RESUMEN EJECUTIVO

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL (MIA-R)

Del proyecto:

“Construcción, Mantenimiento, Rehabilitación y Operación del Acueducto Sustituto Chapala-Guadalajara”

Estado de Jalisco — Municipios de Chapala, Ixtlahuacán de los Membrillos, Tlajomulco de Zúñiga y San Pedro Tlaquepaque

Promovente:

Comisión Estatal del Agua de Jalisco (CEA)

Responsable técnico del estudio:

Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV

Contenido

1. Descripción general del proyecto....3
2. Características y dimensiones ambientales relevantes del proyecto....6
3. Vinculación con los ordenamientos jurídicos aplicables....8
4. Región Ecológica....15
5. Caracterización ambiental....16
6. Muestreos de flora y fauna....20
7. Diversidad biológica....22
8. Diagnóstico ambiental y problemática ambiental existente....23
9. Incidencia del proyecto dentro de la Región Ecológica....25
10. Identificación y evaluación de los impactos ambientales....26
11. Impactos ambientales existentes en la Región Ecológica....28
12. Impactos ambientales del proyecto....28
13. Impactos significativos, sinérgicos, acumulativos y residuales....32
14. Delimitación del Área de Influencia....34
15. Medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración....35
16. Estrategia de manejo ambiental....38
17. Medidas de compensación y restauración....38
18. Pronóstico ambiental....39
19. Integración ambiental del proyecto....39
20. Conclusión....40

Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV
Av. Copérnico #1301 int. 23, Col. Residencial Moctezuma Poniente
Zapopan, Jalisco. CP 45053
33-3171-1782 - tpg.factura@gmail.com

1. Descripción general del proyecto

1.1 Identificación del proyecto y del promovente

El proyecto "Construcción, Mantenimiento, Rehabilitación y Operación del Acueducto Sustituto Chapala-Guadalajara" consiste en la sustitución progresiva de la infraestructura de conducción de agua potable que actualmente abastece al Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) a partir del Lago de Chapala. El promovente es la **Comisión Estatal del Agua de Jalisco (CEA)** (RFC CEA070225JK4), organismo público descentralizado del Gobierno del Estado de Jalisco. El responsable técnico de la elaboración del estudio de impacto ambiental es **Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV**.

1.2 Ubicación del proyecto

El trazo del acueducto se ubica íntegramente en el **Estado de Jalisco**, atravesando cuatro municipios: **Chapala, Ixtlahuacán de los Membrillos, Tlajomulco de Zúñiga y San Pedro Tlaquepaque**. El punto de inicio se localiza en la ribera norte del Lago de Chapala, en el municipio de Chapala, y el punto final corresponde al tanque de entrega existente, dentro de la infraestructura ya operada por la CEA para el abastecimiento del AMG.

El trazo del proyecto atraviesa principalmente terrenos agrícolas y, de manera esporádica, pequeñas localidades hasta su terminación en el sur del Área Metropolitana de Guadalajara. El entorno colindante al proyecto se caracteriza de la siguiente manera:

Rumbo	Tipo de urbanización	Impactos previstos
Norte	Zona urbana en el tramo final de la línea de gravedad	Durante preparación y construcción: partículas suspendidas, ruido, posibles interrupciones temporales al tránsito
Sur	Zona rural (agrícola) en el tramo inicial de la línea de impulsión	Durante preparación y construcción: partículas suspendidas, ruido
Este	Predominantemente agrícola, con algunos tramos por pequeñas localidades	Durante preparación y construcción: partículas suspendidas, ruido
Oeste	Predominantemente agrícola, con algunos tramos por pequeñas localidades	Durante preparación y construcción: partículas suspendidas, ruido

1.3 Naturaleza y objetivo del proyecto

El objetivo del proyecto es sustituir la línea de conducción de agua cruda actualmente en operación —con más de tres décadas de antigüedad y con pérdidas físicas estimadas del orden del 25 % de su capacidad— por una nueva tubería que permita conducir el mismo volumen concesionado del Lago de Chapala (7.5 m³/s, 236.52 hm³/año) con mayor eficiencia hidráulica, sin incrementar el volumen de extracción actualmente autorizado por el título de concesión vigente ante la Comisión Nacional del Agua.

Justificación del proyecto

La relevancia del proyecto se sustenta en tres consideraciones principales:

Fragilidad del sistema actual y necesidad de redundancia hídrica. El Sistema Chapala es la fuente de abastecimiento más crítica para la región, al cubrir por sí solo el 62.43 % de la población servida del Área Metropolitana de Guadalajara. La infraestructura actual, en operación desde 1992, acumula más de tres décadas de operación continua con limitadas

Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV
Av. Copérnico #1301 int. 23, Col. Residencial Moctezuma Poniente
Zapopan, Jalisco. CP 45053
33-3171-1782 - tpg.factura@gmail.com

acciones preventivas y un notable deterioro estructural, lo que representa un alto riesgo logístico. La construcción del acueducto sustituto se plantea como un sistema espejo que permitirá realizar mantenimiento correctivo o preventivo en la línea existente sin necesidad de suspender el suministro de agua a la ciudad, eliminando la vulnerabilidad de depender de una única línea de conducción.

Crecimiento demográfico y expansión de la ciudad. El Área Metropolitana de Guadalajara, la segunda metrópoli más grande del país, comprende nueve municipios cuya población pasará de poco más de 5.91 millones de habitantes en 2020 a 6.43 millones proyectados para 2030, de acuerdo con los datos de planeación hídrica. Como consecuencia de este crecimiento, la demanda total de agua potable de la ciudad aumentará de 12.74 m³/s requeridos en 2020 a 15.64 m³/s proyectados para el año 2040, por lo que el nuevo acueducto se considera indispensable para asegurar el abasto continuo en cantidad y presión ante esta demanda creciente.

Agotamiento de acuíferos locales y optimización operativa del servicio. La explotación de fuentes subterráneas en el Área Metropolitana de Guadalajara ha llegado a un punto crítico: la práctica totalidad de los principales acuíferos de la zona registran un balance con disponibilidad media anual negativa, con los casos más severos concentrados en los acuíferos de Toluquilla y Atemajac. Ante esta condición, optimizar el aprovechamiento de la fuente superficial del Lago de Chapala mediante una conducción más eficiente contribuye a aliviar la presión sobre los pozos profundos de la región.

