.98	2,105,468.03
23	Línea morada (proyecto)	16.26	18	594,695.60	2,105,170.46	594,681.96	2,105,150.10
24	Línea morada (proyecto)	10	18	594,426.41	2,105,046.43	594,407.67	2,105,052.18
25	Línea morada (proyecto)	30	18	594,060.93	2,104,961.425	594,014.85	2,104,980.40

CONSULTA PÚBLICA

1.2 Superficies generales del Proyecto

La superficie general del Proyecto comprende las áreas destinadas al desplante y operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, el sistema fotovoltaico asociado y los cruces especiales en Zona Federal, distinguiendo entre superficies de intervención temporal y permanente conforme a la naturaleza de cada componente. En términos generales, el predio o superficie total considerada para el desarrollo del Proyecto asciende a 13,883.54 m^2 correspondiente a superficies previamente transformadas, principalmente de agricultura de temporal y vegetación secundaria ribereña, sin incidencia en vegetación forestal ni en zona federal marítimo terrestre. Para la zona dónde se establecerán los paneles solares o sistema fotovoltaico el predio cuenta con una superficie de 3,699.75 m^2. Para el componente de cruces especiales en Zona Federal, se considera una superficie a intervenir sin construcciones o instalaciones proyectadas de carácter temporal de 3,211.85 m^2, asociada a las maniobras necesarias para la introducción y montaje de tuberías de acero ASTM A-53, superficie que será objeto de restauración ecológica una vez concluidas las actividades constructivas. Asimismo, se reconoce una superficie de desplante permanente de construcciones, obras y/o instalaciones de 63.36 m^2, correspondiente al sellado definitivo del suelo ocupado por los bloques de cimentación marginal de los puentes de soporte de dichos cruces.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 5 Superficies generales del proyecto

Componente / Obra del Proyecto	Superficie de Desplante Permanente (m²) (Obras Fijas)	Superficie de Intervención Temporal (m²) (Maniobras / Restauración)	Superficie Total del Componente (m²)	Régimen Jurídico / Jurisdicción
1. OBRAS PRINCIPALES				
Planta de Tratamiento (PTAR) *(Pretratamiento, reactores RAFA, anóxicos, sedimentadores, digestores y oficinas)*	3,850.00	1,200.00	**5,050.00**	Propiedad Privada / Paraje Tlacapaca
Parque Fotovoltaico (Celdas Solares) *(Estructuras de soporte/zapatas y mesas de paneles)*	450.00	4,219.00	**4,669.00**	Zona Federal / Restricción de escurrimientos
25 Cruces Especiales aéreas *(Tubería ASTM A-53 de subcolectores en barrancas)*	72.00	3493.15	**3565.15**	Zona Federal / Comisión Nacional del Agua
2. OBRAS COMPLEMENTARIAS				
Caminos de acceso e interconexión	850.00	0.00	**850.00**	Propiedad Privada
Muro perimetral y caseta de vigilancia	210.00	0.00	**210.00**	Propiedad Privada
Canal de descarga final y tanque de desinfección	120.00	50.00	**170.00**	Zona Federal
3. OBRAS TEMPORALES (SOPORTE)				
Campamento de obra y oficinas modulares	0.00	150.00	**150.00**	Propiedad Privada (Provisional)
Almacén de materiales y almacén temporal de RP	0.00	250.00	**250.00**	Propiedad Privada (Provisional)
Patio de maniobras y resguardo de maquinaria	0.00	600.00	**600.00**	Propiedad Privada (Provisional)
TOTALES	**5,552.00 m²**	**9,962.15 m²**	**15,514.15 m²**	**Polígono General del Proyecto**

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 6 Memoria de Cálculo de Superficies en Zona Federal (253 Cruces Especiales)

No. de Cruce	Longitud (L) (m)	Superficie de Incidencia Temporal (m²)	Superficie de Desplante Permanente (m²)
Cruce 01	15.00	75.00	2.88
Cruce 02	34.10	170.50	2.88
Cruce 03	34.82	174.10	2.88
Cruce 04	32.25	161.25	2.88
Cruce 05	18.41	92.05	2.88
Cruce 06	30.45	152.25	2.88
Cruce 07	39.16	195.80	2.88
Cruce 08	16.37	81.85	2.88
Cruce 09	15.73	78.65	2.88
Cruce 10	37.53	187.65	2.88
Cruce 11	30.23	151.15	2.88
Cruce 12	30.72	153.60	2.88
Cruce 13	25.61	128.05	2.88
Cruce 14	24.79	123.95	2.88
Cruce 15	40.59	202.95	2.88
Cruce 16	30.30	151.50	2.88
Cruce 17	23.66	118.30	2.88
Cruce 18	39.85	199.25	2.88
Cruce 19	24.81	124.05	2.88
Cruce 20	33.40	167.00	2.88
Cruce 21	38.32	191.60	2.88
Cruce 22	26.27	131.35	2.88
Cruce 23	16.26	81.30	2.88
Cruce 24	10.00	50.00	2.88
Cruce 25	30.00	150.00	2.88
TOTAL	698.63 m	3493.15 m²	72.00 m²

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 7 Resumen de Superficies Generales del Proyecto

Concepto	Superficie (m²)	Régimen Jurídico / Jurisdicción / Notas
Superficie total para el desarrollo del Proyecto	15,514.15	Polígono General (Obras principales, complementarias y temporales)
Superficie de desplante de construcciones, obras y/o	5,552.00	Propiedad Privada (PTAR, caminos, muros) y Zona Federal (Zapatas de cruces y descarga).

Concepto	Superficie (m²)	Régimen Jurídico / Jurisdicción / Notas
instalaciones (Obras Fijas Permanentes)		
Superficie a intervenir sin construcciones o instalaciones proyectadas (Afectación Temporal)	9,680.85	Áreas de maniobras, campamento provisional, derecho de vía permeable y parque solar.
Superficie total de vegetación		
• Existente en el área de intervención (superficie no continua)	3565.15	Cobertura total de la vegetación de galería/riparia no continua en los 25 cruces parches de vegetación secundaria/inducida en el predio privado.
• Por afectar (Remoción/Desmonte)	3565.15	Zona Federal: 72.00 m² remoción permanente 3493.15 m² remoción temporal/poda. Predio Privado: Desbroce secundario y remoción de 47 árboles.
Superficie de vegetación forestal total	0.00	No aplica. Toda la vegetación es riparia/galería (Zona Federal) o secundaria/inducida (Predio Privado).
Superficie de incidencia en Zona Federal (Temporal y permanente)	8404.15	Integrado por: Parque Fotovoltaico (4,669.00 m²) 25 cruces Especiales (3493.15 m²) Canal de descarga (170.00 m²).

CONSULTA PÚBLICA

Figura 1 Macrolocalización

PROYECTO EJECUTIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE 1 (UNA) PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y CRUCES ESPECIALES EN ZONA FEDERAL

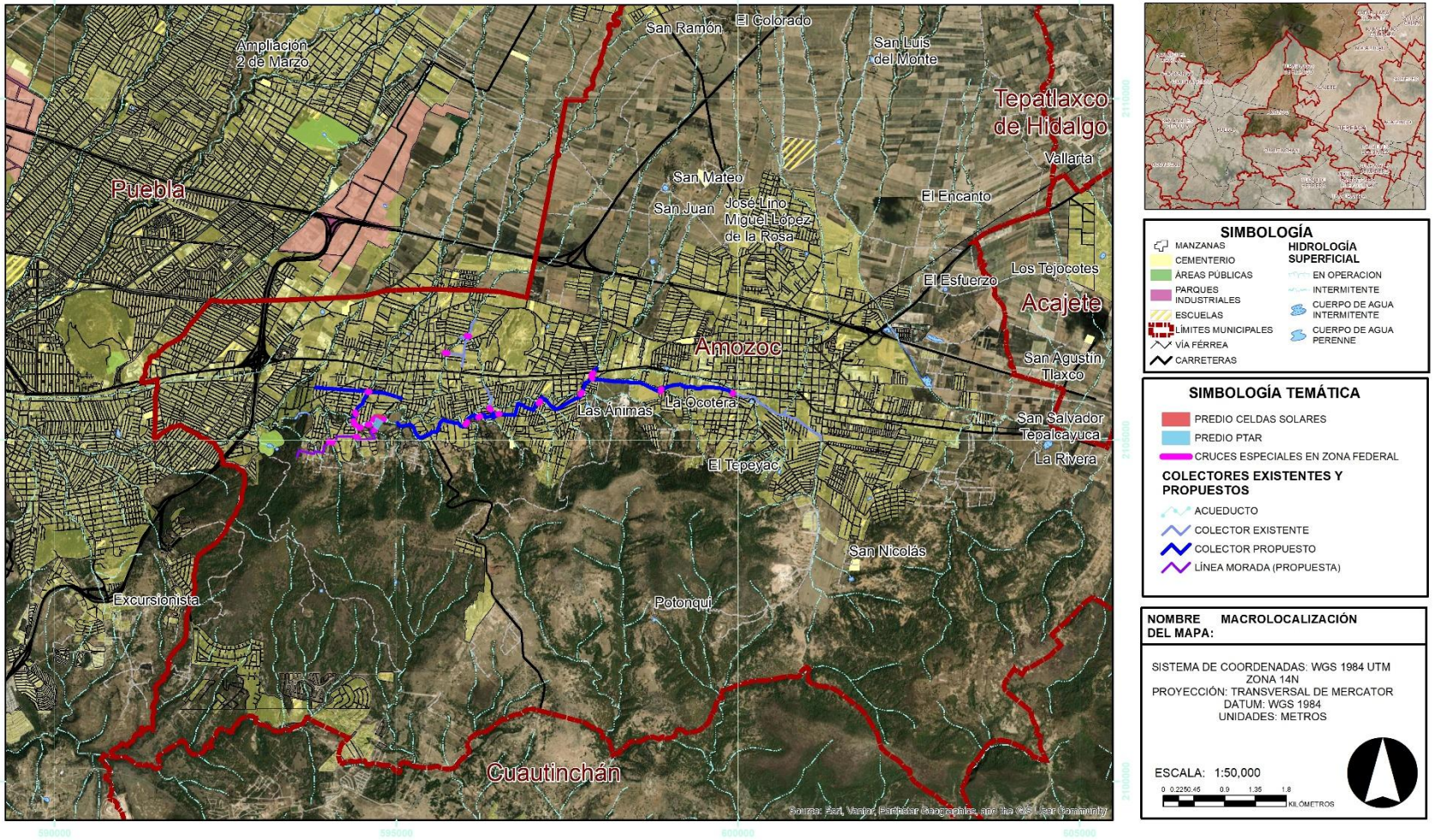


Figura 2 Microlocalización

PROYECTO EJECUTIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE 1 (UNA) PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y CRUCES ESPECIALES EN ZONA FEDERAL

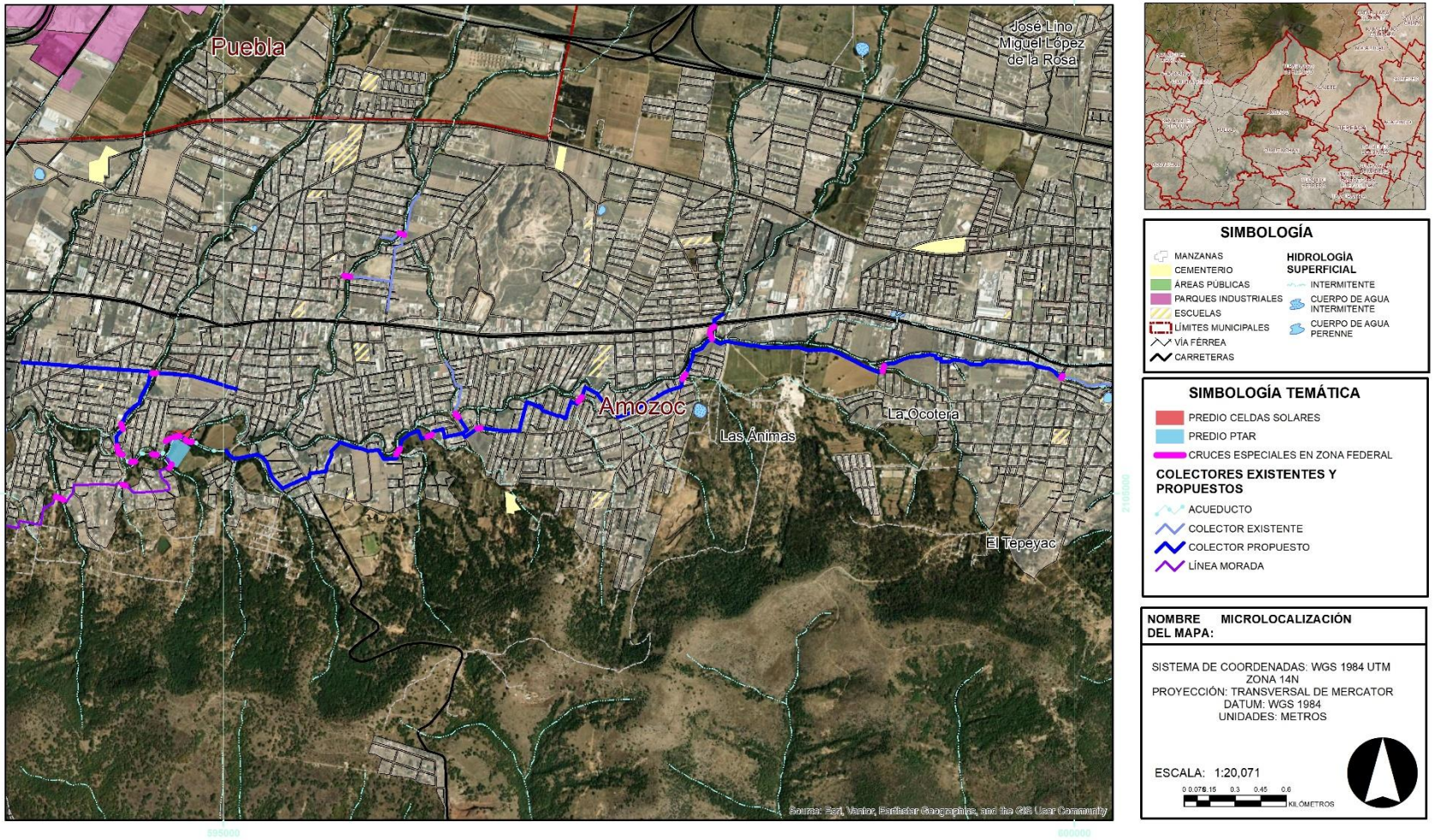


Figura 3 Ubicación predios PTAR y Celdas solares

PROYECTO EJECUTIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE 1 (UNA) PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y CRUCES ESPECIALES EN ZONA FEDERAL



1.3 Datos generales del promovente

1.3.1 Nombre o razón social

Municipio de Amozoc de Mota Puebla

1.3.2 Registro Federal de Contribuyentes del promovente

MAM850101B61

1.3.3 Nombre y cargo del representante legal

José Severiano de la Rosa Romero

Presidente Municipal de Amozoc

1.3.4 Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones

Plaza de la Constitución No. 5, Colonia Centro, Amozoc de Mota, Puebla, Código Postal 72980.

1.3.5 Teléfono y correo electrónico de contacto

[redacted]

1.4 Responsable de la Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental

1.4.1 Nombre o Razón Social

[redacted]

1.4.2 Correo(s) electrónico(s)

[redacted]

CONSULTA PÚBLICA

1.4.3 Protesta de decir verdad

Declaro bajo protesta de decir verdad que los resultados de la Manifestación de Impacto Ambiental del Proyecto se obtuvieron a través de la aplicación de las mejores técnicas y metodologías comúnmente utilizadas por la comunidad científica del país y del uso de la mayor información disponible, y que las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración sugeridas son las más efectivas para atenuar los impactos ambientales (Artículo 36 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental). Nombre y firma electrónica digital del responsable de la elaboración del estudio de impacto ambiental.

C. JOSÉ SEVERIANO DE LA ROSA ROMERO PROMOVENTE	[redacted] RESPONSABLE DEL ESTUDIO

Nota: La responsabilidad respecto del contenido del presente documento corresponderá a quien lo elabore. Si se comprueba que en la elaboración de los documentos en cuestión la información es falsa, el responsable será sancionado de conformidad con el Capítulo IV del Título Sexto de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), sin perjuicio de las sanciones que resulten de la aplicación de otras disposiciones jurídicas relacionadas.

CONSULTA PÚBLICA

1.5 ETAPAS DEL PROYECTO

1.5.1 Descripción de la preparación del sitio (incluyendo obras temporales o provisionales).

1.5.1.1 Obras Temporales y Provisionales (Obras Complementarias)

Antes de iniciar cualquier actividad de remoción de suelo, se delimitarán e instalarán las siguientes obras e instalaciones provisionales dentro de los polígonos generales georreferenciados en el sistema UTM, Datum WGS84:

- **Campamento de Obra y Oficinas Provisionales:** Estructura modular temporal desmontable para albergar al personal técnico y de supervisión, ubicada dentro de la poligonal de la PTAR en una zona previamente identificada de baja sensibilidad ambiental.
- **Almacén de Materiales y Bodega de Residuos:** Espacio techado y delimitado perimetralmente para el resguardo de herramientas, cemento, aditivos y tuberías. Contará con un área específica y confinada para el almacenamiento temporal de residuos peligrosos y de manejo especial generados durante esta etapa (estopas con solventes, aceites usados de maquinaria, etc.).
- **Patio de Maniobras y Resguardo de Maquinaria:** Superficie compactada provisional destinada al flujo, estacionamiento y abastecimiento controlado de la maquinaria pesada (excavadoras, retroexcavadoras y camiones de volteo).
- **Delimitación Física y Señalización de Seguridad:** Instalación de cercados perimetrales provisionales mediante malla ciclónica o cinta plástica de alta visibilidad, acompañada de señalización preventiva y restrictiva en zonas federales de barrancas y en los accesos vehiculares principales.

1.5.1.2 Descripción para la preparación del sitio de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)

Esta sección contempla el acondicionamiento del predio principal donde se desplantarán las unidades operativas y la obra de toma (caja de concreto de 5.00×5.00 m encargada de recibir el flujo de diseño de 188.6271 lps):

- **Levantamiento y trazo topográfico:** Trazo de alta precisión con equipo de estación total y GPS submétrico para delimitar la superficie exacta de desplante de las construcciones, obras e instalaciones de pretratamiento, reactores y clarificadores.

CONSULTA PÚBLICA

- **Desmonte y desbroce:** Retiro mecanizado de la cobertura vegetal secundaria e inducida en el área destinada al desplante de la infraestructura civil. El volumen de biomasa vegetal se triturará in situ para su posterior uso como cobertura orgánica.
- **Despalme y nivelación de terreno:** Remoción de la capa orgánica superficial (primeros 20 a 30 cm de suelo), la cual será trasladada al almacén temporal de suelo orgánico para su posterior aprovechamiento en las áreas verdes definitivas de la planta. Se realizarán los cortes y terraplenes iniciales para alcanzar las cotas de desplante requeridas por el diseño hidráulico por gravedad.

1.5.1.3 Descripción para la preparación del sitio de los Paneles Solares (Arreglo Fotovoltaico)

Para asegurar el suministro energético sustentable de la planta, se acondicionará una superficie contigua destinada al desplante del parque solar fotovoltaico:

- **Trazo de Polígonos de Soporte:** Delimitación topográfica georreferenciada de las hileras o mesas de anclaje de las estructuras metálicas de los paneles solares.
- **Limpieza Superficial y Control de Altura Vegetal:** A diferencia del área de la PTAR, en el sitio de paneles solares se priorizará la limpieza superficial selectiva y el desbroce rasante, evitando el despalme total profundo en las zonas donde no se requieran cimentaciones civiles pesadas. Esto previene la erosión eólica e hídrica del suelo bajo las mesas fotovoltaicas.
- **Excavaciones Puntuales para Micro-Pilotes:** Ejecución de perforaciones y excavaciones puntuales para las bases de concreto o hincado de perfiles metálicos que servirán de soporte estructural al arreglo fotovoltaico.

1.5.1.4 Descripción para la preparación del sitio de los Cruces Especiales (zona federal)

Este subcomponente técnico del sector hidráulico abarca las zonas de intervención dentro de la Zona Federal de las barrancas y escurrimientos superficiales para el alojamiento de los 25 cruces especiales con tubería de acero al carbón:

- **Delimitación de la superficie de incidencia en zona federal:** Trazo e identificación rigurosa en campo del polígono de incidencia (temporal y permanente) sobre la Zona Federal y los cauces de agua de las barrancas involucradas (incluyendo los frentes de los Subcolectores 18, 19, 20, 21 y 22), alineado con los requerimientos cartográficos de la Secretaría.
- **Desmonte de vegetación ribereña (Riparia):** Remoción controlada y manual de la vegetación localizada exclusivamente en los márgenes de los

CONSULTA PÚBLICA

escurrimientos donde se construirán las zapatas de soporte y las estructuras de transición de los cruces aéreos (como los puntos de transición de los Cruces 01, 02 y 07).

- **Estabilización de taludes de aproximación:** Perfilado manual y colocación de apuntalamientos o ademes provisionales de madera en los hombros de las barrancas para asegurar la estabilidad del terreno durante el acarreo y posterior montaje de las tuberías de acero biseladas.

NOTA: por la ubicación de los puntos (fuera de los niveles de los cauces permanentes e intermitentes), además de que se pretende llevar a cabo los trabajos durante la época de estiaje, no se requerirán hacer desviaciones temporales de flujo.

1.5.2 Descripción de la etapa de construcción (englobando obras complementarias) incluir la descripción de los procesos constructivos y lo relativo a materiales de construcción, maquinaria y bancos de materiales requeridos para la construcción del proyecto.

La fase constructiva del proyecto contempla la ejecución coordinada de obras civiles, hidráulicas, estructurales y electromecánicas necesarias para centralizar y sanear las descargas de aguas residuales domésticas de la cabecera municipal de Amozoc de Mota y de la junta auxiliar de San Salvador Chachapa. La infraestructura civil principal está diseñada para recibir de manera confinada por gravedad un gasto medio de diseño influente de 188.6271 lps (679.05 m^3/h), restituyendo al cuerpo receptor un caudal tratado de descarga final de 176.026 lps (633.696 m^3/h).

Las actividades de construcción están programadas para desarrollarse a través de una ruta crítica unificada con una duración de aproximadamente dieciséis meses para el complejo central, empleando una fuerza laboral estimada de 150 trabajadores para la planta y 45 trabajadores especializados para el tendido de la línea morada.

1.5.2.1 Infraestructura de la Planta de Tratamiento (PTAR)

Las obras civiles para el tren de tratamiento se dividen en estructuras enterradas (subsuperficiales) y estructuras desplantadas a nivel de Terreno Natural (N.T.N.) o terraplén. El procedimiento constructivo abarca la cimentación y edificación de las siguientes unidades operativas:

CONSULTA PÚBLICA

- **Unidades de pretratamiento:** Se edifica el Canal de Cribados ($6.25 \times 1.40 \times 1.00$ m, volumen de 8.75 m^3), el Canal Desarenador compuesto por tres conductos independientes (8.23 m de largo $\times$ 1.10 m de ancho $\times$ 1.25 m de tirante cada uno, con volumen unitario de 11.31 m^3) y el Cárcamo de Bombeo influente ($12.00 \times 9.00 \times 3.50$ m de tirante, volumen de 378 m^3).

- **Tratamiento primario (Reactores RAFA):** Se construyen tres unidades del Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA). El procedimiento constructivo civil consiste en la cimentación perimetral y el alzado de tanques circulares de concreto reforzado con un diámetro de 19.00 m, un tirante hidráulico de 6.00 m, un bordo libre de 0.70 m y el montaje superior de un domo geodésico de aluminio de 3.00 m de altura" para el confinamiento de gases.

- **Tratamiento secundario biológico:** Comprende la edificación de tres unidades de Reactor Anóxico diseñadas para los procesos de nitrificación-desnitrificación. Asimismo, se instalan tres unidades de Filtro Percolador mediante el montaje mecánico de una columna central, brazos distribuidores y su respectiva unidad motriz sobre una base estructural de soporte. Posteriormente, se construyen tres unidades de Sedimentadores Secundarios circulares dotados de deflectores internos, rastras mecánicas de lodos y desnatadores superficiales.

- **Tratamiento terciario (Desinfección):** Se construye un Tanque de Desinfección consistente en un canal abierto de flujo continuo de concreto armado (10.00 m de largo $\times$ 2.00 m de ancho $\times$ 3.00 m de profundidad). Al interior se acopla un sistema automatizado que incluye un Centro de Distribución Eléctrica (PDC) trifásico de 480V, un sistema de control conectado a telemetría SCADA, sensores de nivel e intensidad (4-20 mA) y un HSC (Hydraulic System Center) acoplado a mangueras y limpiadores mecánicos para el lavado automatizado de las camisas de cuarzo de las lámparas operativas de radiación ultravioleta.

- **Tren de manejo de lodos y biosólidos:** Se ejecuta la cimentación de una unidad de Espesador de Lodos por Gravedad (diámetro de 12.00 m y 3.50 m de tirante hidráulico) y dos unidades de Digestor de Lodos (diámetro de 18.00 m y 6.00 m de tirante), complementados con, complementados con el montaje electromecánico de un filtro prensa de bandas para la deshidratación y estabilización de biosólidos bajo la normativa ambiental aplicable.

- **Estructuras auxiliares:** Se realiza la obra civil para la caseta de operación, la subestación eléctrica, la instalación de cuatro unidades de quemador de biogás para control de emisiones y un humedal artificial complementario.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 8 Especificaciones constructivas y de equipamiento PTAR

Estructura	Proceso constructivo	Equipamiento electromecánico principal
Caja recolectora e influente	Excavación y colado monolítico de concreto f'c=250 kg/cm² con aditivo impermeabilizante.	Compuertas deslizantes de regulación de caudal de llegada.
Canales de cribado y desarenado	Dos canales de cribado y tres de desarenación en concreto armado reforzado.	2 cribas manuales, 2 cribas mecánicas (1 HP), tolvas verticales para natas y vertedores Sutro.
Cárcamo de bombeo influente	Estructura enterrada de concreto con fosa de succión profunda de 4.50 m.	6 bombas sumergibles para agua cruda de 30 HP cada una.
Reactores anaerobios (3 RAFAs)	Anclaje perimetral de paneles de acero vitrificado Aquastore y domos de aluminio.	Campanas de captura de biogás y válvulas de purga automatizadas.
Reactor anóxico	Tanque superficial de concreto con losa monolítica apoyada sobre colchón de balasto.	12 agitadores/mezcladores sumergibles en acero inoxidable de 3 HP.
Filtros percoladores (3 unidades)	Tanques circulares de 24.00 m de diámetro y altura estructural exterior de 10.00 m.	Brazo distribuidor rotativo central de aluminio y medio plástico de película fija.
Sedimentador secundario	Tanques circulares de concreto con pendientes interiores de purga de lodos.	Mecanismo clarificador central con brazos de rastras inferiores y deflectores de natas.
Desinfección terciaria (UV)	Canal abierto de concreto armado con mamparas deflectoras de flujo.	Bancos modulares de lámparas automáticas de radiación Ultravioleta (UV).
Espesador y digestor de lodos	Un espesador de concreto y dos digestores de acero vitrificado.	Sistema de bombeo de transferencia de lodos y domos de confinamiento de gas.
Caseta de operación y laboratorios	Edificación civil tradicional (muros de block, losa de concreto, cancelerías).	Filtro Prensa de Bandas DNY2500-3, sopladores, laboratorios y tableros centralizados.
Urbanización y áreas verdes	Pavimentación asfáltica de vialidades internas, cunetas pluviales y cercado perimetral.	Campo de 800 módulos fotovoltaicos monocristalinos (485 a 585 W).

CONSULTA PÚBLICA

1.5.2.2 Sitio de Paneles Solares (Sistema Fotovoltaico)

Para la habilitación del sistema de energía alternativa sustentable, se interviene un área asignada de 4,669.00 m^2 contigua a las inmediaciones de la PTAR. Las actividades de construcción para este arreglo industrial de generación eléctrica comprenden de manera rigurosa:

- **Nivelación de la Plataforma:** Ejecución de cortes mecánicos en zonas elevadas y rellenos con material de banco compactado en capas sucesivas en depresiones topográficas, aplicando un afine superficial para mitigar riesgos de erosión hídrica bajo las mesas.
- **Cimentación y Montaje Mecánico:** Construcción de una red de soportes puntuales mediante dados de concreto, vaciados directamente sobre el terreno. Sobre estos elementos se anclan estructuras metálicas de soporte a base de perfiles de acero (PTR) con recubrimiento de fibra de vidrio y resina isoftálica para protección anticorrosiva ambiental, adicionando rieles nivelados y grapas certificadas de aluminio.
- **Instalación Fotovoltaica:** Fijación mecánica de un arreglo de 800 módulos fotovoltaicos de alta eficiencia (132 celdas half-cell, tipo N, silicio monocristalino de 485-585W).
- **Obra Eléctrica e Interconexión:** Apertura de micro-zanjas para el tendido de conductores eléctricos con conectores herméticos IP68 (norma MC4), canalizando los agrupamientos de strings hacia cajas combinadoras, inversores de corriente continua a alterna y tableros de protección con supresores de sobretensión (SPD). Asimismo, se hincan varillas de cobre para consolidar una red de puesta a tierra con resistencia de diseño menor a 10 ohms.

Tabla 9 Secuencia constructiva del sistema fotovoltaico

Etapa del proceso	Descripción y especificaciones
Despliegue y soporte	Tras el replanteo topográfico de las estructuras, se construirá un sistema de cimentación a base de dados de concreto colocados directamente en el terreno de la plataforma.
Montaje e instalación	Ensamblaje de las estructuras metálicas de soporte utilizando montajes de aluminio (según especificaciones del fabricante). Fijación y alineación de los 800 paneles solares mediante abrazaderas y elementos de sujeción.
Infraestructura eléctrica	Excavación de zanjas para alojar tuberías y registros eléctricos. Tendido de conductores para circuitos de corriente directa (CD) y corriente alterna (CA) conectando cadenas fotovoltaicas, inversores y tableros.
Sistema de seguridad	Construcción de una red de puesta a tierra integrada por varillas de tierra, conductores de cobre desnudo y conexiones equipotenciales uniendo estructuras, inversores y tableros para disipar corrientes de falla.

CONSULTA PÚBLICA

1.5.2.3 Movimiento de Tierras, Estabilización de Taludes y Seguridad

- **Movimiento de tierras:** Las actividades de excavación mecánica con equipo pesado para el desplante generalizado de los tanques y cimentaciones de la PTAR implican un volumen controlado de movimiento de tierras (asentado en catálogo general con un alcance de hasta $41{,}750.13$ m^3 de excavación en seco en material común).

- **Estabilización de excavaciones (Taludes y ademados):** Con el objetivo normativo de evitar fallas mecánicas por intemperización o pérdida de humedad del material granular fino expuesto, todas las zanjas y taludes provisionales se cortarán manteniendo una relación de diseño recomendada de 1.20H:1.00V. En aquellos frentes de excavación profunda o donde las características geotécnicas locales presenten inestabilidad de laderas, se instalarán ademes de madera cerrados para evitar derrumbes laterales y garantizar la seguridad del personal.

- **Compactación de zanjas de transición:** Una vez asentadas las tuberías y verificadas las uniones mecánicas, el relleno de las zanjas perimetrales y de aproximación a los pozos de visita de transición se ejecuta en capas sucesivas de 20 cm empleando material producto de la excavación o material de banco, compactándolo mecánicamente al 90% o 95% de la prueba Proctor para evitar asentamientos diferenciales en el terreno colindante a las barrancas.

Tabla 10 Volúmenes principales de movimientos de tierras.

Actividad mecánica	Volumen total (m^3)	Destino
Despalme de material orgánico no apto.	3,629.67	Carga y desalojo inmediato fuera del predio.
Excavación con equipo en material Tipo II (Seco).	41,750.13	Desplante empotrado de vasos e infraestructura.
Carga y acarreo mecánico a camión.	44,028.27	Transporte al banco de tiro regional autorizado.
Suministro y compactación de balasto (Roca sana).	3,674.72	Colchón de mejoramiento geotécnico de base.
Suministro y compactación de suelo subrasante.	13,254.19	Conformación de plataformas al 95% P.V.S.M..
Suministro y colocación de material filtro.	788.97	Capas de transición y drenes hidráulicos de tanques.

CONSULTA PÚBLICA

1.5.2.4 Obras Complementarias y Temporales de Soporte

Para dar viabilidad técnica y operativa a los frentes de trabajo de los tres componentes, se habilitarán las siguientes instalaciones provisionales dentro del predio general del proyecto, catalogadas como obras intervenidas sin construcciones definitivas:

- **Campamento de Obra y Oficinas Modulares:** Estructuras provisionales de rápida colocación y desmontables destinadas al uso del personal de supervisión técnica, residencia de obra y servicios sanitarios temporales.
- **Almacén de Materiales y Bodegas de Resguardo:** Espacios techados y delimitados perimetralmente para el correcto almacenamiento de sacos de cemento, aditivos, tuberías de acero y herramientas mecánicas. Contará con un módulo estanco exclusivo para el manejo y almacenamiento temporal de residuos peligrosos (estopas con solventes, aceites de desecho de maquinaria, aditivos acrílicos) y de manejo especial.
- **Patio de Maniobras y Resguardo de Maquinaria:** Área de suelo natural compactada mecánicamente destinada al estacionamiento, flujo seguro y mantenimiento preventivo menor de camiones de volteo, retroexcavadoras y grúas de montaje.

1.5.2.5 Inventario de Materiales de Construcción e Insumos

Para la ejecución de las obras de la PTAR, el parque fotovoltaico y los 25 cruces especiales, se requerirá el suministro de los siguientes materiales, agrupados por su función estructural:

Obras civiles y estructurales (PTAR y apoyos de cruces)

- **Concreto hidráulico premezclado:** Principalmente concreto de resistencia estructural $f'c = 250$ kg/cm^2 con aditivo impermeabilizante para el desplante de las zapatas aisladas de los cruces especiales, los muros de los reactores RAFA, tanques anóxicos y canales de pretratamiento.
- **Acero de refuerzo (Varilla):** Varilla corrugada de alta resistencia (Grado 42) para el habilitado del armado estructural de las cimentaciones y losas de retención hidráulica.
- **Madera para cimbra y estructuras provisionales:** Tablas, polines y triplay de pino utilizados para el cimbrado de elementos de concreto y para el sistema de ademe cerrado en excavaciones profundas.

Infraestructura confinada e hidráulica (Cruces especiales)

CONSULTA PÚBLICA

- **Tubería de Acero al Carbón:** Tubos con extremos biselados bajo la norma ASTM A-53, Cédula 40, material base para la construcción aérea de los 25 cruces especiales sobre la zona federal de la barranca.

Sistema de generación de energía (Parque solar)

- **Módulos fotovoltaicos:** Un total de 800 paneles de alta eficiencia, compuestos por 132 celdas *half-cell* tipo N con silicio monocristalino, con capacidades individuales de 485-585W.

Equipamiento Electromecánico (Tren de Tratamiento)

- **Equipos mecánicos principales:** Bombas sumergibles para el cárcamo de bombeo influente, sopladores de aire, motores eléctricos, rastras mecánicas para los sedimentadores y un sistema de deshidratación por filtro prensa de bandas.
- **Control y automatización:** Tableros de distribución eléctrica, módulos de instrumentación y lámparas de desinfección mediante radiación ultravioleta (UV).

Tabla 11 Principales materiales e insumos de construcción.

Material / Insumo	Especificación técnica	Aplicación en la obra
Concreto premezclado	Clase f'c=250 kg/cm² con aditivo impermeabilizante integral.	Muros, losas y estructuras hidráulicas expuestas a líquidos.
Acero de refuerzo	Varilla corrugada Grado 42 y alambrón.	Habilitado estructural y armado de losas e infraestructura de apoyo.
Paneles prefabricados	Acero Aquastore recubierto con vidrio sílice fusionado.	Ensamble modular ascendente de los 3 RAFAs y los 2 Digestores.
Tuberías de conducción	Corrugada de PEAD (8" a 36") y Lisa de PEAD alta presión (18" RD 17).	Línea Morada de reuso.
Tubería estructural	Acero al carbón unida por soldadura industrial.	Cruces aéreos y puentes especiales para salvar barrancas y cañadas.
Módulos tecnológicos	Celdas solares monocristalinas half-cell tipo N (485 a 585 W).	Montaje sobre cubiertas para el campo fotovoltaico de autoconsumo.

CONSULTA PÚBLICA

1.5.2.6 Maquinaria y Equipo Pesado Requerido

Las actividades de movimiento de tierras, cimentación y montaje electromecánico se realizarán utilizando el siguiente parque vehicular y de maquinaria (operado bajo un esquema riguroso de mantenimiento preventivo in situ):

- **Excavadora de oruga:** Empleada para las excavaciones masivas en seco de los tanques de la PTAR y el desplante de las zapatas en las laderas de las barrancas.
- **Retroexcavadora (Mano de chango):** Excavaciones puntuales del parque solar.
- **Camiones de volteo (7 m^3 a 14 m^3):** Para el acarreo interno y traslado hacia sitio de disposición final del suelo orgánico despalmado y el material térreo sobrante.
- **Grúa autopropulsada / Camión grúa:** Necesaria para las maniobras de izaje, alineación y montaje de la tubería de acero cédula 40 en los cruces aéreos, así como para la colocación de los sopladores y reactores biológicos pesados.
- **Vibrador de concreto y vibrocompactador (Bailarina/Rodillo):** Equipos menores mecánicos para garantizar la homogeneidad en el colado de las estructuras y la compactación de las zanjas al 90%-95% de la prueba Proctor.

Para llevar a cabo el transporte, manipulación, izaje pesado de los tanques industriales y colado masivo de los concretos impermeabilizantes, se requerirá el despliegue de una flota especializada de maquinaria y equipo pesado autopropulsado a base de combustión interna, cuyas funciones operativas principales dentro de la obra constan de las siguientes variables:

Tabla 12 Flota de maquinaria y equipo requerido

Maquinaria	Tipo de combustible	Función en la fase constructiva
Excavadoras de oruga	Diésel	Excavaciones masivas profundas para cárcamo y tanques empotrados.
Retroexcavadoras de llantas	Diésel	Excavaciones menores y zanjas auxiliares al interior del predio de la PTAR
Camiones de volteo (7 y 14 m³)	Diésel	Carga y desalojo diario de tierras excedentes hacia el banco de tiro.

CONSULTA PÚBLICA

Maquinaria	Tipo de combustible	Función en la fase constructiva
Motoconformadoras y vibrocompactadoras	Diésel	Extendido y compactación por capas de materiales subrasantes y balastos.
Ollas revolvedoras y bombas de pluma	Diésel	Suministro a tiro directo y bombeo vertical de concreto impermeabilizante.
Grúas telescópicas autopropulsadas	Diésel	Izaje de paneles Aquastore y colocación de los domos geodésicos.
Plantas de soldadura y cortadoras	Gasolina / Diésel	Soldadura de cruces de acero al carbón y corte mecánico de pavimentos.

1.5.2.7 Logística de Suministro y Bancos de Materiales

La procedencia de los insumos y el destino de los materiales de desecho se apegarán estrictamente a los sitios autorizados para mitigar pasivos ambientales en la región de Amozoc:

Bancos de extracción (Suministro de pétreos y rellenos)

- **Materiales térreos de banco:** El suministro de arenas, gravas y material de subbase para las vialidades internas de la PTAR y el relleno de zanjas de aproximación provendrá exclusivamente de bancos de materiales pétreos comerciales debidamente registrados y autorizados por la SEMARNAT y las autoridades estatales en la periferia de la zona metropolitana de Puebla.

Bancos de tiro (Sitio de disposición de sobrantes y lodos)

- **Disposición de excavaciones y biosólidos:** El material excedente de las excavaciones masivas que no sea apto para rellenos compactados, así como las placas de lodo deshidratadas generadas durante la futura operación de la planta, no se reutilizarán en el sitio.
- **Sitio autorizado:** Los residuos serán destinados tal y como lo establezca la SMADSOT, pero se tiene como propuesta el "Valero Banco de Tiro en Puebla", ubicado en las coordenadas geográficas 19°06'37.8"N 97°57'54.2"W, localizándose a una distancia logística aproximada de 21.1 km de la ubicación de la PTAR.

Se ha establecido una estrategia de control logístico asociada en su totalidad a bancos de préstamo comerciales y sitios de disposición final debidamente autorizados, tal como se desglosa a continuación:

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 13 Logística de bancos de materiales térreos y sitios de confinamiento

Logística	Tipo de material	Volumen aproximado (m³)	Nombre del sitio
Disposición de sobrantes	Tierra y despalme tipo II	44,028.27	Valero Banco de Tiro en Puebla (Coordenadas: 19°06'37.8"N, 97°57'54.2"W), a 21.1 km de la obra.
Suministro de materiales	Balasto (Pedraplén)	3,674.72	Bancos comerciales autorizados en el Estado de Puebla (Radio de acarreo menor a 80 km).
	Suelo subrasante	13,254.19	
	Material selecto calidad filtro	788.97	

1.5.3 Descripción de la etapa de operación.

A continuación, se presenta la **Descripción de la Etapa de Operación** para cada uno de los componentes del proyecto ejecutivo de la PTAR Amozoc. Este desarrollo se encuentra estructurado con el rigor técnico y la desagregación de ingeniería requerido.

1.5.3.1 Sistema de Colectores Sanitarios y Cruces Especiales

A. **Transporte Continuo por Gravedad:** Los colectores operan de forma ininterrumpida captando y transportando por gravedad los caudales de aguas residuales crudas de tipo doméstico generadas en la cabecera municipal de Amozoc de Mota y en la localidad de San Salvador Chachapa.

B. **Operación Confinada de Cruces Aéreos:** El paso de los flujos a través de las barrancas e intersecciones de propiedad nacional se realiza de forma confinada mediante 25 cruces especiales aéreos fabricados en tubería de acero ASTM A-53. Esto elimina las descargas directas a cielo abierto que históricamente impactaban los cuerpos de agua de la región.

C. **Centralización de la Red de Subcolectores:** El colector principal unifica de manera superficial la red hidráulica al recibir la interconexión física de cinco subcolectores existentes en pozos de visita estratégicos, correspondientes específicamente a los cadenamientos de los pozos de visita número 14, 19, 28, 77 y 129.

D. **Inspección y Monitoreo del Corredor:** El personal de operación realiza recorridos rutinarios de control sobre la zona federal de los cruces para verificar la estabilidad de los taludes de los cauces modificados, comprobar mecánicamente que no existan fugas en las juntas de acero, asegurar la

CONSULTA PÚBLICA

ausencia de azolve en los pozos de transición y constatar que las estructuras de mampostería no sufran socavación ante las avenidas extraordinarias de la Barranca Grande.

1.5.3.2 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) - Tren de Procesos de Saneamiento

La planta opera de forma continua las 24 horas del día bajo un diseño hidráulico nominal que recibe un gasto medio influente de 188.6271 lps (679.05 m^3/hr) y un gasto máximo horario de 368.725 lps. El efluente transita a través de los siguientes submódulos operativos:

A. Pretratamiento y Cárcamo de Bombeo Influente

- **Recepción y Amortiguamiento:** El influente crudo arriba a una caja recolectora de colectores construida de concreto armado (5.00 m de largo x 5.00 m de ancho x 1.00 m de tirante hidráulico, con un volumen de 25 m^3), cuya función es recibir, homogeneizar hidráulicamente y distribuir las aguas crudas.
- **Remoción Física de Sólidos y Arenas:** El caudal fluye por gravedad hacia el Canal de Cribados (6.25 x 1.40 x 1.00 m, volumen de 8.75 m^3) para la retención de sólidos gruesos no biodegradables, y posteriormente a un desarenador de tres canales independientes (1.10 m de ancho, 1.25 m de tirante y 8.23 m de largo cada uno), operando con un gasto medio individual de entrada de 226.332 m^3/h para la decantación de arenas.
- **Bombeo Alternado a Líneas Paralelas:** Los efluentes pretratados se concentran en el cárcamo de bombeo influente (12.00 x 9.00 x 3.50 m de tirante, volumen de 378 m^3), el cual cuenta con dos equipos de bombeo por cada tren que operan de forma alternada y de respaldo, impulsando de manera uniforme un gasto medio de diseño de 226.332 m^3/h hacia tres trenes paralelos de tratamiento primario.

B. Tratamiento Primario Anaerobio (Reactores RAFA)

- **Degradación de Carga Orgánica:** Cada tren inicia su proceso en un Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA / UASB), donde la materia orgánica se degrada mediante el metabolismo de microorganismos anaerobios en suspensión.
- **Operación de Cúpulas y Confinamiento de Biogás:** Los reactores operan como tanques circulares de concreto reforzado con un diámetro de 19.00 m, un tirante hidráulico de 6.00 m y un bordo libre de 0.70 m. El confinamiento y la captación del biogás resultante se realiza en la parte superior mediante un domo geodésico de aluminio de 3.00 m de altura.

CONSULTA PÚBLICA

C. Tratamiento Secundario Biológico (Reactores Anóxicos, Filtros Percoladores y Sedimentación)

- **Desnitrificación (Etapa Anóxica):** El efluente anaerobio pasa a tres Reactores Anóxicos (estructuras de concreto de 22.00 m de largo x 8.00 m de ancho x 6.00 m de tirante, volumen de 1056 m^3 cada uno), donde se lleva a cabo la remoción de nitrógeno total al reducirse biológicamente los nitratos (NO_3) a nitritos (NO_2) y consecutivamente a nitrógeno gaseoso (N_2).
- **Degradación por Película Fina:** El agua se distribuye hacia tres Filtros Percoladores mediante el montaje mecánico de una columna central y brazos distribuidores accionados por una unidad motriz, donde el líquido percola sobre un medio biológico para remover la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO).
- **Clarificación del Agua:** El flujo ingresa a tres Sedimentadores Secundarios circulares (22.00 x 22.00 m) dotados de deflectores internos, rastras mecánicas de lodos y desnatadores superficiales para la separación del agua clarificada y la purga del lodo secundario generado.