Selección del sitio

El trazo del se proyectó para correr de forma paralela al lado opuesto del derecho de vía del acueducto existente, evitando afectaciones a predios agrarios o urbanos: al utilizar una franja de terreno que legalmente ya está destinada a la conducción de agua, se elimina la necesidad de realizar expropiaciones, comprar terrenos privados o negociar la liberación de derechos de vía. Desde el punto de vista técnico e hidráulico, el trazo permite una interconexión directa desde la estación de bombeo actual con los puntos terminales de entrega en la ciudad sin alterar drásticamente la logística operativa de las plantas de bombeo, y el uso de una topografía previamente estudiada facilita la modelación hidráulica de las líneas de impulsión y gravedad.

Los principales criterios ambientales considerados en la selección del trazo son los siguientes:

Aspecto	¿Afecta el proyecto?	¿Se contemplan medidas de mitigación?
Desvío de escorrentías y cuerpos de agua	No	No aplica
Contaminación de cuerpos de agua por descargas sin tratar	No	No aplica
Generación de una capa impermeable en el terreno	Sí	Sí
Obras de infiltración o recuperación de agua subterránea	No	No aplica
Diseño con la menor cantidad de cortes y nivelaciones	Sí	Sí
Ubicación dentro de un ANP o polígono de importancia ambiental	Sí	Sí
Remoción de vegetación natural	Sí	Sí
Reforestación y recuperación de áreas verdes	Sí	Sí
Barrera física para la fauna en un corredor ecológico municipal	No	No aplica

Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV
Av. Copérnico #1301 int. 23, Col. Residencial Moctezuma Poniente
Zapopan, Jalisco. CP 45053
33-3171-1782 - tpg.factura@gmail.com

Aspecto	¿Afecta el proyecto?	¿Se contemplan medidas de mitigación?
Medidas para disminución y contención de emisiones	Sí	Sí
Sitios de disposición final de residuos disponibles en los municipios	Sí	Sí

1.4 Descripción general de las obras

El proyecto consiste en una tubería de acero ASTM A53 de 96 pulgadas de diámetro, con una longitud total de **42.38 km (42,380 m)**, dividida en dos tramos operativos:

- **Línea de impulsión (bombeo):** 25.92 km, desde el canal de llamada en el Lago de Chapala hasta el tanque de cambio de régimen.
- **Línea por gravedad:** 16.46 km, desde el tanque de cambio de régimen hasta el tanque de entrega existente.

Obras principales

- **Estación de bombeo:** ampliación de la estación de bombeo existente en la ribera del Lago de Chapala, incluyendo equipos de bombeo vertical de gran capacidad, subestación eléctrica y sistema de control, diseñada para operar de forma continua aproximadamente 18 horas al día y conducir el volumen concesionado a través de la línea de impulsión. Debido a la elección de bombas de tipo sumergible, se requiere la adecuación del cárcamo de bombeo del Canal de Llamada Chapala, consistente en un cajón de concreto armado impermeable y subterráneo, con losa de fondo y muros deflectores para evitar vórtices hidráulicos, lo que evita la necesidad de construir una casa de máquinas techada. La estación alojará bombas centrífugas sumergibles modelo INDAR UGP-4810, en un arreglo de cuatro equipos en operación más un equipo de respaldo y una bomba adicional de reserva tipo booster; cada equipo tendrá una capacidad nominal de bombeo de 2,000 litros por segundo, una carga dinámica total de 120.80 metros de columna de agua y una potencia aproximada de 3,855 HP.
- **Tanque de oscilación:** estructura de 315 m², ubicada en el cadenamiento km 8+780 de la línea de impulsión, cuya función es amortiguar las sobrepresiones (golpe de ariete) generadas por el arranque y paro de los equipos de bombeo, actuando como un elemento de protección hidráulica del sistema. Este tanque trabaja de manera coordinada con las cámaras de aire (o cámaras de ariete), construidas adyacentes a la estación de bombeo en el km 0+000 para proteger de forma inmediata la zona de descarga de las bombas; el arreglo de cámaras de aire se compone de 5 unidades operativas más una de reserva (5+R), cada una con un diámetro de 3.50 m y una altura de 18 m, que alojan un volumen inicial de 182 m³ de aire comprimido sobre el agua. Ambos dispositivos absorben y disipan las ondas de sobrepresión y vacío generadas ante un paro imprevisto de los equipos de bombeo, protegiendo la tubería de acero de posibles rupturas o colapsos.
- **Tanque de cambio de régimen:** estructura de 1,680 m², ubicada al final de la línea de impulsión, en la cual el flujo transita de conducción a presión (impulsión) a conducción por gravedad, incorporando cajas de desfogue, válvulas de control y demás estructuras hidráulicas necesarias para regular las variaciones de presión, velocidad y caudal propias del cambio de régimen de flujo.
- **Ampliación del tanque de entrega:** obra complementaria en el punto final de la línea por gravedad, donde se incorpora una caja de operación de válvulas con tres válvulas de control para la regulación del flujo de entrega.
- **Atraques de concreto:** estructuras de anclaje en cambios de dirección y pendiente de la tubería.
- **Cajas de válvulas:** distribuidas a lo largo del trazo, incluyendo válvulas de admisión y expulsión de aire (VAEA) en los puntos altos del perfil, válvulas de desfogue en los puntos bajos, y válvulas mariposa de gran diámetro (36 a 96 pulgadas) operadas de forma remota mediante actuadores eléctricos, controladas desde una subestación de control.

Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV
Av. Copérnico #1301 int. 23, Col. Residencial Moctezuma Poniente
Zapopan, Jalisco. CP 45053
33-3171-1782 - tpg.factura@gmail.com

- **Sistema de telemetría:** red de monitoreo y control remoto de las condiciones hidráulicas de la conducción (presión, caudal, estado de válvulas) y de las estaciones de bombeo.

Obras temporales

Durante la etapa de construcción se habilitarán campamentos, patios de maniobras, almacenes temporales de tubería y materiales, y caminos de acceso a los frentes de obra, los cuales serán desmantelados y, en su caso, restaurados al concluir esta etapa.

1.5 Etapas y duración del proyecto

Conforme al Programa General de Trabajo, el proyecto contempla las siguientes etapas:

Etapa	Duración
Preparación del sitio	6 meses
Construcción	30 meses
Operación y mantenimiento	600 meses (≈ 50 años, vida útil de diseño)
Cierre, abandono y restauración	24 meses

El proyecto contempla la apertura simultánea de **9 frentes de obra** a lo largo del trazo, con el propósito de reducir el tiempo total de ejecución y minimizar el periodo de afectación en cada tramo.