D. Tratamiento Terciario (Desinfección Avanzada UV)

- **Canal de Inactivación Microbiológica:** El efluente secundario clarificado ingresa al Tanque de Desinfección, configurado como un canal abierto de flujo continuo de concreto armado (10.00 m de largo x 2.00 m de ancho x 3.00 m de profundidad). La destrucción de patógenos (coliformes fecales y *E. coli*) se realiza mediante bancos de lámparas sumergidas de radiación ultravioleta confinadas en camisas de cuarzo.
- **Control Automatizado y Autolimpieza:** El sistema eléctrico trifásico de 480V (alimentado por un PDC) y el sistema de control conectado a telemetría SCADA regulan las lámparas basándose en sensores de nivel e intensidad (4-20 mA). Ante descensos de intensidad, un Hydraulic System Center (HSC) activa limpiadores mecánicos automáticos sobre las camisas de cuarzo. Para no comprometer la transmisión UV de diseño (55%), el agua debe mantener una turbidez menor a 10 NTU y Sólidos Suspendidos Totales (SST) de 32 mg/L.

E. Tren de Manejo, Estabilización y Deshidratación de Lodos

- **Espesado y Digestión Anaerobia:** Los lodos biológicos purgados de los sedimentadores se reciben conjuntamente en un Espesador de Lodos por Gravedad (12.00 m de diámetro x 0.20 m de profundidad). El lodo espesado pasa a dos unidades de Digestores de Lodos (16.00 m de diámetro x 0.20 m de profundidad) para su estabilización anaerobia.

CONSULTA PÚBLICA

- **Prensado y Disposición de Biosólidos:** Los lodos digeridos se deshidratan mecánicamente mediante un filtro prensa de bandas, obteniendo placas de lodo seco deshidratado. Al provenir de aguas residuales domésticas, se verifica mediante laboratorio que el lodo no presente características de peligrosidad CRIT (no corrosivo, no reactivo, no inflamable, no tóxico), cumpliendo con la **NOM-004-SEMARNAT-2002** para biosólidos, procediendo a su traslado hacia el banco de tiro aprobado por el H. Ayuntamiento.

1.5.3.3 Sistema de Control de Emisiones Atmosféricas (Quemadores de Biogás)

- **Combustión de Excedentes Gaseosos:** Para evitar la acumulación de biogás y mitigar riesgos de sobrepresión en los digestores anaerobios y reactores RAFA, se operan de manera automática 4 unidades de antorchas de combustión de biogás (Modelo FL-OT-0147).
- **Lógica de Encendido Automatizado:** El encendido es controlado por electrodos que activan automáticamente el piloto cuando se detecta una presión mínima (P1) en las líneas. Al alcanzar la presión de operación nominal (P2), se abre la válvula principal de biogás para sostener una flama continua y de combustión estable.
- **Protocolo de Seguridad y Purga:** El operador supervisa diariamente en bitácora las presiones de entrada/salida, la estabilidad de la flama, la ausencia total de condensados en la línea y el correcto estado mecánico del sistema arresta flamas.

1.5.3.4 Sistema Fotovoltaico (Parque Solar)

- **Generación Eléctrica Sustentable Continua:** Coexistiendo con la red general de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), se opera un sistema de energía alternativa distribuido en una plataforma asignada de 4,669.00 m². La captación solar se realiza mediante un arreglo de entre 625 y 800 módulos fotovoltaicos monocristalinos tipo N de alta eficiencia (605-625W con 132 celdas half-cell), fijados sobre estructuras metálicas PTR con recubrimiento de fibra de vidrio y resina isoftálica anticorrosiva.
- **Monitoreo Diario de strings e Inversores:** El personal técnico registra diariamente el voltaje, la corriente y la producción energética acumulada (en kWh) generada por el inversor de corriente continua a alterna, supervisando que no existan alarmas por sobretensión en los supresores (SPD) o fusibles por string.
- **Rutinas de Mantenimiento y Limpieza:** Para optimizar la eficiencia y prevenir pérdidas por sombreado o acumulación de polvo, se ejecuta una limpieza periódica de los paneles cada 1 a 3 meses utilizando cepillos suaves y agua técnica, lo cual incrementa el rendimiento real entre un 10%

CONSULTA PÚBLICA

y un 20%. Asimismo, se verifica semestralmente la red de puesta a tierra (manteniendo una resistencia menor a 10 ohms) y se programan inspecciones avanzadas mediante cámaras termográficas para descartar celdas dañadas o la presencia de hotspots.

1.5.3.5 Obra de Descarga e Impulsión Final de Agua Tratada

- **Gasto de Salida Purificado:** Tras pasar por el tanque de desinfección UV, el efluente final tratado alcanza un caudal de descarga continuo de 176.026 lps (633.696 m^3/hr), cumpliendo con los límites máximos permisibles microbiológicos de la legislación federal (coliformes fecales y *E. coli* reducidos a 0 NMP/100 mL).
- **Impulsión Hidráulica a Destino Sustentable:** El volumen total del agua purificada se recolecta en un cárcamo de descarga desde el cual es bombeado de forma confinada a través de una conducción hidráulica (Línea Morada) con destino hacia el Parque Estatal Flor del Bosque para su reuso y aprovechamiento ambiental.
- **Disposición Final de Respaldo por Gravedad:** De forma inicial o ante contingencias operativas en el sistema de bombeo, la disposición final del efluente se realiza por gravedad en un cuerpo de agua de propiedad nacional, vertiéndose directamente mediante acueductos marginales y obras de transición en la zona federal de la Barranca Grande.

1.5.3.6 Gestión Técnica, Bitácoras y Control de Cumplimiento Normativo

- **Lineamientos Técnicos del Manual de Saneamiento:** Todo el personal opera bajo la estructura organizacional y las responsabilidades del Manual de Saneamiento, el cual norma el control de parámetros, consumos químicos y energéticos.
- **Control Analítico Acreditado:** El encargado coordina la toma diaria de muestras y bitácoras de operación, programando trimestralmente (formato IT-PTAR-01) y mensualmente (formato IM-PTAR-001) los muestreos del efluente final y lodos de purga, ejecutados de forma obligatoria por laboratorios externos acreditados ante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA).
- **Vinculación con Normas Oficiales Mexicanas (NOM):** Las rutinas operativas garantizan el estricto cumplimiento continuo de las tres principales normas de la normatividad ambiental aplicable y vigente:
  - **NOM-001-SEMARNAT-2021:** Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores de propiedad nacional.

CONSULTA PÚBLICA

- **NOM-003-SEMARNAT-1997:** Regula las especificaciones de calidad del agua tratada destinada para los servicios de reuso público.
- **NOM-004-SEMARNAT-2002:** Regula las especificaciones microbiológicas, de toxicidad y disposición segura de lodos y biosólidos.

Tabla 14 Especificaciones técnicas de la PTAR

Especificaciones técnicas de la PTAR.	
Caudal de tratamiento (lps)	188.6271
Caudal de descarga (lps)	176.026
Tren de tratamiento	
Primario (sedimentación de sólidos gruesos y flotantes)	**Operación mediante tres líneas o trenes en paralelo**: Cada línea inicia con un Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA / UASB) de acero vitrificado, de 19.00 m de diámetro y tirante hidráulico de 6.00 m, diseñado para la remoción biológica de materia orgánica y degradación anaerobia
Secundario (lodos activados, filtros percoladores, entre otros)	**Un reactor anóxico:** Estructura de concreto armado de 8.00x22.00 m con tirante de 6.00 m y 12 agitadores sumergibles de 3 HP; realiza la desnitrificación biológica de nitratos a nitrógeno gas aprovechando dos recirculaciones del 40% del gasto. **Tres filtros percoladores con nitrificación:** Tanques circulares de 24.00 m de diámetro y 10.00 m de altura exterior, equipados con brazo distribuidor rotativo y medio plástico de película fija para la oxidación biológica de amonio a nitratos. **Tres sedimentadores secundarios:** Tanques circulares de concreto dotados con un mecanismo clarificador central y brazos de rastras inferiores para la separación sólido-líquido final
Terciario (filtración, desinfección (sustancias, cantidad, tratamiento), remoción de nutrientes)	**Desinfección:** Sistema de desinfección en canal abierto de concreto operado mediante radiación Ultravioleta (UV), empleando bancos modulares de lámparas automáticas para la inactivación de microorganismos patógenos. **Sustancias y cantidad:** No aplica el uso de sustancias químicas; el tratamiento es

CONSULTA PÚBLICA

Especificaciones técnicas de la PTAR.	
	puramente físico mediante radiación UV automatizada. **Remoción de nutrientes:** Proceso biológico de desnitrificación incorporado en la etapa secundaria (conversión de nitratos a nitrógeno gas en el reactor anóxico) y nitrificación biológica en los filtros percoladores.
Obra de toma	
Sitio de toma	Predio principal de la PTAR (Paraje Tlacapaca, San Salvador Chachapa)
Obra de descarga	
Sitio de descarga	Descarga directa en un cuerpo de agua de jurisdicción federal (Barranca Grande) contiguo al predio. Coordenadas UTM: X: 594695.6; Y: 2105170.46

Descripción general del sistema de tratamiento

El complejo tecnológico de saneamiento se compone de las siguientes unidades de proceso principales:

Línea de agua:

1. Pretratamiento (Canales de cribado, desarenador dinámico y cárcamo de bombeo influente).
2. Tratamiento Primario: Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente (RAFA / UASB).
3. Tratamiento Secundario: Reactor Anóxico (Desnitrificación), Filtro Percolador con Nitrificación y Sedimentador Secundario.
4. Tratamiento Terciario: Tanque de Desinfección mediante tecnología de Rayos Ultravioleta (UV).

Línea de lodos y subproductos:

- Espesador de lodos por gravedad.
- Reactores digestores anaerobios de lodos.
- Deshidratación mecánica mediante filtro prensa de bandas.
- Manejo y destrucción térmica de biogás en quemadores industriales.

CONSULTA PÚBLICA

- Optimización y sustentabilidad energética mediante un sistema fotovoltaico de 800 paneles solares.

El tren de tratamiento opera bajo un esquema combinado anaerobio/aerobio que optimiza la remoción de carbono orgánico y nutrientes básicos (nitrógeno y fósforo).

Tabla 15 Caudal de diseño y características del agua residual.

Parámetro de diseño	Calidad de efluente proyectada (Salida)
Gasto medio (Qmed)	176.026 lps
Gasto máximo (Qmax)	344.0200 lps
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	13.50 mg/l
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	48.39 mg/l
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	31.926 mg/l

DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES DE PROCESO DE LA PTAR

Pretratamiento mecánico

- **Sistema de cribado:** Compuesto por dos canales paralelos de 1.40 m de ancho, 6.45 m de largo y 1.00 m de tirante. Dispone de dos (2) cribas de limpieza manual marca ECMA para la retención física de sólidos gruesos y medianos, y dos cribas mecánicas automáticas (equipo motriz de 1 HP) para la remoción continua de sólidos finos de hasta 15 mm.
- **Canales desarenadores:** Tres canales independientes de 1.10 m de ancho, 8.23 m de largo y 1.25 m de tirante. Cada uno cuenta con dos compuertas deslizantes prefabricadas para aislamiento, mamparas de fibra de vidrio y tolvas de desplazamiento vertical para colectar grasas, natas y aceites superficiales. El flujo es regulado a la salida mediante tres vertedores proporcionales tipo Sutro para mantener velocidades de flujo constantes.
- **Cárcamo de bombeo influente:** Unidad de almacenamiento de 12.00 m de largo y 9.00 m de ancho, con un tirante de 3.50 m que se incrementa a 4.50 m en el foso de succión. Su tiempo de retención es de 30 minutos y opera mediante seis bombas sumergibles de 30 HP cada una para elevar el agua hacia las líneas biológicas.

CONSULTA PÚBLICA

Tratamiento primario: Reactores anaerobios (RAFA)

Operan mediante tres reactores circulares de Vitrium (vidrio sílice fusionado al acero Aquastore) en paralelo. Tienen la función de remover la mayor fracción de carga de carbón orgánico sin consumo de oxígeno.

Tabla 16 Parámetros operativos de los reactores anaerobios

Parámetro operativo	Valor nominal de proyecto
Caudal de operación por línea	226.332 m³/h
Diámetro interior de apadrinamiento	19.00 m
Tirante hidráulico vertical	6.00 m
Bordo libre de resguardo	0.70 m
Altura del domo geodésico superior	3.00 m
Tiempo de retención hidráulica (TRH)	7.0 horas (Gasto medio) / 4.0 horas (Gasto máximo)

Tratamiento Secundario Avanzado

- **Reactor anóxico:** Estructura de concreto desplantada a nivel de terreno para la desnitrificación biológica. Cuenta con dimensiones de 8.00 m de ancho, 22.00 m de largo y 6.00 m de tirante hidráulico, operando con un tiempo de retención de 4.5 horas. Para mantener las bacterias anóxicas en suspensión y evitar la sedimentación, incluye doce agitadores sumergibles con hélice de acero inoxidable de 3 HP. El sistema introduce una doble recirculación interna equivalente al 40% del gasto de entrada cada una (una proveniente del filtro percolador y otra del sedimentador secundario).
- **Filtro percolador con nitrificación:** Tres estructuras circulares de 24.00 m de diámetro y 10.00 m de altura equipadas con un mecanismo distribuidor rotativo central. Utiliza un medio plástico estructurado de película fija con protección UV de alta área específica (31 ft²/ft³) para la oxidación del amonio a nitratos. Su retención hidráulica efectiva se considera instantánea.
- **Sedimentador secundario:** Tres tanques circulares de concreto de 22.00 m de diámetro y 5.10 m de tirante hidráulico operativo. Cuentan con un mecanismo purificador central con brazos de rastras inferiores para lodos, desnatadores superficiales y vertedores periféricos para clarificar el agua. El lodo secundario decantado es purgado a una tasa de 3.00 lps (10.8 m³\h) hacia la línea de lodos.

Tratamiento Terciario: Desinfección UV

CONSULTA PÚBLICA

El canal abierto de desinfección de concreto cuenta con dimensiones de 2.00 m de ancho y 10.00 m de largo y un empotre de 3.00 m. Opera mediante un sistema de bancos modulares sumergidos equipados con lámparas automáticas de radiación de luz ultravioleta (UV) (Longitud de onda germicida de 253.7 nm). El nivel del agua es controlado mediante un vertedero final para asegurar que los bancos queden completamente sumergidos. El sistema garantiza la inactivación de coliformes y *E. coli* bajo una capacidad de flujo pico de hasta 500 l/s, logrando un agua final apta para servicios públicos.

Sistema de manejo, tratamiento y disposición de lodos

- **Espesador de lodos por gravedad:** Estructura circular de 12.00 m de diámetro y 3.50 m de tirante hidráulico. Concentra mecánicamente las purgas de lodos primarios (RAFA) y secundarios (Sedimentador). El agua sobrenadante clarificada se retorna al cárcamo influente.
- **Digestores anaerobios de lodos:** Dos tanques herméticos de acero vitrificado Aquastore de 18.00 m de diámetro, 6.00 m de tirante, bordo libre de 0.70 m y domo geodésico de 3.00 m de altura. Estabilizan biológicamente los lodos concentrados reduciendo los microorganismos patógenos y la atracción de vectores.
- **Deshidratación mecánica (Filtro prensa de bandas):** Instalado al interior de la caseta de operaciones. El sistema integra un tanque de acondicionamiento químico para dosificación de polímero y un equipo de filtración prensa por bandas modelo DNY2500-3 (con compresor de aire y bombas de lavado) que deshidrata el lodo hasta obtener un contenido mínimo de 20% de sólidos secos en forma de placas estables. Las placas de lodo doméstico estabilizado (no peligrosas) se trasladarán para su disposición final en el depósito regional autorizado denominado Valero Banco de Tiro en Puebla (Coordenadas 19°06′37.8″N, 97°57′54.2″W), ubicado a una distancia de 21.1 km de la planta.

Sistemas complementarios de sustentabilidad

- **Manejo de biogás:** El biogás rico en metano generado en las cúpulas de los tres RAFAs y de los digestores es recolectado neumáticamente y enviado hacia dos antorchas industriales tipo candelabro.
- **Optimización energética:** El sistema de generación solar operará bajo un esquema de interconexión con la red convencional de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y un respaldo en banco de baterías, tomando como referencia 4 horas solares pico (HSP) por día.

  El flujo energético se detalla a continuación:

CONSULTA PÚBLICA

- Los 800 paneles solares captan la radiación y generan electricidad en corriente directa (CD).
- Esta energía es conducida mediante cableado (tuberías de 25 mm) hacia un Regulador, el cual administra la carga y la envía a un Banco de Baterías para conservar el respaldo y la continuidad del suministro.
- La corriente directa pasa del regulador a los Inversores, transformándose en corriente alterna (CA) con las características de voltaje y frecuencia requeridas por la planta.
- La energía en CA pasa por un Medidor de C.F.E., un Simultaneador (con tubería de 32 mm) y elementos de protección e interruptores de seguridad (3 X 20 A, tierra física).
- Finalmente, la energía se integra al sistema eléctrico de la PTAR para alimentar los motores de los equipos de bombeo, aireación, mezclado, recirculación, tornamesas y equipos auxiliares. El sistema está diseñado para reducir el consumo de la red convencional y los costos operativos, operando en paralelo.

1.5.4 Descripción de la etapa de mantenimiento.

La etapa de mantenimiento está orientada a sostener la continuidad operativa del sistema, garantizar la eficiencia de remoción de contaminantes y dar cumplimiento a la legislación ambiental vigente.

A continuación, se desglosan las acciones y esquemas organizacionales definidos para la etapa de mantenimiento de la PTAR:

Tabla 17 Acciones de mantenimiento en componentes de la PTAR

Componente / Unidad relacionada	Tipo de actividad de mantenimiento	Alcance operativo
Infraestructura central y electromecánica	Mantenimiento preventivo y correctivo	Aplicación de mecanismos de control operacional y supervisión técnica para precaver desgastes mecánicos o corregir fallas en equipos mayores.
Equipos de medición y control	Calibración periódica	Mantenimiento y calibración constante de los instrumentos de medición interna para asegurar la fiabilidad de las lecturas del proceso.
Canales del desarenador	Aislamiento e intervención hidráulica	Uso de dos compuertas dispuestas en cada uno de los tres canales independientes,

CONSULTA PÚBLICA

Componente / Unidad relacionada	Tipo de actividad de mantenimiento	Alcance operativo
		cuya función es regular el flujo y facilitar las maniobras de limpieza y mantenimiento físico de la unidad.
Caminos e infraestructura general	Mantenimiento de servicios	Empleo del efluente tratado para el control de polvos en vialidades internas mediante humedecimiento y el soporte de actividades generales de conservación dentro del Parque Estatal Flor del Bosque.

1.5.5 Descripción de la etapa de abandono y desmantelamiento.

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), corresponde a una infraestructura de carácter municipal concebida para la prestación de un servicio público esencial de forma continua y prolongada. Debido a esta naturaleza de utilidad pública y saneamiento regional, el proyecto no contempla un programa de abandono o desmantelamiento a corto o mediano plazo, orientando su horizonte operativo inicial hacia las proyecciones demográficas del año 2046.

1.6 COSTOS DE INVERSIÓN DEL PROYECTO

El proyecto tendrá un costo de inversión de **$519,707,955.66** (Quinientos diecinueve millones setecientos siete mil novecientos cincuenta y cinco pesos 66/100 M.N.)

Costo de inversión del proyecto ($)	Costo de medidas de prevención, mitigación, compensación y/o restauración ($)	Total ($)
$511,912,336.32	$ 7,795,619.34	$ 519,707,955.66

CONSULTA PÚBLICA

1.7 Duración estimada del Proyecto (conforme al cronograma de trabajo)

Tabla 18 Duración estimada del proyecto

Etapa	Duración en años, meses o semanas
Preparación del sitio y construcción	16 meses
Operación y/o mantenimiento Cierre y abandono de sitio	Indefinido
	Indefinido

1.8 Resumen de Características del Proyecto

Tabla 19 Características del proyecto

Concepto	Preparación del sitio y construcción (cantidad y unidades*	Operación (cantidad y unidades
Consumo de energía eléctrica	Conexión temporal directa a la red de media/baja tensión de la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Suministro destinado a la iluminación nocturna, frentes de trabajo, oficinas provisionales, operación de herramientas mecánicas, grúas y equipos de soldadura pesada.	Esquema de co-generación y autoconsumo operado en paralelo con la red comercial de CFE. Incorporación de un campo solar integrado por 800 paneles fotovoltaicos monocristalinos de alta eficiencia 485 a 585W.
Consumo de agua	4276 m³	Gasto Medio de Entrada (Influente): 188.6271 lps (679.05 m³/h) y Gasto Máximo Horario de 368.7250 lps (1,327.41 m³/h), ingresando como agua cruda residual de tipo doméstico para alimentar el tren de tratamiento.
Emisiones de gases de efecto invernadero	Emisiones difusas de combustión interna generadas por la operación diaria de la flota pesada autopropulsada (excavadoras de oruga, retroexcavadoras de llantas, camiones de volteo de 7 y 14 m³, motoconformadoras,	Emisiones mitigadas mediante la recolección hermética de biogás subproducto a través de campanas de fibra de vidrio en los domos de los 3 RAFAs y los 2 digestores. El gas metano (CH4) es conducido hacia quemadores industriales

CONSULTA PÚBLICA

Concepto		Preparación del sitio y construcción (cantidad y unidades*	Operación (cantidad y unidades
		vibrocompactadoras y ollas revolvedoras) que consumen combustible Diésel y Gasolina.	para su destrucción por combustión controlada, evitando emisiones directas a la atmósfera.
Aprovechamiento de otros recursos naturales (especificar)		3,674.72 m³ de balasto (pedraplén). 13,254.19 m³ de suelo de calidad subrasante. 788.97 m³ de material selecto calidad filtro.	Energía Solar Renovable: Aprovechamiento continuo de la radiación solar para la captación y transformación fotovoltaica a través de los 800 paneles solares instalados.
Generación de residuos	Peligrosos	Generación estimada de aceites lubricantes gastados, solventes, aditivos remanentes, filtros de aceite y sólidos impregnados (estopas, trapos, equipo de protección) derivados de los servicios de mantenimiento preventivo aplicados a la flota de maquinaria pesada.	Residuos químicos y reactivos gastados menores generados en los laboratorios de control de calidad internos durante los análisis analíticos fisicoquímicos del agua. *(Nota: Los lodos biológicos de la planta carecen de peligrosidad CRETIB por provenir de aguas residuales netamente domésticas).*
	Manejo especial	Desalojo de 3,629.67 m³ de suelo orgánico superficial (despalme) y un volumen total de 44,028.27 m³ de tierras excedentes de excavación masiva, transportadas al sitio autorizado *"Valero Banco de Tiro en Puebla"*.	Sólidos gruesos, medianos y finos retenidos en las 2 cribas manuales y en la criba mecánica de 1 HP; arenas, grasas y natas acumuladas en las tolvas de los 3 canales del desarenador. Placas secas de lodo deshidratado provenientes de lodos primarios (1.25 lps) y secundarios (3.00 lps) procesados en el Filtro Prensa de Bandas Modelo DNY2500-3, con disposición diaria en el *"Valero Banco de Tiro"* (a 21.1 km).
		Sobrantes de recortes de perfiles PTR, pedacería de placas de acero, colillas de electrodos de soldadura, discos de desbaste usados y desperdicios de madera de ademes cerrados y cimbras.	

CONSULTA PÚBLICA

Concepto		Preparación del sitio y construcción (cantidad y unidades*	Operación (cantidad y unidades
	Sólidos urbanos	Basura doméstica generada por los frentes de trabajo.	Desechos de oficina y personal técnico.
Descargas de agua residual y/o de proceso, indicando el cuerpo receptor y la ubicación del sitio específico de descarga, georreferenciado en UTM, Datum WGS84		(No aplica). Durante esta fase no se generan aguas residuales de proceso industrial. Las aguas negras del personal se dispondrán mediante la instalación de módulos de servicios sanitarios provisionales con fosas o tanques cerrados de recolección temporal.	Cuerpo Receptor y Destino Final: Las aguas tratadas provenientes de la Planta de Tratamiento tendrán serán vertidas a la barranca San Bartolo que se encuentra colindante a la misma. Infraestructura de Conducción: Impulsión a alta presión desde el cárcamo de salida a través de la Línea Morada.
Otros en su caso (especificar)		Ninguno contemplado.	Generación y acumulación interna de Biogás (subproducto rico en metano) originado por la digestión biológica en los 3 reactores RAFA y en los 2 digestores anaerobios de lodos.

CONSULTA PÚBLICA

1.8.1 Superficie de incidencia en la zona federal y/o cuerpos de agua.

En estricto apego a las disposiciones de la Ley de Aguas Nacionales y los requerimientos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), el presente apartado tiene como propósito identificar, cuantificar y describir con precisión geométrica las áreas del **"Proyecto Ejecutivo para la Construcción y Operación de 1 (Una) Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y Cruces Especiales en Zona Federal"** que interactúan u ocupan bienes de dominio público de la Nación. Derivado del diseño de la red de saneamiento e impulsión para el municipio de Amozoc de Mota, Puebla, la obra civil y electromecánica guarda una estrecha colindancia e incidencia transversal con el cauce y la zona federal de la corriente conocida como Barranca "LA GRANDE".

Para lograr la conducción por gravedad de los caudales de aportación hacia la PTAR y el posterior bombeo del efluente tratado, el proyecto contempla la instalación de una red conformada por **25 cruces especiales aéreos** (integrados por 17 colectores, 5 subcolectores y 3 cruces de la Línea Morada). En su conjunto, esta infraestructura abarca una longitud lineal de 698.63 metros sobre la barranca, lo que representa una **superficie de incidencia temporal de** $3{,}493.15\ m^2$ necesaria para las franjas de trabajo y maniobras constructivas, así como un área de ocupación permanente estrictamente delimitada al desplante de los apoyos o zapatas. A continuación, se presenta la memoria de cálculo, las coordenadas de los vértices y la caracterización de estas superficies, demostrando que el diseño de cruces aéreos previene alteraciones a la dinámica hidráulica del escurrimiento y salvaguarda la integridad morfológica del cuerpo de agua.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 20 Memoria de Cálculo de Superficies en Zona Federal (25 Cruces Especiales)

No. de Cruce	Longitud (L) (m)	Superficie de Incidencia Temporal (m²)	Superficie de Desplante Permanente (m²)	Inicial		Final	
				X	Y	X	Y
Cruce 01	15.00	75.00	2.88	599,930.83	2,105,691.09	599,921.55	2,105,679.05
Cruce 02	34.10	170.50	2.88	598,881.93	2,105,750.92	598,873.64	2,105,717.37
Cruce 03	34.82	174.10	2.88	597,715.23	2,105,700.45	597,695.80	2,105,671.45
Cruce 04	32.25	161.25	2.88	597,105.56	2,105,566.90	597,086.11	2,105,540.98
Cruce 05	18.41	92.05	2.88	596,510.75	2,105,384.27	596,492.34	2,105,382.33
Cruce 06	30.45	152.25	2.88	596,225.92	2,105,346.20	596,198.51	2,105,333.15
Cruce 07	39.16	195.80	2.88	596,037.22	2,105,263.15	596,015.75	2,105,230.76

No. de Cruce	Longitud (L) (m)	Superficie de Incidencia Temporal (m²)	Superficie de Desplante Permanente (m²)	Inicial		Final	
				X	Y	X	Y
Cruce 08	16.37	81.85	2.88	594,815.65	2,105,303.56	594,799.57	2,105,303.48
Cruce 09	15.73	78.65	2.88	594,785.53	2,105,305.56	594,777.59	2,105,315.05
Cruce 10	37.53	187.65	2.88	594,744.44	2,105,337.63	594,707.65	2,105,329.75
Cruce 11	30.23	151.15	2.88	594,685.46	2,105,323.18	594,661.00	2,105,305.84
Cruce 12	30.72	153.60	2.88	594,610.24	2,105,227.51	594,579.82	2,105,230.42
Cruce 13	25.61	128.05	2.88	594,482.11	2,105,187.50	594,457.28	2,105,184.00
Cruce 14	24.79	123.95	2.88	594,407.08	2,105,225.85	594,385.67	2,105,238.35
Cruce 15	40.59	202.95	2.88	594,385.67	2,105,238.65	594,374.95	2,105,277.64
Cruce 16	30.30	151.50	2.88	594,408.92	2,105,380.17	594,397.96	2,105,408.70
Cruce 17	23.66	118.30	2.88	594,603.69	2,105,707.01	594,580.31	2,105,705.97
Cruce 18	39.85	199.25	2.88	597,857.18	2,105,944.66	597,870.24	2,105,907.54
Cruce 19	24.81	124.05	2.88	597,864.67	2,105,965.30	597,884.18	2,105,980.46
Cruce 20	33.40	167.00	2.88	596,063.42	2,106,520.22	596,031.51	2,106,530.20
Cruce 21	38.32	191.60	2.88	595,747.25	2,106,273.28	595,709.51	2,106,280.15
Cruce 22	26.27	131.35	2.88	596,380.62	2,105,448.76	596,362.98	2,105,468.03
Cruce 23	16.26	81.3	2.88	594,695.60	2,105,170.46	594,681.96	2,105,150.10
Cruce 24	10	50	2.88	594,426.41	2,105,046.43	594,407.67	2,105,052.18
Cruce 25	30	150	2.88	594,060.93	2,104,961.425	594,014.85	2,104,980.40
TOTAL	698.63m	3493.15 m²	72.00 m²				

CONSULTA PÚBLICA

1.8.2 Superficies de incidencia en Área Natural Protegida (ANP) Federal.

El sitio del proyecto no presenta ninguna incidencia geográfica, superposición ni afectación directa sobre Áreas Naturales Protegidas (ANP), se identifica que el elemento de conservación natural más cercano al sitio del proyecto es el Parque Estatal Flor del Bosque.

1.9 ANTEPROYECTOS DE LAS DIFERENTES OPCIONES ANALIZADAS

1.9.1 Considerando las alternativas tecnológicas y de ubicación,

No se contempló el análisis de anteproyectos alternativos de ubicación ni de tecnologías variantes debido a que la propuesta representa una solución óptima y unificada, condicionada por la gravedad hidráulica de la red de alcantarillado que converge naturalmente en el predio seleccionado del paraje Tlacapaca, en

San Salvador Chachapa. Evaluar otra ubicación rompería este flujo por gravedad hacia la obra de toma, obligando a instalar sistemas de bombeo adicionales en la vía pública que aumentarían los costos de inversión, los impactos por excavación urbana y el consumo eléctrico; además, el sitio elegido se encuentra sobre un ecosistema previamente transformado de agricultura de temporal, garantizando que no se realizará un cambio de uso de suelo forestal ni se afectarán Áreas Naturales Protegidas.

CONSULTA PÚBLICA

1.10 Cronograma detallado de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, abandono (desmantelamiento), con indicadores de tiempo y recursos [esta información se considera para establecer los plazos de la vigencia del proyecto en sus diferentes etapas].

Tabla 21 Cronograma de construcción

PARTIDA	DESCRIPCIÓN	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
1	Pretratamiento	■	■	■	■	■											
2	Reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA)			■	■												
3	Tanque anoxico				■	■	■										
3	Filtro percolador			■	■												
4	Sedimentador secundario				■	■	■	■									
5	Tanque de desinfección					■											
5	Digestor de lodos				■	■											
5	Espesador de lodos					■											
6	Filtro de bandas						■										
7	Caseta de operaciones							■	■	■	■	■					
8	Caseta de vigilancia	■	■	■													
9	Subestacion y tableros de control	■	■	■	■	■	■										
10	Celdas solares	■	■	■	■	■											
11	Urbanización	■	■	■	■	■											
12	Interconexiones	■	■	■	■	■	■										
13	Puesta en marcha de la ptar											■	■				
14	Cruces especiales													■	■	■	■

COPIA PÚBLICA

1.11 Volumen de material que será removido durante la etapa de preparación del sitio y construcción (derivados de cortes, excavaciones, dragados, movimientos de tierra), y de ser el caso, durante la etapa de operación

Tabla 22 Insumos por etapa

Insumos				
ETAPA	Agua	Energía	Suelo	Materiales
Etapa de preparación	4276 m³	Conexión provisional a red CFE y uso de combustibles (Diésel/Gasolina).	13,254.19 m³ de suelo calidad subrasante (para plataformas).	3,674.72 m³ de balasto (pedraplén) y 788.97 m³ de material filtro.
Etapa de construcción		Conexión provisional red CFE y combustibles para maquinaria pesada.	590.73 m³ de suelo calidad base hidráulica.	Volúmenes de concreto premezclado (F'c=100 y 250 kg/cm²), acero de refuerzo y tuberías estructurales.
Etapa de Operación	679.05 m³/h (Gasto Medio de agua residual influente).	Campo solar de 800 paneles fotovoltaicos (485 a 585 W c/u) en paralelo con CFE.	N/A	Reactivos químicos menores para laboratorio de control de calidad.
Etapa de mantenimiento	Reúso interno de agua tratada para lavado de infraestructura.	Suministro continuo del sistema fotovoltaico (autoconsumo).	N/A	Refacciones, lubricantes para mantenimiento preventivo de motores y sopladores.
Etapa de abandono	N/A	N/A	N/A	N/A

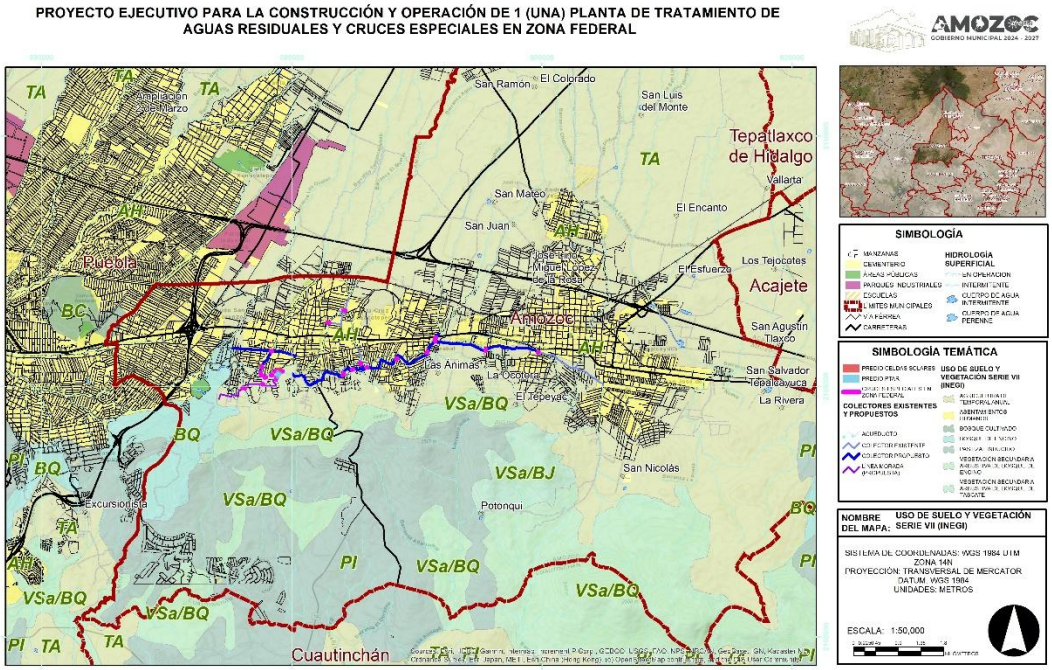
CONSULTA PÚBLICA

1.12 Cambio de Uso de Suelo de Áreas Forestales así como en selvas y zonas áridas.

De acuerdo con la Carta de Uso del Suelo y Vegetación del INEGI (Serie VII), la poligonal del predio se encuentra ubicada en un ecosistema previamente

transformado y clasificado bajo la condición de agricultura de temporal. Por lo que no se hará cambio de uso de suelo.

Figura 4 Uso de Suelo y Vegetación INEGI serie VII



CONSULTA

2 VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN SOBRE USO DEL SUELO.

La viabilidad ambiental de cualquier obra o actividad de desarrollo de infraestructura no solo se determina por la efectividad de sus medidas de mitigación y el control de sus impactos biofísicos, sino también por su estricta concordancia y armonía con el marco jurídico-normativo que rige el territorio nacional. En este contexto, el presente capítulo tiene como objetivo fundamental demostrar la vinculación, congruencia y observancia legal del **"Proyecto Ejecutivo para la Construcción y Operación de 1 (Una) Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y Cruces Especiales en Zona Federal"**, localizado en el municipio de Amozoc de Mota, Estado de Puebla.

De conformidad con lo establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y su Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, el análisis de vinculación ambiental constituye un ejercicio metodológico que contrasta detalladamente los componentes, etapas y alcances del proyecto frente a los instrumentos de política ambiental y planeación urbana aplicables. Este examen analítico permite asegurar que las fases de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento no vulneren las directrices de conservación, aprovechamiento sustentable y ordenamiento territorial dispuestas por las autoridades federales, estatales y municipales.

Para efectos de este proyecto integral, la evaluación de concordancia jurídica adquiere una naturaleza multidimensional debido a la diversidad de los componentes técnicos que lo integran:

1. **Infraestructura de Saneamiento Centralizada:** La construcción y operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) y su red de aportación compuesta por 17 colectores y 5 subcolectores marginales, diseñados para dar cumplimiento estricto a los parámetros de descarga exigidos por la **NOM-001-SEMARNAT-2021** y la gestión de biosólidos bajo la **NOM-004-SEMARNAT-2002**.
2. **Infraestructura de Conducción y Reúso Sustentable:** La implementación de la Línea Morada (propuesta) para la impulsión y el aprovechamiento del efluente tratado con fines de conservación y mantenimiento de servicios ambientales en el Parque Estatal "Flor del Bosque", fomentando esquemas circulares de gestión hídrica y sustitución de demanda de fuentes primarias de agua potable.

CONSULTA PÚBLICA

3. **Incidencia en Bienes Nacionales y Cruces Especiales:** La proyección de 25 estructuras de soporte y transición aérea que interactúan directamente con zonas de jurisdicción federal —específicamente en la denominada "Barranca Grande" y sus respectivas fajas de protección contiguas al cauce—, lo que exige la estricta observancia de las disposiciones de la Ley de Aguas Nacionales (LAN) y su vinculación regulatoria con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).
4. **Transición Energética y Sustentabilidad Operativa:** La incorporación de un sistema de generación de energía alternativa a base de celdas solares fotovoltaicas y muros de contención asociados, con el propósito de optimizar el desempeño ambiental y mitigar las emisiones indirectas de gases de efecto invernadero del sistema hídrico.

Bajo el principio de jerarquía normativa establecido en el artículo 133 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, este capítulo analiza de forma exhaustiva los niveles de actuación legal vigentes. Se examina la compatibilidad de las obras con las Leyes Generales y Federales aplicables, los Reglamentos en la materia, las Normas Oficiales Mexicanas de observancia obligatoria, los Programas de Ordenamiento Ecológico del Territorio (regionales y locales), así como las regulaciones locales sobre uso del suelo, planes de desarrollo urbano y bandos municipales vigentes en el municipio de Amozoc de Mota.

A través de las matrices y análisis técnico-jurídicos presentados en las subsecuentes secciones, se constata que el proyecto no representa un elemento de ruptura u oposición a la normativa ambiental vigente; por el contrario, se consolida como una obra de utilidad pública e infraestructura ambiental prioritaria que coadyuva de manera directa a alcanzar las metas locales y federales de saneamiento hídrico, restauración de ecosistemas y ordenación sustentable del territorio.

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

Artículo	Vinculación
Artículo 5.- Son facultades de la Federación: **X.**- La evaluación del impacto ambiental de las obras o actividades a que se refiere el artículo 28 de esta Ley y, en su caso, la expedición de las autorizaciones correspondientes;	Los cruces de la Planta de Tratamiento atraviesan la Barranca “San Bartolo”. Dado que una barranca clasifica como cauce de propiedad federal porque conduce aguas nacionales, según el **Artículo 27 de la**

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Vinculación
	Constitución y el **Artículo 113, Fracción III** y **IV** de la **Ley de Aguas Nacionales** establecen que cauces, lechos o riberas de los lagos y corrientes son propiedad de la nación.
Artículo 28.- La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente. Para ello, en los casos en que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría: **I.- Obras hidráulicas,** vías generales de comunicación, oleoductos, gasoductos, carboductos y poliductos; **X.-** Obras y actividades en humedales, ecosistemas costeros, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o **zonas federales.**	Debido a que la Planta de Tratamiento de Aguas residuales constituye una obra hidráulica, corresponde someterse a la Evaluación de Impacto Ambiental. Para el funcionamiento de la planta de tratamiento se considera la instalación de un sistema de celdas solares, mediante un sistema fotovoltaico, en el cual los rayos solares se aprovechan para convertir la energía solar en energía eléctrica. Las celdas solares se encuentran en **zona federal.**

2.2 Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (LGEEPA)

Última reforma publicada DOF 31-10-2014

Artículo	Vinculación
Artículo 4.- Compete a la Secretaría: I. Evaluar el impacto ambiental y emitir las resoluciones correspondientes para la realización de proyectos de obras o actividades a que se refiere el presente reglamento	A) HIDRÁULICAS: **I.** Estas estructuras constituyen canales de conducción interior de fluidos y sistemas de

CONSULTA PÚBLICA

Artículo 5.- Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental: A) HIDRÁULICAS: I. Presas de almacenamiento, derivadoras y de control de avenidas con capacidad mayor de 1 millón de metros cúbicos, jagüeyes y otras obras para la captación de aguas pluviales, canales y cárcamos de bombeo, con excepción de aquellas que se ubiquen fuera de ecosistemas frágiles, Áreas Naturales Protegidas y regiones consideradas prioritarias por su biodiversidad y no impliquen la inundación o remoción de vegetación arbórea o de asentamientos humanos, la afectación del hábitat de especies incluidas en alguna categoría de protección, el desabasto de agua a las comunidades aledañas, o la limitación al libre tránsito de poblaciones naturales, locales o migratorias; VI. Plantas para el tratamiento de aguas residuales que descarguen líquidos o lodos en cuerpos receptores que constituyan bienes nacionales, excepto aquellas en las que se reúnan las siguientes características: a) **Descarguen líquidos hasta un máximo de 100 litros por segundo, incluyendo las obras de descarga en la zona federal;** R) Obras y actividades en humedales, manglares, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o **zonas federales:**	almacenamiento/impulsión mecánica necesarios para regular y seccionar de manera equitativa el flujo hacia las tres líneas de tratamiento en paralelo de la planta. **VI.** El presente proyecto corresponde a la construcción de una PTAR, que tiene un caudal de descarga de **176.026 Litros por segundo,** por lo que se requiere autorización previa por parte de SEMARNAT. **R)** Dado que el proyecto trata de la construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, donde sus cruces atraviesan zona federal, por lo que se presenta el estudio ante la SEMARNAT. Para el funcionamiento de la planta de tratamiento se considera la instalación de un sistema de celdas solares, mediante un sistema fotovoltaico, en el cual los rayos solares se aprovechan para convertir la energía solar en energía eléctrica. Las celdas solares se encuentran en **zona federal.**

2.3 Ley de Aguas Nacionales

Artículo	Vinculación

CONSULTA PÚBLICA

Artículo 3. Para los efectos de esta Ley se entenderá por: **VI BIS. "Aguas residuales tratadas":** Aquellas que se han adecuado para su reúso mediante procesos individuales o combinados de tipo físico, químico, biológico u otro; **XI. "Cauce de una corriente":** El canal natural o artificial que tiene la capacidad necesaria para que las aguas de la creciente máxima ordinaria escurran sin derramarse. Cuando las corrientes estén sujetas a desbordamiento, se considera como cauce el canal natural, mientras no se construyan obras de encauzamiento; en los orígenes de cualquier corriente, se considera como cauce propiamente definido, cuando el escurrimiento se concentre hacia una depresión topográfica y éste forme una cárcava o canal, como resultado de la acción del agua fluyendo sobre el terreno. Para fines de aplicación de la presente Ley, la magnitud de dicha cárcava o cauce incipiente deberá ser de cuando menos de 2.0 metros de ancho por 0.75 metros de profundidad; **XLVII.** "Ribera o Zona Federal": Las fajas de diez metros de anchura contiguas al cauce de las corrientes o al vaso de los depósitos de propiedad nacional, medidas horizontalmente a partir del nivel de aguas máximas ordinarias. La amplitud de la ribera o zona federal será de cinco metros en los cauces con una anchura no mayor de cinco metros. **Artículo 113.** La administración de los siguientes bienes nacionales queda a cargo de "la Comisión": **III.** Los cauces de las corrientes de aguas nacionales; **IV.** Las riberas o zonas federales contiguas a los cauces de las corrientes y a los vasos o depósitos de propiedad nacional, en los términos previstos por el Artículo 3 de esta Ley;	Al tratarse de una PTAR que cruzará por un cuerpo de agua intermitente, será necesario contar la delimitación oficial de la Zona Federal con el fin de identificar las áreas de competencia federal en las que se deberán de realizar los trabajos de construcción, así como los permisos correspondientes.