1.6 Inversión

La inversión total del proyecto asciende a **$9,331,000,000.00 M.N. (IVA incluido)**, integrada por los conceptos de línea de impulsión, línea por gravedad, estación de bombeo y predios. El costo de las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración ambiental asciende a **$24,182,000.00 M.N.**, incluido dentro del presupuesto general del proyecto.

1.7 Tabla resumen de características del proyecto

Concepto	Preparación y construcción	Operación
Consumo de energía eléctrica	≈ 2,500 MWh (total de la etapa)	70–90 GWh/año
Consumo de agua	333,557 m³ (total de la etapa)	50 l/día (uso doméstico del personal)
Emisiones de gases de efecto invernadero	≈ 1,082.3 t CO_2e (total de la etapa)	25,000–40,000 t CO_2e/año
Generación de residuos peligrosos	1,120.3 kg (total de la etapa)	≈ 1 kg/mes
Generación de residuos de manejo especial	298,855 t (total de la etapa, incluye material de excavación)	No aplica
Generación de residuos sólidos urbanos	153 t (total de la etapa)	0.59 t/mes
Descarga de agua residual	10,200 l (total de la etapa)	55,000 l/mes

Esta tabla resume las principales cantidades de consumo, emisión y generación de residuos del proyecto, diferenciadas entre la etapa de preparación del sitio y construcción, y la etapa de operación y mantenimiento.

Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV
Av. Copérnico #1301 int. 23, Col. Residencial Moctezuma Poniente
Zapopan, Jalisco. CP 45053
33-3171-1782 - tpg.factura@gmail.com

2. Características y dimensiones ambientales relevantes del proyecto

2.1 Superficies del proyecto

Las principales dimensiones ambientales asociadas a las obras son las siguientes:

Concepto	Superficie
Superficie de intervención (franja de obra, 16.5 m de ancho)	701,265 m² (70.13 ha)
Franja de desmonte (remoción de vegetación, 6.5 m de ancho)	27.55 ha
Vegetación leñosa a remover dentro de la franja de desmonte	4.37 ha (15.9 % de la franja de desmonte)

2.2 Excavación y movimiento de tierras

La profundidad de la cepa para el alojamiento de la tubería varía de 3 a 6 m, con un promedio de 4.5 m. El volumen total de excavación estimado para la línea de conducción es de **432,487.9 m³**.

2.3 Consumo de agua

Durante la etapa de construcción se estima un consumo de **333,557 m³** de agua, destinada principalmente a pruebas hidrostáticas de la tubería, control de polvo y compactación. Durante la operación, el consumo de agua para uso doméstico del personal se estima en 50 l/día, cifra que no debe confundirse con el volumen conducido por el acueducto.

Para la etapa de preparación y construcción se consideró un requerimiento de riego de un litro de agua por metro cuadrado para la prevención de dispersión de partículas suspendidas, con una frecuencia de tres veces por semana, suministrado mediante contratos con empresas proveedoras de agua tratada, priorizando plantas de tratamiento cercanas al trazo. Para la etapa operativa se consideró un consumo estimado de 200 litros de agua por persona al día, con un estimado de 17 personas laborando en todo momento (50 trabajadores en 3 turnos), lo que resulta en un requerimiento aproximado de 3,400 litros por día.

Etapa	Fuente de abastecimiento	Cantidad requerida (m³)
Preparación	Pipa (agua tratada) y empresas proveedoras	54,091
Construcción	Pipa (agua tratada) y empresas proveedoras	279,455
Operación	Toma municipal	50/día

2.4 Servicios requeridos para el proyecto

Servicio	Necesidad del proyecto	Proveedor
Agua potable	Necesario	Privado
Agua tratada para riego de áreas	Necesario	Privado
Electrificación	Necesario	Privado

Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV
Av. Copérnico #1301 int. 23, Col. Residencial Moctezuma Poniente
Zapopan, Jalisco. CP 45053
33-3171-1782 - tpg.factura@gmail.com

Servicio	Necesidad del proyecto	Proveedor
Recolección de residuos (RSU, RME y RP)	Necesario	Privado
Servicio de sanitarios portátiles	Necesario	Privado

2.5 Volumen a conducir en la etapa de operación

El acueducto se diseñó con una capacidad hidráulica de hasta **10.0 m³/s**. La extracción del Lago de Chapala está amparada por el título de concesión vigente de **7.5 m³/s (236.52 hm³/año)**, sin que el proyecto implique un incremento respecto al volumen actualmente autorizado.

2.6 Energía eléctrica

El consumo de energía eléctrica durante la construcción se estima en aproximadamente 2,500 MWh. Durante la operación, asociado principalmente al funcionamiento de la estación de bombeo, el consumo se estima entre 70 y 90 GWh/año.

2.7 Emisiones atmosféricas

Las emisiones de gases de efecto invernadero se estiman en aproximadamente 1,082.3 t CO_2e durante la etapa de preparación y construcción, y entre 25,000 y 40,000 t CO_2e/año durante la operación, asociadas principalmente al consumo eléctrico de la estación de bombeo.

2.8 Generación de residuos

Tipo de residuo	Construcción	Operación
Residuos peligrosos	1,120.3 kg	≈ 1 kg/mes
Residuos de manejo especial (incluye material producto de excavación)	298,855 t	—
Residuos sólidos urbanos	153 t	0.59 t/mes

2.9 Descargas de agua residual

Se estiman descargas de 10,200 litros durante la construcción y de 55,000 litros/mes durante la operación, correspondientes principalmente a las aguas residuales generadas por el personal en campamentos y en la estación de bombeo.

2.10 Relación de las características del proyecto con la generación de impactos

Las características descritas en esta sección —superficie de intervención, remoción de vegetación, volumen de excavación, generación de residuos y emisiones— constituyen la base cuantitativa a partir de la cual se identifican y evalúan los impactos ambientales del proyecto, particularmente en lo relativo a la remoción de vegetación y modificación del suelo durante la etapa de preparación y construcción, y a la extracción continua de agua del Lago de Chapala durante la etapa de operación.