CONSULTA PÚBLICA

2.4 Decreto del Ejecutivo, que declara Área Natural Protegida de Jurisdicción Estatal:

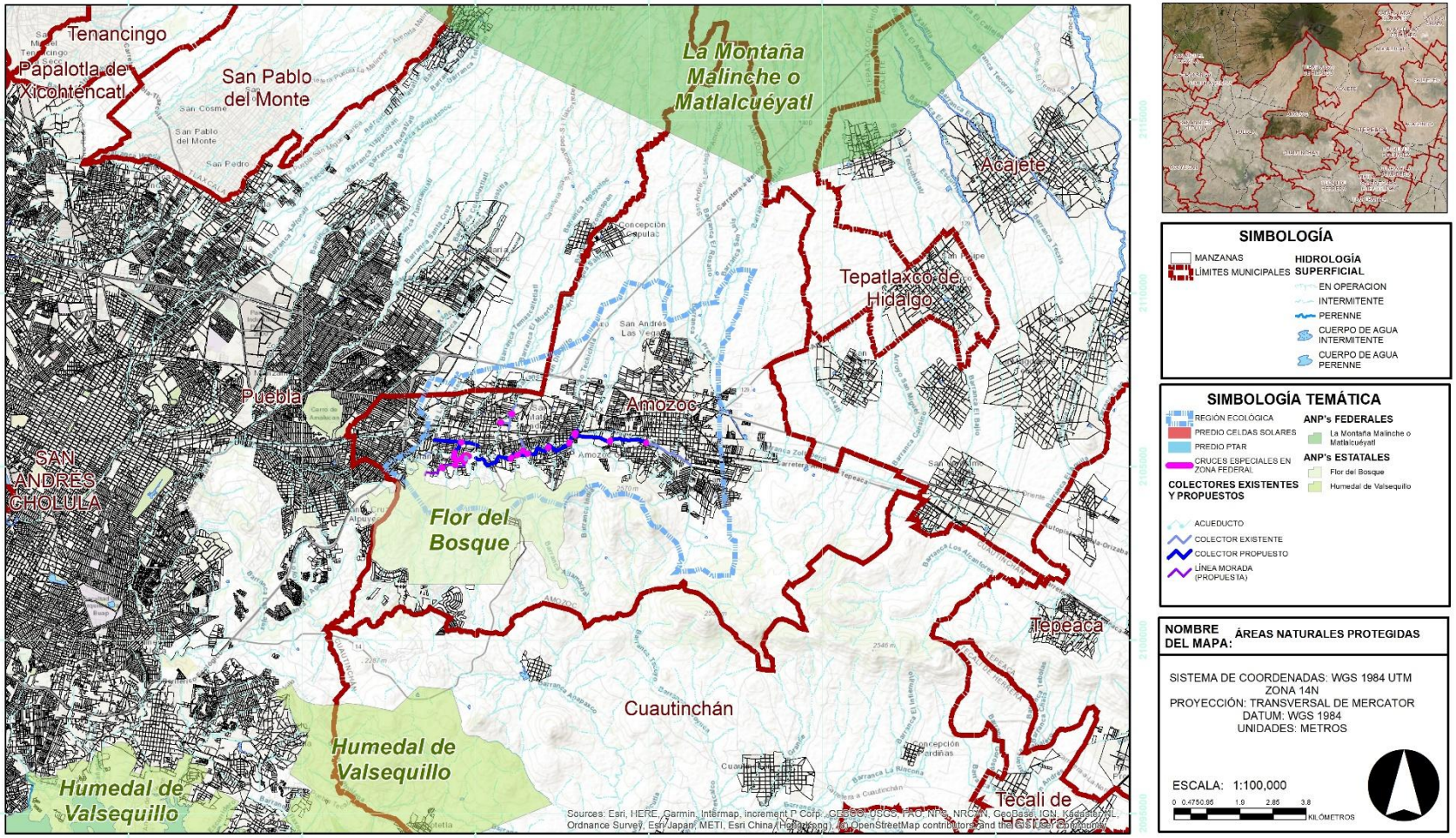
El predio de construcción de la PTAR, y de los cruces de los colectores, no abarca ni colinda con ninguna Área Natural Protegida o áreas de Importancia Ambiental, sin embargo, la Región Ecológica propuesta sí colinda con el Área Natural Protegida de Jurisdicción Estatal modalidad Parque Estatal denominada "Flor del Bosque", de acuerdo con el artículo primero del **Decreto del Ejecutivo, que declara Área Natural Protegida de Jurisdicción Estatal, en la modalidad de Reserva Estatal, la zona denominada "Flor del Bosque"**.

A continuación, se muestra que el sitio del proyecto **NO** colinda con ninguna ANP u otra área de Importancia Ambiental. El ANP más cercana es el Parque Estatal "Flor del Bosque":

CONSULTA PÚBLICA

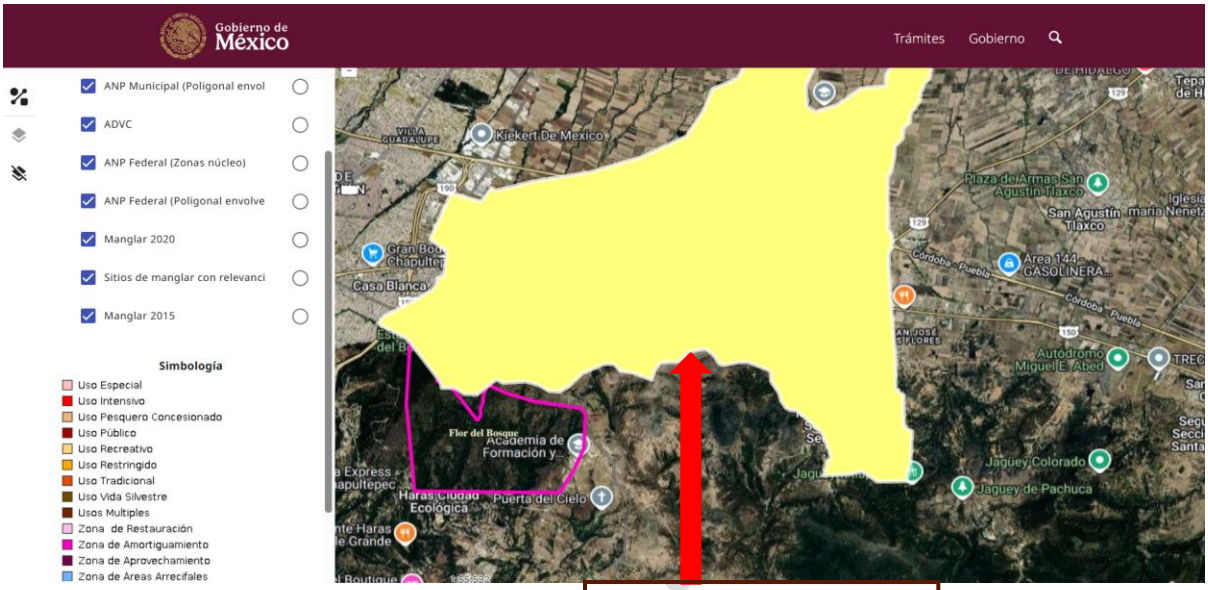
Figura 5 Sitio del proyecto y áreas de Importancia Ambiental colindantes

PROYECTO EJECUTIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE 1 (UNA) PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y CRUCES ESPECIALES EN ZONA FEDERAL



Se representa en el siguiente mapa la Región Ecológica propuesta para el sitio del proyecto. Colinda con el Área Natural Protegida Estatal parque “Flor del Bosque”, mismo que **no presenta** un Programa de Manejo elaborado o publicado.

Figura 6 Región Ecológica colindante con el ANP Estatal "Flor del Bosque".



2.5 SITIOS RAMSAR

Los sitios Ramsar se refieren a aquellos sitios incluidos en la Lista de Humedales de Importancia Internacional, también conocida como Lista Ramsar. Estos sitios se designan porque cumplen con los Criterios para la Identificación de Humedales de importancia Internacional. El primer criterio se refiere a sitios que contienen tipos de humedales representativos, raros o únicos, y los otros ocho abarcan sitios de importancia internacional para la conservación de la diversidad biológica. Estos criterios resaltan la importancia que la Convención otorga a la sostenibilidad de la biodiversidad, de acuerdo con UNESCO.

Las obras y actividades de este proyecto **no colindan** con ningún sitio RAMSAR, como se muestra en el siguiente mapa:

CONSULTA



2.6 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)

Regionalización Ecológica

La base para la regionalización ecológica comprende unidades territoriales sintéticas que se integran a partir de los principales factores del medio biofísico: clima, relieve, vegetación y suelo. La interacción de estos factores determina la homogeneidad relativa del territorio hacia el interior de cada unidad y la heterogeneidad con el resto de las unidades. Con este principio se obtuvo como resultado la diferenciación del territorio nacional en **145 unidades denominadas unidades ambientales biofísicas (UAB)**, representadas a escala 1:2,000,000, empleadas como base para el análisis de las etapas de diagnóstico y pronóstico, y para construir la propuesta del POEGT.

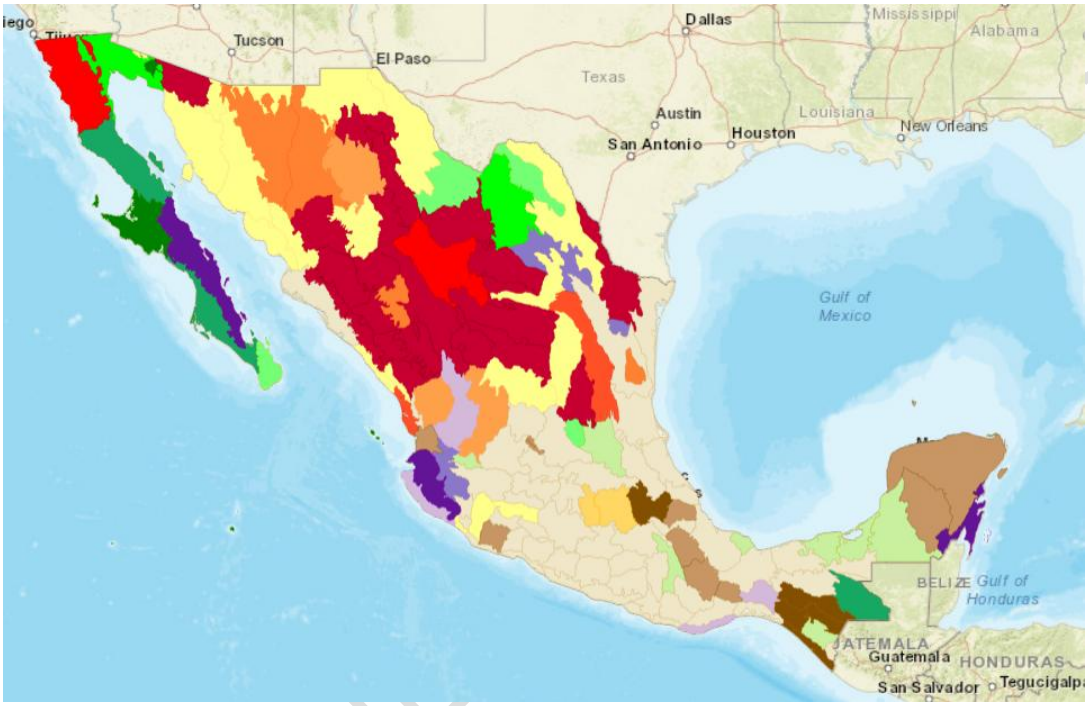
Lineamientos y estrategias ecológicas

Los 10 lineamientos ecológicos que se formularon para este Programa, mismos que reflejan el estado deseable de una región ecológica o unidad biofísica ambiental, se instrumentan a través de las directrices generales que en lo ambiental, social y económico se deberán promover para alcanzar el estado deseable del territorio nacional.

CONSULTA PÚBLICA

Por su parte, las estrategias ecológicas, definidas como los objetivos específicos, las acciones, los proyectos, los programas y los responsables de su realización dirigidas al logro de los lineamientos ecológicos aplicables en el territorio nacional, fueron construidas a partir de los diagnósticos, objetivos y metas comprendidos en los programas sectoriales, emitidos respectivamente por las dependencias de la APF que integran el Grupo de Trabajo Intersecretarial.

Figura 7 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT).



Como se observa en la siguiente Figura, el predio se ubica dentro de la **Región Ecológica 16.10**, que corresponde a la **Unidad Ambiental Biofísica 57. Depresión Oriental (de Tlaxcala y Puebla).** Cuenta con una superficie de 12,108.51 km^2. En cuanto al Estado Actual del Medio Ambiente se encuentra en "Inestable. Conflicto Sectorial Bajo". No presenta superficie de ANPs, y cuenta con las siguientes características:

Tabla 23 Características de la Región Ecológica 16.10

Clave Región:	**16.10.**
UAB:	57.
Nombre de la UAB:	Depresión Oriental.
Rectores del Desarrollo:	Desarrollo Social y Forestal.
Coadyuvantes del Desarrollo:	Agricultura.
Asociados del Desarrollo:	Ganadería y Minería.
Otros Sectores de Interés:	CFE, Industria, Preservación de Flora y Fauna y Pueblos Indígenas.
Política Ambiental:	Restauración, Preservación y Aprovechamiento Sustentable.

Nivel de Atención Prioritaria:	Media.
Estrategias:	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 15 BIS, 16, 17, 19, 20, 28, 29, 31, 32, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44.

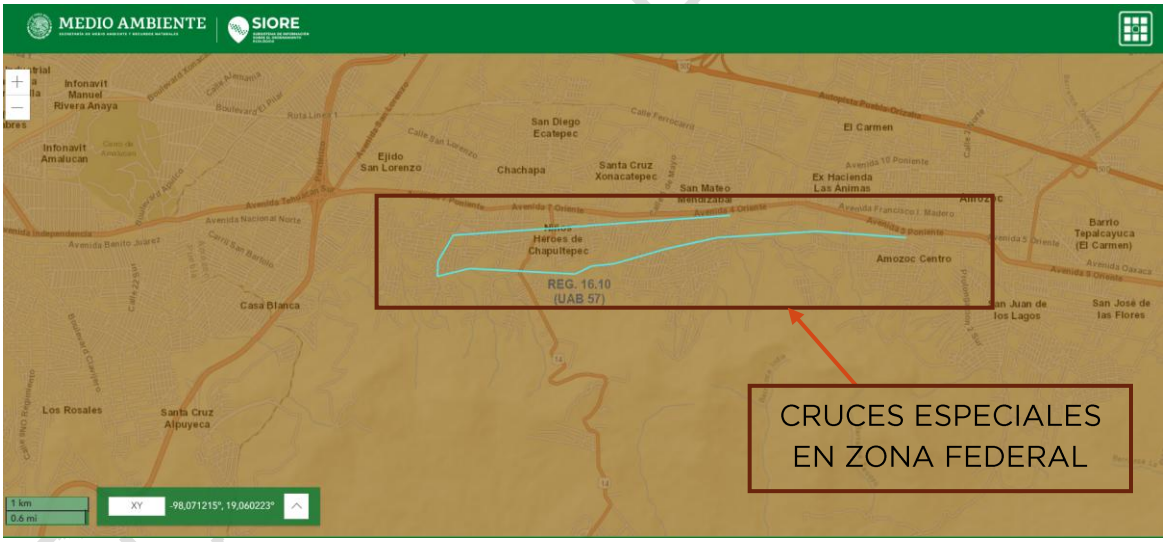
- Alta degradación de los Suelos
- Muy alta degradación de la Vegetación
- Sin degradación por Desertificación
- La modificación antropogénica es muy alta
- Longitud de Carreteras (km): Muy Alta
- Porcentaje de Zonas Urbanas: Media
- Porcentaje de Cuerpos de agua: Muy baja.
- Densidad de población (han/km): Alta
- El uso de suelo es Agrícola y Forestal
- Déficit de agua superficial
- Con disponibilidad de agua subterránea
- Porcentaje de Zona Funcional Alta:66.6
- Alta marginación social
- Bajo índice medio de educación
- Bajo índice medio de salud
- Medio hacinamiento en la vivienda
- Medio indicador de capitalización industrial
- Medio indicador de capitalización
- Medio porcentaje de la tasa de dependencia económica municipal
- Bajo porcentaje de trabajadores por actividades remuneradas por municipios
- Actividad agrícola: Sin información
- Media importancia de la actividad minera
- Alta importancia de la actividad ganadera.

CONSULTA PÚBLICA

Figura 8 Reg. 16.10 (Unidad ambiental biofísica No 57).



Figura 9 Reg. 16.10 (Unidad ambiental biofísica No 57).



A su vez, en la siguiente tabla se mencionan las estrategias que se vinculan con el presente proyecto:

Tabla 24 Estrategias ecológicas de la Región Ecológica 16.10 que se vinculan al proyecto.

Estrategia	Acción	Vinculación
Estrategia 5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios.	Identificar proyectos prioritarios de tecnificación del riego, dando prioridad a las regiones con menor disponibilidad de agua, con el fin de contribuir a un uso más eficiente y sustentable del recurso, elevar la productividad por volumen de agua utilizado, e incrementar la rentabilidad de las actividades agrícolas en beneficio de los productores.	El destino de las aguas tratadas será hacia la barranca más cercana, sin embargo, estas aguas podrían ocuparse para la Reserva Estatal Flor del Bosque. Al tratar las aguas y destinarlas al riego de la Reserva, se libera agua de calidad potable, aumentando la disponibilidad del recurso en zonas críticas. Esto podría garantizar un suministro constante y seguro para Flor del Bosque, por lo que, el agua antes destinada a este mismo puede ser suministrada a otro destino.
Estrategia 28: Consolidar la calidad del agua en la gestión integral del recurso hídrico.	Promover el incremento de la proporción de aguas residuales tratadas y fomentar su reúso e intercambio.	La construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales funcionaría como una infraestructura de abastecimiento alternativo para actividades secundarias, como lo puede ser el riego de áreas verdes de la Reserva Estatal Flor del Bosque, presentándose esta como una **propuesta.**

2.7 Programa de Estatal de Ordenamiento Ecológico del Estado de Puebla

Publicado en el POE el 13/01/2025

La Secretaría de Medio Ambiente, Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial, formuló el Programa de Ordenamiento Ecológico Estatal, que establece

CONSULTA PÚBLICA

los lineamientos y estrategias ecológicas necesarias para: promover la preservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales; promover el establecimiento de medidas de mitigación tendientes a atenuar o compensar los impactos ambientales adversos que pudieran causar las acciones, programas y proyectos del sector público; orientar la ubicación de las actividades productivas y los asentamientos humanos, en concordancia con otras leyes, normas y programas vigentes en la materia; fomentar el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales; y resolver los conflictos ambientales y promover el desarrollo sustentable.

La Propuesta del Modelo de Ordenamiento Ecológico del Estado de Puebla se representa en un mapa que define: 413 Unidades de Gestión Ambiental, distribuidas en las cuatro Políticas Ecológicas. Las cuatro políticas abarcan una extensión total de 30,831.42 Km^2, es decir 3,083,141.85 ha.

Las políticas son las siguientes:

La política de **Protección** ocupa un total de 4,095.48 Km2 es decir 409,547.82 ha e incluye 24 ANP (estatales, federales, municipales y futuras ADVC).

La política de **Preservación** ocupa una superficie total de 7,165.36 Km^2, es decir 716,536.01 ha.

La política de **Restauración** ocupa una superficie de 10,399.72 Km^2 es decir 1,039,971.96 ha.

La política de **Aprovechamiento Sustentable** ocupa 9,170.86 Km^2, es decir 917,086.05 ha e incluye 35 asentamientos humanos conurbados con más de 15 mil habitantes, concesiones mineras y UGA donde actualmente existen actividades productivas. (agricultura, ganadería, industria, entre otras).

Criterios de Regulación Ecológica (CRE)

Los CRE son directrices técnicas que regulan el uso y manejo sostenible de los recursos naturales en las UGA, estableciendo las pautas que se deberán seguir las actividades compatibles y condicionadas. Estos criterios aseguran que las prácticas no causen impactos negativos significativos, considerando la capacidad de carga, vulnerabilidad ecológica y sostenibilidad ambiental de cada UGA. Los CRE se formularon de la siguiente manera. Se escribió la clave de la Política (Po, Pr, R o A), seguida de la clave de la Variante de Actividad y luego el número del criterio: por ejemplo, **R_At1**, Donde: **R** es igual a Restauración, **At** es igual a Agricultura de temporal y **1** es igual a criterio número uno.

CONSULTA PÚBLICA

Ubicación del proyecto dentro del PEOEEP

Esta clave de la **UGA 12** tiene como **estrategia de ordenamiento ecológico** el fomentar un **Aprovechamiento Sustentable**, donde se integren criterios que reduzcan el impacto de las actividades urbanas a los ecosistemas inmediatos a los asentamientos humanos.

Figura 10 UGA 12 Clave A_AH_112 en el sitio del proyecto.

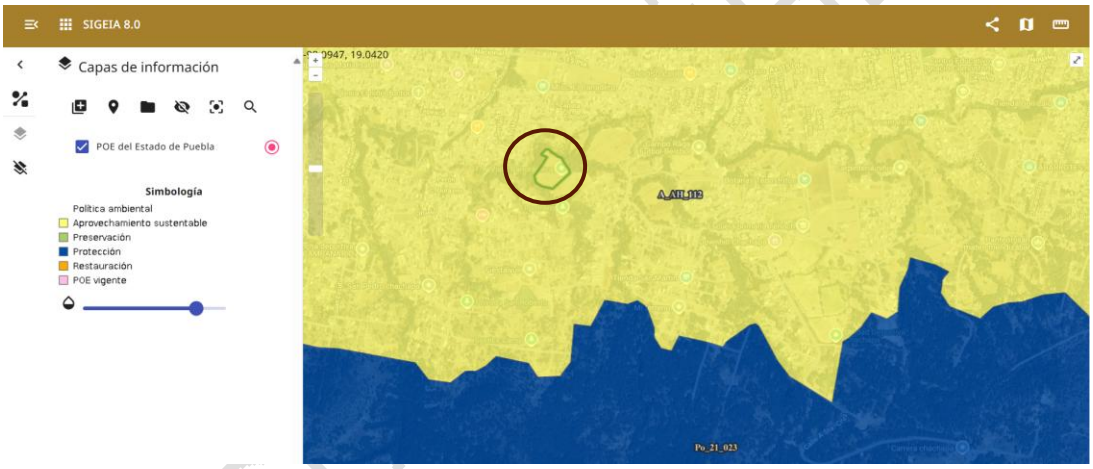
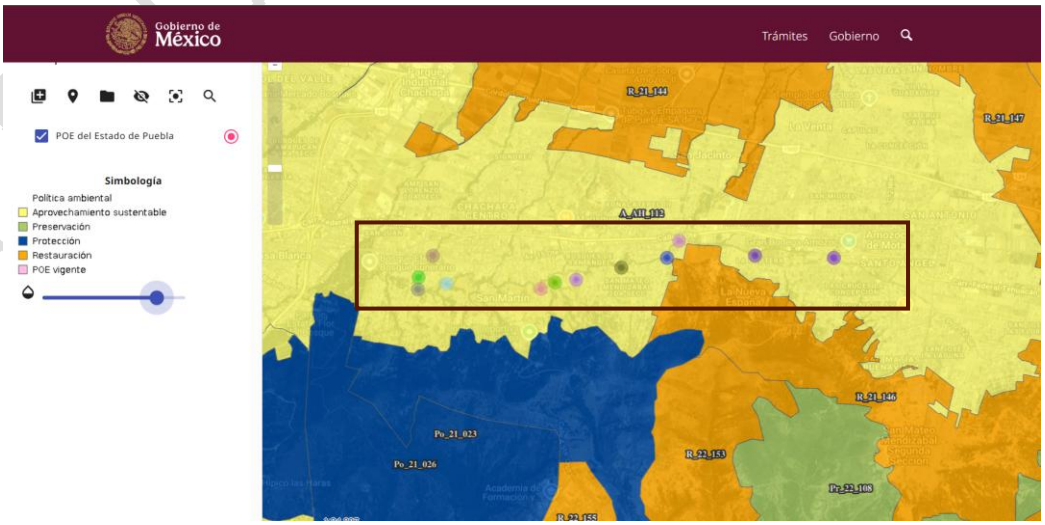


Figura 11 UGA 12 Clave A_AH_112 en cruces en zona federal.



CONSULTA PÚBLICA

Figura 12 Información sobre UGA correspondiente al sitio del proyecto, de acuerdo con el Programa Estatal de Ordenamiento Ecológico del Estado de Puebla.

MEDIO AMBIENTE — PUEBLA Un gobierno presente

POLÍTICA GENERAL:	OTRAS POLÍTICAS:	PRIORIDAD DE ATENCIÓN:	REGIÓN
A_AH_112	Aprovechamiento sustentable	Restauración	Inmediata	21 AM Ciudad de Puebla (12 UGA)

Lineamiento Ecológico

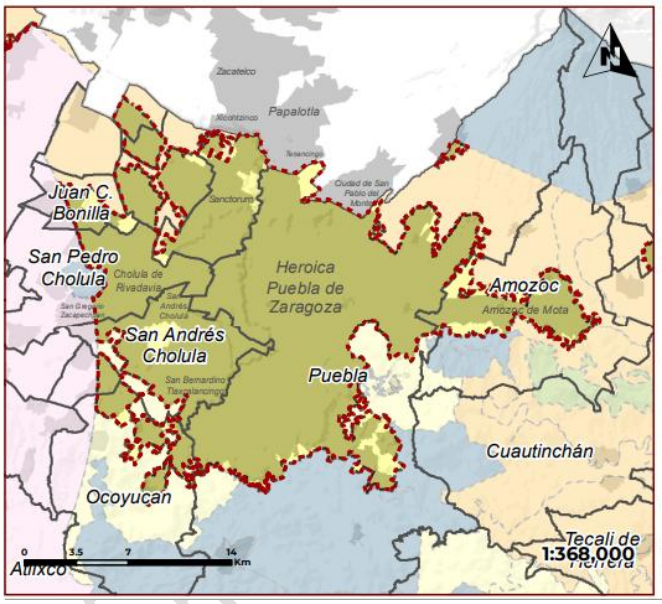
Esta UGA comprende a todos los asentamientos humanos del estado de Puebla, en ésta sólo se aplican Criterios de Regulación Ecológica.

Estrategia de Ordenamiento Ecológico

Fomentar un Desarrollo urbano sustentable, donde se integren criterios que reduzcan el impacto de las actividades urbanas a los ecosistemas inmediatos a los asentamientos humanos.

Objetivo Estratégico General

No aplica.



Usos Compatibles	Usos condicionados
Ah	No aplica
Uso compatible preferente general	**Usos Incompatibles**
Asentamiento Urbano	No aplica

Programas, Proyectos y Acciones

No aplica

Responsables

No aplica

Indicadores de Seguimiento

No aplica

Criterios de Regulación Ecológica

A_Ah1, A_Ah2, A_Ah3, A_Ah4, A_Ah5, A_Ah6, A_Ah7, A_Ah8, A_Ah9, A_Ah10, A_Ah11, A_Ah12, A_Ah13, A_Ah14, A_Ah15, A_Ah16, A_Ah17, A_Ah18, A_Ah19, A_Ah20, A_Ah21, A_Ah22, A_Ah23, A_Ah24, A_Ah25, A_Ah26, A_Ah27, A_Ah28, A_Ah29, A_Ah30, A_Ah31, A_Ah32, A_Ah33, A_Ah34, A_Ah35, A_Ah36, A_Ah37, A_Ah38, A_Ah39, A_Ah40, A_Ah41, A_Ah42, A_Ah43, A_Ah44, A_Ah45

Riesgos Ambientales

Accidentes	Industrias QRP	Sitios RSU	Contaminación RSU	Sumatoria
12		0	0	
Central Eléctrica	Gran Industria	Concesiones Agua	Conflicto ambiental	321
1	157	121	2	

Coordenada X del Centroide	Coordenada Y del Centroide
583,593.32	2,107,003.29

A continuación, se muestran los criterios de regulación ecológica que aplican para la UGA Clave **A_AH_112** que son criterios formulados para Asentamientos Humanos:

Tabla 25 Criterios de Regulación Ecológica.

Calve	Criterios de Regulación Ecológica	Vinculación
A_Ah3	El manejo del agua en los asentamientos humanos deberá realizarse a través de esquemas de gestión integral con enfoque de cuencas, que incluyan medidas de conservación, distribución eficiente y uso responsable. Se promoverá el uso de tecnologías accesibles y soluciones basadas en la naturaleza, como la captación de agua de lluvia y la recarga de acuíferos. Asimismo, se fomentará la participación comunitaria y la educación ambiental para garantizar la sostenibilidad y equidad en el acceso y manejo del recurso hídrico.	La construcción de la PTAR maximiza la eficiencia hidráulica al formar parte de un ciclo de reutilización, alivia el estrés hídrico de las fuentes naturales, pues funciona como una alternativa de suministro de agua.
A_Ah28	Deberá ser obligatorio que todas las fuentes de aguas residuales, tanto industriales como domésticas, sean sometidas a un tratamiento adecuado antes de su vertido en el Río Atoyac.	La creación de esta PTAR dará un tratamiento adecuado a las aguas residuales, pues se tratarán antes de ser vertidas a cuerpos de agua.
A_Ah39	El tratamiento de aguas residuales industriales y domésticas deberá regularse para asegurar su adecuada purificación antes de su descarga en los cuerpos de agua de la subcuenca del Alto Atoyac, estableciendo límites claros de contaminantes permitidos y promoviendo el uso de tecnologías de tratamiento avanzadas. Las empresas e instituciones que no cumplan con estos estándares estarán sujetas a sanciones y medidas correctivas establecidas por la normatividad aplicable.	La PTAR es una barrera tecnológica de control de ingeniería que es capaz de garantizar de manera consistente que los parámetros físico-químicos y microbiológicos se mantengan por debajo de los límites máximos permisibles de la normatividad aplicable. Su construcción permite la purificación del agua antes de descargarse en la barranca, así como su posible reúso

CONSULTA PÚBLICA

2.8 Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Puebla (PEOTDUEP)

El Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (PEOTDUEP), de acuerdo con la legislación nacional y estatal relativa a los asentamientos humanos, es un instrumento esencial de la planeación del territorio. Se desprende de los objetivos de las políticas públicas territorial, regional y urbana preestablecidas en el Plan Estatal de Desarrollo 2019-2024; ruta a seguir para el manejo eficiente del territorio, y del devenir sustentable de nuestras regiones y ciudades, entendidas como territorios difusores de inclusión y bienestar.

El Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Puebla (PEOTDUEP) considera, entre sus objetivos, estrategias y criterios de ordenamiento territorial, la sostenibilidad ambiental y el desarrollo económico sostenible, los cuales buscan en primera instancia priorizar la conservación y el uso.

Objetivos del PEOTDUEP

OBJETIVOS
1. Promover una gestión territorial sostenible y una planificación urbana eficiente en las zonas metropolitanas y el sistema de ciudades del estado de Puebla, y de la interacción urbano-rural, para desacelerar el ritmo de expansión urbana, fomentar la compactación urbana y garantizar la sustentabilidad a largo plazo.
2. Promover la gestión sostenible y responsable de los recursos naturales y las áreas de valor ambiental en el estado, asegurando su preservación y aprovechamiento de manera que no comprometa su capacidad de regeneración a largo plazo.
3. Fomentar la generación y adopción de energías renovables limpias y sostenibles en el estado de Puebla, con un impacto efectivo y positivo en la calidad de vida de los habitantes.
4. Fomentar el desarrollo económico sostenible en el estado de Puebla, promoviendo la valorización de los recursos naturales, culturales y sociales, a través del impulso de iniciativas locales y la creación de cadenas productivas integradas, con el fin de reducir las disparidades regionales y mejorar la calidad de vida de la población.
5. Fomentar una participación ciudadana activa, equitativa e inclusiva en todas las etapas de la planificación, implementación y gobernanza del ordenamiento territorial y desarrollo urbano en el estado de Puebla, al mismo tiempo que se fortalece la coordinación interinstitucional.
6. Fomentar la Resiliencia y la Adaptación al Cambio Climático en el Desarrollo Urbano y Territorial.

El territorio estatal fue dividido en cuatro Sectores Territoriales:

CONSULTA PÚBLICA

1. **El primero corresponde al Sector Territorial Sierra Norte**, integrado por las regiones de Xicotepec, Huauchinango, Zacatlán, Huehuetla, Zacapoaxtla, Teziutlán y Chignahuapan;
2. **El segundo, se identificó como el Sector Territorial Libres**, el cual agrupa a las regiones de Libres y Quimixtlán;
3. **El tercero definido corresponde al Sector Territorial Angelópolis-Tehuacán**, integrado por las regiones de Acatzingo, Ciudad Serdán, Tecamachalco, Tehuacán, Sierra Negra, Atlixco, San Martín Texmelucan, Área Metropolitana de la ciudad de Puebla y Tepeaca, y
4. **El cuarto es el Sector Territorial Mixteca**, integrado por las regiones de Izúcar de Matamoros, Chiautla, Acatlán y Tepexi de Rodríguez.

El sector territorial en el que se encuentra el proyecto corresponde al **Sector Territorial Angelópolis – Tehuacán.**

Políticas particularizadas al Sector Territorial III Angelópolis-Tehuacán

Las políticas con las que cuenta este sector son: **Consolidación, Crecimiento, Mejoramiento; Conservación y Preservación y Protección.**

El **Crecimiento** estará dirigido por una planificación que se anticipa a la expansión física, priorizando las Zonas Urbanas Consolidadas y las Zonas de Impacto Urbano con potencial de desarrollo para guiar el desarrollo urbano de manera organizada y sin expansión urbana. Esta política es especialmente relevante en el contexto del acelerado crecimiento urbano que ha experimentado Angelópolis, buscando una expansión que sea sostenible y que respete las áreas naturales y agrícolas circundantes. Por tanto, se buscará encauzar el desarrollo urbano de manera regulada, evitando la expansión urbana y promoviendo el desarrollo en áreas con infraestructura adecuada y en consonancia con el cuidado ambiental.

2.9 Programa Municipal de Desarrollo Urbano Sustentable de Amozoc

La estrategia de desarrollo urbano sustentable, tiene como eje central el ordenamiento territorial, a través de una estructura vial adecuada y acorde a sus necesidades de desarrollo, que responda a las necesidades de las actividades económicas, como la actividad industrial y los servicios; también responde a otras actividades productivas, como es el caso de las zonas agrícolas, que cada vez se ven más amenazadas por el crecimiento de las localidades y de la instalación de conjuntos habitacionales aislados, para lo cual se propone en el presente Programa el soporte jurídico y normativo que respaldará el futuro crecimiento del Municipio, así como, el de **preservar** y **proteger** su entorno natural a través de:

CONSULTA PÚBLICA

OBJETIVOS	El Programa tiene como objetivo general, el mejorar la calidad de vida de los habitantes del Municipio de Amozoc, a través del ordenamiento de su territorio y el crecimiento urbano; así como, el de preservar y proteger su entorno natural.
	Mejorar el nivel de bienestar de la población, mediante la dotación de mejores servicios de infraestructura básica y equipamiento urbano; así como, la preservación del medio ambiente y la conservación de su patrimonio histórico y cultural.
	Promover un cambio, en la conducta de las personas que realicen actividades urbanas, agropecuarias, industriales, comerciales y de servicios; de tal manera que, la satisfacción de sus intereses particulares sea congruente con la de los intereses colectivos de protección ambiental y de desarrollo sustentable.
	Establecer un modelo de ordenamiento territorial para el Municipio de Amozoc en función de la aptitud del suelo, las demandas de la población, la potencialidad de los recursos naturales e infraestructura para el desarrollo de las actividades productivas, en el corto y mediano plazo, bajo el principio de sustentabilidad urbano-ambiental.

La vinculación de la construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales con este Programa esta alineado con promover **mejorar el nivel de bienestar de la población, mediante la dotación de mejores servicios de infraestructura básica y equipamiento urbano; así como, la preservación del medio ambiente y la conservación de su patrimonio histórico y cultural,** pues este proyecto busca tener una alternativa de abastecimiento de agua, mediante su reúso y tratamiento, por lo que promueve el cuidado de un recurso sumamente importante y no renovable.

De acuerdo con el Programa Municipal de Desarrollo Urbano Sustentable de Amozoc, el sitio donde se ubica el proyecto en estudio se encuentra en un Uso de Suelo denominado Agricultura.

CONSULTA PÚBLICA

Figura 13 PMDUS de Amozoc

PROYECTO EJECUTIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE 1 (UNA) PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y CRUCES ESPECIALES EN ZONA FEDERAL



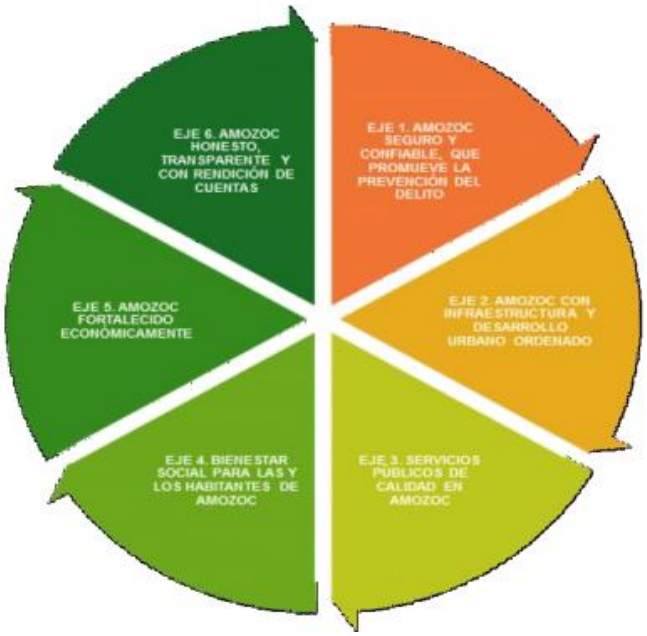
2.10 Plan Municipal de Desarrollo del Municipio de Amozoc, Puebla 2024-2027

Última Reforma en POE el 9 de septiembre 2025

El Plan Municipal de Desarrollo (PMD) es el documento de planeación rector que genera el diseño de las políticas para el desarrollo por medio de la solución de los problemas detectados a través del diagnóstico municipal, participación ciudadana y por la implementación de la Metodología del Marco lógico. De lo anterior derivan los objetivos generales, estrategias y líneas de acción, planteadas, orientadas a desarrollar el crecimiento y mejorar la calidad de vida de las y los habitantes de Amozoc.

Al elaborar el Plan Municipal de Desarrollo 2024 - 2027 de Amozoc, se consideró como instrumento metodológico la "Guía para la Elaboración de Planes Municipales de Desarrollo 2024 – 2027" publicada por la Secretaría de Planeación Y Finanzas del Gobierno del Estado de Puebla.

Fue por medio de la consulta ciudadana, se pudieron escuchar cada una de las necesidades de la población, así como las peticiones que nos realizaron desde la campaña que se hizo en cada uno de los hogares para poder involucrarlos en esta administración y poder llevar a cabo las diversas propuestas que nos hicieron llegar. En este sentido se elaboró el Plan Municipal de Desarrollo de Amozoc 2024-2027, el cual plantea los siguientes ejes vectores:



Fuente: Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Amozoc

Eje 1. Amozoc seguro y confiable, que promueve la prevención del delito, Eje 2. Amozoc con infraestructura y desarrollo urbano ordenado, Eje 3. Servicios públicos de calidad en Amozoc, Eje 4. Bienestar social para las y los habitantes de Amozoc, Eje 5. Amozoc fortalecido económicamente, Eje 6. Amozoc honesto, transparente y con rendición de cuentas.

El eje que se vincula con el proyecto corresponde al **Eje 2. Amozoc con infraestructura y desarrollo urbano ordenado.**

OBJETIVO:

Promover el cuidado del medio ambiente en beneficio de las generaciones futuras del Municipio.

Estrategia 3.

Realizar acciones de reforestación, cuidado del agua y disposición adecuada de residuos para incrementar las acciones de protección al ambiente.

Estrategia 4.3.4 Fortalecer las medidas de prevención y control de la contaminación para proteger la salud de la población y preservar un medio ambiente sano.

2.11 Normas Oficiales Mexicanas

Las Normas Oficiales Mexicanas en materia ambiental, constituyen una herramienta de carácter regulatorio relacionado con la protección del ambiente y el equilibrio ecológico. Por tanto, la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales conforme a sus facultades, ha emitido en materia de agua, suelo, protección de flora y fauna, ruido, impacto ambiental, residuos, contaminación por fuentes fijas y/o móviles, etc., normas que señalan su ámbito de validez, vigencia y gradualidad en su aplicación.

En lo que respecta a las actividades contempladas en el desarrollo del proyecto evaluado, durante las etapas de preparación del sitio, construcción y de operación, las Normas Oficiales Mexicanas vinculables al proyecto son las siguientes:

CONSULTA PÚBLICA

Normas Oficiales Mexicanas en Materia de Atmósfera

Artículo	Vinculación
NOM-045-SEMARNAT-2015, Protección ambiental. - vehículos en circulación que usan diésel como combustible. - límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición.	Los vehículos (para transporte de materiales, acarreos, etc.) que se utilizarán para el proyecto respetarán el límite de emisión de gases que se establece en esta norma siempre y cuando utilicen gasolina como combustible.
NOM-167-SEMARNAT-2017, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes para los vehículos automotores que circulan en las entidades federativas Ciudad de México, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Puebla y Tlaxcala; los métodos de prueba para la evaluación de dichos límites y las especificaciones de tecnologías de información y hologramas.	Debido a que se acudirá al sitio a recolectar los lodos provenientes del tratamiento de aguas, por lo que se deberá de contar con su dictamen de verificación vehicular vigente con el propósito de asegurarse que se encuentren dentro de los límites máximos permisibles de emisiones a la atmosfera, por lo que se deberá tener en observancia en lo indicado en estas normas para no incurrir en sus lineamientos.

Normas Oficiales Mexicanas en Materia de Ruido

Artículo	Vinculación
NOM-081-SEMARNAT-1994, que establece los límites máximos permisibles de emisión de las fuentes fijas y su método de medición. Y ACUERDO por el que se modifica el numeral 5.4 de la Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.	Durante la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales se estará generando ruido proveniente de los procesos que se llevan a cabo, por lo que se deberá observar que éstos se mantengan en los máximos permisibles para evitar que genere molestia entre la población circunvecina.

Normas Oficiales Mexicanas en Materia de Residuos

Artículo	Vinculación
NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características, procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos	El proyecto no contempla la generación de residuos peligrosos en sitio, toda vez que las actividades de mantenimiento de la maquinaria se llevarán a cabo en talleres especializados fuera del área del proyecto. Esta medida tiene como finalidad mitigar el riesgo de

CONSULTA PÚBLICA

	contaminación del suelo por derrames de aceites, lubricantes u otras sustancias derivadas de dichas actividades.
NOM-161-SEMARNAT-2011, Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de estos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo.	En el proyecto se generarán residuos de manejo especial producto de la construcción y demolición, por lo que se sujetará a la elaboración de un Plan de Manejo.
NOM-004-SEMARNAT-2002, protección ambiental-lodos y biosólidos-especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.	Derivado de la generación de lodos provenientes del tratamiento de las aguas residuales será importante que se mantenga en observancia lo indicado en la NOM-004-SEMARNAT-2002, para que se les pueda dar una disposición adecuada.

Normas Oficiales Mexicanas en Materia de Agua

Artículo	Vinculación
NOM-001-SEMARNAT-2021: Establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores.	La descarga de agua residual que se genere provendrá de múltiples líneas de colectores combinados sanitarios/pluviales que llevan drenaje residencial y de los comercios de las localidades, estas descargas serán tratadas y el agua recuperada se preservaran en la medida de lo posible y de los límites que marque la normas para su aprovechamiento en agricultura.
NOM-002-SEMARNAT-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales al alcantarillado municipal.	Las aguas residuales que se generaran por la ejecución de las obras serán provenientes de los servicios sanitarios que serán requerido para el personal de obra, la empresa que sea requerida para este servicio será la encargada de realizar la recolección y disposición de estos residuos.

Normas Oficiales Mexicanas en Materia de Seguridad laboral

Artículo	Vinculación
NOM-009-STPS-2011, Condiciones de seguridad para realizar trabajos en altura.	En caso de que la PTAR requiera mantenimientos que requieran el descenso de personal se deberá descender se deberá de observar lo indicado en esta norma para que los

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Vinculación
	trabajadores tengan el equipo necesario para realizar esta actividad de forma segura.
NOM-017-STPS-2008, Equipo de protección personal-Selección, uso y manejo en los centros de trabajo.	Cuando la PTAR requieran de mantenimientos mayores, el personal deberá de contar con el equipo correspondiente para realizar las actividades necesarias sin ningún riesgo, por lo que dichos mantenimientos deberán ser realizados por personal debidamente capacitado.
NOM-031-STPS-2011, Construcción - Condiciones de seguridad y salud en el trabajo.	Se deberá proporcionar a los trabajadores el equipo de protección personal básico, de acuerdo con su puesto de trabajo.

2.12 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

Última reforma publicada en el DOF el 30/09/24

Artículo	Vinculación
Artículo 27. La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponde originariamente a la Nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada. Son propiedad de la Nación las aguas de los mares territoriales en la extensión y términos que fije el Derecho Internacional; y los cauces, lechos o riberas de los lagos y corrientes interiores en la extensión que fija la ley.	La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales constituye una obra vinculada a la jurisdicción federal, toda vez que su función es el saneamiento de aguas que serán destinados a reincorporarse a cuerpos receptores cuya propiedad originaria, dominio y conservación corresponden en exclusiva a la Nación.

CONSULTA PÚBLICA

3 DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA

El presente capitulo describe las características ambientales de la Región Ecológica (RE) asociada al proyecto, incluyendo su delimitación, componentes ambientales, condiciones ecológicas y problemática ambiental identificada, con el propósito de establecer la línea base para la evaluación de impactos ambientales.

3.1 Elementos utilizados para la delimitación de la Región o Regiones Ecológicas de acuerdo con las características y alcances del Proyecto

3.1.1 Criterios para delimitación

Para cumplir con las disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en materia de Evaluación del Impacto Ambiental y las guías técnicas oficiales del sector hidráulico, se adoptó un enfoque de ecología del paisaje y análisis sistémico.

La metodología general se articuló en tres etapas consecutivas ejecutadas bajo un enfoque multifactorial, asegurando la nidificación espacial y el desglose de información ambiental en tres niveles de análisis obligatorios: **Área del Proyecto (AP)** (superficie de desplante de la PTAR y cruce de colectores), **Área de Influencia (AI)** (gradiente de dispersión potencial de impactos directos e indirectos, como el modelo de vectores/olores y la Zona Federal inmediata) y la **Región Ecológica (RE)**. Asimismo, este marco geográfico delimitado constituye la base del diseño de los **muestreos bióticos estacionales (secas y lluvias)**, cuyas matrices de datos e **índices de diversidad (Shannon-Wiener y Simpson)** serán evaluados comparativamente bajo estos tres niveles de escala.