---

3. Vinculación con los ordenamientos jurídicos aplicables

El proyecto se vincula con el marco jurídico federal, estatal y municipal aplicable en materia ambiental, de aguas nacionales, vida silvestre, residuos, cambio climático, protección civil, responsabilidad ambiental, desarrollo forestal, infraestructura estratégica (carreteras, hidrocarburos, energía eléctrica) y ordenamiento ecológico y territorial, así como con los decretos de Áreas Naturales Protegidas e instrumentos internacionales de conservación que inciden en la zona del proyecto. El

Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV
Av. Copérnico #1301 int. 23, Col. Residencial Moctezuma Poniente
Zapopan, Jalisco. CP 45053
33-3171-1782 - tpg.factura@gmail.com

análisis se desarrolla a partir de la revisión artículo por artículo de cada instrumento jurídico aplicable, identificando para cada disposición la forma en que el proyecto se ajusta a ella mediante argumentos jurídicos y técnicos, así como las acciones o actividades específicas que garantizan dicho ajuste. Este ejercicio de vinculación abarca, solo en el ámbito federal, dieciséis leyes y reglamentos de aplicación general (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, LGEEPA y su Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, Ley General de Aguas, Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, Ley General de Vida Silvestre y su Reglamento, Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos y su Reglamento, Ley General de Cambio Climático, Ley General de Protección Civil y su Reglamento, Ley Federal de Responsabilidad Ambiental, y Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y su Reglamento), cuatro leyes de infraestructura estratégica (caminos, derecho de vía carretero, hidrocarburos y sector eléctrico), cinco leyes y reglamentos de ámbito estatal, cuatro reglamentos municipales de ecología y medio ambiente (Tlajomulco de Zúñiga, Chapala, Ixtlahuacán de los Membrillos y San Pedro Tlaquepaque), y las Normas Oficiales Mexicanas y Normas Ambientales Estatales aplicables.

3.1 Marco jurídico federal, estatal y municipal

Instrumento jurídico	Aspecto relevante para el proyecto	Vinculación / congruencia
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)	Evaluación de impacto ambiental; obras y actividades que requieren autorización en materia de impacto ambiental	El proyecto se sujeta al procedimiento de evaluación de impacto ambiental modalidad regional, presentando la MIA-R conforme a los artículos aplicables de la Ley
Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental	Requisitos y contenido de la MIA; obras y actividades del Artículo 5° sujetas a evaluación	El proyecto, por sus características (obra hidráulica, cambio de uso de suelo forestal, cruces de cauces federales), se ubica en los supuestos que requieren autorización previa en materia de impacto ambiental
Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento	Régimen de propiedad nacional de las aguas; concesiones y permisos; zonas federales; cruces de cauces	El proyecto opera bajo el título de concesión vigente (7.5 m³/s) sin incrementar el volumen autorizado; los cruces con cauces de jurisdicción federal se tramitan ante la Comisión Nacional del Agua mediante los permisos correspondientes
Ley General de Vida Silvestre y su Reglamento	Protección de especies y su hábitat; áreas de conservación de especies en riesgo	Las medidas de prevención, rescate y reubicación de flora y fauna, así como la prohibición de captura y comercialización de especies silvestres, se incorporan como parte de las medidas de mitigación del componente biodiversidad
Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos y su Reglamento	Manejo de residuos peligrosos, de manejo especial y sólidos urbanos	El proyecto contempla el manejo diferenciado de los residuos generados en cada etapa, permitirá las actividades de inspección y vigilancia de la autoridad competente y dará cumplimiento a las

Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV
Av. Copérnico #1301 int. 23, Col. Residencial Moctezuma Poniente
Zapopan, Jalisco. CP 45053
33-3171-1782 - tpg.factura@gmail.com

Instrumento jurídico	Aspecto relevante para el proyecto	Vinculación / congruencia
		obligaciones de la legislación en materia de residuos
Ley General de Cambio Climático	Reducción de emisiones; eficiencia energética	El diseño y operación de la estación de bombeo considerarán criterios de eficiencia energética (selección y operación de equipos electromecánicos dentro de rangos eficientes, mantenimiento preventivo, optimización del régimen de bombeo)
Ley General de Protección Civil y su Reglamento	Prevención de riesgos; protección de infraestructura estratégica	Se implementarán medidas de prevención para evitar daños a ductos e instalaciones existentes, mediante identificación y localización precisa de infraestructura, supervisión de los trabajos en puntos de cruce y control de actividades con maquinaria
Ley Federal de Responsabilidad Ambiental	Reparación del daño ambiental y compensación	El proyecto reconoce la aplicación de los niveles y alternativas de reparación y compensación previstos en la legislación ambiental en caso de daño al ambiente
Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y su Reglamento	Cambio de uso de suelo en terrenos forestales; compensación ambiental forestal	En las Unidades de Gestión Ambiental con terrenos forestales y preferentemente forestales que intersecta el trazo se tramitará el Estudio Técnico Justificativo de cambio de uso de suelo forestal correspondiente, incluyendo el depósito por compensación ambiental ante el Fondo Forestal Mexicano cuando así lo determine la SEMARNAT
Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal y su Reglamento	Derecho de vía de carreteras federales	Se respetarán los límites del derecho de vía de las carreteras federales, evitando ocupaciones distintas a las expresamente autorizadas
Ley del Sector de Hidrocarburos	Cruces e interferencias con ductos de hidrocarburos	Los cruces identificados con ductos de gas, diésel y gasolina se atenderán mediante coordinación con los operadores de las instalaciones y aplicación de medidas técnicas y de seguridad
Ley del Sector Eléctrico	Cruces con líneas de transmisión eléctrica	Las obras se ejecutarán de manera que no interfieran con las instalaciones