De conformidad con los lineamientos oficiales de la Secretaría, la delimitación del Área de Influencia (AI) se estableció de manera estricta en función de la **extensión e intensidad de los impactos ambientales significativos, sinérgicos, acumulativos y residuales** generados de forma exclusiva por la preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento de las obras sometidas a evaluación (PTAR, cruces de colectores y predio de celdas solares en Zona Federal) y sus efectos sobre los factores ambientales.

Bajo este criterio de selectividad ambiental, se excluye del AI la matriz urbana consolidada y la cuenca de aportación de aguas servidas, en virtud de que el proceso de generación y flujo de agua civil no constituye un escurrimiento o alteración ambiental provocada por la ejecución física del proyecto. De este modo, el AI se estructuró a través de dos gradientes de afectación real:

1. Área de Influencia Directa (AID)

CONSULTA PÚBLICA

El AID integra el espacio físico inmediato que experimentará perturbaciones directas en sus componentes abióticos y bióticos debido a las actividades constructivas y operativas del proyecto. Quedó delimitada por:

- **Corredor de Cruces de Colectores (Zonas Federales):** Una franja de afectación directa perimetral al eje de trazo de los colectores marginales en sus puntos de intersección con las barrancas (escurrimientos bajo jurisdicción federal), espacio donde se concentrará la excavación y el movimiento de tierras.
- **Polígono de la PTAR y Predio de Celdas Solares:** La superficie que abarca el desplante de las unidades de tratamiento y el predio destinado al parque fotovoltaico en Zona Federal. El AID biótica y edáfica se restringe al perímetro de compactación de suelo y alteración microtopográfica de estos puntos de cruce.
- **Zona Hidrodinámica de Descarga:** El área de mezcla e interacción hídrica inmediata en el cuerpo receptor, calculada a partir del punto de vertido del efluente tratado de la PTAR (>100 lps), donde se manifestará de forma directa el cambio de los parámetros físicos y químicos del agua.

2. Área de Influencia Indirecta (AII)

El AII se circunscribe al límite espacial donde los efectos ambientales de las obras evaluadas se manifiestan de manera difusa, posterior o atenuada en el espacio y tiempo. Se delimitó bajo los siguientes criterios técnicos:

- **Gradiente Atmosférico y Perceptual (Olores y Ruido):** Un buffer perimetral medible desde las unidades de proceso de la PTAR (como los reactores y zonas de lodos), determinado por el alcance máximo de la dispersión de emisiones olfativas potenciales y los niveles de ruido perimetral durante la etapa operativa en horas pico. Este límite define la frontera de interacción con los receptores socioambientales más cercanos.
- **Gradiente Hidrológico Aguas Abajo:** El tramo del cauce federal continuo, posterior a la zona de mezcla directa, donde el flujo de agua tratada viaja río abajo y ejerce un efecto indirecto en la dinámica hidráulica del escurrimiento, la recarga potencial del suelo aluvial y la conservación del caudal ecológico.

Nivel de Escala	Componente Ambiental / Criterio Técnico	Justificación del Límite de Impacto
Área del Proyecto (AP)	Obras Civiles e Ingeniería	Polígono de desplante de la PTAR, predio de celdas solares y cruces especiales de colectores.
Área de Influencia Directa (AID)	Hidrología y Edafología local	Zona Federal de escurrimientos y suelos aluviales adyacentes expuestos a excavación y descarga directa.

CONSULTA PÚBLICA

Nivel de Escala	Componente Ambiental / Criterio Técnico	Justificación del Límite de Impacto
Área de Influencia Indirecta (AII)	Dispersión Atmosférica, Confort Sonoro y Dinámica Hidráulica Aguas Abajo	Margen perimetral definido por el modelo de dispersión de emisiones olfativas y niveles de ruido perimetral en horas pico operativa, extendido de forma lineal sobre el continuo del cauce federal aguas abajo de la zona de mezcla, hasta el límite de atenuación de los efectos hidráulicos del vertido.

CONSULTA PÚBLICA

Figura 14 Área de proyecto

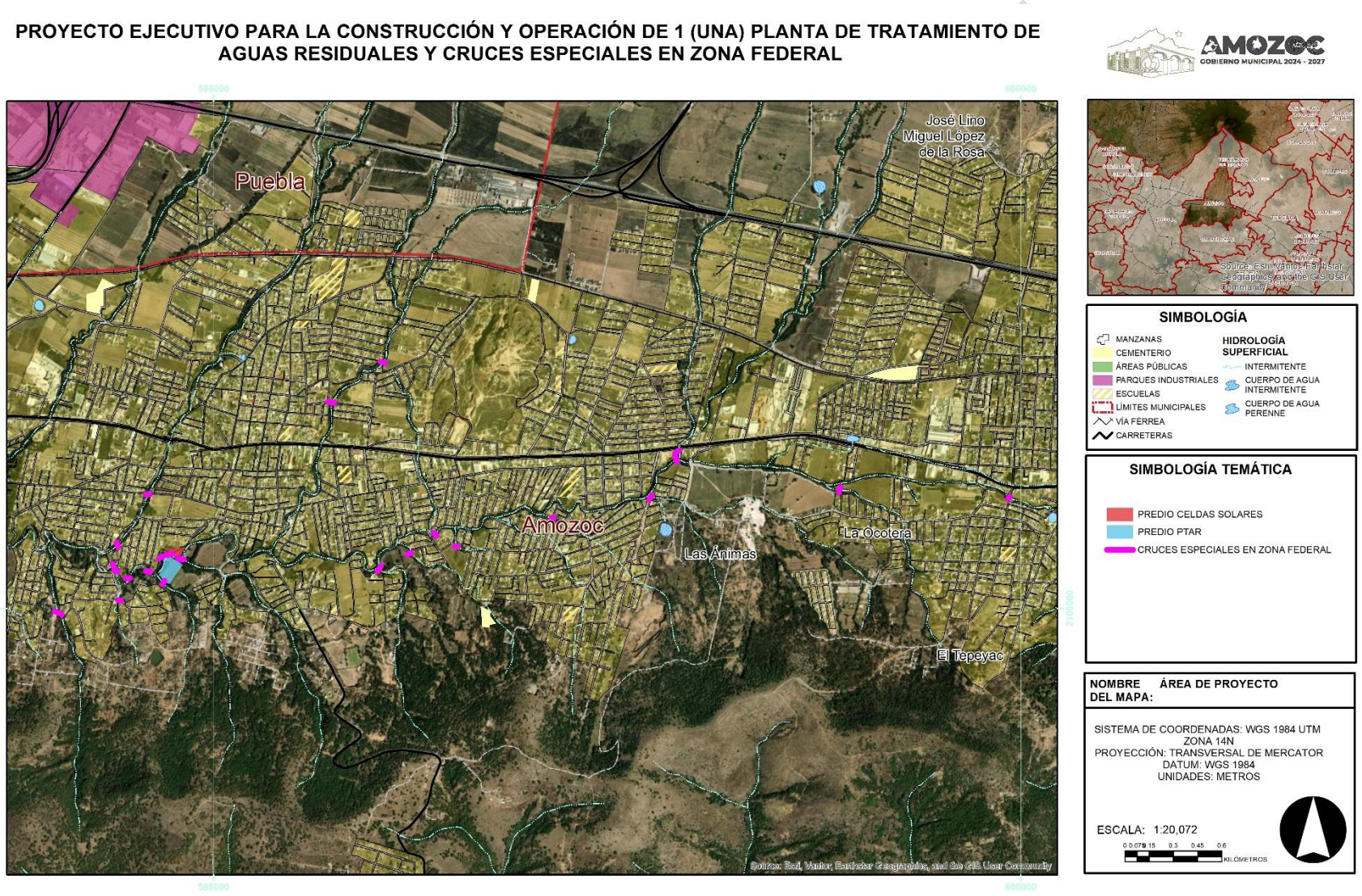
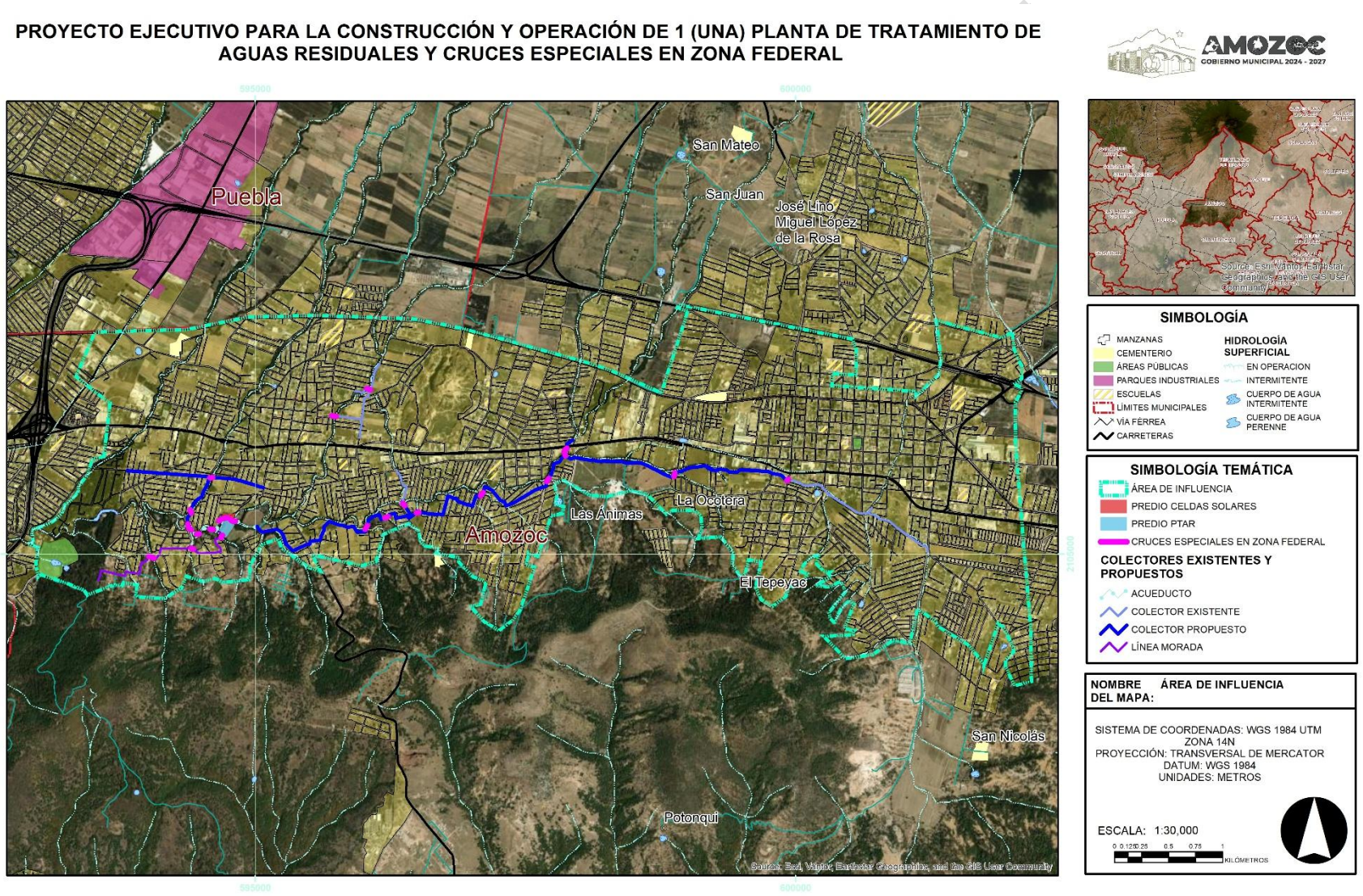


Figura 1 Área de Influencia indirecta



Por lo tanto, se busca que este enfoque postule los límites del espacio geográfico de evaluación no deben responder a divisiones político-administrativas artificiales, sino a unidades homogéneas de funcionamiento natural (ecosistémico) y antrópico. La metodología general se articuló en tres etapas consecutivas:

2. Descripción del Proceso de Delimitación

Para arribar al polígono definitivo que define la Región Ecológica, se ejecutó el siguiente procedimiento técnico:

1. Recopilación e Integración Cartográfica Base (Fase de Gabinete)

Se recopiló información de fuentes oficiales a escala regional y local para construir la matriz ambiental del sitio. Los insumos vectoriales y ráster utilizados fueron:

- **Vector de Obras del Proyecto:** Trazo geométrico de los cruces especiales de los colectores marginales en Zona Federal y polígono de desplante de la PTAR y del predio dónde se ubicarán las celdas solares.
- **Componente Hidrológico:** Continuo de Elevación Digital (CEM 3.0 de INEGI) y la Red Hidrográfica digitalizada para definir escurrimientos y cuencas.
- **Componente Edafológico:** Conjunto de datos vectoriales de Edafología Escala 1:250,000 (INEGI) y validación local de perfiles.
- **Uso de Suelo y Vegetación:** Cartografía de Uso de Suelo y Vegetación Serie VII (INEGI) combinada con ortofotos recientes para la actualización de zonas urbanas.

2. Análisis de Componentes Críticos y Gradientes Ambientales en Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Mediante el uso de herramientas de geoprocesamiento, se llevó a cabo un análisis espacial y un modelado continuo de 360 grados sobre el territorio, evaluando la interacción física y biológica entre los estímulos del proyecto y las unidades ambientales receptoras. Este análisis integral permitió delimitar las fronteras de cambio ecológico y socioeconómico a partir de tres variables fundamentales:

- **Análisis Hidrológico y Geomorfológico:** A través de herramientas de modelado de cuencas (*Hydrology tools*), se determinó el polígono de la microcuenca funcional del cuerpo receptor. Este criterio define el límite natural del sistema superficial, integrando el relieve de lomeríos y la Sierra de Amozoc que controlan el sentido de las escorrentías pluviales y las áreas expuestas al transporte de sedimentos o inundaciones aguas abajo del punto de vertido efluente (>100 lps).
- **Análisis Edafológico y Ecosistemas Riparios:** Se aislaron cartográficamente las poligonales de la asociación edáfica *AReu+FLeu/1r*. Mediante análisis de pendientes locales se constató que la subunidad de Fluvisoles (*FLeu*) no conforma una llanura o planicie inundable, sino que se restringe estrictamente de forma lineal a los márgenes, taludes y fondos de las barrancas o cauces de escurrimiento intermitente que configuran el relieve ondulado a escarpado (fase *r*). Estos

CONSULTA PÚBLICA

corredores fluviales inclinados concentran la humedad que sustenta la vegetación de galería que interactuará con las obras lineales (cruces de colectores en Zona Federal).

- **Análisis de Interfase Antrópica:** Se mapeó de forma continua el perímetro de la mancha urbana consolidada adyacente. Esta línea representa el límite funcional donde el territorio pierde su uniformidad natural y sus procesos bióticos primarios (interrupción de la continuidad de suelo y vegetación original por impermeabilización), pasando a estar regulado por variables de infraestructura y dinámicas socioeconómicas. Asimismo, este contorno fija la frontera de interacción para evaluar los impactos perceptuales directos (olores y ruido perimetral) sobre los receptores humanos más cercanos durante la etapa de operación.

Paso 3: Aplicación de Criterios de Cierre para el Polígono de la Región Ecológica

El resultado cartográfico final se obtuvo mediante la fusión de las fronteras críticas identificadas en el Paso 2. El polígono de la Región Ecológica quedó consolidado bajo los siguientes cierres perimetrales:

Criterio Secuencial	Componente Funcional de Referencia	Justificación de la Línea de Demarcación Cartográfica
Cierre Hidrológico General	Parteaguas de la Microcuenca Funcional	Establece el primer límite natural envolvente de la Región Ecológica. Al tratarse de un proyecto hidráulico con un efluente de descarga mayor a 100 lps y obras en Zona Federal, este límite encierra de forma íntegra toda el área sujeta a dinámicas superficiales comunes y dispersión hídrica río abajo.
Refinamiento Edafológico y Vegetal	Contorno de la Unidad Edáfica AReu+FLeu/1r	Ajusta y acota de manera precisa los sectores inclinados de relieve ondulado y barrancas donde se asienta la vegetación de galería. Permite circunscribir la evaluación al suelo franco-arenoso permeable que interactúa directamente con las conducciones en Zona Federal, aislando laderas altas con dinámicas distintas.
Restricción Antrópica (Límite Urbano)	Frontera Física de Asentamientos Humanos Estables	Corta y consolida el polígono en los puntos de contacto con la matriz urbana consolidada. Marca la transición hacia un entorno antropizado, delimitando con precisión el área operativa donde cesa la afectación directa a la biodiversidad nativa y se concentran los impactos hacia la población.

3. Consideración de Uniformidad del Territorio y Uso de Suelo como Criterio de Validación

El resultado obtenido no es una delimitación abstracta, sino un área caracterizada por una alta uniformidad en sus dinámicas de paisaje. La metodología aplicada permitió constatar que la porción del territorio incluida dentro de los límites Norte, Sur y Este comparte:

1. **Continuidad en el Uso del Suelo:** Predomina el uso agrícola de temporal y las franjas de conservación o amortiguamiento asociadas a los cuerpos de agua, lo que dota al espacio de una respuesta homogénea ante las perturbaciones de la etapa constructiva.

CONSULTA PÚBLICA

2. **Sensibilidad Ecológica Coherente:** Al excluir la matriz urbana densa del oeste y circunscribir el análisis a la microcuenca y la unidad de suelo arenoso/aluvial, la REGIÓN ECOLÓGICA se convierte en una **unidad operativa eficiente**.



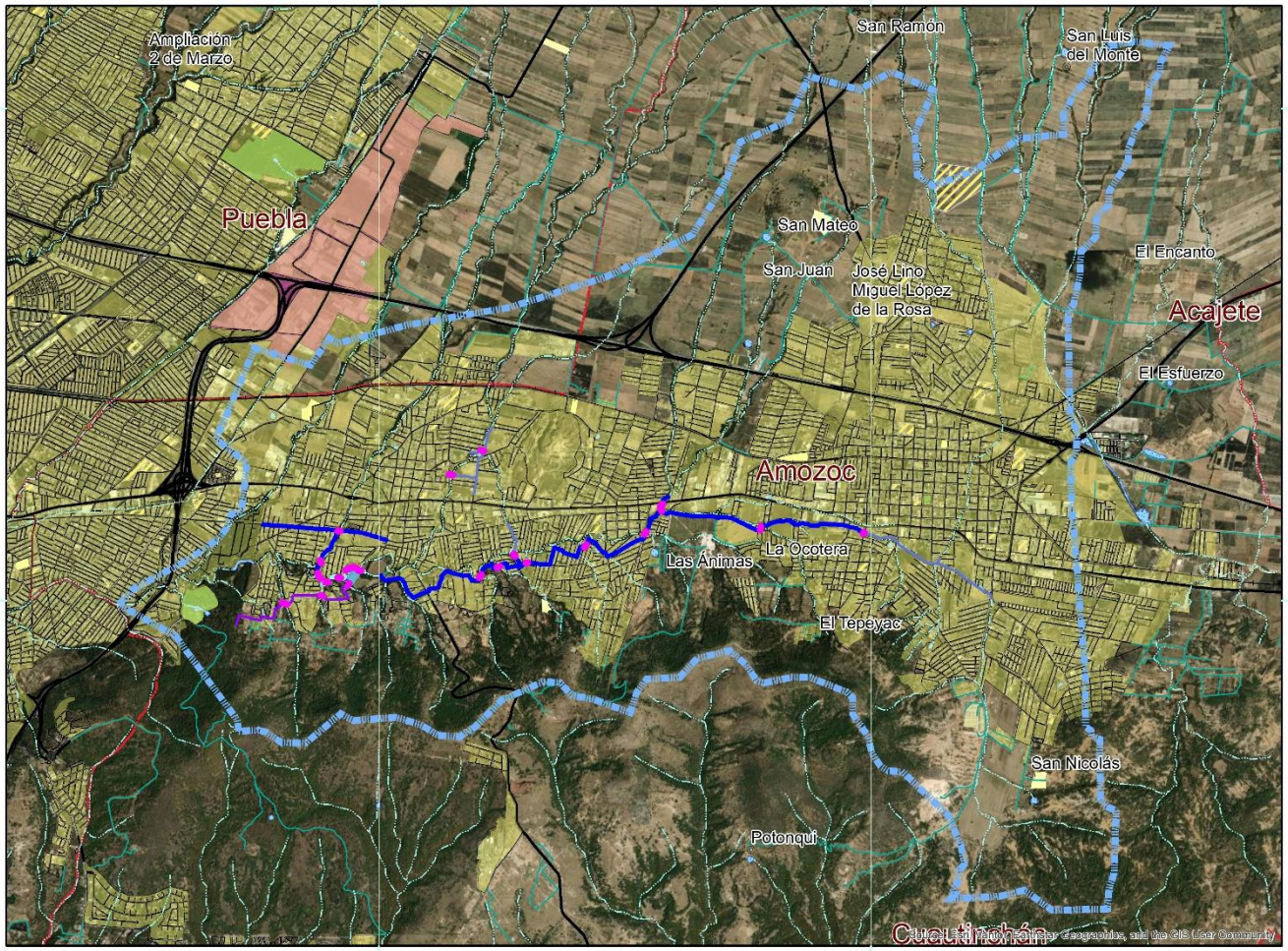
3.1.2 Superficie de la Región Ecológica

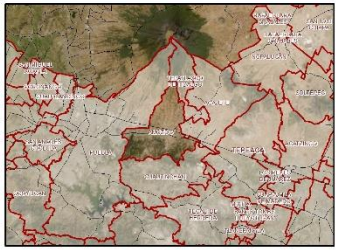
Finalmente, mediante el análisis de los componentes ambientales y la configuración del relieve, se delimitó una región ecológica con una superficie total de **4,692.45 Ha**. Esta delimitación geomática integra las unidades de paisaje dominantes de la zona para el monitoreo y la aplicación de las medidas de mitigación del proyecto.

CONSULTA

Figura 15 Región ecológica

PROYECTO EJECUTIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE 1 (UNA) PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y CRUCES ESPECIALES EN ZONA FEDERAL





SIMBOLOGÍA

- MANZANAS
- CEMENTERIO
- ÁREAS PÚBLICAS
- PARQUES INDUSTRIALES
- ESCUELAS
- LÍMITES MUNICIPALES
- VÍA FÉRREA
- CARRETERAS

HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

- EN OPERACION
- INTERMITENTE
- CUERPO DE AGUA INTERMITENTE
- CUERPO DE AGUA PERENNE

SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

- PREDIO CELDAS SOLARES
- PREDIO PTAR
- CRUCES ESPECIALES EN ZONA FEDERAL
- REGIÓN ECOLÓGICA

COLECTORES EXISTENTES Y PROPUESTOS

- ACUEDUCTO
- COLECTOR EXISTENTE
- COLECTOR PROPUESTO
- LÍNEA MORADA

NOMBRE DEL MAPA: REGIÓN ECOLÓGICA

SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM ZONA 14N
PROYECCIÓN: TRANSVERSAL DE MERCATOR
DATUM: WGS 1984
UNIDADES: METROS

ESCALA: 1:40,000

Tabla 26 Coordenadas Región Ecológica

VÉRTICE	UTM X	UTM Y
1	593573.48	2103670.40
2	593554.94	2103789.02
3	592925.23	2104640.98
4	592353.82	2104957.76
5	592501.90	2105117.23
6	593036.36	2105402.98
7	593371.10	2105629.70
8	593449.48	2105737.49
9	593493.67	2105877.09
10	593600.16	2105904.36
11	593655.09	2106396.76
12	593341.76	2106642.73
13	593733.96	2107563.79
14	594301.27	2107391.89
15	594492.61	2107665.62
16	594581.50	2107615.37
17	595280.73	2107799.10
18	596329.51	2107980.12
19	597324.89	2108296.07
20	598185.86	2108721.11
21	598509.14	2109230.83
22	598671.03	2109661.04
23	599155.15	2109873.31
24	599371.01	2110330.03
25	599881.69	2110191.05
26	600204.60	2110377.57
27	600634.67	2110185.29
28	600445.96	2109755.29
29	600472.24	2109323.61
30	600633.47	2109214.60
31	601063.77	2109372.85
32	601494.40	2109693.06
33	601964.10	2109740.36
34	601957.45	2109949.32
35	602069.73	2110153.09
36	602202.29	2110299.07
37	602252.22	2110426.34
38	602426.05	2110636.58
39	602672.90	2110681.29

CONSULTA PÚBLICA

VÉRTICE	UTM X	UTM Y
40	603032.97	2110639.67
41	602942.02	2110464.66
42	602936.83	2110379.94
43	602832.16	2110213.54
44	602787.52	2109894.52
45	602691.99	2109794.17
46	602617.10	2109587.08
47	602612.08	2109458.86
48	602424.25	2109166.21
49	602415.13	2109017.16
50	602291.99	2108904.17
51	602287.09	2108699.07
52	602131.99	2108539.17
53	602127.09	2108319.07
54	602060.83	2108013.17
55	602002.09	2107948.80
56	602022.05	2106899.26
57	602091.99	2106733.71
58	602087.09	2106509.07
59	602032.09	2106400.66
60	602036.99	2106004.07
61	602177.09	2104294.17
62	602182.03	2103714.23
63	602235.37	2103681.48
64	602243.12	2103625.94
65	602327.09	2103589.17
66	602332.02	2102979.43
67	602411.59	2102894.42
68	602491.99	2102863.78
69	602472.09	2102224.07
70	602421.99	2102079.17
71	602402.09	2101864.07
72	601839.83	2101851.47
73	601556.72	2102054.60
74	601315.69	2101994.07
75	600809.54	2101966.62
76	600846.99	2102009.70
77	600832.09	2102073.58
78	600881.99	2102129.55
79	600893.49	2102255.34
80	600950.94	2102318.29
81	600911.86	2102512.40

CONSULTA PÚBLICA

VÉRTICE	UTM X	UTM Y
82	600786.61	2102813.85
83	600317.63	2103258.54
84	600171.49	2103269.75
85	600096.99	2103314.07
86	600006.99	2103454.07
87	599972.09	2103614.17
88	599816.99	2103844.07
89	599811.95	2104013.69
90	599752.09	2104069.17
91	599381.42	2104218.47
92	599192.69	2104219.36
93	598918.67	2104162.31
94	598839.01	2104185.04
95	598724.25	2104352.90
96	598562.56	2104489.36
97	598233.62	2104412.53
98	598057.09	2104219.07
99	597719.20	2104201.09
100	597617.21	2104065.19
101	597552.28	2103859.17
102	597180.48	2103995.26
103	596958.68	2104035.63
104	596835.96	2104167.71
105	596666.43	2104172.75
106	596246.77	2103987.23
107	595978.53	2103719.35
108	595817.58	2103614.17
109	595596.99	2103629.07
110	595427.34	2103734.10
111	595168.49	2103812.91
112	594739.54	2103780.18
113	594609.86	2103849.07
114	594252.72	2103550.30
115	594007.63	2103554.33
116	593847.69	2103662.50
117	593767.77	2103679.07
118	593573.48	2103670.40
Superficie: 4,692.45 Ha		

CONSULTA PÚBLICA

A continuación, se describen los componentes ambientales que integran la Region Ecológica (RE)

3.2 Componentes Ambientales

3.2.1 Identificar los componentes ambientales de la región ecológica y área de influencia que tendrán interacción con la ejecución del proyecto.

3.2.1.1 Componente abiótico

3.2.1.1.1 Clima

El municipio de Amozoc se localiza dentro de la zona de los climas templados del valle de Tepeaca; identificándose el clima **templado subhúmedo con lluvias en verano (C (w2) (w))** que se presenta en una franja latitudinal del sur del municipio predominando en las primeras estribaciones de la Malinche; y el clima **semifrío subhúmedo con lluvias en verano (C(E)x)** presentándose en las zonas más altas del volcán la malinche, excluyendo la cumbre que presenta el clima frio.

El rango de precipitación varía entre los 900 y los 1100 mm con un total anual de 973.9 mm en promedio; junio es el mes que concentra mayor cantidad de lluvia, con 190.9 mm y la precipitación en el mes más seco es menor de 40 mm.

Durante el invierno los frentes fríos y las altas presiones tanto en superficie como a nivel medio de la atmosfera determinan cielo despejado con aumento de la oscilación térmica, estas condiciones meteorológicas mantienen la contaminación urbana en las partes bajas de la atmosfera y neblina en las primeras horas del día.

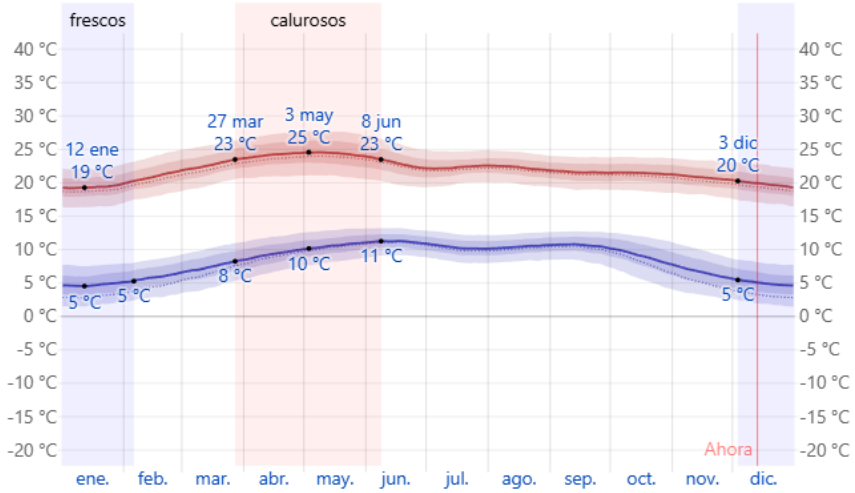
Temperatura

La temporada templada dura 2.4 meses, del 27 de marzo al 8 de junio, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 23 °C. El mes más cálido del año en Amozoc de Mota es mayo, con una temperatura máxima promedio de 24 °C y mínima de 11 °C.

La temporada fresca dura 2.1 meses, del 3 de diciembre al 6 de febrero, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 20 °C. El mes más frío del año en Amozoc de Mota es enero, con una temperatura mínima promedio de 5 °C y máxima de 19 °C.

CONSULTA PÚBLICA

Figura 16 Temperatura promedio en el municipio



Precipitación

Un día mojado es un día con por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido. La probabilidad de días mojados en Amozoc de Mota varía muy considerablemente durante el año.

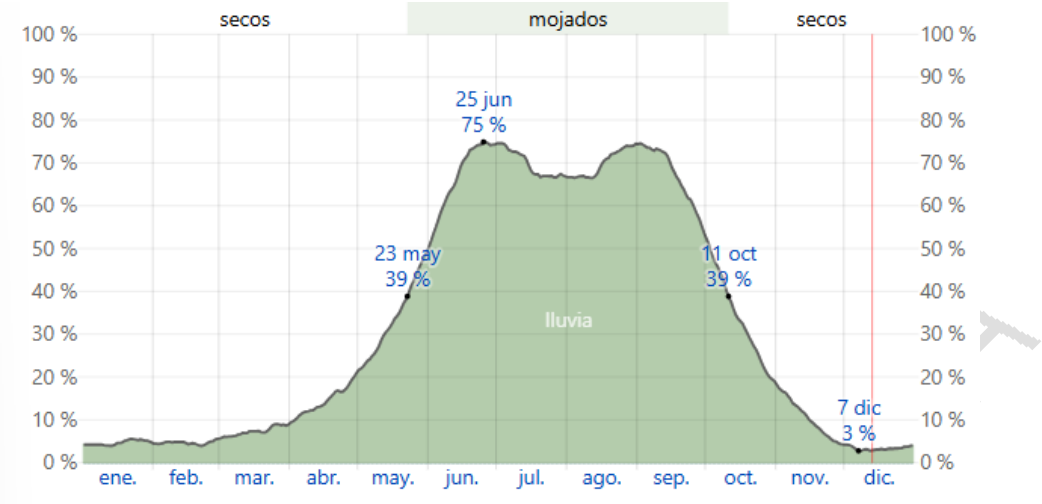
La temporada más mojada dura 4.6 meses, de 23 de mayo a 11 de octubre, con una probabilidad de más del 39 % de que cierto día será un día mojado. El mes con más días mojados en Amozoc de Mota es agosto, con un promedio de 21.6 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación.

La temporada más seca dura 7.4 meses, del 11 de octubre al 23 de mayo. El mes con menos días mojados en Amozoc de Mota es diciembre, con un promedio de 1.0 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación.

Entre los días mojados, distinguimos entre los que tienen solamente lluvia, solamente nieve o una combinación de las dos. El mes con más días con solo lluvia en Amozoc de Mota es agosto, con un promedio de 21.6 días. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 75 % el 25 de junio.

CONSULTA PÚBLICA

Figura 17 Probabilidad diaria de precipitación



Viento

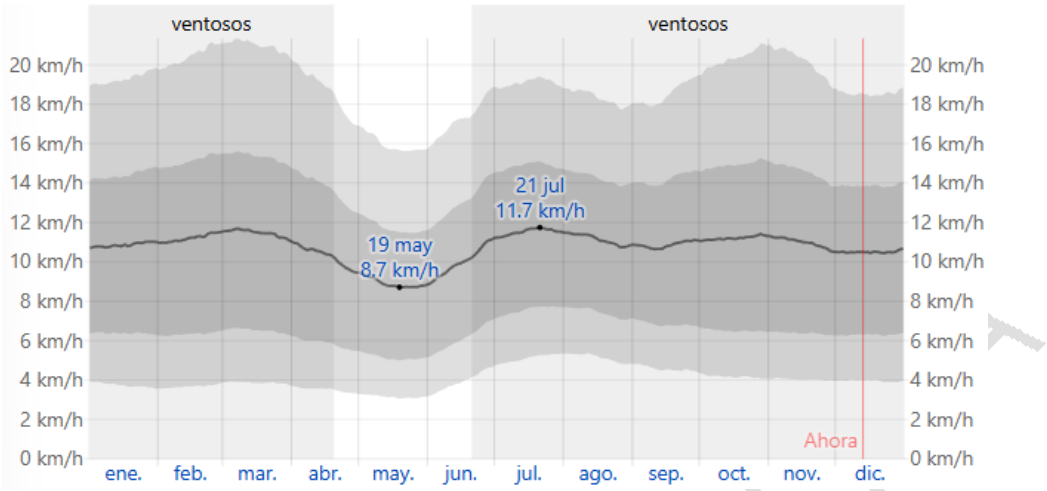
La velocidad promedio del viento por hora en Amozoc de Mota tiene variaciones estacionales leves en el transcurso del año.

La parte más ventosa del año dura 10 meses, del 20 de junio al 20 de abril, con velocidades promedio del viento de más de 10.2 kilómetros por hora. El mes más ventoso del año en Amozoc de Mota es julio, con vientos a una velocidad promedio de 11.5 kilómetros por hora.

El tiempo más calmado del año dura 2.0 meses, del 20 de abril al 20 de junio. El mes más calmado del año en Amozoc de Mota es mayo, con vientos a una velocidad promedio de 8.9 kilómetros por hora.

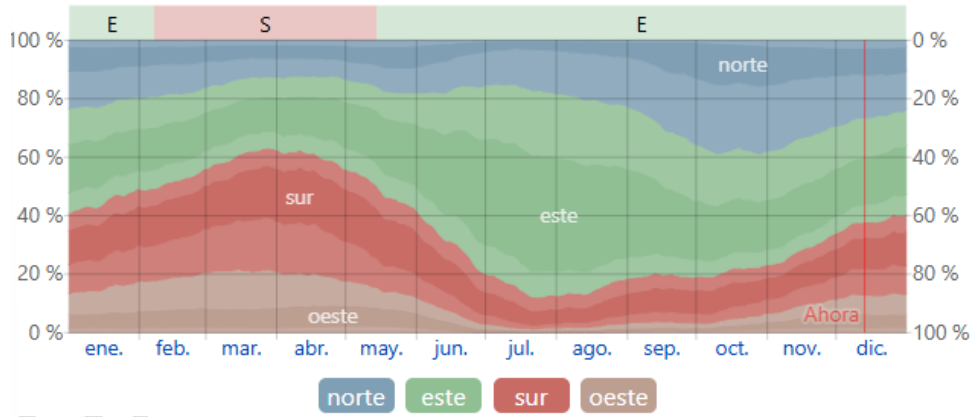
CONSULTA PÚBLICA

Figura 18 Velocidad promedio del viento



El viento con más frecuencia viene del sur durante 3.2 meses, del 7 de febrero al 14 de mayo, con un porcentaje máximo del 42 % en 11 de abril. El viento con más frecuencia viene del este durante 8.8 meses, del 14 de mayo al 7 de febrero, con un porcentaje máximo del 36 % en 1 de enero.

Figura 19 Dirección del viento



3.2.1.1.2 Geología y geomorfología

La constitución geológica del municipio de Amozoc es el reflejo de una compleja evolución tectónica y volcánica, al encontrarse inmerso en la provincia fisiográfica del **Eje Neovolcánico Transversal** y en proximidad con la **Sierra Madre Oriental**. Su litoestratigrafía está compuesta por tres grandes conjuntos que definen el relieve, la permeabilidad y la estabilidad del suelo en la región.

De acuerdo a la RE delimitada se presenta la siguiente litoestratigrafía:

Suelo Aluvial: Es el material más reciente en la cronología geológica del municipio, ubicado principalmente en los valles, llanuras y fondos de las barrancas. Está constituido por materiales no consolidados (gravas, arenas, limos y arcillas)

que han sido transportados y depositados por las corrientes de agua y los escurrimientos superficiales. Estos suelos poseen una alta permeabilidad y son los terrenos más aptos para la agricultura y la recarga de mantos acuíferos; sin embargo, debido a su falta de consolidación, presentan una menor resistencia estructural.

Rocas sedimentarias (Caliza): Estas unidades representan los estratos más antiguos de la zona, levantados y plegados durante procesos tectónicos pasado. Este tipo de roca es de origen químico/orgánico, compuesta principalmente por carbonato de calcio. Su presencia en el subsuelo indica un pasado geológico de ambientes marinos someros. La caliza es propensa a procesos de disolución química por el agua de lluvia (carsticidad), lo que puede generar conductos subterráneos y cavernas, influyendo directamente en el comportamiento hidrológico subterráneo.

Rocas Ígneas Extrusivas

Estas rocas se formaron por el enfriamiento rápido de la lava y el material piroclástico en la superficie, asociados a la intensa actividad volcánica de la región (ligada a estructuras como la Malinche y la Sierra de Amozoc).

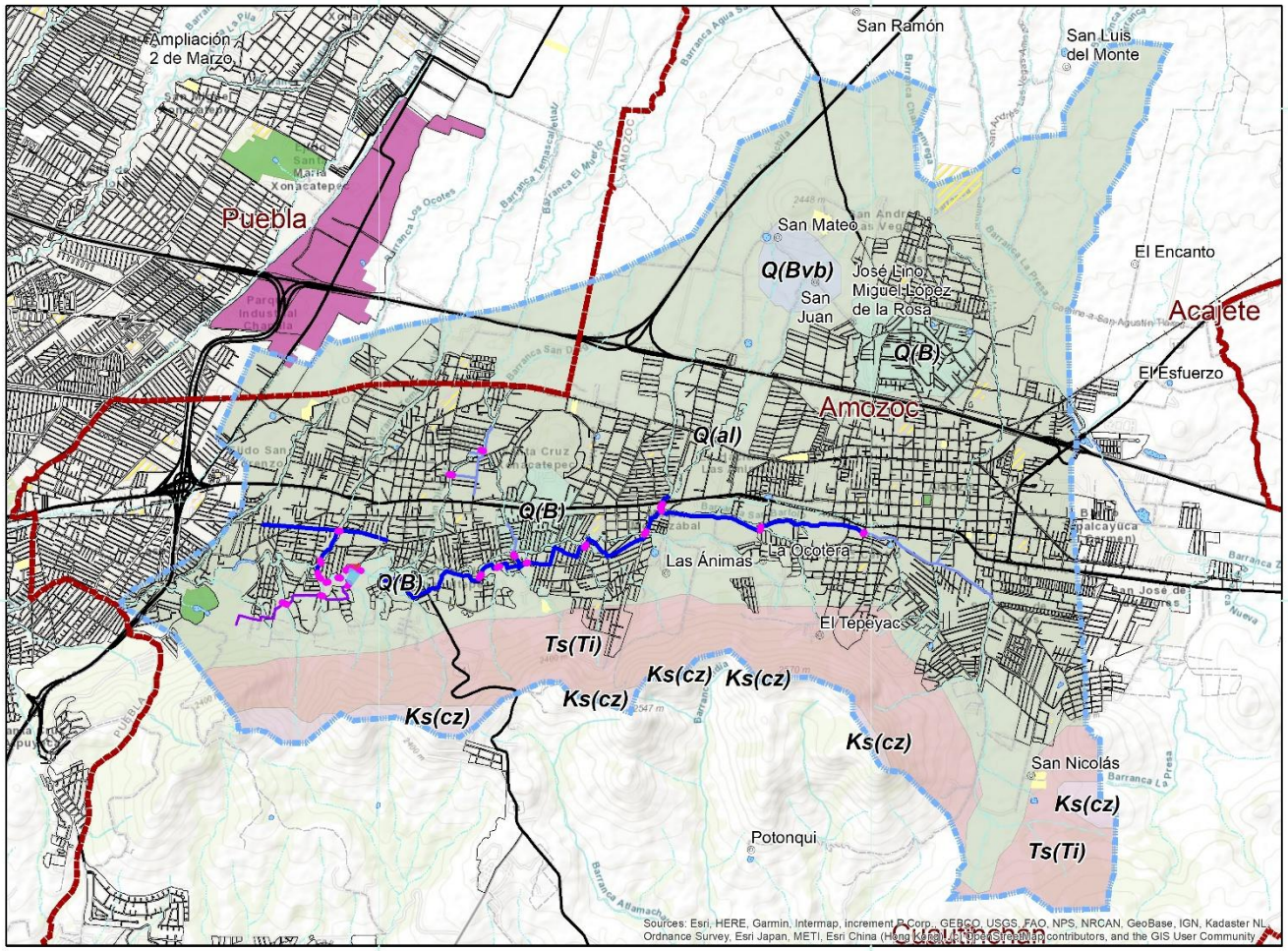
- **Toba Intermedia:** Corresponde a la consolidación de cenizas, lapilli y fragmentos volcánicos expulsados durante erupciones explosivas. Su composición química es intermedia (andesítica/dacítica). Frecuentemente presenta una consistencia de moderada a suave (conocida localmente en algunas variantes como "tepetate"), la cual es altamente susceptible a la erosión si pierde su cobertura vegetal, pero que proporciona una base firme si está compactada.
- **Basalto:** Es una roca ígnea máfica, densa y de color oscuro, producto de derrames de lava fluidos. El basalto es notablemente resistente a la compresión y al intemperismo, formando comúnmente las zonas altas de los cerros y crestas del municipio. Posee una porosidad secundaria alta debido al fracturamiento físico, lo que facilita la infiltración de agua hacia los acuíferos locales.

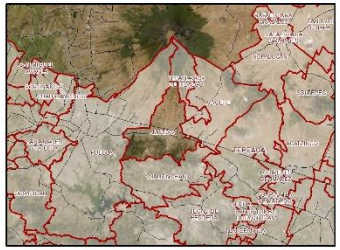
CONSULTA PÚBLICA

CONSULTA PÚBLICA

Figura 20 Geología dentro de la RE

PROYECTO EJECUTIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE 1 (UNA) PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y CRUCES ESPECIALES EN ZONA FEDERAL





SIMBOLOGÍA

- MANZANAS
- CEMENTERIO
- ÁREAS PÚBLICAS
- PARQUES INDUSTRIALES
- ESCUELAS
- LÍMITES MUNICIPALES
- VÍA FÉRREA
- CARRETERAS

HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

- EN OPERACION
- INTERMITENTE
- CUERPO DE AGUA INTERMITENTE
- CUERPO DE AGUA PERENNE

SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

- REGIÓN ECOLÓGICA
- PREDIO CELDAS SOLARES
- PREDIO PTAR
- CRUCES ESPECIALES EN ZONA FEDERAL

COLECTORES EXISTENTES Y PROPUESTOS

- ACUEDUCTO
- COLECTOR EXISTENTE
- COLECTOR PROPUESTO
- LÍNEA MORADA (PROPUESTA)

GEOLOGÍA

- Aluvial
- Basalto
- Brecha volcánica básica
- Caliza
- Toba intermedia

NOMBRE DEL MAPA: GEOLOGÍA REGIÓN ECOLÓGICA

SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM ZONA 14N
PROYECCIÓN: TRANSVERSAL DE MERCATOR
DATUM: WGS 1984
UNIDADES: METROS

ESCALA: 1:40,000

0 0.175 0.35 0.7 1.05 1.4 KILÓMETROS

Fisiográficamente el municipio de Amozoc se encuentra incluido en la provincia Eje Neovolcánico y confinado al oriente de esta en la subprovincia de los lagos y Volcanes de Anáhuac; su superficie de 135.18 km2 abarca de norte a sur, una parte de las laderas meridionales del volcán la Malinche; el límite entre los valles de Puebla y Tepeaca y al sur la llamada sierra de Amozoc.

La superficie del municipio abarca cuatro tipos de topoformas: Sierra volcánica con estrato volcanes o estrato volcanes aislados, sierra volcánica de laderas tendidas; Llanura de rocoso o cementado y finalmente Llanura aluvial con lomerío.

3.2.1.1.3 Suelos

En cuanto al tipo de suelo, dentro del municipio de Amozoc predominan el Regosol Eútrico de textura gruesa y fase gravosa en la parte norte; al sur del municipio el tipo Litosol de textura media. También se encuentran en menor superficie: Cambisol Vertico, Fluvisol Eútrico, Feozem Háplico y Cambisol Eútrico.

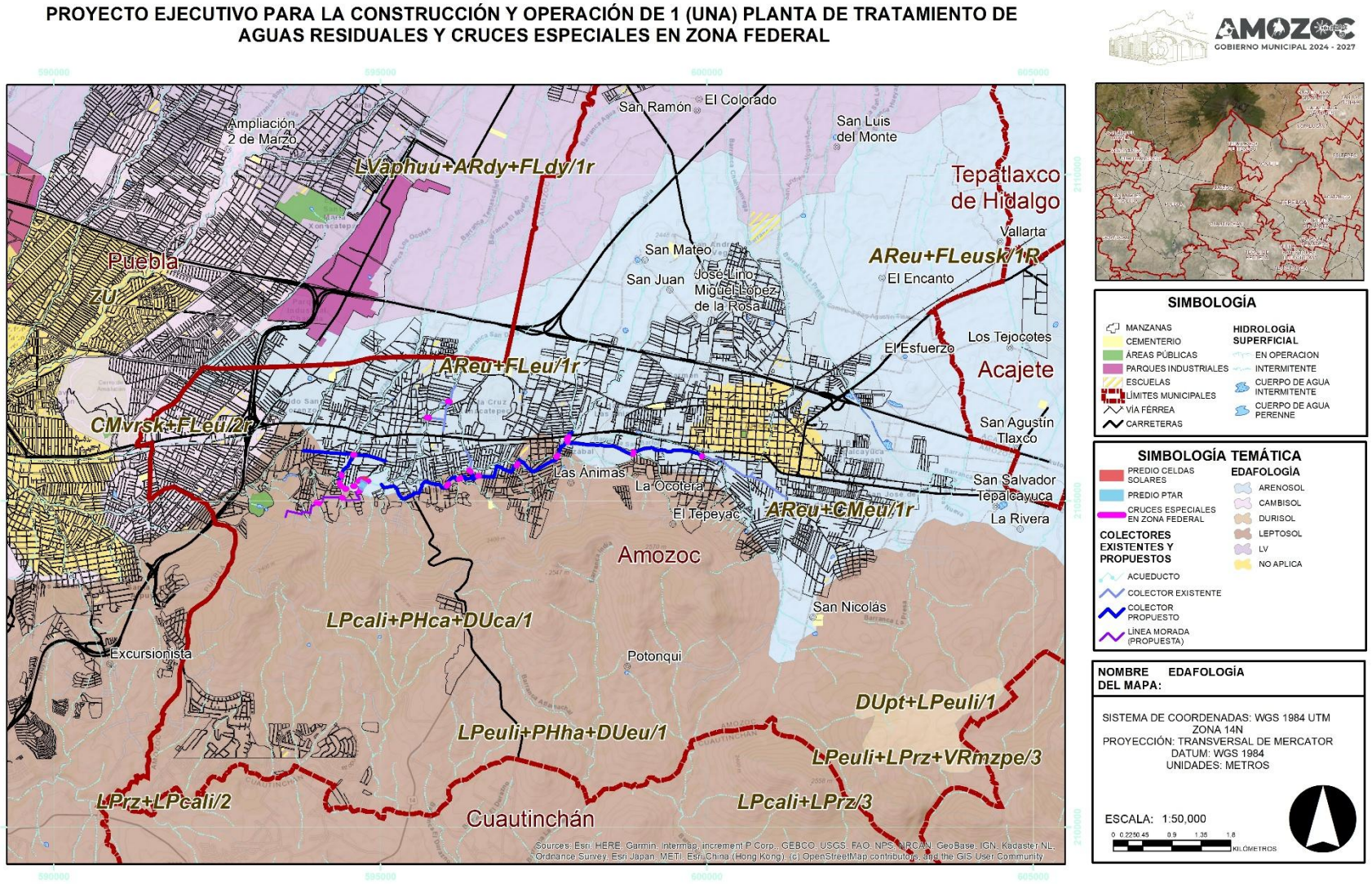
El tipo de suelo que se encuentra dentro de la RE son los siguientes:

Arenosoles: Por término general los suelos arenosos son muy permeables, en los que el agua se infiltra a gran velocidad, siendo muy escaso el almacenamiento de agua retenido por el perfil para el crecimiento vegetal. También suelen padecer de una grave carencia de nutrientes (salvo en los ambientes semiáridos y áridos, en donde la gran evaporación puede dar lugar a una matriz rica en sales) y una paupérrima estructura.

Leptosoles: Los Leptosoles son suelos extremadamente jóvenes y delgados (o con abundantes gravas, es decir muy pedregosos). Pueden considerarse como el primer estadio de formación de un suelo sobre rocas duras. Por tanto, la principal diferencia que les separa de otros tipos de suelos deviene de su escasa profundidad. Debido a que el material apenas ha comenzado a alterarse por la acción del clima y la vegetación, muchas de sus propiedades se relacionan con las rocas que los han originado, por lo que son muy variadas.

CONSULTA PÚBLICA

Figura 21 Suelos dentro de la RE



3.2.1.1.4 Hidrología superficial

El municipio de Amozoc se encuentra dentro de la Región Hidrológica (RH-18) Rio balsas.

Esta región es una de las más importantes del país dentro del estado de Puebla ocupa la zona central y suroccidental, estando limitada por los parteaguas del Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del sur. De las diferentes cuencas que componen el sistema del rio Balsas, tres se encuentran incluidas dentro del territorio poblano, siendo la Cuenca del Rio Atoyac la de mayor extensión e importancia para la parte centro y sur del estado.

Tabla 27 Regiones hidrológicas del municipio de Amozoc.

Región hidrológica	Balsas (100%) (RH18)
Cuenca	Río Atoyac (100%)
Subcuenca	Río Alseseca (42.27%), Río Atoyac-Balcón del Diablo (57.73%)

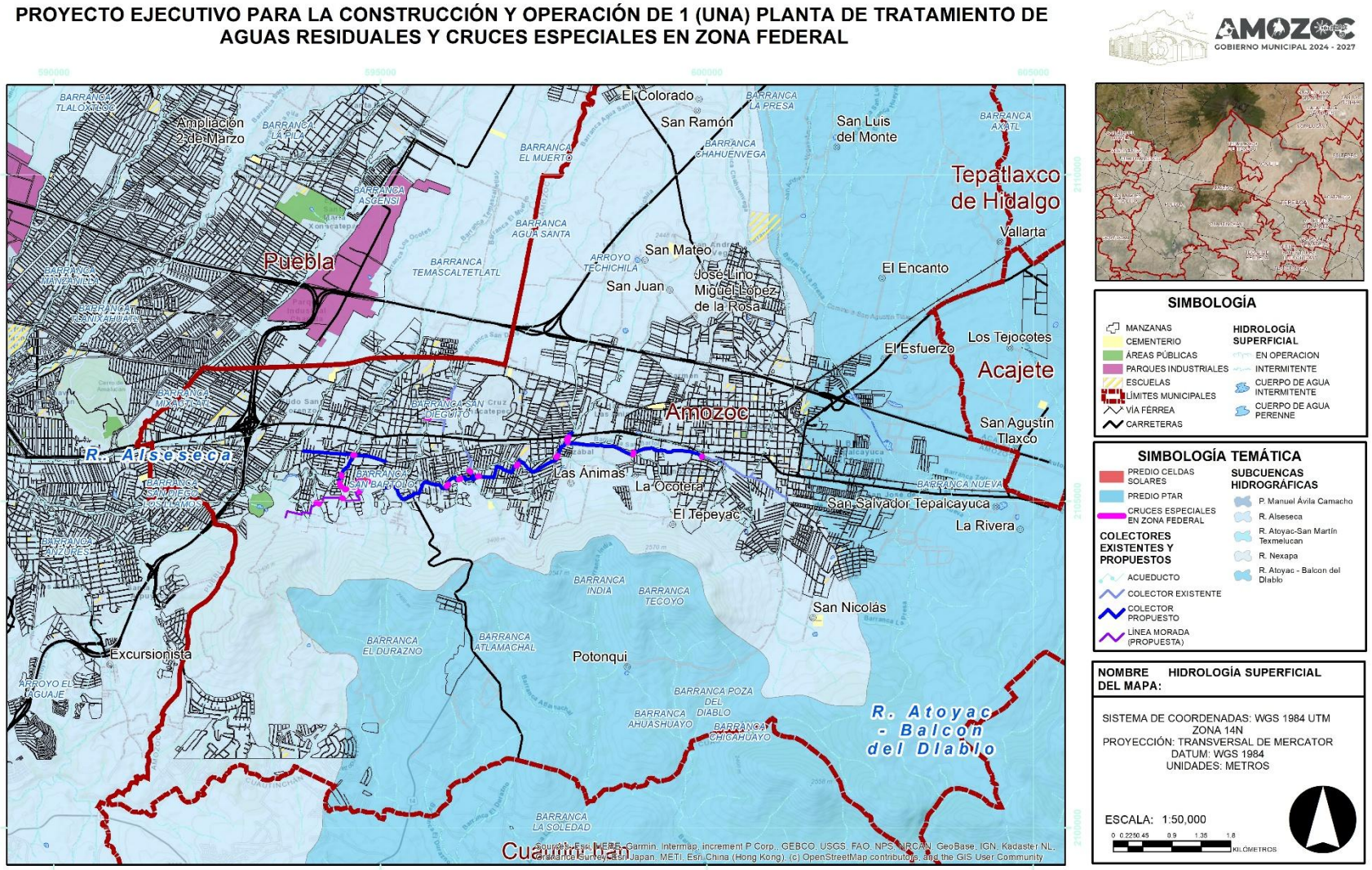
Hidrográficamente el municipio de Amozoc se encuentra incluido totalmente dentro de la cuenca del Rio Atoyac y se divide más o menos en partes iguales entre las subcuencas del Rio Alseseca que desemboca en la presa Valsequillo y del balcón del diablo que desemboca en el rio Atoyac a la altura del municipio de Molcaxac no se cuenta con corrientes superficiales perennes importantes.

Para delimitar la cuenca se llevó a cabo un análisis hidrológico a partir de la información topográfica correspondiente a la curva de nivel y a los modelos digitales de elevación obtenidos de INEGI. Como resultado, se determinaron diversos parámetros morfométricos que permitieron caracterizar su comportamiento hidrológico.

Los parámetros de la red de drenaje fueron obtenidos mediante un análisis desarrollado en el software Global Mapper, utilizando información recuperada del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). A partir de dicho análisis se estableció un orden de los cauces para definir la corriente principal, la cual está clasificada como **INTERMITENTE**, debido a que presenta escurrimiento únicamente durante la temporada de lluvias o en periodos posteriores a eventos de precipitación significativos, permaneciendo seca durante gran parte del año.

CONSULTA PÚBLICA

Figura 22 Hidrología superficial



3.2.1.1.5 Hidrología subterránea.

En el Valle de Puebla, el agua del subsuelo es muy importante ya que se utiliza para fines industriales, comerciales y domésticos, debido a que en dicha zona se ubica la capital estatal y los mayores centros industriales de la entidad.

Este valle se encuentra dentro de la cuenca del río Atoyac su recurso hidrológico subterráneo es relativamente abundante.

La zona conformada por la parte central del Valle de Puebla se abastece básicamente de las corrientes subterráneas provenientes de la Malinche (con dirección norte a sur), las que son cortadas por el dique basáltico de Amalucan, Loreto y Guadalupe, que hace aflorar veneros al norte de Puebla a profundidades que fluctúan entre los 8 y 25 metros.

En el Diario Oficial del 15 de noviembre de 1967, se publicó el Decreto por el que se establece veda para el alumbramiento de aguas del subsuelo en la zona meridional del estado de Puebla, en el cual se incluye el municipio de Puebla.

El 30 de agosto de 1969, se publicó el Decreto que amplía por tiempo indefinido la veda para el alumbramiento de aguas del subsuelo establecida para la zona meridional del Estado de Puebla, decretos que a la fecha siguen vigentes.

El acuífero del Alto Atoyac constituye la principal fuente de agua potable para la ciudad de Puebla y su zona conurbada. El acuífero lo comparten los estados de Puebla y Tlaxcala para atender la demanda de las ciudades mencionadas anteriormente. Son tres las principales zonas de recarga que alimentan el acuífero, una localizada en las estribaciones de los volcanes Iztaccíhuatl y Popocatépetl, otra en las estribaciones de La Malinche y la tercera en la parte norte del acuífero, denominada Sierra de Tlaxco. En la parte del acuífero que corresponde al estado de Puebla (Valle de Puebla), se puede distinguir verticalmente un sistema de tres acuíferos denominados superior, medio y profundo.

El acuífero Valle de Puebla quedó designado con la clave 2104 en el documento publicado el 5 de diciembre de 2001 en Diario Oficial de la Federación; Acuerdo, por el que se establece y da a conocer al público en general la denominación única de los acuíferos reconocidos en el territorio de los Estados Unidos Mexicanos, por la Comisión Nacional del Agua, y la homologación de los nombres de los acuíferos que fueron utilizados para la emisión de los títulos de concesión, asignación o permisos otorgados por este órgano desconcentrado. El área del acuífero comprende a partir de la ciudad capital del estado de Puebla hasta sus límites con

CONSULTA PÚBLICA

la Sierra Nevada, cubriendo una superficie aproximada de 2000 Km^2, y se extiende desde el oriente de la ciudad capital hasta sus límites con la Sierra Nevada, entre los paralelos 18°54' y 19°28', y entre los meridianos 98°01´ y 98°40´ al oeste de Greenwich.

De acuerdo con la división política, abarca los municipios comprendidos en forma total o parcial, los de **Amozoc**, Calpan, Chiautzingo, Coronango, Cuautinchán, Cuautlancingo, Domingo Arenas, Huejotzingo, Juan C. Bonilla, Nealtican, Ocoyucan, Puebla, San Andrés Cholula, San Felipe Teotlalcingo, San Gregorio Atzompa, San Jerónimo Tecuanipan, San Martín Texmelucan, San Matías Tlalancaleca, San Miguel Xoxtla, San Nicolás de los Ranchos, San Pedro Cholula, San Salvador el Verde, Santa Isabel Cholula, Tianguismanalco, Tlahuapan y Tlaltenango. En la Figura 6 se muestra la localización de los municipios dentro de la zona de estudio.

La porción superior de este acuífero está compuesta por materiales aluviales no consolidados, gravas y arenas; su espesor varía entre unos cuantos metros, cerca de sus bordes y más de 200 m. En el área de la ciudad de Puebla, con un valor medio de 130 m; tiene permeabilidad de media a alta, y contiene agua de buena calidad, excepto en algunos sectores, la parte inferior del acuífero está constituida por rocas ígneas extrusivas fracturadas, basaltos y andesitas; tiene espesor de varios cientos de metros y está limitada inferiormente por rocas calcáreas, consideradas como el basamento geohidrológico de la cuenca (SOAPAP, 2004).

La parte central del Valle de Puebla se abastece básicamente de las corrientes provenientes de la Malinche, las que son escindidas por el dique basáltico de Amalucan, Loreto y Guadalupe. En el valle de Puebla se distinguen dos tipos de acuíferos. Uno formado por las infiltraciones de los escurrimientos de los deshielos del volcán Iztaccíhuatl, ubicado entre las localidades de San Martín Texmelucan, Huejotzingo, San Miguel Xoxtla y San Francisco Ocotlán, este acuífero se localiza en materiales de relleno y tobas arenosas.

El acuífero del Valle de Puebla ha estado sometido en los últimos años a una continua explotación, detectándose actualmente algunos conos de abatimiento de los niveles dentro del área urbana de la ciudad. Cabe mencionar que se presentan abatimientos en los niveles piezométricos de entre 20 y 40 m, y hacia el sur alcanzan los valores máximos de 60 m., este impacto es producto de la concentración de pozos y podría incrementarse al entrar en operación nuevos pozos. Esto ha motivado que las fuentes de abastecimiento potenciales sean localizadas en zonas o cuencas vecinas al Valle de Puebla (SOAPAP, 2004).

El crecimiento poblacional, el auge industrial y el desarrollo agrícola en la zona acuífera, genera fuentes potenciales de contaminación, que ponen en riesgo los

CONSULTA PÚBLICA

mantos acuíferos; dadas las características de permeabilidad del subsuelo, presenta alta vulnerabilidad a la contaminación por infiltración. Independientemente de la contaminación antropogénica, los acuíferos están propensos a la contaminación de tipo natural, debido a que el agua en su recorrido subterráneo cruza formaciones geológicas relativamente fáciles de diluir, por lo que el agua originalmente pura adquiere sales y otros compuestos que en ocasiones no permiten su utilización.

Todos los municipios que abarca el acuífero Valle de Puebla se encuentran vedados a excepción del de San Nicolás de los Ranchos y todos ellos tienen una veda del tipo 1, rígida donde no es posible aumentar las extracciones.

En la parte que corresponde al estado de Puebla, el acuífero se encuentra regulado por el Decreto de Veda Meridional publicado en el Diario Oficial de la Federación del 15 de noviembre de 1967 y su ampliación del 30 de agosto de 1969; la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), es la dependencia facultada para autorizar la explotación de aguas subterráneas.

Tabla 28 Balance hidrológico y disponibilidad media anual (Mm3) del Valle de Puebla.

Año	Recarga R.T.M.A.	Descarga comprometida D.N.C	Concesión V.A.S.C	Disponibilidad D.M. A
2000	339.6	41.78	236.41	61.41
2001	339.6	35.7	265.3 1	38.58
2009	339.6	35.7	285.49	18.41

RTMA: Recarga total media anual; DNC: Descarga natural comprometida; VASC: Volumen de agua subterránea concesionado, DMA: Disponibilidad media anual. Fuente: CONAGUA, 2009.

El balance hidrológico refleja una sobreexplotación del acuífero, dado que la recarga total cuantificada fue de 357.6 hm/año y la descarga total del sistema acuífero es de 381.2 hm/año. El análisis de la evolución de estos niveles piezométricos en el periodo 1997 al 2010 indican un abatimiento acumulado de -3.44 m, lo cual indica un abatimiento medio ponderado de -0.43 m/año.

El cálculo de la disponibilidad administrativa para el acuífero resultó positivo, al utilizar el volumen concesionado y registrados en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) al 31 de marzo de 2009 y restar el volumen que se tiene comprometido en manantiales y tomando en cuenta el 50% de las salidas horizontales de agua subterránea hacia el acuífero Atlixco-Izúcar de Matamoros.

Respecto a la calidad del agua del acuífero superior en el territorio del municipio de Puebla, se puede decir que la degradación observada se debe a un proceso evolutivo que se manifiesta lenta y gradualmente, especialmente en lo que concierne a dureza y presencia de sólidos disueltos atribuible a las aguas

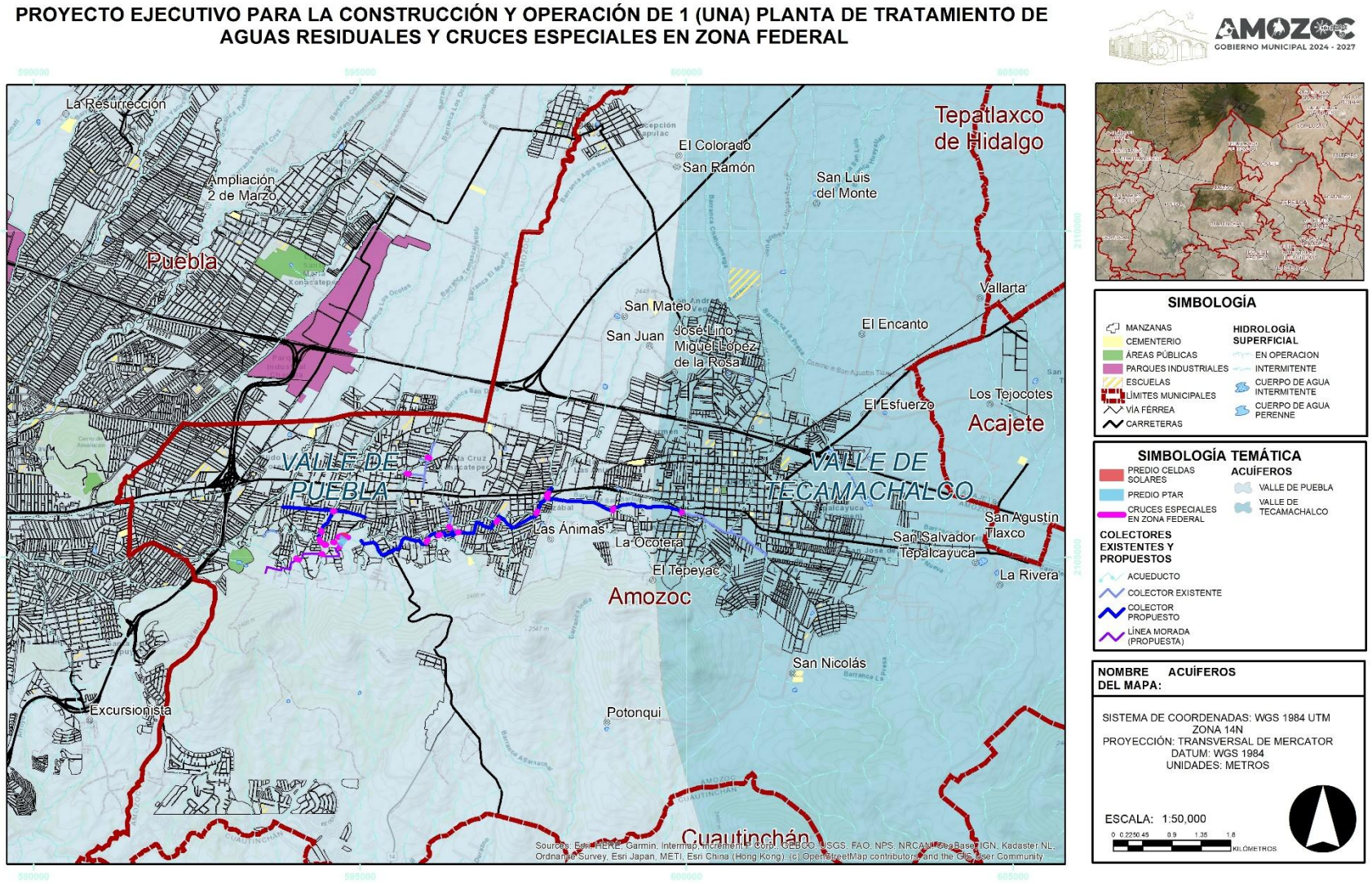
CONSULTA PUBLICA

sulfurosas del segundo acuífero; mientras más cercano está un pozo al acuífero y por su profundidad, más duras se tornan sus aguas, resultando concentraciones mayores a 400 mg/l que son excesivas.

El análisis de la calidad del agua del sistema en base a la concentración de sólidos disueltos totales indica que en general es apta para el uso y consumo humano.

CONSULTA PÚBLICA

Figura 23 Hidrología subterránea



3.2.1.2 Medio socioeconómico

3.2.1.2.1 Demografía

La población total de Amozoc en 2020 fue 125,876 habitantes, siendo 51.2% mujeres y 48.8% hombres.

Los rangos de edad que concentraron mayor población fueron 15 a 19 años (12,491 habitantes), 10 a 14 años (12,474 habitantes) y 5 a 9 años (11,944 habitantes). Entre ellos concentraron el 29.3% de la población total.

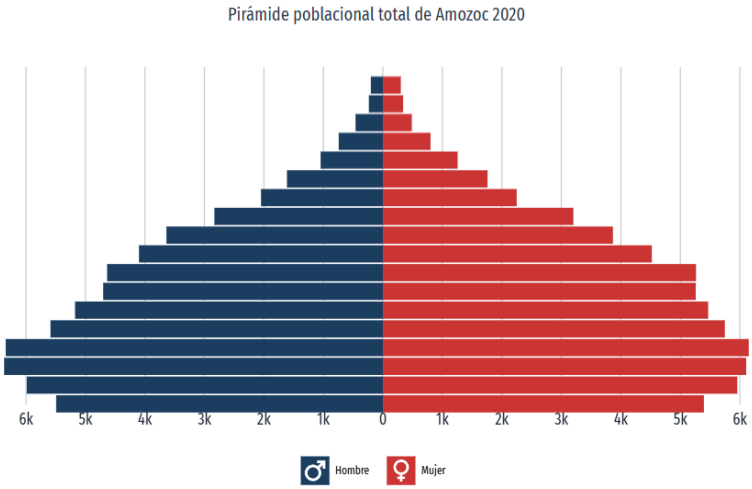
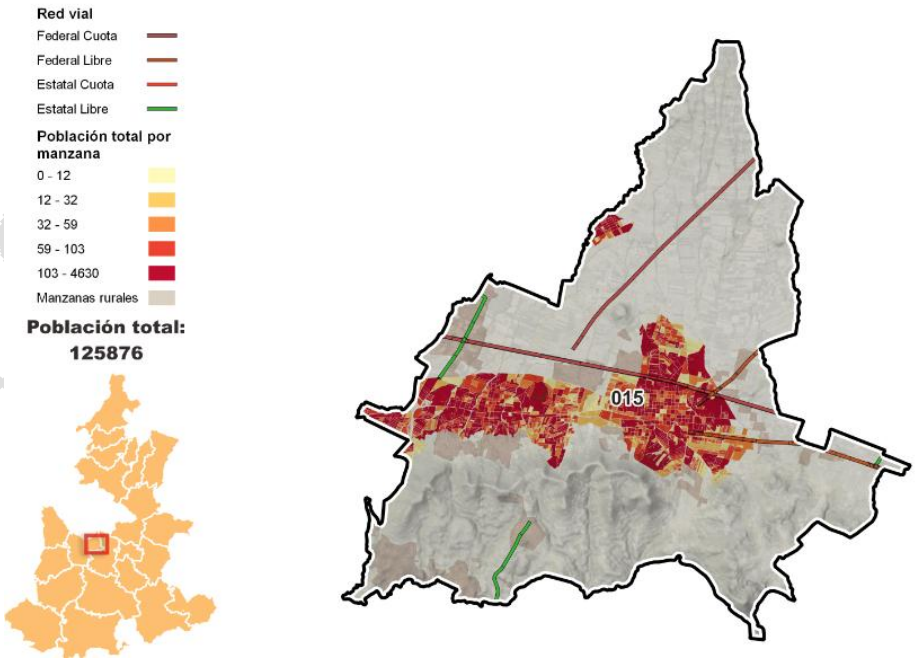


Figura 24 Población por manzana



De acuerdo al censo de población y vivienda 2020 de INEGI, la población urbana es de 114,172 habitantes y la rural consta de 11,704 habitantes.

Población por localidad

El municipio de Amozoc cuenta con un total de 47 localidades, de las cuales las principales localidades urbanas en las que se concentra el 90.70% (114,172 habitantes) de la población son la cabecera municipal **Amozoc de mota**, Concepción Capulac (La Ex Hacienda), Casa blanca e Ignacio Zaragoza. El 9.30 % (11,704 habitantes) de la población restante se distribuye en las localidades rurales.

Tabla 29 Localidades del municipio de Amozoc

Localidades	Población
Amozoc de Mota	95322
Concepción Capulac (La Ex-Hacienda)	3314
San Jacinto	1317
San Nicolás	57
San José la Laguna	97
Los Pinos	137
San Mateo	37
Casa Blanca	12841
Los Nogales	9
El Colorado	1
La Rivera	8
San Ramón	10
San Salvador Tepalcayuca	42
Guadalupe Victoria (Guadalupe del Moral)	69
Haras Ciudad Ecológica	747
La Laguna	7
Agua Santa II	103
San Pedro	616
Las Ánimas (Ex-Rancho las Ánimas)	49
San Martín	1388
San José de los Ángeles Kilómetro 22	4
Ampliación San Juan 3ra. Sección	654
El Esfuerzo	48
Ignacio Zaragoza	2695
José Lino Miguel López de la Rosa	21
Santa Clara	2
La Ocotera	248
La Poza	736

CONSULTA PÚBLICA

Localidades	Población
San Juan	49
Granjas Nogales	17
La Venta	684
El Tepeyac	65
Centeno	4
Pinos de Oriente	254
Los Álamos	111
La Providencia 2da. Sección Vallartito	278
Guadalupe	2
Camino Real	9
Bosques de Amalucan Segunda Sección	376
San Martín	345
Signoret	1653
La Nueva España	811
Chachapa [Parque Industrial]	9
Edgardo Amilcar Campos [Colonia]	250
Los Magueyes	51
Santa Rosa	163
Tepetate	166

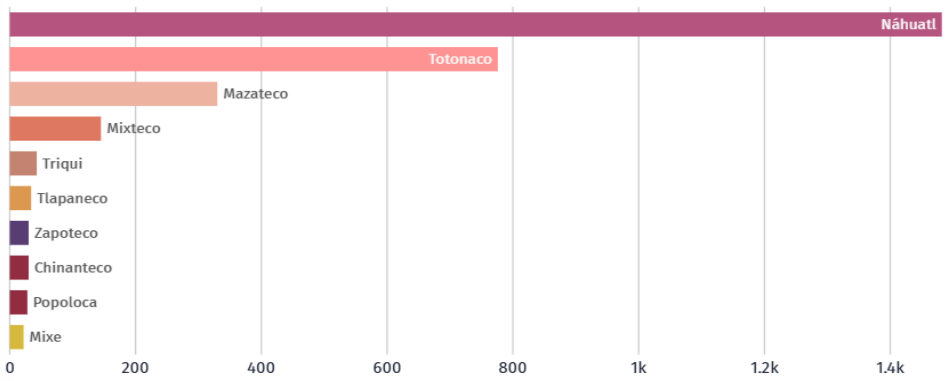
CONSULTA PÚBLICA

Población indígena

La población de 3 años y más que habla al menos una lengua indígena fue 3k personas, lo que corresponde a 2.38% del total de la población de Amozoc.

Las lenguas indígenas más habladas fueron Náhuatl (1,482 habitantes), Totonaco (776 habitantes) y Mazateco (330 habitantes).

Figura 25 Población que habla alguna lengua indígena



3.2.1.2.2 Vivienda y urbanización

De acuerdo al Censo poblacional de INEGI para el año 2020 se tienen 31,598 habitadas de las cuales se puede observar que un gran porcentaje cuenta o tiene acceso a los servicios básicos:

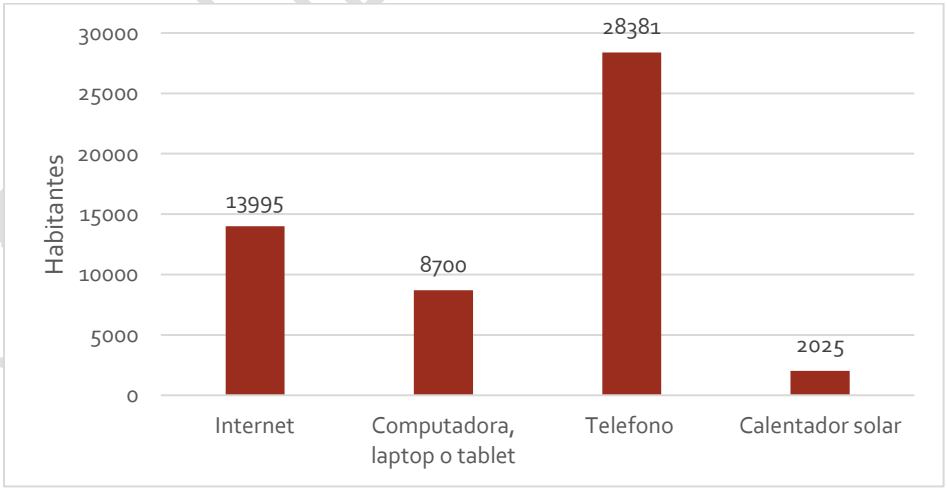
Tabla 30 Cobertura de servicios básicos

	Sin acceso	Con acceso
Agua entubada	11.08%	88.43%
Drenaje Sanitario	2.19%	97.81%
Electricidad	0.43%	99.07%

En cuanto a la disponibilidad de bienes y TIC´s el 40.57% de la población (51,076 habitantes) cuenta con bienes tales como computadoras, tabletas o teléfonos, servicio de internet y calentador solar.

CONSULTA PÚBLICA

Figura 26 Disponibilidad de bienes y TIC's.



Fuente: Elaboración propia con base en datos del Censo de Población y vivienda INEGI ,2020

Tabla 31 Calidad y Espacios en la Vivienda

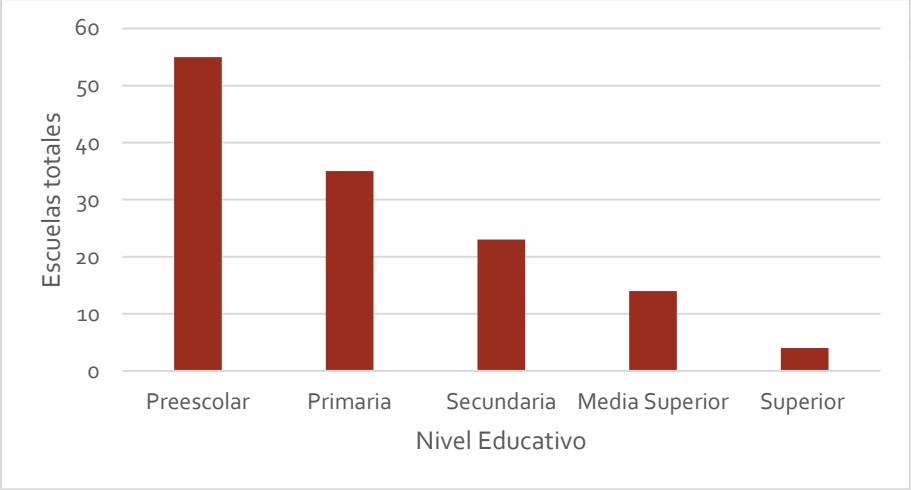
Con techo de material endeble	9.6%
Con muros de material endeble	1.41%
Piso tierra	3.24%
Sin chimenea cuando usan leña o carbón	0.7%

Fuente: Elaboración propia con base en datos del Censo de Población y vivienda INEGI ,2020

3.2.1.2.3 Educación y Salud

En cuanto a Instituciones Educativas el municipio cuenta con escuelas de distintos niveles educativos, como se observa en la siguiente figura:

Figura 27 Total de escuelas por nivel educativo en el municipio de

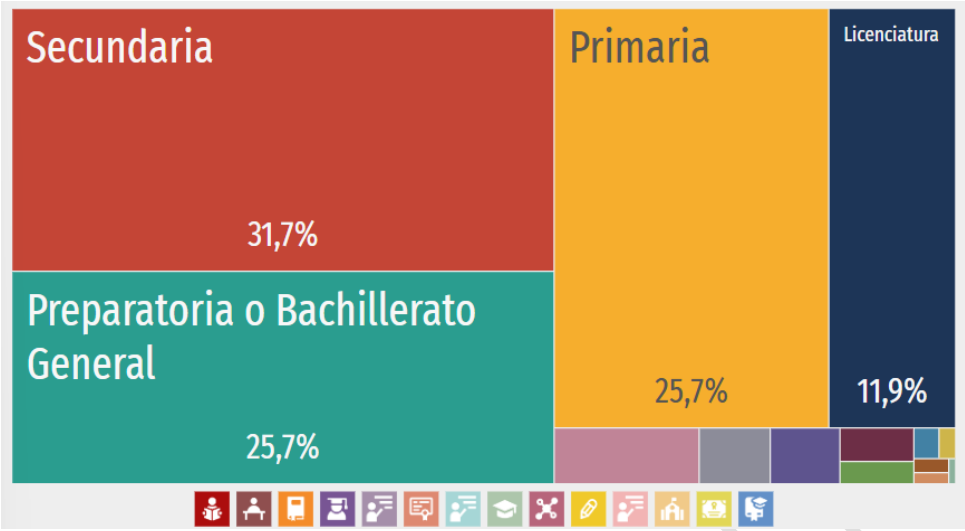


Fuente: Sistema interactivo de Consulta Estadística Educativa, ciclo escolar 2022-2023

Niveles de Escolaridad

En 2020, los principales grados académicos de la población de Amozoc fueron Secundaria (26.9k personas o 31.7% del total), Preparatoria o Bachillerato General (21.8k personas o 25.7% del total) y Primaria (21.7k personas o 25.7% del total).

Figura 28 Niveles de escolaridad



Tasa de analfabetismo

La tasa de analfabetismo de Amozoc en 2020 fue 4.5%. Del total de población analfabeta, 34% correspondió a hombres y 66% a mujeres.

Figura 29 Distribución de la población analfabeta

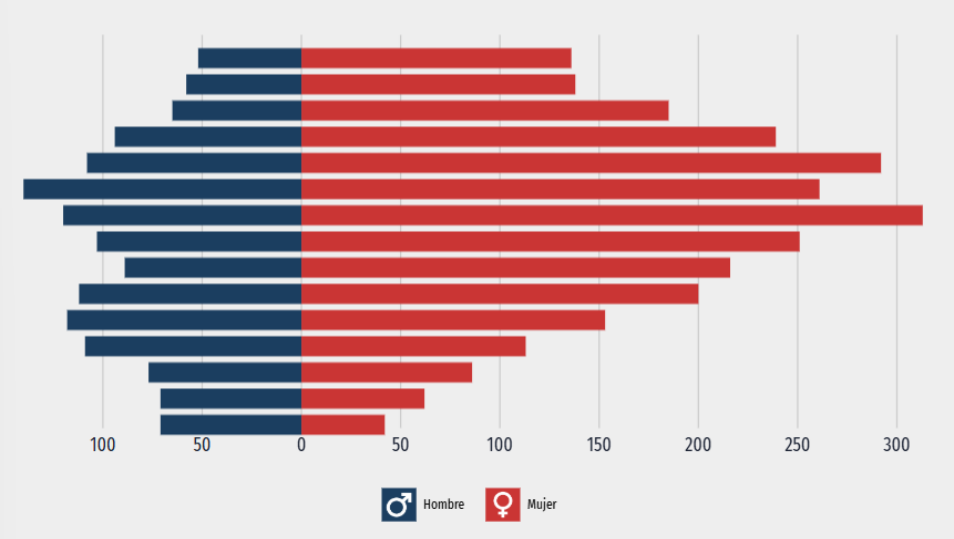


Tabla 32 Población de 15 años y más con rezago educativo

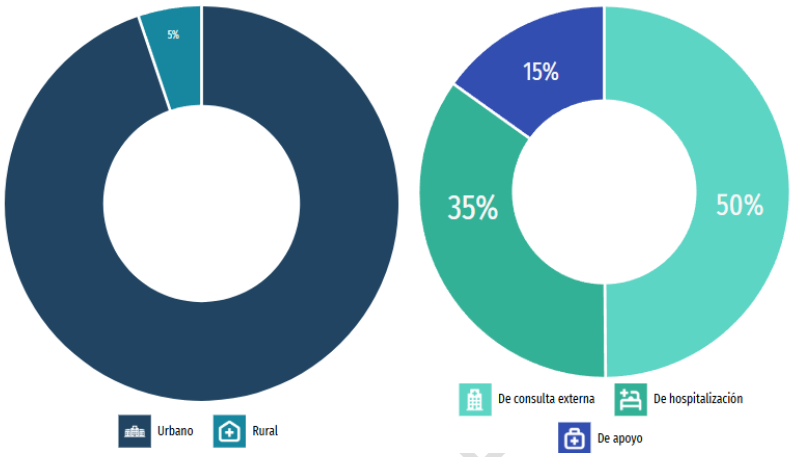
	Total	Porcentaje
Primaria incompleta	6,566	7.29%
Secundaria incompleta	3,106	3.45%
Analfabeta	4,074	4.52%

Fuente: Elaboración propia con base en datos del Censo de Población y vivienda INEGI ,2020

Salud

De acuerdo a la Secretaría de Salud para el municipio de Amozoc cuenta con las siguientes instituciones de salud:

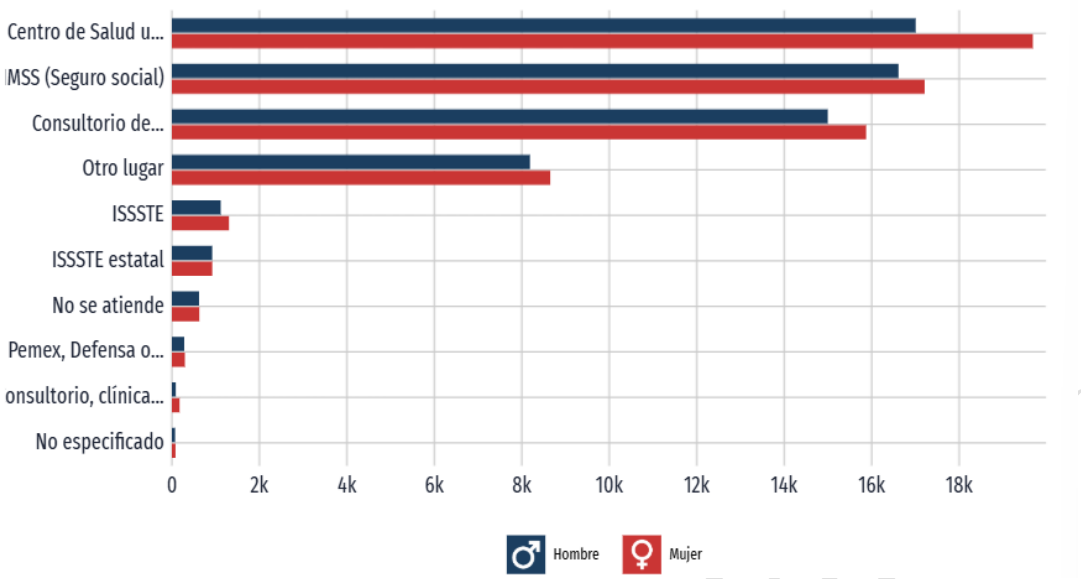
Figura 30 Instituciones de salud y tipo



En Amozoc las opciones de atención de salud mas utilizadas en 2020 fueron Centro de Salud u Hospital de la SSA (Seguro Popular) (36.7k), IMSS (Seguro Social) (33.8k) y Consultorio de Farmacia (30.9 k). En el mismo año los seguros sociales que agruparon mayor número de personas fueron Pemex, Defensa o Marina (41.4k) y Seguro Popular o para una Nueva Generación (Siglo XXI) (41.3k).

CONSULTA PROYECSA

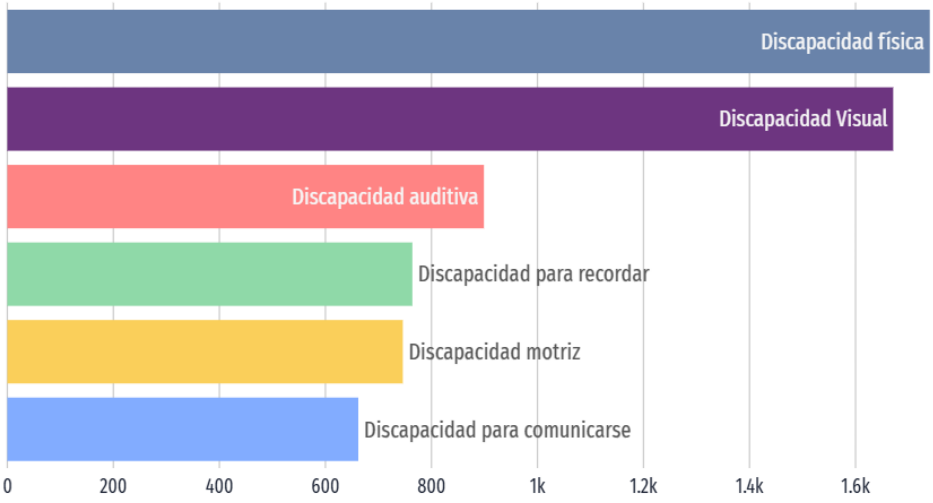
Figura 31 Distribución de personas afiliadas a servicios de salud por sexo



Discapacidad

En 2020 las principales discapacidades presentes en la población de Amozoc fueron discapacidad física (1.74k personas), discapacidad visual (1.67k personas) y discapacidad auditiva (899 personas).

Figura 32 Discapacidades por tipo de actividad cotidiana en la población de Amozoc



3.2.1.2.4 Actividades productivas

De acuerdo al Censo de Población y Vivienda, INEGI 2020 en el municipio de Amozoc se presenta un 61.72% de Población Económicamente Activa es decir 60,200 habitantes. En cuanto a la población de 12 años y más desocupada se tienen 1,304 habitantes.

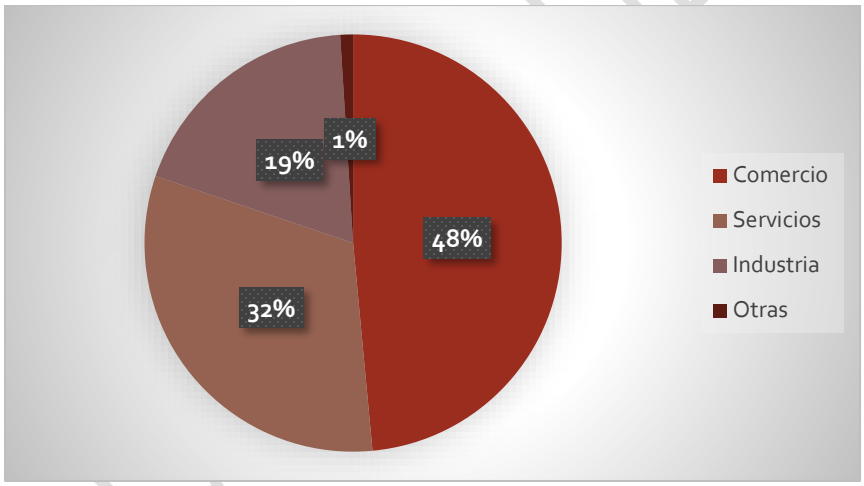
Tabla 33 Vocaciones productivas (porcentaje respecto al municipio)

Actividad Económica	PBT	PO	UE
Fabricación de productos metálicos	36.9%	11.9%	4.8%
Fabricación de equipo de transporte	28.15	9.0%	0.3%
Industrial de plástico y del hule	7.8%	6.1%	0.2%
Industria del papel	3.9%	1.1%	0.1%
Fabricación de productos de a base de minerales no metálicos	3.1%	4.7%	3.2%

PBT: Producción Bruta Total
PO: Población Ocupada
UE: Unidades Económicas
Fuente: Secretaría de Economía Puebla

Como se puede observar en la siguiente imagen las principales Unidades Económicas que se encuentran en el municipio corresponden al sector de comercio y servicios.