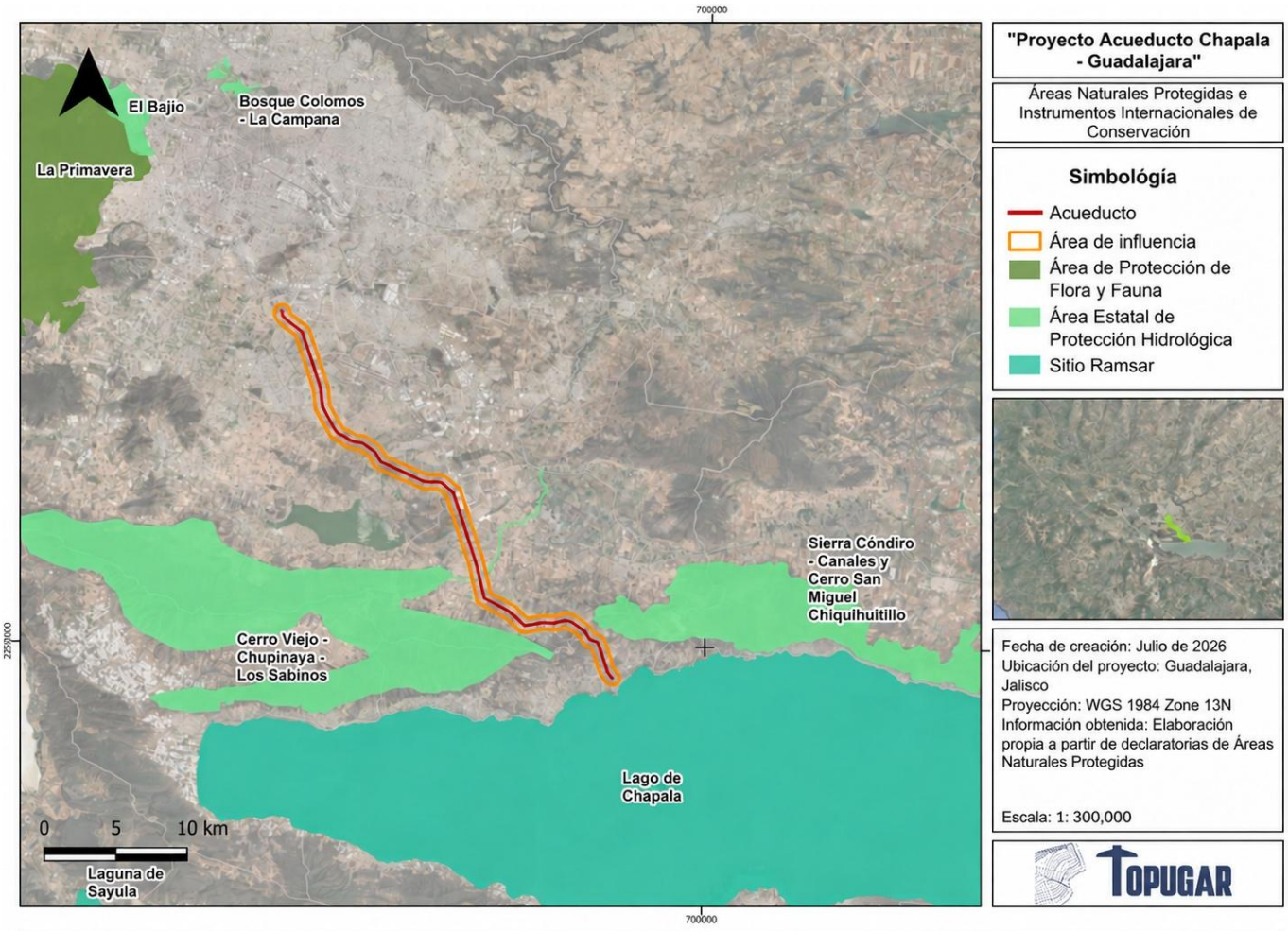
Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV
Av. Copérnico #1301 int. 23, Col. Residencial Moctezuma Poniente
Zapopan, Jalisco. CP 45053
33-3171-1782 - tpg.factura@gmail.com

Instrumento jurídico	Aspecto relevante para el proyecto	Vinculación / congruencia
		eléctricas existentes ni comprometan su seguridad y operación
Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente de Jalisco y su Reglamento	Calidad del aire; equilibrio ecológico estatal	Se aplicarán medidas de mantenimiento preventivo de equipos, control de velocidad, humectación de superficies y cobertura de cargas para reducir emisiones de partículas y gases
Ley del Agua para el Estado de Jalisco y sus Municipios y su Reglamento	Aprovechamiento sustentable del recurso hídrico estatal	El proyecto no representa un incremento del volumen anual autorizado; opera dentro del volumen amparado por el derecho de aprovechamiento vigente
Ley para la Acción ante el Cambio Climático del Estado de Jalisco	Adaptación y mitigación al cambio climático a nivel estatal	Congruente con los criterios de eficiencia energética aplicados al diseño del sistema de bombeo
Reglamento de la Protección Ambiental, Cambio Climático y Desarrollo Sustentable del municipio de Tlajomulco de Zúñiga	Regulación ambiental municipal (Tlajomulco de Zúñiga)	El proyecto se sujeta a las disposiciones aplicables en materia de protección ambiental del municipio de Tlajomulco de Zúñiga
Reglamentos municipales de ecología y medio ambiente de Chapala, Ixtlahuacán de los Membrillos y San Pedro Tlaquepaque	Regulación ambiental a nivel municipal	El proyecto se vincula con las disposiciones municipales aplicables en cada uno de los cuatro municipios que atraviesa
Normas Oficiales Mexicanas aplicables (NOM-059-SEMARNAT-2010, NOM-080-SEMARNAT-1994, NOM-005-STPS-1998, entre otras)	Especies en categoría de riesgo; límites de emisiones, ruido y descargas	Las especies de flora y fauna identificadas en categoría de riesgo se atienden mediante las medidas de prevención y rescate correspondientes; las emisiones, ruido y descargas del proyecto se sujetan a los límites normativos aplicables; los vehículos automotores del proyecto (camiones de carga y volteo, camionetas de supervisión) cumplirán los límites de ruido del escape de la NOM-080-SEMARNAT-1994 según su peso bruto vehicular (la maquinaria pesada de construcción queda excluida de su campo de aplicación, pero recibirá mantenimiento preventivo), y el manejo, transporte y almacenamiento de combustibles, aceites, lubricantes, solventes y pinturas se sujetará a la NOM-005-STPS-1998

Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV
Av. Copérnico #1301 int. 23, Col. Residencial Moctezuma Poniente
Zapopan, Jalisco. CP 45053
33-3171-1782 - tpg.factura@gmail.com

Instrumento jurídico	Aspecto relevante para el proyecto	Vinculación / congruencia
Normas Ambientales Estatales de Jalisco	Regulación ambiental complementaria a nivel estatal	El proyecto se sujeta a las disposiciones aplicables de la normatividad ambiental estatal

3.2 Áreas Naturales Protegidas e instrumentos internacionales de conservación



Mapa de Áreas Naturales Protegidas e Instrumentos Internacionales de Conservación, con el trazo del acueducto y su área de influencia superpuestos sobre el Área Estatal de Protección Hidrológica Cerro Viejo-Chupinaya-Los Sabinos y el Sitio Ramsar Lago de Chapala.