Figura 33 UE por sector económico



3.2.1.3 Paisaje

En los últimos años ha tomado particular importancia el reconocimiento y valoración de la calidad estética del medio natural, por ser una cualidad integradora de diversos factores ambientales.

La calidad estética del medio natural actualmente sirve de base para determinar los potenciales impactos que pueden acarrear ciertas actividades humanas, así como para la Planificación y Conservación del paisaje (Milán, 2004)

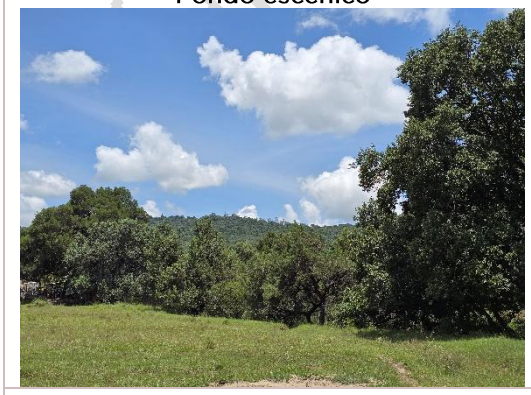
Para la valoración del paisaje existen diferentes métodos, ya sean directos, indirectos o mixtos. Para el presente proyecto se realizará una valoración de acuerdo al modelo del Buró de Manejo del Suelo y Servicios Forestales de los Estados Unidos (BLM, 1980). Este se basa en evaluar la calidad visual a partir de

características básicas, forma, línea, color y textura de los componentes del paisaje.

El procedimiento parte de considerar unidades de estudio homogéneas, en las cuales se evalúan los principales componentes del paisaje que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 34 Evaluación paisajista.

Componentes del Paisaje	Estado del Componente		
Morfología del territorio 	Relieve muy montañoso, formado por grandes acantilados, grandes formaciones rocosas. O bien, relieve de gran variedad superficial o muy erosionado, dunas o bien algún rasgo singular sobresaliente. Valor: 5 puntos	Formas erosivas importantes o relieve variado en tamaño y forma. Presencia de elementos importantes, pero no dominantes o excepcionales. Valor: 3 puntos	Colinas suaves, fondos de valles planos, pocos o ningún detalle singular. Valor: 1 punto
Vegetación 	Gran variedad de tipos de vegetación, con formas, texturas y distribuciones importantes. Valor: 5 puntos	Abundancia de vegetación, pero solo uno o dos tipos. Valor: 3 puntos	Poca o ninguna variedad o contraste de la vegetación. Valor: 1 punto

Componentes del Paisaje	Estado del Componente		
Agua 	Como factor dominante en el paisaje, con apariencia limpia y clara, en cascadas o saltos o en láminas en reposo. Valor: 5 puntos	Agua en movimiento o en reposo en el paisaje, pero no dominante. Valor: 3 puntos	Ausente o inapreciable. Valor: 0 puntos
Color 	Combinaciones de colores intensos o variados o contrastes agradables en el suelo, vegetación, agua y roca. Valor: 5 puntos	Alguna variedad o intensidad en los colores y contrastes del suelo, roca y vegetación, pero actúa como elemento dominante. Valor: 3 puntos	Muy poca variación en la coloración o contrastes. Colores apagados Valor: 1 punto
Fondo escénico 	El paisaje circundante potencia la calidad visual. Valor: 5 puntos	El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad visual del entorno. Valor: 3 puntos	El paisaje adyacente no ejerce influencia en la calidad del conjunto. Valor: 0 puntos
Rareza	Único, poco corriente o único en la	Característico, aunque similar a	Bastante común en la región.

CONSULTA PÚBLICA

Componentes del Paisaje	Estado del Componente		
	región, posibilidad de contemplar vegetación y fauna excepcional. Valor: 6 puntos	otros en la región. Valor: 2 puntos	Valor: 1 punto
Actuaciones Humanas 	Libre de actuaciones estéticamente no deseadas o con modificaciones que inciden favorablemente en la calidad visual. Valor: 2 puntos	La calidad estética está afectada por modificaciones poco armoniosas, aunque no en su totalidad o las actuaciones no añaden calidad visual. Valor: 0 puntos	Modificaciones intensas y extensas que reducen o anulan la calidad escénica. Valor: -

Fuente: Elaborada de acuerdo al modelo del Buró de Manejo del Suelo y Servicios Forestales de los Estados Unidos.

En las Unidades de Paisaje detalladas en el apartado anterior, se valoran los aspectos de morfología, vegetación, agua, color, vistas escénicas, rareza y modificaciones por actuaciones humanas.

Según la suma total de las valoraciones que recibe, cada Unidad de Paisaje se clasifica según los siguientes rangos de calidad visual:

- **Clase A** (calidad visual ALTA): Áreas que reúnen características excepcionales, para cada aspecto considerado (de 19 a 33 puntos).

- **Clase B** (calidad visual MEDIA): Áreas que reúnen una mezcla de características excepcionales para algunos aspectos y comunes para otros (de 12 a 18 puntos).

- **Clase C** (calidad visual BAJA): Áreas con características comunes en la región fisiográfica considerada (de 0 a 11 puntos).

Así, la valoración para la calidad visual según el método BLM para cada una de las Unidades de Paisaje presentes en el ámbito del proyecto resulta como se muestra en la siguiente tabla.

Resultados de la valoración

Los resultados de la valoración de calidad paisajística se presentan en la tabla siguiente:

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 35 Valoración de calidad paisajística.

Componente	Morfología	Vegetación	Agua	Color	Fondo Escénico	Rareza	Acción Humana
Valor	3	3	3	3	3	2	0
Total	17						

Esta puntuación corresponde a la **Clase B**. Estas áreas reúnen una mezcla de características excepcionales para algunos aspectos y comunes para otros.

Debido a su ubicación y colindancia con cerros y barrancas, el sitio del proyecto presenta una morfología altamente variable. Por esta razón, se le asignó un valor de 3 ya que presenta elementos importantes, pero no dominantes.

En el rubro de la vegetación, se asignó un valor de 3 debido a que el sitio presenta una diversidad de especies moderada. Esta calificación refleja una composición florística variada, caracterizada principalmente por la presencia de encinos y especies asociadas.

Respecto al componente agua, se identificó flujo activo en los escurrimientos locales; sin embargo, este caudal proviene principalmente de descargas de aguas residuales. Asimismo, se observó un deterioro severo en las barrancas debido a la acumulación significativa de residuos sólidos urbanos por lo que se le asigno el valor de 3.

En relación con los componentes de color y fondo escénico, se asignó un valor de 3 debido a que el paisaje circundante aporta una calidad visual moderada al entorno del proyecto. Esto se debe a que la combinación de los elementos orográficos (cerros y barrancas próximos) y los contrastes cromáticos de la vegetación local generan una composición visual que, aunque muestra indicios de perturbación antrópica, aún conserva un valor estético y escénico de nivel medio.

Respecto al componente de actuación humana, se identificó un proceso activo de expansión urbana sobre el entorno del proyecto; no obstante, el territorio aún conserva relictos significativos de vegetación. Esta presión urbana se manifiesta de manera directa en el deterioro de los componentes biofísicos, destacando la degradación de los cuerpos de agua y escurrimientos locales debido a la disposición inadecuada de residuos sólidos urbanos, lo que genera un impacto negativo en la calidad ambiental e intrusión visual del paisaje.

3.3 Descripción de los tipos de uso de suelo y vegetación presentes en la Región o Regiones Ecológicas

El estado de Puebla está influenciado por varios factores geográficos como son la orografía, la altitud y el clima, que en gran medida han condicionado el establecimiento de cada uno de los tipos de vegetación. La complicada

CONSULTA PÚBLICA

topografía, es decir, la distribución y alineación de las sierras y sus diferencias altitudinales, dan como resultado un mosaico climático que junto con la temperatura y la precipitación propician condiciones especiales en el medio ambiente.

Con base a la Carta de uso de suelo y vegetación Serie VII de INEGI, y en información de SIGEIA, en la **Region Ecológica** (RE) se identifican coberturas naturales y antrópicas representadas principalmente por bosque de encino y vegetación secundaria arbustiva de encino y coníferas (bosque de táscate).

Clave de vegetación	Tipos USV	Superficie de incidencia (m^2)	Porcentaje (%)
ADV	Desprovisto de vegetación	96,997.62	0.21
AH	Asentamientos humanos	12,281,522.22	26.17
BQ	Bosque de encino	990,441.25	2.11
PI	Pastizal inducido	809,856.84	1.73
TA	Agricultura de temporal	28,547,470.30	60.84
VSa/BJ	Bosque de coníferas	452,977.16	0.97
VSa/BQ	Bosque de encino	3,745,286.68	7.98

Como se puede observar en la tabla anterior la RE presenta una mayor incidencia de actividades agrícolas y asentamientos humanos, así como superficies transformadas, remanentes de vegetación secundaria derivados de bosques de encinos y coníferas. A continuación, se describe las principales comunidades de vegetación presentes en el área.

Bosque de encino: El bosque de encino se distribuye principalmente, hacia las inmediaciones de la Sierra Nevada, en el volcán La Malinche y el Pico de Orizaba, en pequeñas zonas del valle de Puebla, así como a lo largo de una franja norte-sur en la Sierra Madre del Sur; es aquí donde el bosque se encuentra limitado por condiciones de aridez. Los climas donde se desarrolla son semicálido subhúmedo con lluvias en verano y semicálido semiseco; con temperaturas de 16 a 22C y precipitaciones en general, de 600 a 800 mm anuales. El sustrato rocoso en el que se encuentra es ígneo o sedimentario y en menor grado metamórfico; los suelos, poco profundos en su mayoría, presentan fases físicas cercanas a la superficie.

Vegetación secundaria arbustiva/Bosque de encino: 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. En general cada comunidad vegetal tiene un grupo de especies que cubren el espacio alterado, son pocas las especies que tienen un amplio espectro

CONSULTA PÚBLICA

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.

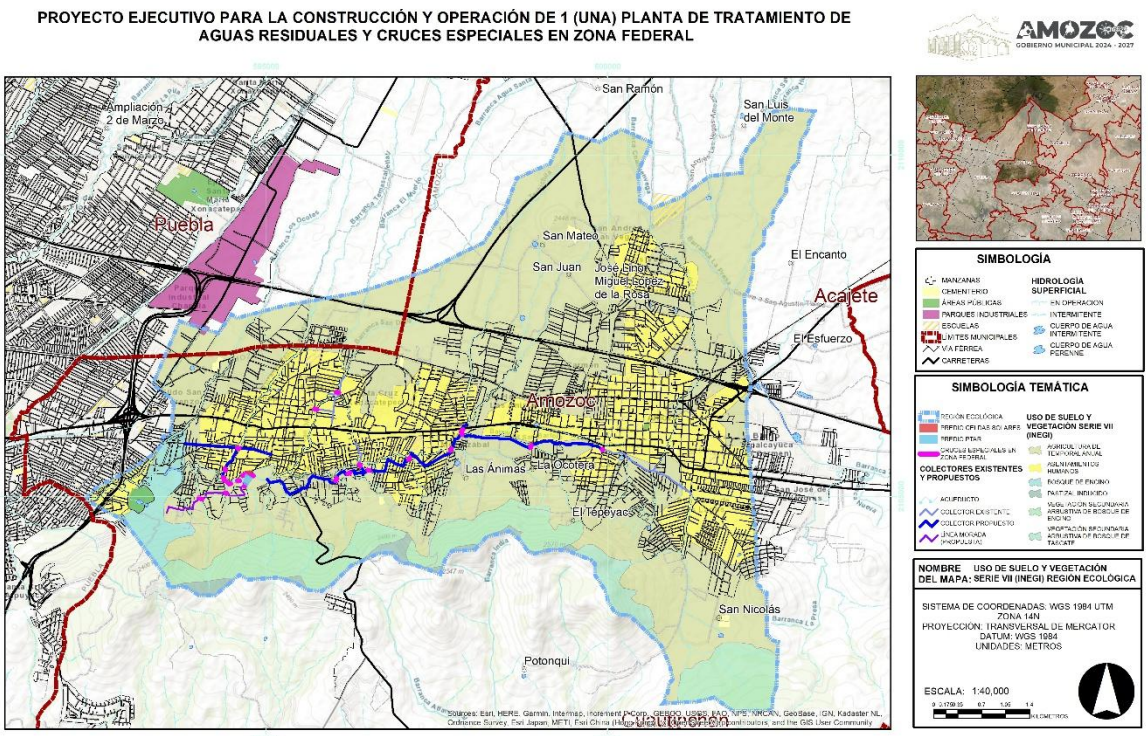
Vegetación secundaria arbustiva/Bosque de táscate: En las comunidades vegetales en forma natural existen elementos de disturbio que alteran o modifican la estructura o incluso cambian la composición florística de la comunidad, entre alguno de esos elementos podemos citar: Incendios, huracanes, erupciones, heladas, nevadas, sequías, inundaciones, deslaves, plagas, variaciones climáticas, etcétera. 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. Este tipo de bosque está conformado por árboles con hojas en forma de escama (escuamifolios) del género Juniperus conocido como táscate, enebro o cedro. Tienen una altura promedio de 8 a 15 m, y están siempre en contacto con los bosques de encino, pino-encino, selva baja caducifolia y matorrales de zonas áridas. Las especies más comunes y de mayor distribución en estos bosques son Juniperus flaccida, J. deppeana, J. monosperma y algunas especies del género Quercus y Pinus.

Tipo de cobertura	Descripción general	Especies representativas	Condición ecológica	Distribución e importancia en la RE
Bosque de encino	Esta comunidad vegetal se distribuye en pequeñas zonas del valle de Puebla en climas semicálido subhúmedo	*Quercus sp.*	Vegetación conservada debido a la cercanía con la ANP flor del bosque	Vegetación natural con menor cobertura
Pastizal inducido	Comunidad dominada por gramíneas o graminoides aparece como consecuencia del desmonte de cualquier tipo de vegetación	*Pennisetum ciliaris, Panicum maximum, Panicum purpurascens*	Sistema altamente intervenido	Asociado a zonas afectadas por la actividad humana.
Agricultura de temporal	Áreas destinadas a producción agrícola que dependen exclusivamente de la precipitación estacional	*Zea mays*	Alta transformación antrópica	Cobertura dominante dentro de la RE.
Vegetación secundaria arbustiva de	Compuesto por comunidades de arbustos que se han desarrollado en	*Juniperus flaccida, J. deppeana, J. monosperma*	Vegetación secundaria en regeneración parcial	Distribución fragmentada en sectores con menor

CONSULTA PÚBLICA

Tipo de cobertura	Descripción general	Especies representativas	Condición ecológica	Distribución e importancia en la RE
bosque de táscate	áreas en donde la vegetación natural ha sido perturbada por actividades humanas			intervención.
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	Compuesto por comunidades de arbustos que se han desarrollado en áreas en donde la vegetación natural ha sido perturbada por actividades humanas	*Quercus sp.*	Vegetación secundaria en regeneración parcial	Distribución fragmentada en sectores con menor intervención.

Figura 34 Uso de suelo y vegetacion dentro de la RE



3.4 Especies potenciales

La caracterización de las especies potenciales del predio PTAR y su área de influencia en la Región Ecológica se fundamenta en tres fuentes: (i) el levantamiento de campo realizado,; (ii) el Estudio Técnico Justificativo para el establecimiento del Área Natural Protegida Flor del Bosque (SMADSOT, 2020), que es el área natural protegida más cercana al predio; y (iii) el estudio de Gutiérrez Pacheco, Silva Gómez y Varela Olguín (2021) sobre la flora del bosque de encino de las barrancas de la ciudad de Puebla.

Componente	Listado de especies potenciales
Flora	• 23 especies de flora • *Estrato arbolado (7 spp.): Quercus castanea, Juniperus deppeana, Fraxinus uhdei, Eysenhardtia polystachya, Quercus obtusata, Juniperus flaccida, Schinus molle* • *Estrato arbustivo (6 spp.): Buddleja cordata, Symphoricarpos microphyllus, Mimosa polyantha, Bouvardia ternifolia, Opuntia ficus-indica, Lophocereus marginatus* • *Estrato herbáceo (8 spp.): Agave salmiana, Conopholis alpina, Glandularia bipinnatifida, Solanum americanum, Peperomia bracteata, Myriopteris aurea, Salvia sp., Dasylirion acrotrichum** • *Epífitas (1 sp.): Tillandsia utriculata (CITES App. II) (arbolado/arbustivo)* • 83 % de las especies son nativas; 13 % endémicas; 4 % introducida
Fauna	• 35 especies de fauna potencial para la Región Ecológica • *Aves (16 spp.): Falco sparverius, Buteo jamaicensis, Melanerpes formicivorus, Aphelocoma wollweberi, Toxostoma ocellatum*, Cyanocitta stelleri, Melanerpes hypopolius*, Geococcyx californianus, Xenotriccus mexicanus* (Pr)* • *Mamíferos (10 spp.): Sylvilagus floridanus, Lepus callotis*, Canis latrans, Urocyon cinereoargenteus, Mephitis macroura*, Neotomodon alstoni*, Didelphis virginiana, Peromyscus maniculatus, Tadarida brasiliensis, Myotis velifer* • *Reptiles (6 spp.): Sceloporus grammicus, Sceloporus torquatus*, Aspidoscelis gularis, Pituophis deppei* (Pr), Crotalus triseriatus* (Pr), Kinosternon integrum* (Pr)* • *Anfibios (3 spp.): Hyla eximia*, Spea multiplicata, Ambystoma velasci* (Pr)*

Fuente: Levantamiento de campo; ETJ ANP Flor del Bosque (SMADSOT, 2020); Gutiérrez Pacheco et al. (2021)

3.5 Resumen y metodología de muestreos en el Área del Proyecto (AP), Área de Influencia (AI) y Región Ecológica (RE)

3.5.1 Reconocimiento y gabinete previo

Previo al trabajo de campo se realizó una revisión de gabinete con base en: (i) la cartografía temática de uso del suelo y vegetación serie VI del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2017); (ii) imágenes de satélite de alta resolución disponibles en plataformas de acceso libre; y (iii) la bibliografía florística regional disponible para la zona. Este análisis preliminar permitió

identificar provisionalmente los tipos de vegetación y uso del suelo presentes en el área de influencia, así como definir las unidades de muestreo en campo.

3.5.2 Diseño y número de unidades de muestreo

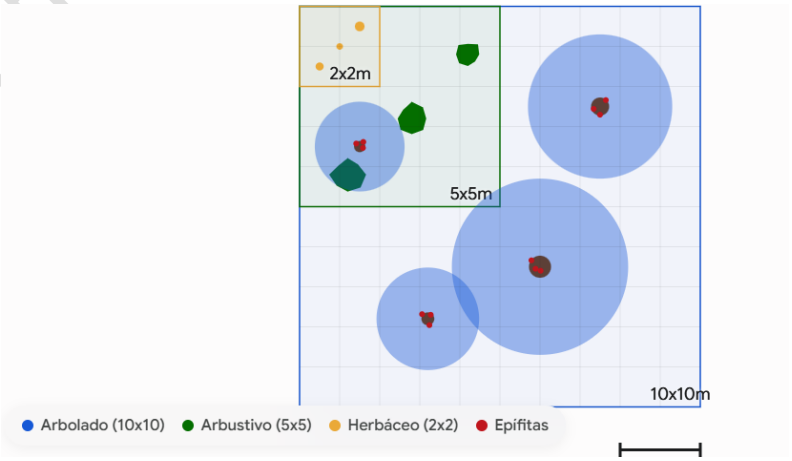
Considerando la naturaleza lineal del proyecto (colectores) y la focalización de las obras de infraestructura (PTAR), se descartó el muestreo aleatorio simple en favor de un diseño de muestreo dirigido y sistemático estratificado. Este enfoque permite evaluar con precisión el área de afectación directa (Derecho de Vía y sitios de cruce en cuerpos hídricos/barrancas), garantizando el inventario del 100% de las comunidades vegetales y poblaciones de fauna que experimentarán una interacción directa con las etapas de preparación del sitio y construcción.

Bajo las consideraciones anteriores, se seleccionaron y ubicaron espacialmente sitios de muestreo para la toma de datos de flora, dividiéndolos en zonas con presencia de vegetación de porte arbóreo y arbustivo, así como en sitios con una franca dominancia de herbáceas, ya que las condiciones o estatus en las que se encuentren las diferentes áreas del proyecto permitirán estimar los indicadores ambientales que mejor describen el grado de afectación o integridad de los ecosistemas en cuestión.

La unidad de muestreo se definió en función del estrato estructural dominante:

- Vegetación arbórea: cuadrantes de 10 *10 m en RE con registro de todos los individuos de dosel con diámetro a la altura del pecho (DAP) ≥ 5 cm.
- Vegetación arbustiva: cuadrantes de 5x5 m, con registro de todos los individuos del estrato arbustivo.
- Vegetación herbácea: microplots de 2 x 2 m, distribuidos sistemáticamente dentro de cada sitio principal.
- Epífitas y trepadoras: registradas de forma cualitativa en todos los forófitos presentes dentro de cada sitio.

Figura 35 Forma y tamaño de los sitios de muestreo



CONSULTA PÚBLICA

En cada unidad de muestreo se registraron las siguientes variables para todos los individuos identificados:

- Nombre científico y nombre común
- Estrato al que pertenece (arbóreo, arbustivo, herbáceo, epífito o trepador).
- Diámetro a la altura del pecho (DAP, cm) para individuos leñosos con DAP ≥ 5 cm.
- Altura total estimada (m).
- Estado fenológico al momento del registro.
- Estatus de conservación de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 y los listados de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

Figura 36 Muestreos de flora en AP y RE

CONSULTA PÚBLICA



La caracterización faunística se realizó mediante revisión bibliográfica, análisis de bases de datos y recorridos de campo con técnicas de observación directa e indirecta.

3.6 Especies identificadas en campo endémicas o que se encuentren en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010

3.6.1 Composición florística

El levantamiento de campo registró un total de 51 individuos arbóreos y 23 especies de flora vascular en el predio de la PTAR. La vegetación dominante corresponde a bosque de encino (*Quercus*: Fagaceae) con elementos de enebro (*Juniperus*: Cupressaceae) y fresno (*Fraxinus*: Oleaceae), característica del piso altitudinal de los Valles Centrales de Puebla. La comunidad vegetal se encuentra en un estado de perturbación moderada a alta: el 92.2 % de los individuos inventariados presentan algún tipo de afectación sanitaria, predominando las manchas foliares (47.1 % de los individuos) y la presencia de heno epífito *Tillandsia* spp (43.1 %).

La especie con mayor número de individuos es *Quercus castanea* Née (encino capulincillo), con 25 individuos que representan el 49.0 % del arbolado, seguida de *Juniperus deppeana* Steud. (sabino) con 13 individuos (25.5 %). Se registró una especie exótica invasora: *Schinus molle* L. (pirul), cuya presencia en el predio es indicativa de perturbación antrópica previa.

Figura 2 Resumen del arbolado inventariado

Especie	Nombre común	No. Ind.	% total	DAP (cm)	Altura (m)	NOM-059 / Origen
Quercus castanea	Encino capulincillo	25	49.0	34.1	10.3	No listada / Nativa
Juniperus deppeana	Sabino	13	25.5	29.4	5.7	No listada / Nativa
Fraxinus uhdei	Fresno	7	13.7	10.8	5.6	No listada / Nativa
Eysenhardtia polystachya	Palo dulce	3	5.9	16.2	4	No listada / Nativa
Quercus obtusata	Encino blanco	1	2.0	31.8	5	No listada / Endémica
Juniperus flaccida	Enebro triste	1	2.0	15.9	5	No listada / Nativa

PÚBLICA

Especie	Nombre común	No. Ind.	% total	DAP (cm)	Altura (m)	NOM-059 / Origen
Schinus molle	Pirul	1	2.0	10.5	7	No listada / Exótica (invasora)
TOTAL		51	100	30.7	7.9	7 spp.

Figura 37 Distribución de la abundancia arbórea por especie

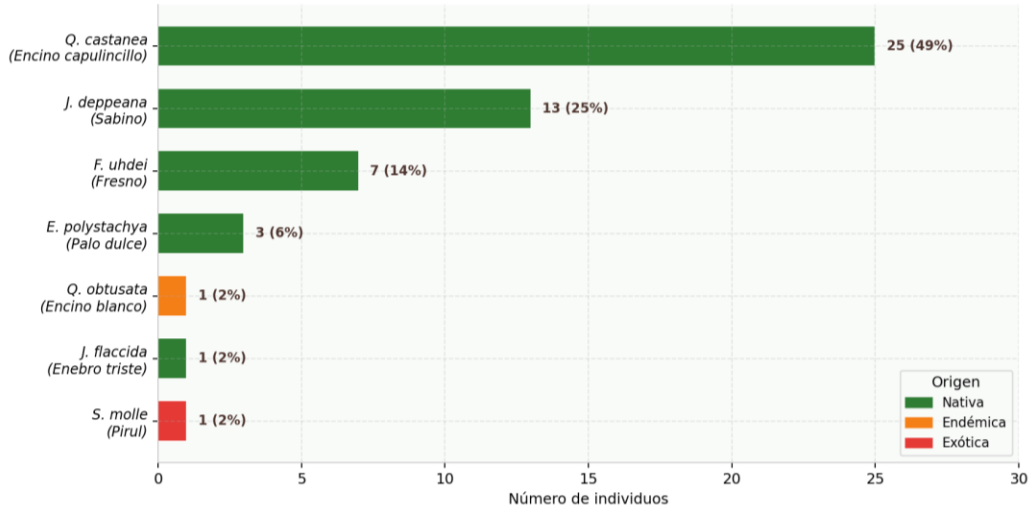


Figura 1. Abundancia de individuos por especie en el estrato arbolado del predio PTAR (n = 51). El color indica el origen biogeográfico: verde = nativa, amarillo = endémica, rojo = introducida.

3.6.2 Fauna potencial de la Region Ecológica

La caracterización de la fauna potencial se realizó con base en la revisión bibliográfica del ETJ ANP Flor del Bosque (SMADSOT, 2020), complementada con registros de la literatura regional para el altiplano poblano y la región de la Sierra de Amozoc. El listado incluye 35 especies de vertebrados terrestres distribuidas en cuatro grupos taxonómicos: aves (16 spp., 45.7 %), mamíferos (10 spp., 28.6 %), reptiles (6 spp., 17.1 %) y anfibios (3 spp., 8.6 %). El 40 % de las especies son endémicas de México, y cinco especies se encuentran bajo protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría de *Pr* (sujetas a protección especial): *Xenotriccus mexicanus*, *Pituophis deppei*, *Crotalus triseriatus*, *Kinosternon integrum* y *Ambystoma velasci*.

La composición faunística es congruente con el ecosistema de bosque de encino perturbado y matorral xerófilo del altiplano poblano. La presencia confirmada de *Quercus castanea* y *Juniperus deppeana* como especies dominantes en el predio determina los gremios tróficos esperados: insectívoros que aprovechan la fauna

asociada a la corteza del encino (*Melanerpes formicivorus*), granívoros que consumen bellotas (*Aphelocoma wollweberi*), y carnívoros de talla media que utilizan el matorral como corredor (*Canis latrans*, *Urocyon cinereoargenteus*).

Tabla 36 Fauna potencial por grupo taxonómico.

Grupo	Especies representativas	No. spp.	% total	NOM-059	Endémicos Mx	Gremios principales
Aves	*F. sparverius, B. jamaicensis, M. formicivorus, X. mexicanus (Pr)*	16	45.7	1 Pr (X. mexicanus)	3 endémicas	Carnívoras, granívoras, insectívoras, omnívoras
Mamíferos	*L. callotis, C. latrans, N. alstoni, M. macroura*	10	28.6	Sin listadas	4 endémicas	Herbívoros, carnívoros, omnívoros, insectívoros
Reptiles	*S. torquatus, P. deppei (Pr), C. triseriatus (Pr), K. integrum (Pr)*	6	17.1	3 Pr	4 endémicas	Insectívoras, carnívoras, omnívoras
Anfibios	*H. eximia, S. multiplicata, A. velasci (Pr)*	3	8.6	1 Pr (A. velasci)	3 endémicas	Insectívoras, carnívoras
TOTAL	35 especies potenciales	35	100	5 Pr	14 endémicas	—

Fuente: ETJ ANP Flor del Bosque (SMADSOT, 2020); NOM-059-SEMARNAT-2010.

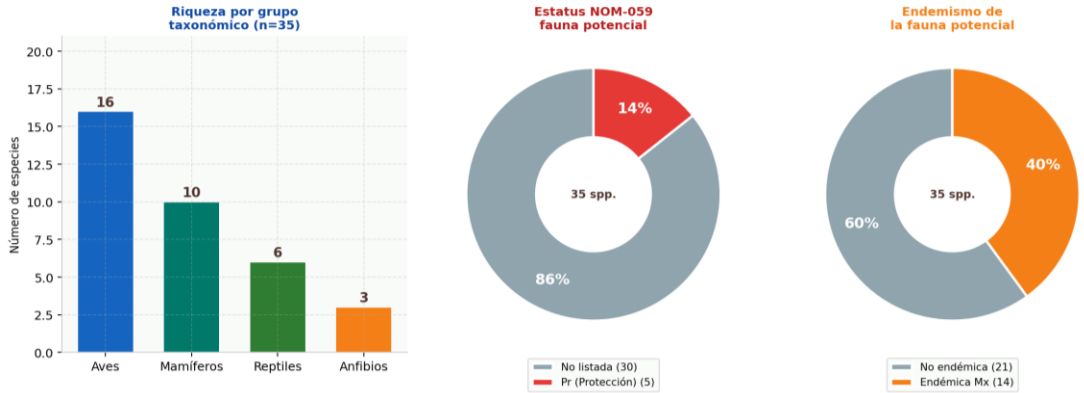


Figura 38 Caracterización de la fauna potencial de la RE. Izquierda: riqueza por grupo taxonómico. Centro: proporción de especies bajo NOM-059 (14.3 % = Pr). Derecha: proporción de endemismo (40 % México).

3.7 Diagnóstico ambiental

3.7.1 Análisis del grado de conservación o deterioro de la región ecológica.

El análisis del grado de conservación de la RE se fundamenta en la integración de la información cartográfica (USV Serie VII, INEGI), los datos del levantamiento de campo, la valoración paisajística mediante el método BLM (1980) y la información hidro-geológica oficial (CONAGUA, 2009). Los resultados se sintetizan a continuación por componente ambiental.

3.7.1.1 Cobertura vegetal y fragmentación del hábitat

El componente de vegetación natural de la RE presenta el mayor grado de transformación antrópica. Conforme a la Carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie VII de INEGI, la RE está dominada por agricultura de temporal (60.84 %) y asentamientos humanos (26.17 %), lo que implica que más del 87 % de la RE ha sido transformado respecto a la cubierta vegetal original. Los remanentes de *bosque de encino* nativo representan únicamente el 2.11 % (990,441 m²) del territorio, mientras que la vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino y táscate cubre el 7.98 % y 0.97 %, respectivamente.

En el predio PTAR (Área del Proyecto), el inventario de campo registró 51 individuos de 7 especies arbóreas con *Quercus castanea* como especie dominante (49 % del arbolado). El 92.2 % de los individuos presentan algún tipo de afectación sanitaria, principalmente manchas foliares (47.1 %) y parasitismo por heno epífito (43.1 %). Estas condiciones reflejan una comunidad vegetal en proceso de deterioro, aunque con individuos de talla significativa.

3.7.1.2 Integridad hídrica

El componente hídrico de la RE presenta el nivel de deterioro más crítico. La hidrología superficial —cuenca del río Atoyac, subcuencas Alseseca (42.27 %) y Balcón del Diablo (57.73 %)— está gravemente afectada por la descarga de aguas residuales domésticas sin tratamiento y la disposición inadecuada de residuos sólidos urbanos en barrancas. La valoración BLM asignó un valor de 3 puntos al componente hídrico, indicando agua en el paisaje, pero no dominante, con un deterioro severo en la calidad observada. Los cauces son *intermitentes*, lo que reduce su capacidad de autodepuración y concentra los contaminantes durante la temporada seca.

El acuífero Valle de Puebla (Clave 2104, CONAGUA) reporta una sobreexplotación neta: la descarga total del sistema (381.2 hm³/año) supera la recarga media (357.6 hm³/año), con un abatimiento acumulado de -3.44 m en el periodo 1997-2010 (-0.43 m/año). El municipio de Amozoc se encuentra dentro de la zona de veda

CONSULTA PÚBLICA

rígida (Tipo I), donde no se permite incrementar extracciones (DOF, 1967/1969), lo que limita significativamente las alternativas de abastecimiento.

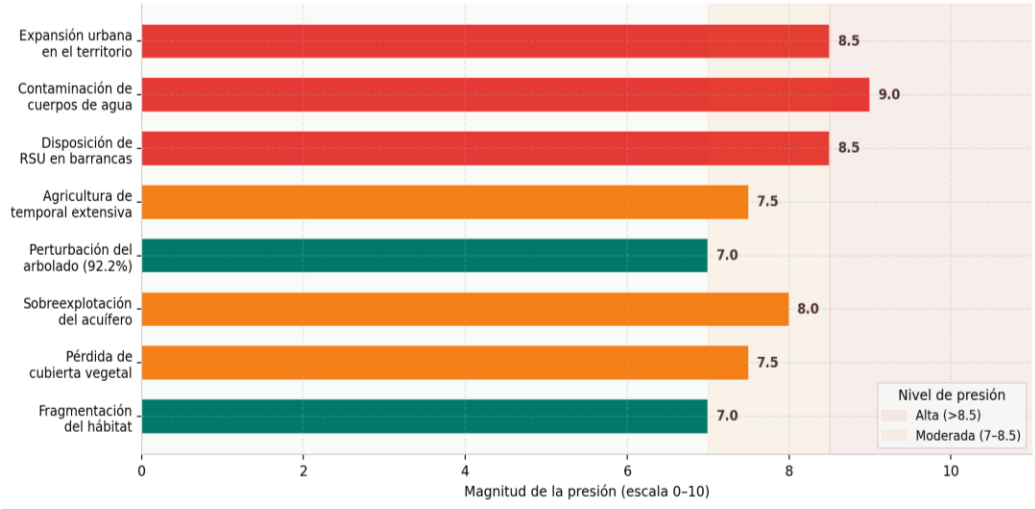


Figura 39 Presiones ambientales sobre la Región Ecológica ordenadas por magnitud (escala 0–10). Las tres presiones de magnitud alta (≥8.5) involucran la calidad del agua y la expansión urbana.

3.7.2 Diagnóstico integral de la situación de la región ecológica, conforme a la información analizada en las secciones anteriores.

La Región Ecológica constituye un territorio de alta heterogeneidad ambiental y presión antrópica crítica, con tres características dominantes que definen su situación actual:

- Territorio altamente transformado: el 87.01 % de la RE está ocupado por usos agropecuarios (60.84 %) y urbanos (26.17 %), quedando solo un 10.09 % con cobertura vegetal de origen natural, de los cuales únicamente el 2.11 % corresponde a bosque de encino en condición relativamente conservada.
- Crisis hídrica estructural: la ausencia de tratamiento de aguas residuales es la principal fuente de deterioro de los cuerpos de agua superficiales. El acuífero Valle de Puebla está en veda rígida y en sobreexplotación activa. La totalidad del escurrimiento superficial de los cauces federales que cruzan la RE recibe cargas de contaminantes sin dilución ni tratamiento.
- Fragmentación biológica acelerada: la conectividad entre los remanentes de bosque de encino de la Sierra de Amozoc y los relictos urbanos de las barrancas está interrumpida por la matriz agro-urbana. Las 35 especies de fauna potencial —40 % endémicas de México— y las 23 especies de flora registradas dependen de estos corredores para el mantenimiento de sus poblaciones.

CONSULTA PÚBLICA

La estructura causal del deterioro en la RE responde a una cadena de causa-efecto que se retroalimenta: la expansión urbana no planificada → elimina la cubierta vegetal → aumenta la escorrentía superficial → incrementa la carga de sedimentos y residuos en los cauces → deteriora la calidad hídrica → reduce la vegetación riparia y la fauna acuática → disminuye la biodiversidad y los servicios ecosistémicos → incrementa la vulnerabilidad ante inundaciones → genera presión social para ocupar nuevas áreas naturales. Este ciclo es el que el proyecto PTAR busca interrumpir en el eslabón de la calidad hídrica.

Eje de diagnóstico	Situación actual de la RE	Interacción con el proyecto
Integridad ecológica	La RE presenta un índice de integridad ecológica de 4.8/10, reflejando la dominancia de usos agropecuarios (60.8 %) y urbanos (26.2 %). El bosque de encino nativo se reduce a 2.1 % del territorio. La fragmentación del hábitat limita la conectividad para 35 spp. de fauna potencial, 40 % endémicas.	La PTAR operará en el sector de menor integridad (Área del Proyecto, índice ~3.5). Los colectores cruzan puntos en zona federal, ecosistemas riparios de alta fragilidad.
Presión hídrica	La cuenca del río Atoyac (RH-18) soporta presión extrema: acuífero Valle de Puebla con sobreexplotación neta (-23.6 hm³/año). Los cauces intermitentes funcionan como receptores de aguas residuales sin tratar, con presencia de RSU que deterioran la calidad fisicoquímica.	El proyecto aborda directamente la principal deficiencia sanitaria de la RE: la PTAR tratará aguas residuales (>100 lps) que actualmente fluyen sin tratar a los cauces. A largo plazo, mejora la calidad del efluente descargado al río Atoyac.
Vulnerabilidad edáfica	Dominan Arenosoles (alta permeabilidad, baja retención) y Leptosoles (suelos delgados sobre roca). La pérdida de cubierta vegetal expone estos suelos a erosión hídrica severa en las barrancas, con riesgo de sedimentación en los cauces federales.	Los cruces de colectores en Zona Federal deberán ejecutarse con técnicas de mínimo impacto (perforación horizontal dirigida o zanja abierta con restauración inmediata), evitando la desestabilización de taludes en suelos Leptosoles.
Dinámica socioambiental	Amozoc registra 125,876 hab. (INEGI 2020), con 61.7 % de PEA activa y vocación industrial (fabricación metálica 36.9 % del PBT). Alta presión sobre el territorio: la mancha urbana creció sobre zonas de vegetación natural, dejando relictos fragmentados de encino.	El proyecto genera beneficio socioeconómico directo: saneamiento para 95,322 hab. de Amozoc de Mota y localidades conurbadas. Reduce la exposición de la población a contaminantes hídricos derivados de aguas residuales crudas.

Eje de diagnóstico	Situación actual de la RE	Interacción con el proyecto
Paisaje y servicios ecosistémicos	La calidad visual es Clase B (17 pts. BLM): relieve diverso con cerros y barrancas, vegetación variada, pero moderadamente degradada por expansión urbana y RSU. Los servicios ecosistémicos (regulación hídrica, captura de carbono, refugio de fauna) están comprometidos en la zona baja.	La construcción generará impacto negativo temporal sobre el paisaje visual. La operación de la PTAR, combinada con la restauración de vegetación riparia en los cruces, mejora a largo plazo los servicios ecosistémicos hidrológicos y la calidad visual de las barrancas.

3.7.3 Escenario a futuro de la región ecológica.

La proyección del escenario ambiental futuro de la RE se realizó mediante el análisis de tres trayectorias alternativas bajo distintas hipótesis de gestión. Los horizontes de evaluación son: corto plazo (2026–2030, etapa constructiva), mediano plazo (2030–2036, operación inicial) y largo plazo (2036–2045, operación consolidada). La variable síntesis utilizada es el Índice de Integridad Ecológica (IIE), que integra los nueve componentes ambientales analizados en una escala de 0 a 10.

3.7.3.1 Escenario 1 — Tendencial (sin proyecto)

En ausencia del proyecto PTAR y de intervención pública, la RE continuará la trayectoria de deterioro documentada. El IIE de la RE pasará de **4.8 en 2026** a un valor estimado de **1.7–2.0 hacia 2045**, impulsado por:

Continuación de la descarga de aguas residuales sin tratar en los cauces federales, acelerando la pérdida de vegetación riparia y fauna acuática.

Incremento de la presión urbana sobre los remanentes de bosque de encino: la tendencia de crecimiento demográfico de Amozoc (125,876 hab. en 2020) proyecta una demanda de suelo que reducirá el BQ nativo a menos del 1.5 % de la RE hacia 2040.

Profundización del abatimiento del acuífero (-0.43 m/año): hacia 2045 el abatimiento acumulado superaría los -8 m adicionales, comprometiendo la disponibilidad de agua subterránea.

3.7.3.2 Escenario 2 — Proyecto sin medidas de mitigación

La ejecución del proyecto sin medidas de mitigación adecuadas generaría un deterioro adicional sobre la condición actual durante la fase constructiva (2026–2028), seguido de una leve mejora operativa que no compensaría los impactos no mitigados. El IIE en este escenario alcanzaría **3.0–3.5 hacia 2045**, inferior a la condición actual. Los impactos no mitigados de mayor riesgo son:

CONSULTA PÚBLICA

- Afectación de los cauces federales en los cruces de barranca sin restauración de la vegetación riparia, con riesgo de erosión de taludes y sedimentación aguas abajo.
- Emisiones odoríficas durante la operación de la PTAR sin los sistemas de control adecuados, con afectación a receptores sensibles en un radio de hasta 500 m.

3.7.3.3 Escenario 3 — Proyecto CON medidas de mitigación y restauración (escenario deseable)

La implementación del proyecto con un programa robusto de medidas de mitigación, compensación y restauración ecológica puede revertir parcialmente la tendencia de deterioro de la RE. El IIE proyectado en este escenario alcanzaría 6.3–6.8 hacia 2045, representando una mejora neta de +2.0 puntos respecto a la condición actual (4.8). Las condicionantes para alcanzar este escenario son:

- Restauración de vegetación riparia nativa en una franja mínima de 20 m en ambas márgenes de los 25 cruces de zona federal.
- Operación de la PTAR con efluente conforme a NOM-001-SEMARNAT-2021, mejorando progresivamente la calidad del agua descargada al Atoyac.
- Programa de ahuyentamiento de fauna (especialmente Ambystoma velasci y Kinosternon integrum) en los cruces de barranca, con supervisión de un especialista en herpetología.

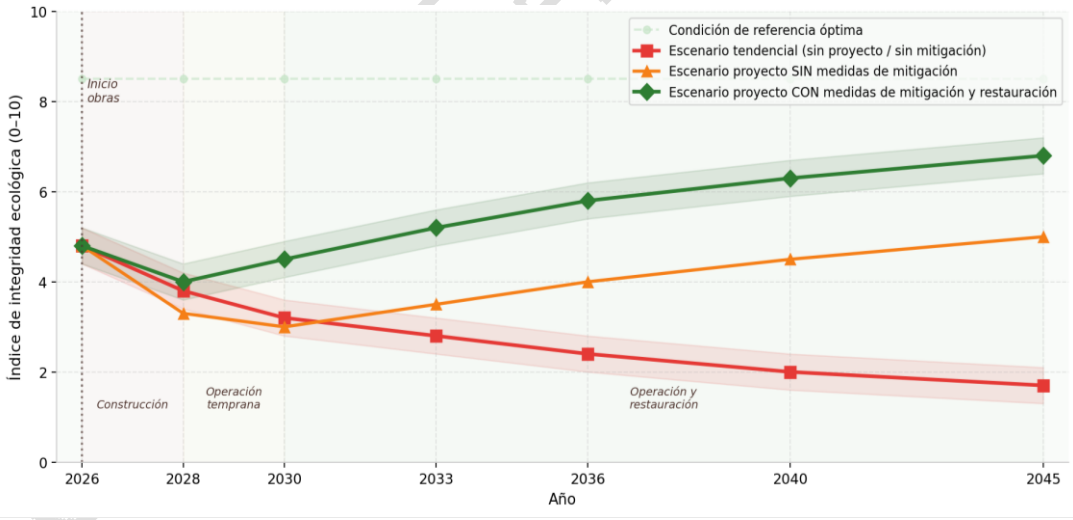


Figura 40 Proyección del Índice de Integridad Ecológica (IIE) de la Región Ecológica bajo tres escenarios (2026–2045). El escenario con medidas de mitigación es el único que revierte la tendencia de deterioro y alcanza valores superiores a la condición actual hacia 2033.

El diagnóstico ambiental demuestra que la Región Ecológica se encuentra en una condición de deterioro moderado-alto, con tres componentes en estado crítico (hidrología superficial, hidrología subterránea y uso de suelo) y cinco en estado moderado (geología, flora, fauna, paisaje y socioeconómico). La principal amenaza es la ausencia de tratamiento de aguas residuales que descarga

directamente a los cauces federales, deteriorando la calidad hídrica de la RE completa.

El proyecto constituye la intervención de mayor potencial de mejora ambiental para la RE, al atacar directamente la causa raíz del deterioro hídrico. No obstante, su ejecución sin medidas de mitigación adecuadas generaría impactos adicionales no compensados sobre la vegetación nativa y la fauna riparia.

CONSULTA PÚBLICA

4 IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN

El presente capítulo tiene por objeto identificar, describir y evaluar los impactos ambientales positivos y negativos que podrían generarse como consecuencia de las actividades asociadas a las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del proyecto.

Para ello, se emplea una metodología de evaluación que permite determinar la naturaleza, magnitud, extensión, duración, reversibilidad y relevancia de los impactos potenciales sobre los distintos componentes del medio físico, biótico y socioeconómico presentes dentro del área de influencia del proyecto. Lo anterior permite establecer una valoración integral de los efectos ambientales derivados de la ejecución de las obras y de la operación de la infraestructura propuesta.

Con base en los resultados obtenidos, se proponen las medidas de prevención, mitigación, restauración y, en su caso, compensaciones necesarias para evitar, reducir, controlar o corregir los efectos adversos identificados, así como para potenciar los beneficios ambientales y sociales asociados al proyecto, particularmente aquellos relacionados con el fortalecimiento del sistema de saneamiento y la mejora de la calidad ambiental del entorno.

Asimismo, se presentan los impactos significativos, acumulativos, sinérgicos y residuales identificados, así como los mecanismos de seguimiento y control establecidos mediante el Programa de Vigilancia Ambiental, con la finalidad de garantizar el adecuado desempeño ambiental del proyecto y el cumplimiento de la normatividad aplicable durante todas sus etapas de desarrollo.

4.1 Metodología empleada para la identificación, análisis y evaluación de impactos, en particular los impactos negativos significativos, sinérgicos, acumulativos y residuales; así como, la justificación de su selección.

Para llevar a cabo la evaluación de los impactos ambientales que generará el proyecto, es necesario comenzar con la identificación de estos. Esto permitirá conocer qué tipo de impactos afectarán al medio ambiente y en qué etapa del proyecto se generarán. La construcción del proyecto trae consigo una serie de cambios o modificaciones en las diferentes variables ambientales: agua, aire y suelo por los residuos generados, y cambios en las condiciones del medio socioeconómico, manifestándose en forma positiva o negativa. Prever el tipo, intensidad y magnitud de dichos cambios o impactos permite introducir desde la

CONSULTA PÚBLICA

etapa de planeación del proyecto, las medidas preventivas y de mitigación que garanticen la reducción o eliminación de aquellos efectos que se identifiquen como negativos, permitiendo además planear la forma en que los efectos positivos pueden alcanzar su grado más amplio. Para realizar la identificación de los impactos a evaluar se utilizará la metodología de Listas de revisión o de Chequeo, su propósito es presentar los impactos de manera sistemática y resumir en forma concisa los efectos provocados por el proyecto es sus diferentes etapas. En general esto se hace por medio de una valoración cualitativa donde se realizan check's en las intersecciones entre las acciones impactantes y los factores ambientales que se consideran afectadas.

Listas de revisión

El propósito de las Listas de Chequeo es permitir presentar los impactos de manera sistemática y resumir en forma concisa los efectos provocados por el proyecto es sus diferentes etapas, en general esto se hace por medio de una valoración cualitativa donde se realizan Check's en las intersecciones entre las acciones impactantes y los factores ambientales que se consideran afectadas. Algunas modificaciones que se pueden hacer a esta matriz incluyen la de incorporar símbolos para definir desde esta etapa cuales son los impactos positivos y negativos que se están generando en el proyecto (Conesa. 1998). Para facilitar este análisis también se hace uso de claves aplicadas tanto para las actividades a evaluar como también para los factores ambientales, igualmente con esto se hacen más manipulables las matrices de valoración.

La descripción y evaluación de los Impactos Ambientales (I.A.) generados durante las etapas de operación y mantenimiento del proyecto, se dan de acuerdo con la Matriz desarrollada para la identificación de estos, calificándolos positiva o negativamente al depender de si benefician o perjudican el entorno. Así mismo se identificaron las posibles medidas de mitigación a establecer para contrarrestar los impactos provocados.

Matriz de Leopold Modificada

La matriz de Leopold es un método cuantitativo de evaluación de impacto ambiental creado en 1971. Se utiliza para identificar el impacto inicial de un proyecto en un entorno natural. El sistema consiste en una matriz con columnas representando varias actividades que ejerce un proyecto (p. ej.: desbroce, extracción de tierras, incremento del tráfico, ruido, polvo, etc), y en las filas se representan varios factores ambientales que son considerados (aire, agua, geología...).

CONSULTA PÚBLICA

4.1.1 Indicadores de impacto

Un indicador ambiental es un factor ambiental que transmite información sobre el estado del ecosistema del que forma parte o de alguna característica de este. Por supuesto, la utilización de un indicador supone la aceptación del marco teórico en el que se encuadra y de ciertas hipótesis que muchas veces no están suficientemente contrastadas. También son indicadores ambientales el consumo de energía, de agua, la producción de residuos o de determinados contaminantes. (A. Garmendia, 2005).

Los indicadores que en este apartado se tomaron en cuenta tienen como objetivo la determinación de las variaciones de los factores ambientales, de tal manera que para cada una de las fases del proyecto se podrá observar alguna variación en los mismos y por tanto se podrá implementar las medidas correctivas que le sean pertinentes.

Los indicadores se elaboraron para los siguientes factores:

Factor	Componente
Medio Abiótico	Componente Atmosfera Componente Agua Componente Suelo Medio Perceptual Infraestructura Productividad Población y economía
Medio biótico	Componente Flora Componente Fauna
Medio Social	Humanos

Muchos de los criterios de selección utilizados para el presente proyecto se rigen por los que se muestran a continuación:

- **Representatividad:** Se refiere al grado de información que posee un indicador respecto al impacto global de la obra.
- **Relevancia:** La información que aporta es significativa sobre la magnitud e importancia del impacto
- **Excluyente:** No existe una superposición entre los distintos indicadores.
- **Cuantificable:** Medible siempre que sea posible en términos cuantitativos.
- **Fácil identificación:** Definidos conceptualmente de modo claro y conciso

4.1.2 Criterios y metodologías de evaluación

Para realizar la evaluación de los impactos ambientales se utilizará la metodología propuesta por Luna B. Leopold, comúnmente llamada Matriz de Leopold

CONSULTA PÚBLICA

Modificada. La descripción y evaluación de los Impactos Ambientales (I.A.) generados durante las etapas de construcción, operación y mantenimiento del proyecto, se dan de acuerdo con la Matriz desarrollada para la identificación de estos, calificándolos positiva o negativamente al depender de si benefician o perjudican el entorno. Así mismo se identificaron las posibles medidas de mitigación a establecer para contrarrestar los impactos provocados.

4.1.2.1 Metodología de evaluación

Parámetros de evaluación

A partir de la identificación de impactos ambientales, se llenará la ***Matriz de Cribado*** específica para el proyecto, misma que se tomará como referencia para calificar los impactos identificados y para realizar su descripción. Se considerarán los factores ambientales y sociales del entorno del proyecto.

Los parámetros que serán considerados para cada impacto identificado serán:

- Magnitud
- Duración
- Intensidad
- Importancia
- Naturaleza del impacto

Tabla 37 Parámetros a considerar.

Magnitud	Considera la extensión que el impacto tendrá en la localidad o región,
Duración	Hará referencia a espacios de tiempo.
Intensidad	Comprenderá cuatro categorías indicando si el impacto es benéfico o adverso.
Naturaleza del impacto	Se consideran 3 categorías; **Reversible:** Cuando al término de la acción o acciones del proyecto, las condiciones del entorno recuperan sus características naturales. **Irreversible:** Cuando la acción del impacto sobre el entorno es definitiva y no se recuperarán las condiciones iniciales del entorno (previas a las actividades de la obra). **Sinergístico**: Cuando los efectos positivos o negativos de uno o varios suman o adicionan.

Las diferentes categorías que comprenden cada parámetro se presentan en la siguiente Tabla. En este cuadro se muestran los valores asignados por el equipo interdisciplinario.

Tabla 38 Clasificación de los Impactos Ambientales

PARÁMETRO	CATEGORÍA	SÍMBOLO	VALORES
Magnitud	Local	L	1
	Regional	R	2

CONSULTA PÚBLICA

PARÁMETRO	CATEGORÍA	SÍMBOLO	VALORES
	Nacional	N	3
Duración	Temporal	T	1
	Permanente	P	2
Intensidad	No significativo benéfico	b	1
	No significativo adverso	a	1
	Significativo benéfico	B	2
	Significativo adverso	A	2
Importancia	No importante común / abundante	Ni	1
	Importante	I	2
	Muy importante	Mi	3
Naturaleza	Reversible	R	1
	Irreversible	Ir	2
	Sinergístico	S	3

La sumatoria de las categorías determinará la relevancia del impacto, es decir reflejará que tan relevante es un impacto, con respecto de su incidencia sobre los factores ambientales.

Tabla 39 Rangos de Relevancia

RELEVANCIA	
0-4	NULO
5-7	NO RELEVANTE
8-10	RELEVANTE
11-13	POCO RELEVANTE
14-20	MUY RELEVANTE

4.2 Impactos ambientales existentes en la Región Ecológica para el posterior análisis de impactos negativos significativos, sinérgicos, acumulativos y residuales del Proyecto

Con la finalidad de establecer una línea base de las condiciones ambientales actuales de la Región Ecológica (RE) donde se inserta el proyecto, se identificaron las principales actividades y obras que actualmente se desarrollan en dicha región y que generan presiones sobre los componentes ambientales presentes. Este análisis permite reconocer los procesos de transformación y las problemáticas ambientales existentes, así como las interacciones entre los distintos factores bióticos, abióticos y socioeconómicos.

La identificación de estos impactos ambientales preexistentes constituye un elemento fundamental para la evaluación integral del proyecto, ya que permite analizar de manera objetiva la posible contribución de las obras y actividades

CONSULTA PÚBLICA

propuestas a los procesos de deterioro o mejoramiento ambiental observados en la región. Asimismo, proporciona los elementos técnicos necesarios para identificar y valorar los impactos significativos, acumulativos, sinérgicos y residuales que pudieran derivarse de la interacción entre el proyecto y las condiciones ambientales existentes.

En la tabla siguiente se presentan las principales actividades desarrolladas actualmente en la Región Ecológica, los componentes ambientales sobre los cuales ejercen influencia, los impactos ambientales asociados y la caracterización general de dichos efectos.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 40 Impactos Ambientales identificados en la Región Ecológica.

Obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en la Región Ecológica, que se relacionan con el Proyecto	Componente ambiental impactado	Impacto ambiental	Caracterización del impacto (indicar tipo, duración, extensión, intensidad y efectos)
Asentamientos urbanos en el municipio de Amozoc de Mota y municipios colindantes, con descarga de aguas residuales domésticas sin tratamiento hacia la barranca San Bartolo, tributaria del río Alseseca.	Hidrología superficial	Contaminación de la barranca San Bartolo y, por conectividad hidrológica, del río Alseseca, por descarga de aguas residuales municipales sin tratamiento previo; deterioro de la calidad fisicoquímica y bacteriológica de ambos cuerpos de agua.	*Tipo:* Negativo, acumulativo y sinérgico *Duración:* Permanente, se mantiene activo mientras no exista infraestructura de saneamiento suficiente en la cuenca *Extensión:* Local en la barranca El Bartolo, con efecto regional al integrarse al cauce del río Alseseca *Intensidad:* Alta; el río Alseseca es reconocido por instancias estatales y federales como uno de los cuerpos de agua con mayor contaminación del estado, derivado de descargas domésticas e industriales irregulares. *Efectos:* Directos sobre la calidad del agua de las barrancas; indirectos sobre el río Alseseca aguas abajo, sobre la fauna acuática y sobre comunidades ribereñas; efecto residual acumulado por descargas históricas no controladas. Aunado a ello la zona tiene antecedentes de riesgo hidrometeorológico, con desbordamientos previos del sistema de barrancas que afectan colonias en aledañas.
	Suelo		

CONSULTA PÚBLICA

Obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en la Región Ecológica, que se relacionan con el Proyecto	Componente ambiental impactado	Impacto ambiental	Caracterización del impacto (indicar tipo, duración, extensión, intensidad y efectos)
Actividades agrícolas de temporal en zonas aledañas al sitio del proyecto, con uso de agroquímicos (fertilizantes y plaguicidas) y prácticas de labranza.	Suelo	Modificación de las propiedades fisicoquímicas del suelo por prácticas de labranza y aplicación de agroquímicos; incremento de la susceptibilidad a procesos erosivos por exposición del suelo durante los periodos de barbecho.	*Tipo:* Negativo, acumulativo. *Duración:* Permanente mientras continúe la actividad agrícola con las prácticas actuales; con componente estacional asociado al ciclo de temporal de lluvias. *Extensión:* Local, restringida a las parcelas bajo cultivo de temporal en la zona de influencia. *Intensidad:* Media; sin componente de extracción de agua subterránea asociado a esta actividad específica, dado su carácter de temporal. *Efectos:* Directos sobre la estructura y fertilidad del suelo; indirectos por arrastre de sedimentos y agroquímicos hacia cuerpos de agua superficiales (barranca San Bartolo) durante la temporada de lluvias, generando un efecto sinérgico con el impacto identificado en la fila anterior.

CONSULTA PÚBLICA

Obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en la Región Ecológica, que se relacionan con el Proyecto	Componente ambiental impactado	Impacto ambiental	Caracterización del impacto (indicar tipo, duración, extensión, intensidad y efectos)
Operación del Parque Industrial Chachapa, ubicado en el sector norponiente colindante con la Región Ecológica delimitada, con empresas de los sectores textil, alimentos y automotriz, entre otros.	Aire	Emisión de partículas suspendidas, gases de combustión y compuestos orgánicos volátiles derivados de procesos industriales y del parque vehicular de carga asociado; generación de residuos industriales y de manejo especial; riesgo de descarga de aguas residuales industriales sin tratamiento adecuado hacia el drenaje municipal o cuerpos de agua cercanos.	*Tipo:* Negativo, permanente, con componentes acumulativos y sinérgicos al interactuar con emisiones vehiculares de la autopista y con las descargas domésticas identificadas en la primera fila. *Duración:* Permanente, vinculado a la operación del Parque Industrial Chachapa. *Extensión:* Local a subregional; las emisiones atmosféricas se dispersan conforme a patrones de viento dominantes; las descargas residuales pueden alcanzar las barrancas cercanas así como la barranca San Bartolo y por conectividad hidrológica el río Alseseca. *Intensidad:* Media-Alta; la Cámara Nacional de la Industria de la Transformación (CANACINTRA) reportó que al menos la mitad de los corredores industriales del estado de Puebla operan sin red de drenaje adecuada ni plantas de tratamiento funcionando correctamente, lo que incrementa el riesgo de descarga irregular de efluentes industriales.
	Suelo		

CONSULTA PÚBLICA

Obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en la Región Ecológica, que se relacionan con el Proyecto	Componente ambiental impactado	Impacto ambiental	Caracterización del impacto (indicar tipo, duración, extensión, intensidad y efectos)
	Hidrología superficial		*Efectos:* Directos sobre la calidad del aire y la generación de residuos; indirectos sobre la calidad del agua superficial de la barranca San Bartolo y el río Alseseca por posibles descargas no controladas; efecto sinérgico con las descargas domésticas documentadas en la primera fila, incrementando la carga contaminante total sobre el sistema hidrológico local.
Carretera federal Puebla-Tehuacán (federal 150), con alto flujo vehicular de carga y pasajeros en la zona de influencia del proyecto.	Aire	Emisiones vehiculares de gases y partículas suspendidas; incremento de niveles de ruido; mortalidad de fauna por atropellamiento y efecto barrera para el desplazamiento de especies terrestres.	*Tipo*: Negativo, permanente y continuo. *Duración*: Permanente, vinculado a la operación de la vialidad. *Extensión*: Lineal, a lo largo del trazo de la carretera federal en la zona de influencia del proyecto. *Intensidad*: Media; el flujo vehicular mixto (carga pesada y pasajeros) genera emisiones y niveles de ruido sostenidos, con mayor impacto en horarios nocturnos sobre fauna activa. *Efectos*: Directos sobre la calidad del aire y sobre fauna por mortalidad en carretera; efecto sinérgico con el ruido e iluminación del Parque Industrial Chachapa.
	Fauna		

CONSULTA PÚBLICA

Obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en la Región Ecológica, que se relacionan con el Proyecto	Componente ambiental impactado	Impacto ambiental	Caracterización del impacto (indicar tipo, duración, extensión, intensidad y efectos)
Extracción de agua subterránea del acuífero Valle de Puebla mediante pozos de uso público-urbano e industrial, asociada al crecimiento urbano y al desarrollo de parques industriales en la zona metropolitana de Puebla y municipios colindantes, incluyendo Amozoc.	Hidrología subterránea	Disminución progresiva de los niveles del acuífero Valle de Puebla por extracción que excede su recarga media anual; afectación a la disponibilidad de agua subterránea para usos actuales y futuros.	*Tipo:* Negativo, acumulativo y sinérgico (concurrencia de múltiples usuarios: público-urbano, industrial y, en menor medida, doméstico-rural) *Duración:* Permanente, en tendencia de incremento sostenido conforme al crecimiento urbano e industrial de la región *Extensión:* Regional, a nivel de la unidad hidrogeológica del acuífero Valle de Puebla *Intensidad:* Media-alta; el acuífero presenta condición deficitaria documentada, con extracción superior al volumen concesionado y pérdida significativa de disponibilidad en años recientes, aunque sin veda decretada a la fecha *Efectos:* Directos sobre los niveles piezométricos y la disponibilidad del recurso; indirectos sobre la estabilidad geotécnica regional y sobre la garantía de abastecimiento a usuarios actuales, incluyendo el sistema de agua potable que eventualmente será servido por la PTAR objeto del presente proyecto

CONSULTA PÚBLICA

Los impactos ambientales existentes en la Región Ecológica identificados en la tabla anterior evidencian un escenario de presión ambiental acumulada, caracterizado principalmente por el deterioro de la calidad del agua superficial de la Barranca San Bartolo y su conectividad con el río Alseseca, la modificación de las propiedades del suelo por actividades agrícolas de temporal, la disminución progresiva del acuífero Valle de Puebla por extracción público-urbana e industrial, las emisiones atmosféricas y generación de residuos asociadas al Parque Industrial Chachapa colindante con la Región Ecológica, la fragmentación del hábitat y el efecto barrera generado por la carretera federal 150D, y la presión urbanística sobre la zona contigua al Parque Estatal "Lázaro Cárdenas del Río Flor del Bosque". Este contexto ambiental preexistente es relevante para el análisis de impactos del Proyecto, ya que los impactos generados durante sus diferentes etapas se sumarán de manera sinérgica y acumulativa a las presiones ya identificadas, particularmente sobre los componentes hidrológico superficial, suelo y fauna. En este sentido, la operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales tipo RAFA en Amozoc de Mota representa no solo una obra de infraestructura sanitaria, sino una medida de saneamiento que contribuirá a revertir el principal impacto acumulado existente en la Región Ecológica: la descarga de aguas residuales sin tratamiento hacia la Barranca San Bartolo y el río Alseseca.

4.3 Identificación y evaluación de impactos ambientales del proyecto

Como se indicó anteriormente para identificar los impactos ambientales a evaluar se utilizará el método de Listas de revisión, en este caso se utilizará una lista de chequeo simple, para identificar en que etapas del proyecto se presentarán los impactos.

La identificación de impactos ambientales del proyecto se realizó mediante la metodología de listas de verificación, considerando las distintas etapas del proyecto, así como los factores ambientales involucrados.

El sistema de tratamiento propuesto está conformado por un Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA), filtro percolador, tanque anóxico, sedimentador secundario y cámara de contacto con cloro, lo que integra procesos anaerobios y aerobios complementarios que permiten una adecuada remoción de materia orgánica y nutrientes.

Este tipo de sistema se caracteriza por su eficiencia en la remoción de contaminantes, así como por una menor demanda energética en comparación con sistemas completamente aerobios, aunque conlleva la generación de biogás y posibles emisiones de olores, principalmente en las unidades anaerobias y en el manejo de lodos.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 41 Impactos identificados en el proyecto.

Componente ambiental	Impacto ambiental identificado	Preparación del sitio y construcción	Operación y mantenimiento
Aire / Atmósfera	Incremento temporal de partículas suspendidas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) por excavaciones y manejo de materiales (PTAR, cruces especiales y celdas solares)	X	
	Emisión temporal de gases de combustión por maquinaria y vehículos	X	
	Generación de olores (H_2S, CH_4) por operación del RAFA, filtro percolador y manejo de lodos		X
	Emisión de biogás (metano y CO_2) derivado del proceso anaerobio		X
	Generación de bioaerosoles en el filtro percolador.		X
Hidrología Superficial	Interrupción temporal del flujo del cauce durante instalación del cruce especial.	X	
	Incremento de sólidos suspendidos y turbidez en la barranca durante excavaciones en zona de cruce.	X	
	Riesgo de contaminación del cauce por derrames accidentales por parte de la maquinaria en zonas de cruce.	X	
	Riesgo de contaminación de la barranca por ruptura o fuga en el cruce especial.		X
	Riesgo de inundación en el sitio de la PTAR por desbordamiento de la Barranca San Bartolo en época de lluvias.		X
	Modificación temporal del cauce de la Barranca San Bartolo por obras de cruce especial.	X	
	Riesgo de afectación a la estabilidad de taludes y márgenes de la barranca por excavaciones.		
	Mejora significativa de la calidad del agua tratada.		X
	Remoción de nutrientes (N y P) por proceso anóxico.	X	X
Hidrología Subterránea	Consumo temporal de agua en construcción	X	

CONSULTA PÚBLICA

Componente ambiental	Impacto ambiental identificado	Preparación del sitio y construcción	Operación y mantenimiento
	Riesgo de contaminación por derrames de combustibles o lubricantes	X	
	Riesgo de fugas o infiltración en cruces especiales	X	X
	Riesgo por fallas operativas que afecten el destino de las aguas		X
	Riesgo por manejo inadecuado o sobredosificación de cloro		X
Suelo	Alteración de propiedades físicas del suelo por excavaciones y zanjas	X	
	Impermeabilización parcial del suelo por obras civiles	X	
	Riesgo de erosión en taludes y márgenes de la Barranca San Bartolo por intervención durante construcción del cruce especial.	X	
	Riesgo de contaminación por hidrocarburos	X	
	Riesgo de contaminación por disposición inadecuada de lodos		X
Ruido	Incremento temporal de ruido por maquinaria y herramientas	X	
	Generación de ruido continuo de baja intensidad por equipos		X
Residuos	Generación de residuos sólidos urbanos	X	X
	Generación de residuos de manejo especial (escombros, envases)	X	
	Generación de lodos biológicos (primarios y secundarios)		X
	Generación de lixiviados por manejo de lodos		X
	Generación de residuos peligrosos por manejo de cloro		X
Flora y fauna	Afectación a vegetación riparia en márgenes de la Barranca San Bartolo durante construcción del cruce especial	X	
	Desplazamiento temporal de fauna	X	
	Perturbación temporal de fauna asociada al cauce de la Barranca San Bartolo durante obras del cruce	X	
	Beneficio a la biota acuática por mejora del efluente.		X

CONSULTA PÚBLICA

Componente ambiental	Impacto ambiental identificado	Preparación del sitio y construcción	Operación y mantenimiento
Paisaje	Alteración temporal del paisaje por obras	X	
	Modificación permanente del paisaje por infraestructura		X
Infraestructura	Fortalecimiento del sistema de saneamiento regional	X	X
	Interconexión sanitaria entre municipios	X	X
	Demanda de servicios durante construcción	X	
Socioeconómico	Generación de empleos temporales	X	
	Generación de empleos permanentes		X
	Molestias por ruido, polvo y tránsito de maquinaria	X	
	Molestias por olores en operación		X
	Mejora en la salud pública		X
	Reactivación de la economía local	X	X
Riesgo / Seguridad	Riesgo de accidentes durante excavaciones	X	
	Riesgo por manejo de biogás (metano)		X
	Riesgo de inundación del sitio de la PTAR y zona de cruce por avenidas extraordinarias en la Barranca San Bartolo	X	X
	Riesgo por manejo de cloro		X
Salud pública	Exposición a bioaerosoles		X
	Reducción de enfermedades de origen hídrico		X

CONSULTA PÚBLICA

4.3.1 Valoración de los impactos

Aplicación Matriz de Leopold Modificada

Para la evaluación de los impactos ambientales identificados, se empleó la Matriz de Leopold Modificada, metodología ampliamente utilizada en la evaluación de impacto ambiental de proyectos de infraestructura hidráulica y de saneamiento. En la matriz, las columnas representan las actividades y obras del Proyecto diferenciadas por etapa (preparación del sitio y construcción, y operación y mantenimiento), mientras que las filas corresponden a los componentes ambientales identificados. A cada interacción se le asignó una valoración

numérica considerando cinco parámetros: magnitud (extensión del impacto a nivel local, regional o nacional), duración (temporal o permanente), intensidad (significativo o no significativo, benéfico o adverso), importancia (no importante, importante o muy importante) y naturaleza del impacto (reversible, irreversible o sinérgico). La suma de los valores asignados a cada parámetro genera un índice de relevancia que permite clasificar cada impacto en cinco categorías: nulo (0-4), no relevante (5-7), relevante (8-10), poco relevante (11-13) y muy relevante (14-20), facilitando así la priorización de las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración que se describen en los apartados subsecuentes.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 42 Matriz de Impactos con símbolos.

EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y CRUCES ESPECIALES													
Componente Ambiental	Actividades	Tipo	Preparación del Sitio y Construcción					Operación y Mantenimiento					
			Magnitud	Duración	Intensidad	Importancia	Naturaleza	Magnitud	Duración	Intensidad	Importancia	Naturaleza
MEDIO FÍSICO													
Aire / Atmósfera	Incremento temporal de partículas suspendidas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) por excavaciones y manejo de materiales (PTAR, cruces especiales y celdas solares)	-	L	T	a	I	R					
	Emisión temporal de gases de combustión por maquinaria y vehículos	-	L	T	a	I	R					
	Generación de olores (H_2S, CH_4) por operación del RAFA, filtro percolador y manejo de lodos	-						L	P	A	Mi	Ir
	Emisión de biogás (metano y CO_2) derivado del sistema RAFA	-						R	P	A	I	S
	Generación de bioaerosoles en el filtro percolador	-						L	P	a	I	R
Hidrología Superficial	Interrupción temporal del flujo del cauce durante instalación del cruce especial.	-	L	T	A	Mi	R					
	Incremento de sólidos suspendidos y turbidez en la barranca durante excavaciones en zona de cruce.	-	L	T	A	Mi	R					
	Riesgo de contaminación del cauce por derrames accidentales por parte de la maquinaria en zona de cruce.	-	L	T	A	Mi	Ir					
	Riesgo de contaminación de la barranca por ruptura o fuga en el cruce especial.	-						L	P	A	Mi	Ir

CONSULTA PÚBLICA

EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y CRUCES ESPECIALES														
Componente Ambiental	Actividades	Tipo	Preparación del Sitio y Construcción					Operación y Mantenimiento						
			Magnitud	Duración	Intensidad	Importancia	Naturaleza	Magnitud	Duración	Intensidad	Importancia	Naturaleza		
	Riesgo de inundación en el sitio de la PTAR por desbordamiento de la Barranca San Bartolo en época de lluvias.	-	L	T	A	Mi	S							
		-						R	P	A	Mi	S		
	Modificación temporal del cauce de la Barranca San Bartolo por obras de cruce especial.	-	L	T	A	Mi	R							
	Riesgo de afectación a la estabilidad de taludes y márgenes de la barranca por excavaciones.	-	L	T	A	Mi	Ir							
	Mejora significativa de la calidad del agua tratada	+						R	P	B	Mi	S		
	Remoción de nutrientes (N y P) por proceso anóxico	+						R	P	B	I	S		
Hidrología Subterránea	Consumo temporal de agua en construcción	-	L	T	b	Ni	R							
	Riesgo de contaminación por derrames de combustibles o lubricantes	-	L	T	a	I	R							
	Riesgo de fugas o infiltración en cruces especiales	-	L	T	a	I	R							
		-						L	P	a	I	R		
	Riesgo por fallas operativas que afecten el destino de las aguas	-						L	T	A	I	R		
	Riesgo por manejo inadecuado o sobredosificación de cloro	-						L	P	A	Mi	Ir		
Suelo	Alteración de propiedades físicas del suelo por excavaciones y zanjas	-	L	T	a	I	R							

CONSULTA PÚBLICA

EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y CRUCES ESPECIALES													
Componente Ambiental	Actividades	Tipo	Preparación del Sitio y Construcción					Operación y Mantenimiento					
			Magnitud	Duración	Intensidad	Importancia	Naturaleza	Magnitud	Duración	Intensidad	Importancia	Naturaleza
	Riesgo de erosión en taludes y márgenes de la Barranca San Bartolo por intervención durante construcción del cruce especial.	-	R	P	A	I	S					
	Perdida de permeabilidad parcial del suelo por obras civiles	-	L	P	A	I	Ir					
	Riesgo de contaminación por hidrocarburos	-	L	T	a	I	R					
	Riesgo de contaminación por disposición inadecuada de lodos	-						L	P	A	I	Ir
Ruido	Incremento temporal de ruido por maquinaria y herramientas	-	R	T	b	Ni	R					
	Generación de ruido continuo de baja intensidad por equipos	-						L	P	b	Ni	S
Residuos	Generación de residuos sólidos urbanos	-	L	T	a	Ni	R					
		-						L	P	b	Ni	R
	Generación de residuos de manejo especial (escombros, envases)	-	L	T	b	Ni	R					
	Generación de lodos biológicos (primarios y secundarios)	-						L	P	A	I	R
	Generación de lixiviados por manejo de lodos	-						L	P	A	I	Ir
	Generación de residuos peligrosos por manejo de cloro	-						L	P	A	Mi	Ir
Flora y fauna	Afectación a vegetación riparia en márgenes de la Barranca San Bartolo durante construcción del cruce especial	-	L	T	b	Ni	R					

CONSULTA PÚBLICA

EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y CRUCES ESPECIALES													
Componente Ambiental	Actividades	Tipo	Preparación del Sitio y Construcción					Operación y Mantenimiento					
			Magnitud	Duración	Intensidad	Importancia	Naturaleza	Magnitud	Duración	Intensidad	Importancia	Naturaleza
	Desplazamiento temporal de fauna	-	L	T	b	Ni	R					
	Perturbación temporal de fauna asociada al cauce de la Barranca San Bartolo durante obras del cruce	-	L	T	b	Ni	R					
	Beneficio a la biota acuática por mejora del efluente	+						R	P	B	Mi	S
Paisaje	Alteración temporal del paisaje por obras	-	L	T	b	Ni	R					
	Modificación permanente del paisaje por infraestructura	-						L	P	b	I	S
MEDIO SOCIOECONÓMICO												
Infraestructura	Fortalecimiento del sistema de saneamiento regional	+						R	P	B	Mi	S
	Interconexión sanitaria entre municipios	+						R	P	B	Mi	S
	Demanda de servicios durante construcción	+	L	T	B	I	Ir					
Socioeconómico	Generación de empleos temporales	+	L	T	B	I	R					
	Generación de empleos permanentes	+						L	P	B	I	R
	Molestias por ruido, polvo y tránsito de maquinaria	-	L	T	a	I	R					
	Molestias por olores en operación	-						L	P	a	I	R
	Mejora en la salud pública	+						R	P	B	Mi	S
	Reactivación de la economía local	+	L	T	a	I	Ir					
Riesgo / Seguridad	Riesgo de accidentes durante excavación en cruces especiales y PTAR	-	L	T	A	I	R					
	Riesgo por manejo de biogás (metano)	-						L	P	A	I	Ir

CONSULTA PÚBLICA

EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y CRUCES ESPECIALES														
Componente Ambiental	Actividades	Tipo	Preparación del Sitio y Construcción					Operación y Mantenimiento						
			Magnitud	Duración	Intensidad	Importancia	Naturaleza	Magnitud	Duración	Intensidad	Importancia	Naturaleza		
	Riesgo por manejo de cloro	-						L	P	A	Mi	Ir		
Salud pública	Exposición a bioaerosoles	-						L	P	a	I	R		
	Reducción de enfermedades de origen hídrico	+						R	P	B	Mi	S		

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 43 Matriz de impactos con valores numéricos.

EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y CRUCES ESPECIAL														
Componente Ambiental	Actividades	Tipo	Preparación del Sitio y Construcción					Operación y Mantenimiento					Total de impacto
			Magnitud	Duración	Intensidad	Importancia	Naturaleza	Magnitud	Duración	Intensidad	Importancia	Naturaleza	
	MEDIO FÍSICO												
Aire / Atmósfera	Incremento temporal de partículas suspendidas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) por excavaciones y manejo de materiales (PTAR, cruces especiales y celdas solares)	-	1	1	1	2	1						6
	Emisión temporal de gases de combustión por maquinaria y vehículos	-	1	1	1	2	1						6
	Generación de olores (H_2S, CH_4) por operación del RAFA, filtro percolador y manejo de lodos	-						1	2	2	3	2	10
	Emisión de biogás (metano y CO_2) derivado del sistema RAFA	-						2	2	2	2	3	11
	Generación de bioaerosoles en el filtro percolador	-						1	2	1	2	1	7
Hidrología Superficial	Interrupción temporal del flujo del cauce durante instalación del cruce especial.	-	1	1	2	3	1						8
	Incremento de sólidos suspendidos y turbidez en la barranca durante excavaciones en zona de cruce.	-	1	1	2	3	1						8
	Riesgo de contaminación del cauce por derrames accidentales por parte de la maquinaria en zona de cruce.	-	1	1	2	3	2						9
	Riesgo de contaminación de la barranca por ruptura o fuga en el cruce especial.	-						1	2	2	3	2	10
		-	1	1	2	3	3						10

CONSULTA PÚBLICA

EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y CRUCES ESPECIAL													
Componente Ambiental	Actividades	Tipo	Preparación del Sitio y Construcción					Operación y Mantenimiento					Total de impacto
			Magnitud	Duración	Intensidad	Importancia	Naturaleza	Magnitud	Duración	Intensidad	Importancia	Naturaleza	
	Riesgo de inundación en el sitio de la PTAR por desbordamiento de la Barranca San Bartolo en época de lluvias.	-						2	2	2	3	3	12
	Modificación temporal del cauce de la Barranca San Bartolo por obras de cruce especial.	-	1	1	2	3	1						8
	Riesgo de afectación a la estabilidad de taludes y márgenes de la barranca por excavaciones.	-	1	1	2	3	2						9
	Mejora significativa de la calidad del agua tratada	+						2	2	2	3	3	12
	Remoción de nutrientes (N y P) por proceso anóxico	+						2	2	2	2	3	11
Hidrología Subterránea	Consumo temporal de agua en construcción	-	1	1	1	1	1						5
	Riesgo de contaminación por derrames de combustibles o lubricantes	-	1	1	1	1	1						5
	Riesgo de fugas o infiltración en cruces especiales	-	1	1	1	1	1						5
		-						1	2	1	1	1	6
	Riesgo por fallas operativas que afecten el destino de las aguas	-						1	1	2	2	1	7
	Riesgo por manejo inadecuado o sobredosificación de cloro	-						1	2	2	3	2	10
Suelo	Alteración de propiedades físicas del suelo por excavaciones y zanjas	-	1	1	1	2	1						6

CONSULTA PÚBLICA

EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y CRUCES ESPECIAL													
Componente Ambiental	Actividades	Tipo	Preparación del Sitio y Construcción					Operación y Mantenimiento					Total de impacto
			Magnitud	Duración	Intensidad	Importancia	Naturaleza	Magnitud	Duración	Intensidad	Importancia	Naturaleza	
	Riesgo de erosión en taludes y márgenes de la Barranca San Bartolo por intervención durante construcción del cruce especial.	-	2	2	2	2	3						11
	Perdida de permeabilidad parcial del suelo por obras civiles	-	1	2	2	2	2						9
	Riesgo de contaminación por hidrocarburos	-	1	1	1	2	1						6
	Riesgo de contaminación por disposición inadecuada de lodos	-						1	2	2	2	2	9
Ruido	Incremento temporal de ruido por maquinaria y herramientas	-	2	1	1	1	1						6
	Generación de ruido continuo de baja intensidad por equipos	-						1	2	1	1	3	8
Residuos	Generación de residuos sólidos urbanos	-	1	1	1	1	1						5
		-						1	2	1	1	1	6
	Generación de residuos de manejo especial (escombros, envases)	-	1	1	1	1	1						5
	Generación de lodos biológicos (primarios y secundarios)	-						1	2	2	2	1	8
	Generación de lixiviados por manejo de lodos	-						1	2	2	2	2	9
	Generación de residuos peligrosos por manejo de cloro	-						1	2	2	3	2	10

CONSULTA PÚBLICA

EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y CRUCES ESPECIAL													
Componente Ambiental	Actividades	Tipo	Preparación del Sitio y Construcción					Operación y Mantenimiento					Total de impacto
			Magnitud	Duración	Intensidad	Importancia	Naturaleza	Magnitud	Duración	Intensidad	Importancia	Naturaleza	
Flora y fauna	Afectación a vegetación riparia en márgenes de la Barranca San Bartolo durante construcción del cruce especial	-	1	1	1	1	1						5
	Desplazamiento temporal de fauna	-	1	1	1	1	1						5
	Perturbación temporal de fauna asociada al cauce de la Barranca San Bartolo durante obras del cruce	-	1	1	1	1	1						5
	Beneficio a la biota acuática por mejora del efluente	+						2	2	2	3	3	12
Paisaje	Alteración temporal del paisaje por obras	-	1	1	1	1	1						5
	Modificación permanente del paisaje por infraestructura	-						1	2	1	2	3	9
MEDIO SOCIOECONÓMICO													
Infraestructura	Fortalecimiento del sistema de saneamiento regional	+						2	2	2	3	3	12
	Interconexión sanitaria entre municipios	+						2	2	2	3	3	12
	Demanda de servicios durante construcción	+	1	1	2	2	2						8
Socioeconómico	Generación de empleos temporales	+	1	1	2	2	1						7
	Generación de empleos permanentes	+						1	2	2	2	1	8
	Molestias por ruido, polvo y tránsito de maquinaria	-	1	1	1	2	1						6
	Molestias por olores en operación	-						1	2	1	2	1	7
	Mejora en la salud pública	+						2	2	2	3	3	12

CONSULTA PÚBLICA

EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y CRUCES ESPECIAL													
Componente Ambiental	Actividades	Tipo	Preparación del Sitio y Construcción					Operación y Mantenimiento					Total de impacto
			Magnitud	Duración	Intensidad	Importancia	Naturaleza	Magnitud	Duración	Intensidad	Importancia	Naturaleza	
	Reactivación de la economía local	+	1	1	1	2	2						7
Riesgo / Seguridad	Riesgo de accidentes durante excavación de cruces especiales y PTAR	-	1	1	2	2	1						7
	Riesgo por manejo de biogás (metano)	-						1	2	2	2	2	9
	Riesgo por manejo de cloro	-						1	2	2	3	2	10
Salud pública	Exposición a bioaerosoles	-						1	2	1	2	1	7
	Reducción de enfermedades de origen hídrico	+						2	2	2	3	3	12

CONSULTA PÚBLICA

De acuerdo con la tabla anterior el RESUMEN de los impactos ambientales generados por el proyecto es el siguiente:

Tabla 44 Resumen de impactos ambientales identificados.

ETAPA	MEDIO FÍSICO		MEDIO SOCIOECONÓMICO		TOTALES		TOTAL GENERAL
	+	-	+	-	+	-	
PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN	0	22	3	2	3	24	27
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	3	15	5	4	8	18	27
TOTALES	3	37	8	5	11	43	54
TOTALES	40		14		54		
TOTAL DE IMPACTOS	54						

La siguiente tabla describe la SUMATORIA de los impactos ambientales evaluados por las CATEGORÍAS incluidas en la anterior.

Tabla 45 Sumatoria de impactos ambientales.

PARÁMETRO	CATEGORÍA	SÍMBOLO	SUBTOTAL	TOTAL
Magnitud	Local	L	43	54
	Regional	R	11	
	Nacional	N	0	
Duración	Temporal	T	25	54
	Permanente	P	29	
Intensidad	No significativo benéfico	b	9	54
	No significativo adverso	a	13	
	Significativo benéfico	B	12	
	Significativo adverso	A	20	
Importancia	No importante común / abundante	Ni	10	54
	Importante	I	25	
	Muy importante	Mi	19	
Naturaleza	Reversible	R	27	54
	Irreversible	Ir	13	
	Sinergístico	S	14	

Los resultados de la evaluación de impactos ambientales mediante la Matriz de Leopold Modificada indican que el Proyecto no genera impactos de categoría "Muy relevante" en ninguna de sus etapas, lo que refleja que las afectaciones

CONSULTA PÚBLICA

asociadas a su construcción y operación son de magnitud manejable mediante medidas adecuadas de prevención, mitigación, compensación y restauración.

Durante la etapa de preparación del sitio y construcción, la mayoría de los impactos negativos identificados se clasifican como "No relevantes", siendo de carácter local y temporal, asociados principalmente a actividades de excavación, manejo de materiales y operación de maquinaria. Los impactos de mayor relevancia en esta etapa corresponden al componente de Hidrología Superficial, específicamente los relacionados con la intervención en la Barranca San Bartolo y corrientes intermitentes para la instalación del cruce especial, incluyendo la modificación temporal del cauce, el incremento de sólidos suspendidos, el riesgo de contaminación por derrames accidentales y el riesgo de afectación a la estabilidad de taludes, los cuales obtuvieron valores de entre 8 y 9 puntos (relevantes). Destaca también el riesgo de erosión en taludes y márgenes de la Barranca San Bartolo con un valor de 11 (poco relevante), por lo que requiere medidas específicas de estabilización y control.

Durante la etapa de operación y mantenimiento, los impactos negativos de mayor valor corresponden al riesgo de inundación del sitio de la PTAR por desbordamiento de la Barranca San Bartolo en época de lluvias (12, poco relevante), la generación de olores por operación del sistema RAFA y manejo de lodos (10, relevante), el riesgo por manejo de cloro (10, relevante), la generación de residuos peligrosos por manejo de cloro (10, relevante) y el riesgo de contaminación de la barranca por ruptura o fuga en el cruce especial (10, relevante). Estos impactos, si bien no alcanzan la categoría de muy relevantes, requieren atención prioritaria.

En contraste, la evaluación refleja que el Proyecto genera impactos positivos de alta relevancia durante la etapa de operación, destacando la mejora significativa de la calidad del agua tratada, el fortalecimiento del sistema de saneamiento regional, la interconexión sanitaria entre municipios, la mejora en la salud pública y la reducción de enfermedades de origen hídrico, todos con un valor de 12 (poco relevante en sentido positivo). Estos beneficios ambientales y sociales confirman que el Proyecto representa una solución de saneamiento estratégica para la Región Ecológica delimitada, con impactos positivos que superan en relevancia a los impactos negativos identificados.

4.4 Impactos ambientales del proyecto y medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración

La identificación y evaluación de los impactos ambientales del proyecto se realizó considerando las actividades correspondientes a las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento de la Planta de Tratamiento de

CONSULTA PÚBLICA

Aguas Residuales y de los cruces especiales sobre cuerpos de agua de jurisdicción federal.

Los impactos identificados fueron clasificados de acuerdo con el componente ambiental afectado, determinando su carácter benéfico o adverso y su relevancia conforme a la metodología descrita en el apartado 4.1 del presente estudio.

Asimismo, para cada impacto identificado se establecieron medidas de prevención, mitigación, compensación o restauración, las cuales fueron codificadas mediante las claves P, M, C y R, respectivamente, de conformidad con los criterios establecidos en la guía para la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental.

4.4.1 Catálogo de medidas ambientales

Con la finalidad de prevenir, minimizar, corregir o compensar los impactos ambientales identificados durante las distintas etapas del proyecto, se estableció un conjunto de medidas ambientales específicas orientadas a la protección de los componentes físicos, bióticos y socioeconómicos del área de influencia.

Las medidas fueron clasificadas de acuerdo con su naturaleza como medidas de prevención (P), mitigación (M), restauración (R) y compensación (C), asignándoles una clave consecutiva conforme a su orden de aparición, con el propósito de facilitar su identificación, seguimiento y vinculación con los impactos ambientales evaluados en el presente estudio.

El catálogo de medidas ambientales constituye la base para la implementación de las acciones de manejo ambiental del proyecto y para el posterior establecimiento del Programa de Vigilancia Ambiental.

Medidas de prevención

Clave	Descripción
P1	Delimitar las áreas de trabajo y circulación de maquinaria para evitar afectaciones fuera del área autorizada.
P2	Almacenar combustibles y lubricantes en áreas impermeabilizadas y con contención secundaria.
P3	Realizar mantenimiento preventivo a maquinaria y equipos para minimizar emisiones y fugas.
P4	Programar las obras de cruces especiales preferentemente durante temporada de estiaje.
P5	Delimitar las áreas de excavación y movimiento de tierras.
P6	Implementar un programa de manejo integral de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.
P7	Mantener condiciones adecuadas de operación del sistema RAFA y del manejo de lodos.
P8	Priorizar la contratación de mano de obra local durante las etapas de construcción y operación.

CONSULTA PÚBLICA

Clave	Descripción
P9	Mantener el cumplimiento permanente de la calidad del agua tratada conforme a la normatividad aplicable para descarga o reúso.
P10	Contar con sistemas de captación, ventilación y desfogue controlado del biogás generado por el reactor RAFA.
P11	Almacenar y manejar sustancias químicas conforme a la normatividad y hojas de seguridad correspondientes.
P12	Proporcionar equipo de protección personal adecuado al personal operativo y de mantenimiento.
P13	Garantizar la operación continua y eficiente del sistema de tratamiento para asegurar los beneficios ambientales y sanitarios esperados.
P14	Instalar barreras de retención de sedimentos aguas abajo de la zona de intervención en cauces federales durante las obras de cruce especial
P15	Obtener el agua necesaria para construcción mediante fuentes autorizadas por CONAGUA, preferentemente mediante compra a pipas con concesión vigente.
P16	Los materiales pétreos y de relleno requeridos durante la construcción deberán provenir de bancos de materiales que cuenten con los permisos correspondientes emitidos por las autoridades competentes
P17	Realizar las actividades de construcción en horarios que minimicen las molestias a la población circundante al proyecto
P18	La maquinaria y equipo deberán de contar con mantenimiento periódico y, cuando sea necesario para mantener los niveles de ruido dentro de los límites normativos aplicables.
P19	Los lodos biológicos serán estabilizados y deshidratados para reducir su volumen y humedad, facilitando su manejo y transporte a sitios de disposición final autorizados
P20	El diseño de la PTAR considerará la elevación de plataformas y obras de protección necesarias para reducir el riesgo de afectación por avenidas extraordinarias o desbordamientos de la Barranca San Bartolo.