- **Área Estatal de Protección Hidrológica Cerro Viejo-Chupinaya-Los Sabinos** (23,176.97 ha, decreto de 2013, ubicada en los municipios de Chapala, Ixtlahuacán de los Membrillos, Jocotepec y Tlajomulco de Zúñiga): el trazo interactúa con el polígono en un cruce de cauce dentro de la zonificación de protección de 26 m. Esta ANP se

Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV
Av. Copérnico #1301 int. 23, Col. Residencial Moctezuma Poniente
Zapopan, Jalisco. CP 45053
33-3171-1782 - tpg.factura@gmail.com

estableció para contribuir a la conservación del ecosistema, la biodiversidad y el uso sustentable de los recursos, así como para mantener la provisión de servicios como la captación de agua y el mantenimiento de especies de flora y fauna silvestres, y se subdivide en zona núcleo (con subzonas de protección y de uso restringido) y zona de amortiguamiento conforme a su categoría de manejo. Se aprovechan corredores previamente intervenidos y la técnica constructiva de hincado para evitar la intervención directa del lecho del cauce; previo al inicio de obras en esta zona se verificará la ubicación de cada frente de trabajo respecto a la zonificación vigente, ajustando las actividades a los usos permitidos y restricciones aplicables, y una vez concluidos los trabajos las áreas intervenidas serán estabilizadas y rehabilitadas para favorecer la recuperación de sus funciones ambientales.

- **Área Estatal de Protección Hidrológica Sierra Cóndiro-Canales y Cerro San Miguel Chiquihuitillo** (18,608.91 ha): las obras no se ubican dentro de esta ANP, localizándose a una distancia aproximada de 1 km.
- **Sitio Ramsar Lago de Chapala** (designado 2009): no presenta intersección con el Área de Influencia del proyecto; el eje del trazo se ubica a 733 m de su poligonal, vinculándose por su relación funcional con la fuente de abastecimiento.
- **Región Hidrológica Prioritaria Chapala-Cajititlán-Sayula** (CONABIO): coincidencia de 9.17 km² dentro del Área de Influencia del proyecto.
- **Región Terrestre Prioritaria Cerro Viejo-Sierras de Chapala** (CONABIO): coincidencia de 12.88 km²; 12.26 km del trazo se ubican dentro de esta Región Terrestre Prioritaria, mayormente sobre matriz agrícola.

3.3 Ordenamiento ecológico y territorial

El proyecto intersecta Unidades de Gestión Ambiental (UGA) del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT), del Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Jalisco (POET), del Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial Regional de la Región Chapala, y de los programas de ordenamiento ecológico local de los municipios de Ixtlahuacán de los Membrillos, Tlajomulco de Zúñiga y San Pedro Tlaquepaque (POETDUM, 2020), así como con los programas municipales de desarrollo urbano de Chapala, Ixtlahuacán de los Membrillos y Tlajomulco de Zúñiga y con el Plan de Desarrollo Urbano de Centro de Población de San Pedro Tlaquepaque (2021) y con el Plan de Desarrollo Metropolitano y Plan de Ordenamiento Territorial Metropolitano del Área Metropolitana de Guadalajara.

Conforme al POEGT, el proyecto se ubica dentro de la Unidad Ambiental Biofísica (UAB) 53, cuyo rector de desarrollo es el Desarrollo Social, con la agricultura y la ganadería como sectores coadyuvantes, el sector forestal como asociado, y la minería, PEMEX y la preservación de flora y fauna como otros sectores de interés. La vinculación del proyecto con las estrategias sectoriales de la UAB 53 se sustenta en que el proyecto consiste en una infraestructura hidráulica destinada al abastecimiento de agua potable del Área Metropolitana de Guadalajara, considerada una obra de utilidad pública, cuyo diseño aprovecha los derechos de vía e infraestructura existente, y en que durante todas las etapas se implementarán medidas de prevención, mitigación y restauración orientadas a mantener la funcionalidad ambiental del corredor intervenido, incluyendo procedimientos para el manejo de excavaciones, control de escurrimientos, estabilización de taludes, manejo del material producto de excavación y restauración de las áreas temporalmente intervenidas.

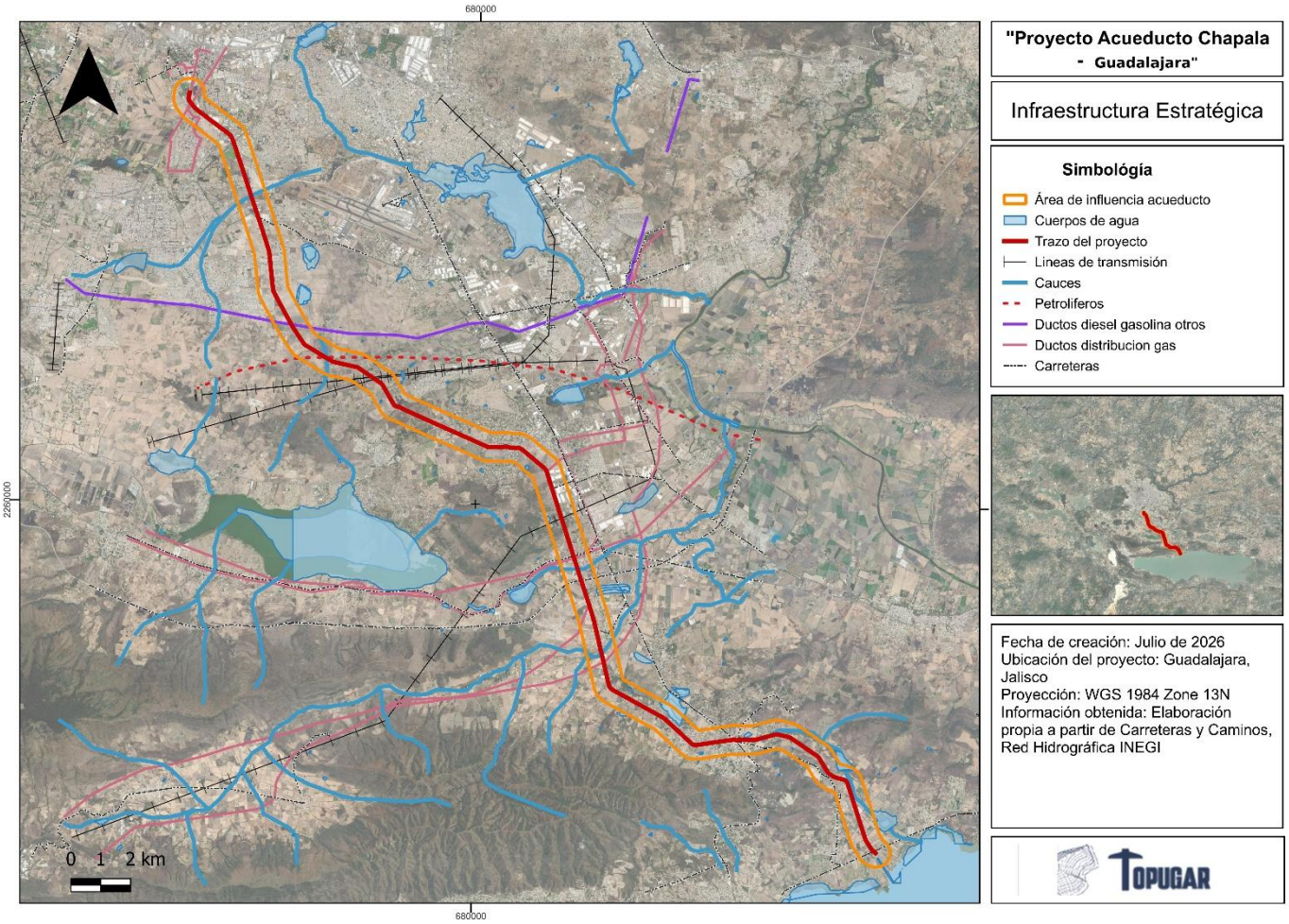
En varias de las UGA intersectadas (por ejemplo, RC007Ap y RC008Pt) se identifican superficies de terrenos forestales y preferentemente forestales, respecto de las cuales el proyecto tramitará la autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales mediante el Estudio Técnico Justificativo correspondiente. La MIA-R desarrolla, para cada uno de estos instrumentos de ordenamiento, la vinculación específica del proyecto con las políticas ambientales, lineamientos y criterios de regulación ecológica aplicables a las UGA y zonificaciones que intersecta.

En el municipio de San Pedro Tlaquepaque, el trazo y su Área de Influencia inciden en tres Unidades de Gestión Ambiental y Territorial (UGAT) del POETDUM: la UGAT 5 (clave S3 5_AU_CR, 289.89 ha; Aprovechamiento Urbano Sustentable / Crecimiento), la UGAT 6 (clave H2 6_AU_ME, 575.70 ha; Aprovechamiento Urbano Sustentable / Mejoramiento) y la UGAT 9 (1,351.75 ha; Aprovechamiento Urbano Sustentable / Mejoramiento). En las tres UGAT el uso Instalaciones Especiales e Infraestructura (IE) es un uso condicionado, por lo que la vinculación se realiza respecto de la categoría IE y de los criterios de regulación ecológica de cada ficha que guardan relación material con el proyecto; el proyecto, por tratarse de

Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV
Av. Copérnico #1301 int. 23, Col. Residencial Moctezuma Poniente
Zapopan, Jalisco. CP 45053
33-3171-1782 - tpg.factura@gmail.com

una obra de infraestructura hidráulica que aprovecha el derecho de vía existente, se ajusta a dichas condiciones mediante las medidas de prevención, mitigación y restauración descritas en el Capítulo IV.

3.4 Infraestructura estratégica



Mapa de infraestructura estratégica: trazo del proyecto y su área de influencia respecto a líneas de transmisión, ductos de gas, diésel/gasolina y petrolíferos en la zona.

El trazo del proyecto se desarrolla en un corredor donde coexiste infraestructura estratégica de otros sectores: líneas de transmisión eléctrica, ductos de distribución de gas, ductos de diésel y gasolina, la línea de petrolíferos, carreteras y vías férreas. Se identifican los cruces e interferencias con esta infraestructura y establece que serán atendidos mediante coordinación previa con los operadores correspondientes (Comisión Federal de Electricidad, operadores de ductos, Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes) y la aplicación de las medidas técnicas y de seguridad aplicables a cada sitio de cruce.

Conforme al oficio de autorización de delimitación de zona federal emitido por la Comisión Nacional del Agua (Organismo de Cuenca Lerma Santiago Pacífico), el proyecto ejecutivo identifica **32 cruces** del eje con cuerpos de agua de propiedad

Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV
Av. Copérnico #1301 int. 23, Col. Residencial Moctezuma Poniente
Zapopan, Jalisco. CP 45053
33-3171-1782 - tpg.factura@gmail.com

nacional dentro de la Región Hidrológica 12 Lerma-Santiago: 25 con arroyos pluviales federales y 7 con canales de riego administrados por la Comisión Nacional del Agua, cada uno de ellos con su respectivo estudio hidrológico e hidráulico, cálculo de socavación y plano de delimitación de zona federal.

3.5 Población indígena

Conforme al Catálogo Nacional de Pueblos y Comunidades Indígenas y Afromexicanas del Instituto Nacional de Pueblos Indígenas (INPI), al Catálogo de Localidades Indígenas y al Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI, se identificó que el proyecto atraviesa los municipios de Chapala, Ixtlahuacán de los Membrillos y Tlajomulco de Zúñiga, los cuales presentan población que habla alguna lengua indígena o se autodescribe como indígena; sin embargo, dentro del sitio de intervención y del área de influencia directa del proyecto no se identifican localidades o comunidades indígenas reconocidas oficialmente que constituyan sujetos colectivos de derecho conforme al artículo 2° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y al Catálogo Nacional del INPI. No obstante, el análisis geoespacial del corredor identificó cuatro localidades de Tlajomulco de Zúñiga que registran población indígena en hogares (457 habitantes en conjunto), sin que ello implique que constituyan comunidades indígenas reconocidas como sujetos colectivos de derecho.

La naturaleza del proyecto —consistente en el diseño, construcción, equipamiento, pruebas de funcionamiento, puesta en operación y mantenimiento de una infraestructura hidráulica destinada a conducir agua desde el Lago de Chapala hasta su integración al sistema de abastecimiento de la zona conurbada de Guadalajara, con el objeto de modernizar el equipamiento de conducción existente e incrementar la confiabilidad operativa del sistema— no altera las condiciones de ocupación del territorio ni genera impactos diferenciados sobre algún pueblo o comunidad indígena. Se determina que el proyecto no presenta incidencia directa sobre localidades con población indígena ni sobre territorios de pueblos o comunidades indígenas, por lo que no se prevén afectaciones a sus derechos colectivos, patrimonio biocultural, formas de organización, usos y costumbres, o recursos naturales tradicionalmente aprovechados. No obstante, durante todas las etapas del proyecto se garantizará el cumplimiento de la legislación aplicable en materia de derechos humanos y participación social, adoptándose las medidas correspondientes en caso de identificarse durante la ejecución alguna condición no prevista relacionada con población indígena.