Medidas de mitigación

Clave	Descripción
M1	Implementar riego periódico de superficies para disminuir emisiones de polvo.
M2	Instalar barreras de retención de sedimentos durante la construcción de los cruces especiales.
M3	Realizar estabilización temporal de taludes y márgenes intervenidas durante las obras.
M4	Retirar oportunamente residuos, escombros e instalaciones temporales una vez concluidas las obras.
M5	Implementar programas de limpieza y mantenimiento periódico de las unidades del sistema para minimizar la generación de olores.
M6	Recircular o conducir los lixiviados generados durante el manejo de lodos hacia el proceso de tratamiento.
M7	Implementar procedimientos de seguridad y atención a emergencias relacionadas con gases combustibles.

CONSULTA PÚBLICA

M8	Capacitar al personal y contar con procedimientos para la atención de contingencias químicas.
M9	Implementar programas de limpieza y control sanitario en las áreas operativas para disminuir la exposición a bioaerosoles.
M10	Realizar separación de residuos sólidos en contenedores debidamente rotulados y elaborar un Plan de Manejo de Residuos de Manejo Especial para su adecuada disposición
M11	En caso de derrames accidentales de combustibles o lubricantes, se realizará la contención, recuperación y limpieza inmediata del material derramado mediante materiales absorbentes y disposición adecuada de los residuos generados.

Medidas de restauración

Clave	Descripción
R1	Restaurar las áreas temporalmente afectadas mediante revegetación con especies nativas de la región.
R2	Restaurar la vegetación riparia que pudiera resultar afectada durante la ejecución de los cruces especiales.
R3	Restituir y estabilizar las márgenes y taludes intervenidas durante las obras en cauces federales.

Medidas de compensación

Clave	Descripción
C1	En caso de presentarse afectaciones autorizadas a vegetación o hábitats de interés, se implementarán las medidas de compensación que determine la autoridad ambiental competente.

Medidas generales para la etapa de construcción

Aunado a las medidas específicas de prevención, mitigación, restauración y compensación asociadas a los impactos identificados, durante la etapa de construcción se implementarán las siguientes medidas generales de gestión ambiental orientadas a mantener condiciones adecuadas de higiene, seguridad y protección ambiental:

- Se instalarán sanitarios portátiles para el personal de obra en proporción adecuada al número de trabajadores, los cuales serán ubicados fuera de cuerpos de agua y zonas susceptibles de inundación. La limpieza y disposición de las aguas residuales generadas será realizada por una empresa autorizada.
- No se permitirá la descarga de aguas residuales, residuos líquidos o cualquier otro vertimiento al suelo, cuerpos de agua o cauces durante las actividades de construcción.

CONSULTA PÚBLICA

- Se proporcionará capacitación básica al personal en materia de seguridad, protección ambiental y respuesta ante contingencias ambientales.
- El material producto de la excavación deberá disponerse adecuadamente, donde lo autorice la autoridad correspondiente, asimismo, se deberá de contar con una lona que cubra el camión con el fin de evitar la dispersión de partículas de polvo.
- Se mantendrá limpio y ordenado el frente de obra, evitando la dispersión de residuos y materiales fuera de las áreas autorizadas para los trabajos.
- Se evitará la quema a cielo abierto de residuos, vegetación o cualquier otro material generado durante las actividades constructivas.
- No se realizarán mantenimientos de maquinaría dentro del predio, se deberán de realizar fuera de las áreas de trabajo, en un taller autorizado, manteniéndose en buen estado para evitar que tire aceites, lubricantes, entre otros aditivos en el suelo del predio de proyecto.
- El almacenamiento temporal de materiales, combustibles y residuos se realizará únicamente en las áreas previamente destinadas para tal fin dentro del sitio de obra.
- Se dará cumplimiento a las disposiciones establecidas en materia de seguridad e higiene laboral aplicables durante la ejecución del proyecto.
- Se restringirá la circulación de maquinaria y vehículos exclusivamente a caminos y áreas autorizadas para evitar afectaciones innecesarias a la vegetación y al suelo circundante.
- Con el fin de mantenerse en los máximos permisibles de emisiones a la atmósfera de gases de combustión provenientes de los vehículos presentes en el proyecto, éstos deberán de contar con sus verificaciones vehiculares correspondientes y vigentes.
- Para los trabajadores se proporcionará e inducirá el uso de protectores auditivos para el personal expuesto al ruido, mediante contrato de obra así como todo el EPP necesario para llevar a cabo sus actividades.
- En caso de localizar fauna silvestre durante las actividades constructivas, se permitirá su desplazamiento natural y se evitará cualquier acción de captura, daño o perturbación intencional.

CONSULTA PÚBLICA

4.4.2 Matriz resumen de impactos y medidas ambientales

Con base en la identificación y evaluación de los impactos ambientales potenciales asociados a las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del proyecto, se integró la presente matriz resumen de impactos y medidas ambientales, en la cual se relacionan los componentes ambientales susceptibles de afectación, los impactos identificados, su carácter benéfico o adverso, el nivel de relevancia obtenido mediante la metodología de evaluación aplicada y las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración propuestas para su atención.

La vinculación entre los impactos identificados y las medidas ambientales correspondientes permite establecer una estrategia integral de manejo ambiental orientada a prevenir, minimizar, corregir o compensar los efectos adversos del proyecto, así como potenciar los beneficios ambientales, sociales y económicos derivados de su ejecución y operación.

En la siguiente matriz se presenta el resumen de los principales impactos ambientales asociados al proyecto y las medidas ambientales aplicables a cada uno de ellos.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 46 Medidas ambientales por impacto identificado.

Componente ambiental	Impacto	Signo	Relevancia	Medidas
Aire / Atmósfera	Incremento temporal de partículas suspendidas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) por excavaciones y manejo de materiales (PTAR, cruces especiales y celdas solares)	-	6	P1, M1
	Emisión temporal de gases de combustión por maquinaria y vehículos	-	6	P3, M1
	Generación de olores (H_2S, CH_4) por operación del RAFA, filtro percolador y manejo de lodos	-	10	P7, M5
	Emisión de biogás (metano y CO_2) derivado del sistema RAFA	-	11	P10
	Generación de bioaerosoles en el filtro percolador	-	7	P12, M9

Componente ambiental	Impacto	Signo	Relevancia	Medidas
Hidrología superficial	Interrupción temporal del flujo del cauce durante instalación del cruce especial.	-	8	P4, M2
	Incremento de sólidos suspendidos y turbidez en la barranca durante excavaciones en zona de cruce.	-	8	P4, P14, M2
	Riesgo de contaminación del cauce por derrames accidentales por parte de la maquinaria en zona de cruce.	-	9	P2,P3, M11
	Riesgo de contaminación de la barranca por ruptura o fuga en el cruce especial.	-	10	P3, M11
	Riesgo de inundación en el sitio de la PTAR por desbordamiento de la Barranca San Bartolo en época de lluvias en preparación del sitio y construcción	-	10	P4, P20
	Riesgo de inundación en el sitio de la PTAR por desbordamiento de la Barranca San Bartolo en época de lluvias en operación	-	12	P20
	Modificación temporal del cauce de la Barranca San Bartolo por obras de cruce especial.	-	8	P4, M2, R2, R3
	Riesgo de afectación a la estabilidad de taludes y márgenes de la barranca por excavaciones.	-	9	P14, M3, R3
	Mejora significativa de la calidad del agua tratada	+	12	P13
	Remoción de nutrientes (N y P) por proceso anóxico	+	11	P9
Hidrológia subterránea	Consumo temporal de agua en construcción	-	5	P15

CONSULTA PÚBLICA

Componente ambiental	Impacto	Signo	Relevancia	Medidas
	Riesgo de contaminación por derrames de combustibles o lubricantes u otras sustancias.	-	5	P2, P3
	Riesgo de fugas o infiltración en cruces especiales en preparación del sitio y construcción.	-	5	P3
	Riesgo de fugas o infiltración en cruces especiales en operación.	-	6	P3
	Riesgo por fallas operativas que afecten el destino de las aguas	-	7	P7, P9
	Riesgo por manejo inadecuado o sobredosificación de cloro	-	10	P11, P12, M8
Suelo	Alteración de propiedades físicas del suelo por excavaciones	-	6	P5, R1, P16
	Riesgo de erosión en márgenes y taludes durante la construcción de cruces especiales	-	11	P4, M3, R3
	Pérdida parcial de permeabilidad del suelo por infraestructura	-	9	P5, R1, P16
	Riesgo de contaminación por hidrocarburos u otras sustancias	-	6	P2
	Riesgo de contaminación por disposición inadecuada de lodos	-	9	P7, M6
Ruido	Incremento temporal de ruido por maquinaria y herramientas	-	6	P3, P18
	Generación de ruido continuo de baja intensidad por equipos	-	8	P3, P19

CONSULTA PÚBLICA

Componente ambiental	Impacto	Signo	Relevancia	Medidas
Residuos	Generación de residuos sólidos urbanos durante construcción	-	5	P6, M10
	Generación de residuos sólidos urbanos durante operación	-	6	P6, M10
	Generación de residuos de manejo especial	-	5	P6, M10
	Generación de lodos biológicos	-	8	P7, P20
	Generación de lixiviados por manejo de lodos	-	9	P7, M6
	Generación de residuos peligrosos por manejo de cloro	-	10	P11, M8
Flora y fauna	Afectación temporal de vegetación riparia durante la construcción de cruces especiales	-	5	P4, R2, C1
	Desplazamiento temporal de fauna	-	5	P5
	Perturbación temporal de fauna asociada al cauce	-	5	P4
	Beneficio a la biota acuática por mejora del efluente	+	12	P9, P13
Paisaje	Alteración temporal del paisaje por obras	-	5	M4
	Modificación permanente del paisaje por infraestructura	-	9	R1, C1
Infraestructura	Fortalecimiento del sistema regional de saneamiento	+	12	P13
	Interconexión sanitaria entre municipios	+	12	P13
	Incremento en la demanda de bienes y servicios durante construcción	+	8	P8
Socioeconómico	Generación de empleos temporales	+	7	P8

CONSULTA PÚBLICA

Componente ambiental	Impacto	Signo	Relevancia	Medidas
	Generación de empleos permanentes	+	8	P8
	Molestias temporales por ruido, polvo y tránsito de maquinaria	-	6	P3, P18, M1
	Molestias ocasionales por olores durante operación	-	7	P7, M5
	Mejora en la salud pública	+	12	P13
	Reactivación de la economía local	+	7	P8
Riesgo y seguridad	Riesgo asociado al manejo de biogás	-	9	P10, M7
	Riesgo asociado al manejo de sustancias químicas para desinfección	-	10	P11, M8
Salud pública	Exposición potencial a bioaerosoles	-	7	P12, M9
	Reducción de enfermedades de origen hídrico	+	12	P9, P13

.

CONSULTA PÚBLICA

La aplicación de las medidas ambientales propuestas permitirá prevenir, minimizar, restaurar o compensar los impactos adversos identificados, así como consolidar los beneficios ambientales y sociales asociados al proyecto. El seguimiento de su implementación y eficacia será realizado mediante el Programa de Vigilancia Ambiental, garantizando el cumplimiento de la normatividad ambiental aplicable y el adecuado desempeño ambiental de la infraestructura durante su vida útil.

4.5 Resumen del análisis de los impactos ambientales significativos, acumulativos, sinérgicos y residuales, considerando cómo se suman los impactos del Proyecto a los impactos existentes en la región ecológica y sus efectos, así como el resultado de la aplicación de las medidas. Incluir en los anexos específicos por sector, el análisis completo de tales impactos y de la aplicación de las medidas.

Con base en la identificación y evaluación de impactos ambientales realizada para el proyecto, se efectuó el análisis de aquellos impactos que, por sus características, magnitud, duración, extensión o interacción con otros procesos ambientales y antrópicos, pueden considerarse significativos, sinérgicos, acumulativos o residuales.

La clasificación de los impactos en estas categorías permite identificar aquellos efectos que requieren especial atención durante la implementación y operación del proyecto, así como establecer medidas específicas para su prevención, mitigación, restauración o seguimiento ambiental.

4.5.1 Impactos significativos

Se consideran impactos significativos aquellos cuya magnitud, duración o relevancia ambiental resulta superior al resto de los impactos identificados y que, por tanto, requieren medidas específicas de manejo ambiental.

Tabla 47 Impactos significativos.

Impacto significativo	Justificación
Riesgo de erosión en taludes y márgenes de la Barranca San Bartolo durante la construcción de los cruces especiales.	La intervención directa sobre el cauce y sus márgenes puede generar procesos erosivos y aporte de sedimentos si no se implementan medidas adecuadas de control y estabilización.

CONSULTA PÚBLICA

Impacto significativo	Justificación
Generación de lodos biológicos derivados de la operación del sistema RAFA.	Constituye uno de los principales residuos generados por la PTAR y requiere manejo, almacenamiento y disposición adecuados durante toda la vida útil del proyecto.
Generación de lixiviados asociados al manejo de lodos.	La infiltración o escurrimiento inadecuado puede provocar afectaciones al suelo y cuerpos de agua superficiales o subterráneos.
Riesgo asociado al manejo de biogás (metano).	La generación de biogás es inherente al proceso anaerobio y requiere sistemas de captación y manejo seguro para evitar riesgos operativos.
Riesgo asociado al manejo de sustancias químicas para desinfección.	El almacenamiento y uso de sustancias químicas representa un riesgo potencial para el personal y el ambiente en caso de fugas o derrames.
Fortalecimiento del sistema regional de saneamiento y mejora de la calidad del agua tratada.	Constituye el principal impacto positivo del proyecto debido a la reducción de cargas contaminantes y mejora de las condiciones sanitarias regionales.
Beneficio a la biota acuática por mejora del efluente.	La operación de la PTAR permitirá reducir la carga orgánica, nutrientes y otros contaminantes presentes en las aguas residuales, favoreciendo la mejora de la calidad del agua en los cuerpos receptores y contribuyendo a la conservación y recuperación de las comunidades acuáticas asociadas.

4.5.2 Impactos sinérgicos

Los impactos sinérgicos corresponden a aquellos cuya interacción con otros procesos o actividades genera efectos mayores que la suma de sus impactos individuales.

Tabla 48 Impactos sinérgicos.

Impacto sinérgico	Justificación
Mejora de la calidad del agua superficial y fortalecimiento del sistema regional de saneamiento.	La combinación del tratamiento de aguas residuales y la reducción de descargas sin tratamiento genera beneficios ambientales y sanitarios superiores a los obtenidos por cada acción de manera independiente.

CONSULTA PÚBLICA

Impacto sinérgico	Justificación
Mejora de la calidad del efluente y recuperación de las condiciones ecológicas del cuerpo receptor.	La reducción simultánea de carga orgánica, sólidos suspendidos y nutrientes mediante el tratamiento de las aguas residuales favorece la mejora integral de la calidad del agua y contribuye a la conservación de la biota acuática y de los procesos ecológicos asociados al sistema hidrológico receptor.
Reducción de enfermedades de origen hídrico y mejora de las condiciones sanitarias regionales.	La disminución de la exposición de la población a aguas residuales sin tratamiento contribuye al mejoramiento integral de la salud pública y la calidad ambiental.

4.5.3 Impactos acumulativos

Los impactos acumulativos corresponden a aquellos cuyos efectos se incrementan progresivamente debido a la interacción del proyecto con otras actividades existentes o futuras dentro del área de influencia.

Tabla 49 Impactos acumulativos.

Impacto acumulativo	Justificación
Disminución progresiva de la disponibilidad del acuífero Valle de Puebla por extracción superior a la recarga natural.	El proyecto se inserta en una región que presenta presión creciente sobre los recursos hídricos subterráneos, situación que se acumula con otros desarrollos urbanos y actividades productivas.
Modificación progresiva del paisaje por el desarrollo de infraestructura urbana y de saneamiento en la zona metropolitana de Puebla.	La incorporación de nueva infraestructura contribuye al proceso de transformación territorial ya existente en la región.
Incremento acumulativo de infraestructura hidráulica y sanitaria regional.	La PTAR forma parte del fortalecimiento progresivo de la infraestructura de saneamiento requerida por el crecimiento urbano y poblacional.
Mejora acumulativa de la calidad ambiental regional derivada del incremento en el tratamiento de aguas residuales.	La incorporación gradual de infraestructura de saneamiento genera beneficios acumulativos sobre la calidad del agua y la salud pública.

4.5.4 Impactos residuales

Los impactos residuales corresponden a aquellos que permanecen después de la aplicación de las medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación propuestas.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 50 Impactos residuales.

Impacto residual	Justificación
Modificación permanente del paisaje por la presencia de infraestructura de la PTAR y de los cruces especiales.	Aun con la implementación de medidas de integración paisajística y revegetación, la infraestructura permanecerá durante la vida útil del proyecto.
Pérdida parcial y permanente de permeabilidad del suelo en las áreas ocupadas por infraestructura.	La ocupación física del terreno implica una reducción irreversible de las áreas naturales de infiltración dentro del predio del proyecto.
Presencia permanente de ruido de baja intensidad asociado a la operación de equipos electromecánicos.	Aunque se implementen medidas de mantenimiento y control, la operación de la infraestructura genera emisiones sonoras inherentes al proceso.
Generación de olores de baja intensidad asociados a la operación del sistema RAFA y manejo de lodos.	Las medidas operativas permiten minimizar el impacto, pero no eliminar completamente la generación de olores característica de los procesos biológicos anaerobios.
Generación permanente de lodos biológicos derivados del proceso de tratamiento.	La operación de la PTAR implica la producción continua de lodos biológicos que requieren manejo, acondicionamiento y disposición o aprovechamiento conforme a la normatividad aplicable durante toda la vida útil del proyecto.

En términos generales, la mayoría de los impactos adversos identificados para el proyecto corresponden a efectos temporales, localizados y mitigables mediante la implementación de las medidas ambientales propuestas. Por otra parte, los principales impactos positivos asociados al fortalecimiento del sistema regional de saneamiento, la mejora de la calidad del agua y el reúso del efluente tratado presentan un carácter permanente y de alcance regional, por lo que se considera que el balance ambiental global del proyecto resulta favorable.

4.6 Medidas de compensación y/o restauración ambiental

Con la finalidad de restablecer las condiciones ambientales de las áreas que pudieran resultar afectadas durante la ejecución del proyecto, particularmente en las zonas asociadas a los cruces especiales sobre cuerpos de agua y cauces de jurisdicción federal, se establecieron medidas de restauración orientadas a la recuperación de la cobertura vegetal, la estabilidad física del terreno y las condiciones ecológicas del entorno intervenido.

Asimismo, en caso de que durante el desarrollo del proyecto se determine la necesidad de implementar medidas compensatorias adicionales derivadas de

CONSULTA PÚBLICA

afectaciones autorizadas a recursos naturales o ecosistemas, estas serán ejecutadas conforme a las disposiciones y condicionantes que establezca la autoridad ambiental competente.

R1. Revegetación de áreas temporalmente afectadas

Concepto	Descripción
Objetivo	Restablecer la cobertura vegetal en las áreas temporalmente afectadas durante la construcción del proyecto.
Descripción de la medida	Realizar la revegetación de las superficies intervenidas utilizando especies nativas y adaptadas a las condiciones ambientales de la región.
Ubicación	Áreas temporales de obra y superficies intervenidas dentro del predio de la PTAR y zonas auxiliares.
Etapa de aplicación	Cierre de obras y abandono de áreas temporales.
Parámetros de verificación	Superficie revegetada, porcentaje de supervivencia y registro fotográfico.

R2. Restauración de vegetación riparia

Concepto	Descripción
Objetivo	Recuperar la cobertura y funcionalidad de la vegetación riparia afectada temporalmente durante la construcción de los cruces especiales.
Descripción de la medida	Restituir la vegetación mediante la utilización de especies nativas características de la vegetación ribereña presente en la zona.
Ubicación	Márgenes de la Barranca San Bartolo y demás corrientes intervenidas por los cruces especiales.
Etapa de aplicación	Al concluir las obras correspondientes a cada cruce especial.
Parámetros de verificación	Superficie restaurada, número de individuos establecidos y evidencia fotográfica.

R3. Restitución y estabilización de márgenes y taludes

Concepto	Descripción
Objetivo	Restablecer la estabilidad física e hidráulica de las zonas intervenidas durante la construcción de los cruces especiales.
Descripción de la medida	Realizar la conformación, estabilización y protección de taludes y márgenes para prevenir procesos erosivos y arrastre de sedimentos.

CONSULTA PÚBLICA

Ubicación	Áreas de intervención asociadas a los cruces especiales sobre cuerpos de agua y cauces federales.
Etapa de aplicación	Inmediatamente después de concluir las actividades constructivas en cada cruce.
Parámetros de verificación	Ausencia de erosión, estabilidad de taludes y evidencia fotográfica.

C1. Medidas de compensación ambiental

Concepto	Descripción
Objetivo	Atender las posibles afectaciones autorizadas a recursos naturales o ecosistemas que pudieran derivarse del proyecto.
Descripción de la medida	En caso de que la autoridad ambiental determine la necesidad de implementar medidas compensatorias adicionales, estas se ejecutarán conforme a las condicionantes y términos establecidos en la autorización correspondiente.
Ubicación	Conforme a lo que determine la autoridad ambiental competente.
Etapa de aplicación	Conforme a la autorización ambiental emitida.
Parámetros de verificación	Cumplimiento de las condicionantes establecidas por la autoridad competente.

4.7 Programa de Vigilancia Ambiental

Objetivo General

Verificar la correcta implementación y eficacia de las medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación propuestas para el proyecto, con la finalidad de reducir los impactos ambientales adversos identificados y asegurar el adecuado desempeño ambiental del mismo durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento.

Objetivos específicos

- Programar y dar seguimiento a las medidas ambientales propuestas para prevenir, mitigar, restaurar o compensar los impactos ambientales identificados durante las distintas etapas del proyecto.
- Diseñar e implementar acciones de monitoreo y seguimiento de los componentes ambientales susceptibles de afectación dentro del área de influencia del proyecto.
- Establecer indicadores y parámetros de verificación que permitan evaluar el desempeño ambiental del proyecto y la eficacia de las medidas implementadas.

CONSULTA PÚBLICA

- Identificar oportunamente desviaciones respecto a las condiciones ambientales previstas y, en su caso, definir e implementar acciones correctivas adicionales.
- Garantizar el cumplimiento de la normatividad ambiental aplicable y de las condicionantes que, en su caso, establezca la autoridad competente.

Alcance del Programa de Vigilancia Ambiental

El Programa de Vigilancia Ambiental integra las medidas de seguimiento, control y verificación asociadas a los impactos ambientales identificados para las distintas etapas del proyecto y se estructura conforme a las siguientes líneas estratégicas:

- Preparación del sitio.
- Construcción.
- Operación y mantenimiento.

Responsables

La empresa promovente, a través del personal responsable de la operación del proyecto y de los contratistas que participen en las distintas etapas de ejecución, será responsable de la implementación, seguimiento y cumplimiento de las medidas establecidas en el presente Programa de Vigilancia Ambiental, así como de la protección y conservación del entorno físico, biológico y socioeconómico presente dentro del área de influencia del proyecto.

Para tal efecto, la promovente garantizará que el personal y los contratistas involucrados conozcan y apliquen las medidas ambientales, de seguridad y de prevención de riesgos establecidas para el proyecto, promoviendo el cumplimiento de la normatividad ambiental y de las mejores prácticas aplicables.

Procedimiento

Para el cumplimiento de los objetivos del presente Programa de Vigilancia Ambiental se elaboraron fichas técnicas de seguimiento para aquellos componentes ambientales e impactos considerados relevantes, significativos o susceptibles de monitoreo durante las distintas etapas del proyecto. Dichas fichas establecen los objetivos, actuaciones, sitios de inspección, periodicidad, medidas de prevención y corrección, así como los parámetros e indicadores que permitirán evaluar el desempeño ambiental del proyecto y la eficacia de las medidas implementadas.

CONSULTA PÚBLICA

MINIMIZACIÓN DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA
Objetivos
Comprobar la mínima incidencia de emisiones de polvo, partículas suspendidas, gases de combustión y olores derivados de las actividades de construcción y operación del proyecto.
Actuaciones
Verificar el mantenimiento preventivo de maquinaria y vehículos. Supervisar el humedecimiento de caminos y superficies expuestas. Verificar el uso de lonas en vehículos de transporte de materiales. Supervisar el adecuado funcionamiento del sistema RAFA y manejo de lodos para evitar generación excesiva de olores. Verificar el correcto funcionamiento del sistema de captación y desfogue de biogás
Lugar de inspección
Frentes de obra, caminos de acceso, zona de excavaciones, reactor RAFA, filtro percolador y área de manejo de lodos.
Parámetros y control de umbrales
Ausencia de nubes visibles de polvo fuera del predio. Ausencia de emisiones visibles excesivas de maquinaria. Ausencia de olores ofensivos fuera de las instalaciones. Registro de mantenimiento de equipos y maquinaria.
Periodicidad de la inspección
Las inspecciones serán semanales durante la construcción y mensuales durante la operación, incrementándose en temporadas secas o ante reportes de olores.
Medidas de prevención y corrección
P1. Delimitación de áreas de trabajo. P3. Mantenimiento preventivo de maquinaria y equipos. P7. Operación adecuada del sistema RAFA. P10. Sistema de captación y manejo de biogás. M1. Riego periódico para control de polvo. M5. Programa de limpieza y mantenimiento de unidades de tratamiento.

PROTECCIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES Y CONTROL DE SEDIMENTOS
Objetivos
Prevenir afectaciones a la calidad del agua y a la estabilidad del cauce derivadas de la construcción y operación de los cruces especiales.
Actuaciones
Supervisar la instalación y mantenimiento de barreras de retención de sedimentos. Verificar que las obras se ejecuten preferentemente durante estiaje. Revisar la estabilidad de taludes y márgenes intervenidos. Verificar la restitución del cauce y áreas afectadas.
Lugar de inspección
Cruces especiales sobre la Barranca San Bartolo y demás corrientes intervenidas, así como zonas aguas abajo
Parámetros y control de umbrales
Ausencia de arrastre visible de sedimentos. Ausencia de turbidez anormal aguas abajo. Correcta operación de barreras de control.

CONSULTA PÚBLICA

Evidencia fotográfica periódica.
Periodicidad de la inspección
Inspecciones semanales durante las obras y extraordinarias después de eventos de lluvia intensa.
Medidas de prevención y corrección
P4. Programación de obras en temporada de estiaje. P14. Instalación de barreras de retención de sedimentos. M2. Instalación y mantenimiento de barreras de control de sedimentos. M3. Estabilización temporal de taludes. R2. Restauración de vegetación riparia. R3. Restitución y estabilización de márgenes y taludes.

PROTECCIÓN DEL SUELO Y DEL AGUA SUBTERRÁNEA
Objetivos
Evitar la contaminación del suelo y del acuífero derivada del manejo de combustibles, lubricantes, lodos y sustancias químicas.
Actuaciones
Supervisar áreas de almacenamiento de combustibles y reactivos. Verificar la disponibilidad de material absorbente para derrames. Revisar el estado de recipientes y contenedores. Supervisar el manejo y disposición de lodos y residuos peligrosos.
Lugar de inspección
Zonas donde se ubique la maquinaria, almacenes temporales, área de lodos y zona operativa de la PTAR.
Parámetros y control de umbrales
Ausencia de derrames. Ausencia de infiltraciones visibles. Existencia de registros de manejo de residuos. Disponibilidad de kits de atención a derrames.
Periodicidad de la inspección
Inspecciones semanales durante construcción y mensuales durante operación.
Medidas de prevención y corrección
P2. Almacenamiento seguro de combustibles. P3. Mantenimiento preventivo de maquinaria. P7. Manejo adecuado de lodos. P11. Manejo seguro de sustancias químicas. M6. Recirculación de lixiviados. M8. Atención a contingencias químicas.

CONSULTA PÚBLICA

MANEJO DE RESIDUOS
Objetivos
Garantizar el manejo adecuado de los residuos generados durante las diferentes etapas del proyecto.
Actuaciones
Supervisar la separación y clasificación de residuos. Verificar el almacenamiento temporal adecuado. Revisar la entrega a empresas autorizadas. Supervisar el manejo y acondicionamiento de lodos biológicos.
Lugar de inspección
Frentes de obra, almacenes temporales y área de manejo de lodos.
Parámetros y control de umbrales
Ausencia de acumulación de residuos. Existencia de manifiestos y comprobantes de disposición. Registros de generación y disposición de lodos. Correcta segregación de residuos.
Periodicidad de la inspección
Inspecciones semanales durante construcción y mensuales durante operación.
Medidas de prevención y corrección
P6. Programa de manejo integral de residuos. P7. Manejo adecuado de lodos. M6. Recirculación de lixiviados. M10. Separación y disposición adecuada de residuos.

CONTROL DE RUIDO Y VIBRACIONES
Objetivos
Reducir las molestias ocasionadas por las emisiones sonoras generadas durante la construcción y operación del proyecto.
Actuaciones
Verificar el mantenimiento de maquinaria y equipos. Supervisar el cumplimiento de horarios de trabajo. Revisar el aislamiento acústico de equipos electromecánicos.
Lugar de inspección
Frentes de obra y áreas operativas de la PTAR.
Parámetros y control de umbrales

CONSULTA PÚBLICA

CONTROL DE RUIDO Y VIBRACIONES
Presencia de niveles de ruido dentro de los límites permisibles. Presencias de quejas vecinales por ruido. Registros de mantenimiento. Cumplimiento de horarios autorizados.
Periodicidad de la inspección
Inspecciones semanales durante construcción y trimestrales durante operación.
Medidas de prevención y corrección
P3. Mantenimiento preventivo de maquinaria. P18. Horarios de trabajo adecuados. P19. Mantenimiento y aislamiento acústico de equipos.

RESTAURACIÓN DE ÁREAS INTERVENIDAS
Objetivos
Garantizar la recuperación ambiental de las áreas temporalmente afectadas por la ejecución de las obras.
Actuaciones
Supervisar la revegetación de áreas intervenidas. Verificar la estabilidad de taludes y márgenes. Evaluar el establecimiento de la cobertura vegetal.
Lugar de inspección
Áreas temporalmente afectadas y zonas de cruces especiales.
Parámetros y control de umbrales
Superficie restaurada. Supervivencia de la vegetación establecida. Ausencia de procesos erosivos.
Periodicidad de la inspección
Mensual durante el primer año posterior a la conclusión de las obras.
Medidas de prevención y corrección
R1. Revegetación con especies nativas. R2. Restauración de vegetación riparia. R3. Restitución y estabilización de márgenes y taludes.

CONSULTA PÚBLICA

VIGILANCIA DE LA OPERACIÓN DE LA PTAR Y CALIDAD DEL EFLUENTE
Objetivos
Garantizar el correcto funcionamiento del sistema de tratamiento y el cumplimiento de la calidad del agua tratada conforme a la normatividad aplicable.
Actuaciones
Verificar la operación del reactor RAFA y unidades complementarias. Supervisar la calidad del agua tratada. Revisar registros operativos y de mantenimiento. Implementar acciones correctivas en caso de desviaciones.
Lugar de inspección
Instalaciones de la PTAR y punto de descarga o reúso del efluente.
Parámetros y control de umbrales
Cumplimiento de los límites establecidos en la autorización correspondiente. Resultados de laboratorio. Registros operativos de la planta. Número de incidencias operativas registradas.
Periodicidad de la inspección
Monitoreo operativo continuo y verificaciones mensuales de cumplimiento.
Medidas de prevención y corrección
P7. Operación adecuada del sistema RAFA. P9. Cumplimiento permanente de la calidad del efluente. P13. Operación continua y eficiente del sistema.

SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL
Objetivos
Proteger la integridad del personal y minimizar riesgos asociados al manejo de biogás, sustancias químicas y bioaerosoles.
Actuaciones
Supervisar el uso de equipo de protección personal. Verificar el cumplimiento de procedimientos de seguridad. Capacitar al personal en atención a emergencias. Mantener actualizados los planes de contingencia.
Lugar de inspección
Instalaciones operativas de la PTAR y áreas de mantenimiento.
Parámetros y control de umbrales
Uso adecuado de EPP. Número de incidentes registrados. Evidencia de capacitaciones. Actualización del plan de contingencias.
Periodicidad de la inspección

CONSULTA PÚBLICA

SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL
Mensual durante operación y extraordinaria en caso de incidentes.
Medidas de prevención y corrección
P10. Manejo seguro de biogás. P11. Manejo seguro de sustancias químicas. P12. Uso de equipo de protección personal. M7. Atención de contingencias relacionadas con biogás. M8. Atención de contingencias químicas. M9. Control sanitario y limpieza de áreas operativas.

Las fichas de vigilancia ambiental presentadas constituyen los instrumentos de seguimiento y control mediante los cuales se verificará la correcta implementación y eficacia de las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración propuestas para el proyecto. Su aplicación permitirá identificar oportunamente desviaciones respecto a las condiciones ambientales previstas, implementar acciones correctivas cuando resulte necesario y garantizar el cumplimiento de la normatividad ambiental aplicable durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento de la infraestructura.

Asimismo, el Programa de Vigilancia Ambiental contribuirá a asegurar el adecuado desempeño ambiental del proyecto, favoreciendo la protección de los recursos naturales, la conservación de los ecosistemas asociados y la permanencia de los beneficios ambientales y sanitarios derivados del sistema de tratamiento de aguas residuales.

4.8 Conclusiones

Del análisis desarrollado en el presente estudio se concluye que el proyecto genera impactos positivos de carácter permanente y alcance regional: el fortalecimiento del sistema de saneamiento del municipio de Amozoc de Mota, la reducción de descargas de aguas residuales crudas a cuerpos receptores, la mejora de la calidad del agua superficial, la disminución de riesgos sanitarios asociados a la exposición de la población a aguas negras, y el aprovechamiento del efluente tratado como fuente de agua de reúso, lo que reduce la presión sobre fuentes de abastecimiento convencionales en la región.

Escenario tendencial frente al escenario con proyecto

De mantenerse el escenario tendencial sin proyecto, la región continuaría recibiendo descargas de aguas residuales no tratadas o parcialmente tratadas hacia el sistema de barrancas y cuerpos receptores locales, profundizando el deterioro de la calidad del agua, la pérdida de servicios ambientales hidrológicos y los riesgos sanitarios para la población asentada en el área de influencia. Frente a ello, la implementación del proyecto con la aplicación estricta de las medidas de

CONSULTA PÚBLICA

prevención, mitigación, compensación y restauración descritas revierte esta tendencia, sustituyendo una fuente activa de contaminación por una infraestructura de saneamiento controlada y normativamente regulada (NOM-001-SEMARNAT-2021 y NOM-003-SEMARNAT-1997).

Conclusión de viabilidad

Con base en el análisis integral de los componentes ambientales de la región, la identificación y evaluación de los impactos ambientales del proyecto, y la valoración de las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración propuestas, se concluye que:

El proyecto "Construcción y Operación de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y Cruces Especiales en Zona Federal" es ambientalmente viable, toda vez que:

No implica cambio de uso de suelo forestal, al desarrollarse sobre un predio previamente transformado a agricultura de temporal.

No presenta afectación directa a Áreas Naturales Protegidas federales, estatales o sitios Ramsar.

Los impactos adversos identificados son mayoritariamente temporales, de baja a moderada magnitud, y cuentan con medidas específicas de prevención, mitigación y seguimiento.

Los impactos residuales remanentes son consistentes con la naturaleza de la infraestructura de saneamiento y no comprometen la integridad de los componentes ambientales relevantes de la región ecológica.

Los beneficios ambientales y sanitarios derivados de la operación del proyecto —mejora de la calidad del agua, reducción de riesgos a la salud pública y fortalecimiento de la infraestructura regional de saneamiento— son de carácter permanente y superan, en balance, a los impactos adversos generados.

CONSULTA PÚBLICA

4.9 Glosario de Términos

Adaptación: Medidas y ajustes en sistemas humanos o naturales, como respuesta a estímulos climáticos, proyectados o reales, o sus efectos, que pueden moderar el daño o aprovechar sus aspectos beneficiosos.

Adaptación al cambio climático: La capacidad de adaptación, definida como la habilidad de un sistema para ajustarse al cambio climático (incluida la variabilidad del clima y sus extremos) para moderar daños posibles, aprovecharse de oportunidades o enfrentarse a las consecuencias, será el mecanismo para reducir la vulnerabilidad en México.

Arrecife: Banco formado en el mar por rocas, puntas de roca o políperos y llega casi a flor de agua.

Banco de material: Sitio donde se encuentran acumulados en estado natural, los materiales que utilizarán en la construcción de una obra.

Batimetría: Representación gráfica de las curvas de igual profundidad.

Braza: Medida de longitud usada en la marina equivalente a 1.829 metros del sistema inglés, 1.624 metros del francés; y 1.671 metros del español.

Beneficioso o perjudicial: Positivo o negativo.

Calado: Profundidad a la cual se sumerge el barco en el agua, marcada siempre en números en proa y popa del barco; el máximo calado permitido del buque está indicado por la línea de máxima de inmersión.

Cambio Climático: Variación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables.

Componentes ambientales críticos: Serán definidos de acuerdo con los siguientes criterios: fragilidad, vulnerabilidad, importancia en la estructura y función del sistema, presencia de especies de flora, fauna y otros recursos naturales considerados en alguna categoría de protección, así como aquellos elementos de importancia desde el punto de vista cultural, religioso y social.

Componentes ambientales relevantes: Se determinarán sobre la base de la importancia que tienen en el equilibrio y mantenimiento del sistema, así como por las interacciones proyecto ambiente previstas.

Contingencias ambientales: Situación de riesgo derivado de actividades humanas o de fenómenos naturales que pueden poner en peligro a uno o varios ecosistemas.

CONSULTA PÚBLICA

Daño ambiental: Es el que ocurre sobre algún elemento ambiental a consecuencia de un impacto ambiental adverso.

Daño a los ecosistemas: Es el resultado de uno o más impactos ambientales sobre uno o varios elementos ambientales o procesos del ecosistema que desencadenan un desequilibrio ecológico.

Daño grave al ecosistema: Es aquel que propicia la pérdida de uno o varios elementos ambientales, que afecta la estructura o función, o que modifica las tendencias evolutivas o sucesionales del ecosistema.

Dársena: Parte interior y resguardada de un puerto, en donde las embarcaciones realizan operaciones de maniobrabilidad.

Deforestación: Destrucción de la superficie forestal causada por la acción del hombre sobre la naturaleza, principalmente debido a las talas o quemas realizadas por la industria maderera, así como por la obtención de suelo para la agricultura, minería y ganadería.

Degradación: Reducción del contenido de carbono en la vegetación natural, ecosistemas o suelos, debido a la intervención humana, con relación a la misma vegetación ecosistemas o suelos, si no hubiera existido dicha intervención.

Desequilibrio ecológico grave: Alteración significativa de las condiciones ambienta- les en las que se prevén impactos acumulativos, sinérgicos y residuales que ocasionarían la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas.

Desmonte: Remoción de la vegetación existente en las áreas destinadas a la instalación de la obra.

Draga: Barco provisto de maquinaria especial para extraer materiales sólidos de los fondos o lechos marinos, en los canales de los puertos, ríos y esteros a fin de mantener las profundidades adecuadas.

Dragado: Acción de ahondar y limpiar de fango y arena los puertos, esteros, lagunas costeras, ríos, canales.

Duración: El tiempo de duración del impacto; por ejemplo, permanente o temporal.

Ecosistema costero: La franja en la cual el medio marino y terrestre adyacente se constituyen en un sistema cuyos elementos interactúan entre sí, comprendiendo la transición física entre la tierra y el mar, los ecosistemas terrestres adyacentes que afectan el mar a través de los flujos biológicos como el flujo de nutrientes y energía y los ecosistemas marinos afectados por su proximidad, tales como lagunas costeras, estuarios, manglares, dunas y playa.

CONSULTA PÚBLICA

Embarcación: Barco, nave, vehículo para la navegación por agua.

Escollera: Rompeolas, obra de resguardo en los puertos, hecha con rocas arrojadas sin orden al fondo del agua, para defender de la mar de fuera una cala, puerto o ensenada.

Especies de difícil regeneración: Las especies vulnerables a la extinción biológica por la especificidad de sus requerimientos de hábitat y de las condiciones para su reproducción.

Espigón: Trozo de muelle que se deriva de otro principal para aumentar el abrigo de un puerto.

Impacto ambiental: Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza.

Impacto ambiental residual: El impacto que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación.

Impacto ambiental significativo o relevante: Aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales.

Importancia: Indica qué tan significativo es el efecto del impacto en el ambiente. Para ello se considera lo siguiente:

a) La condición en que se encuentran el o los elementos o componentes ambientales que se verán afectados.

b) La relevancia de la o las funciones afectadas en el sistema ambiental.

c) La calidad ambiental del sitio, la incidencia del impacto en los procesos de deterioro.

d) La capacidad ambiental expresada como el potencial de asimilación del impacto y la de regeneración o autorregulación del sistema.

e) El grado de concordancia con los usos del suelo y/o de los recursos naturales actuales y proyectados.

Indicadores: Es un valor observado representativo de un fenómeno determinado. En general, los indicadores cuantifican la información mediante la agregación de múltiples y diferentes datos. La información resultante se encuentra pues sintetizada. En resumen, los indicadores simplifican una información que puede ayudar a revelar fenómenos complejos.

CONSULTA PÚBLICA

Índices: Valor cuantitativo en el monitoreo de cambios en los extremos del clima, estos son calculados a partir de las series de datos observados de temperatura y precipitación.

Instalaciones turísticas: Toda construcción y/o equipamiento cuya función es facilitar la práctica de actividades netamente turísticas dentro de los desarrollos inmobiliarios turísticos.

Irreversible: Aquel cuyo efecto supone la imposibilidad o dificultad extrema de retornar por medios naturales a la situación existente antes de que se ejecutara la acción que produce el impacto.

Magnitud: Extensión del impacto con respecto al área de influencia a través del tiempo, expresada en términos cuantitativos.

Medidas de prevención: Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para evitar efectos previsibles de deterioro del ambiente.

Medidas de mitigación: Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para atenuar el impacto ambiental y restablecer o compensar las condiciones ambienta les existentes antes de la perturbación que se causará con la realización de un proyecto en cualquiera de sus etapas.

Mitigación del cambio climático: Medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero por fuente y/o de incrementar la eliminación de carbono mediante sumideros (FAO).

Muelle: Estructura edificada en la orilla del mar, de un estero o laguna costera, de un río o dentro de algún cuerpo de agua continental, para permitir el atraque de las embarcaciones y poder efectuar carga y descarga de mercancía o personas.

Naturaleza del impacto: Se refiere al efecto benéfico o adverso de la acción sobre el ambiente.

Planes de seguridad hídrica local: La capacidad de una determinada población para salvaguardar el acceso a cantidades adecuadas de agua de calidad aceptable, que permita sustentar tanto la salud humana como la del ecosistema, basándose en las cuencas hidrográficas, así como garantizar la protección de la vida y la propiedad contra riesgos relacionados con el agua – inundaciones, derrumbes, subsidencia de suelos y sequías.

Relleno: Conjunto de operaciones necesarias para depositar materiales en una zona terrestre generalmente baja.

Reversibilidad: Ocurre cuando la alteración causada por impactos generados por la realización de obras o actividades sobre el medio natural puede ser asimilada

CONSULTA PÚBLICA

por el entorno debido al funcionamiento de procesos naturales de la sucesión ecológica y de los mecanismos de autodepuración del medio.

Sistema ambiental: Es la interacción entre el ecosistema (componentes abióticos y bióticos) y el subsistema socioeconómico (incluidos los aspectos culturales) de la zona donde se pretende establecer el proyecto.

Susceptibilidad: indica la probabilidad que algo suceda, está vinculado a aquello capaz de ser modificado o de recibir impresión por algo o alguien.

Urgencia de aplicación de medidas de mitigación: Rapidez e importancia de las medidas correctivas para mitigar el impacto, considerando como criterios si el impacto sobrepasa umbrales o la relevancia de la pérdida ambiental, principalmente cuando afecta las estructuras o funciones críticas.

Vegetación forestal: El conjunto de plantas y hongos que crecen y se desarrollan en forma natural, formando bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, y otros ecosistemas, dando lugar al desarrollo y convivencia equilibrada de otros recursos y procesos naturales.

Vulnerabilidad: Nivel a que un sistema es susceptible, o no es capaz de soportar los efectos adversos del Cambio Climático, incluida la variabilidad climática y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad está en función del carácter, magnitud y velocidad de la variación climática a la que se encuentra expuesto un sistema, su sensibilidad, y su capacidad de adaptación.

Zona de tiro: Área destinada al depósito del material dragado en el continente.

4.10 Referencias bibliográficas

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2009. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Valle de Puebla (2104). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Ciudad de México.

Diario Oficial de la Federación (DOF). 1967. Decreto por el que se establece veda para el alumbramiento de aguas del subsuelo en la zona meridional del estado de Puebla. 15 de noviembre de 1967.

Diario Oficial de la Federación (DOF). 2000. Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental. 30 de mayo de 2000. Ciudad de México.

Gutiérrez Pacheco, V., S.E. Silva Gómez y L.L. Varela Olguín. 2021. Flora del bosque de encino (Quercus: Fagaceae) de dos barrancas de la ciudad de Puebla, México. Madera y Bosques, 27(1): e2712113. doi:10.21829/myb.2021.2712113

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2020. Censo de Población y Vivienda 2020. Amozoc, Puebla.

CONSULTA PÚBLICA

Secretaría de Medio Ambiente, Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial (SMADSOT). 2020. Estudio Técnico Justificativo para el Establecimiento del Área Natural Protegida Flor del Bosque. Gobierno del Estado de Puebla. Diciembre 2020.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2010. NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental — Especies nativas de México de flora y fauna silvestres. DOF 30/12/2010.

U.S. Bureau of Land Management (BLM). 1980. Visual Resource Management System. U.S. Department of the Interior. Washington, D.C.

CONSULTA PÚBLICA