---

4. Región Ecológica

4.1 Enfoque y criterios de delimitación

La Región Ecológica (RE) se delimitó bajo un enfoque ecosistémico e hidrológico, empleando la microcuenca como unidad mínima de agregación, e integrando las microcuencas del corredor comprendido entre la ribera norte del Lago de Chapala y el sur de la Zona Metropolitana de Guadalajara, incluyendo íntegramente la cuenca endorreica de la Laguna de Cajititlán. Conforme a lo establecido en la Guía para la Presentación y Entrega de la Manifestación de Impacto Ambiental, no se emplearon límites político-administrativos (estatales o municipales) como criterio de delimitación, sino que el territorio se entendió como un sistema de unidades funcionales definidas por procesos naturales, en particular el escurrimiento superficial y la organización del relieve en cuencas hidrográficas.

La microcuenca se adoptó como unidad mínima de agregación por ser la escala que mejor captura la heterogeneidad del corredor entre el Lago de Chapala y la zona metropolitana, permitiendo construir un polígono continuo, hidrológicamente coherente y de extensión proporcional a la obra, evitando tanto la sub-delimitación (que omitiría procesos relevantes) como la sobre-delimitación. Esta elección responde a que las interacciones ambientales potenciales de un acueducto —modificación del escurrimiento, intercepción de la recarga, arrastre de sedimentos durante la obra y continuidad de los cauces y de la vegetación ribereña— se organizan y propagan a lo largo de las líneas de flujo que define el relieve, y no a lo largo de los límites municipales. Esta lógica es además congruente con la Ley de Aguas Nacionales, que establece a la cuenca hidrológica como la unidad territorial básica para la gestión integrada del agua.

Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV
Av. Copérnico #1301 int. 23, Col. Residencial Moctezuma Poniente
Zapopan, Jalisco. CP 45053
33-3171-1782 - tpg.factura@gmail.com

Bajo este enfoque, la **Región Ecológica** es la unidad geográfica de referencia para el análisis ambiental (sistema ambiental), dentro de la cual se caracterizan todos los componentes físico, biótico, socioeconómico y paisajístico; el **Área de Influencia** es el espacio donde se manifiestan los efectos directos e indirectos de la obra; y el **Área del Proyecto** es la huella física de la obra —el trazado del acueducto y sus obras asociadas de captación, bombeo, tanques y líneas de conducción—, la superficie que el proyecto ocupa directamente, la cual queda 100 % contenida dentro del Área de Influencia y de la Región Ecológica.

4.2 Relación espacial entre Área del Proyecto, Área de Influencia y Región Ecológica

Escala	Definición	Superficie
Área del Proyecto (AP)	Eje del trazo y obras de captación, bombeo y almacenamiento	42.38 km de longitud (franja de obra: 70.13 ha)
Área de Influencia (AI)	Franja de 150 m a cada lado del eje del trazo	1,271.22 ha (12.71 km²)
Región Ecológica (RE)	Agregación de microcuencas del corredor Chapala–AMG, con la Laguna de Cajititlán completa	83,720 ha (837.2 km²)

El Área del Proyecto queda 100 % contenida dentro del Área de Influencia y de la Región Ecológica. La RE se asienta sobre el Eje Neovolcánico Transmexicano, con un índice de compacidad de Gravelius de 2.13, característico de una forma alargada y ramificada propia de un corredor. El Lago de Chapala no forma parte de la RE en su totalidad —solo 1.15 km² del polígono del sitio Ramsar y 0.55 km² del vaso del lago quedan dentro de sus límites—, ya que el criterio de delimitación fue el corredor hidrológico donde incide la obra, y no la fuente de abastecimiento; el lago se trata dentro del análisis como el elemento hidrológico de referencia para el Área de Influencia.

4.3 Delimitación del Área de Influencia

El Área de Influencia se delimitó considerando la extensión previsible de los efectos del proyecto sobre los componentes ambientales, particularmente respecto a la franja de obra y a los elementos ambientales sensibles identificados en el corredor (cuerpos de agua, vegetación, fauna y áreas de importancia ambiental). El ancho de 150 m a cada lado del eje del trazo permite comprender tanto la superficie de intervención directa como el entorno inmediato susceptible de recibir efectos indirectos durante la construcción y operación del proyecto.

---

5. Caracterización ambiental

5.1 Medio abiótico

El medio abiótico de la Región Ecológica se caracteriza de la siguiente manera:

- **Clima:** de acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García, la Región Ecológica presenta un clima prácticamente uniforme, semicálido subhúmedo con lluvias en verano, en dos variantes que se distinguen por su grado de humedad: (A)C(w1), semicálido subhúmedo con humedad media, que cubre el 96.7 % de la RE (809.4 km²), y (A)C(wo), semicálido subhúmedo el menos húmedo, que cubre el 3.3 % restante (27.8 km²). Ambas variantes comparten temperatura media anual mayor a 18 °C, mes más frío por debajo de 18 °C y precipitación del mes más seco menor a 40 mm. Las estaciones climatológicas de referencia dentro de la RE (Chapala, Atequiza, Huerta Vieja, Jocotepec, Tlaquepaque y Tonalá) registran temperaturas medias anuales entre 18.7 y 21.5 °C y precipitación anual entre 804.8 y 1,012.7 mm. La evaporación en el entorno del Lago de Chapala, estimada a partir de las estaciones con evaporímetro de tanque de Chapala, Piedra Barrenada y El Fuerte (normal climatológica

Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV
Av. Copérnico #1301 int. 23, Col. Residencial Moctezuma Poniente
Zapopan, Jalisco. CP 45053
33-3171-1782 - tpg.factura@gmail.com

1991-2020), promedia 1,802 mm anuales en lámina de tanque, equivalentes a un rango de 1,262 a 1,442 mm anuales de evaporación de superficie libre aplicando un coeficiente de tanque de 0.7 a 0.8, consistente con los volúmenes evaporados de entre 1,122 y 1,578 hm³ anuales reportados en el Programa de Manejo del sitio Ramsar Lago de Chapala para el periodo 1934-2003.

Estación	T. media (°C)	T. máx (°C)	T. mín (°C)	Precipitación anual (mm)	Evaporación (mm)	Días de lluvia
Chapala	21.1	26.6	15.6	859.1	1,736	85.7
Atequiza	20.4	29.6	11.3	826.5	1,927	103.1
Huerta Vieja	18.7	27.3	10.2	936.4	—	88.7
Jocotepec	19.1	26.6	11.5	804.8	—	74.5
Tlaquepaque	21.5	28.9	14.2	1,012.7	—	90.5
Tonalá	20.5	27.1	14.0	871.1	—	81.1

- **Relieve:** valle aluvial enmarcado por sierras volcánicas; altitud entre 1,507 y 2,807 msnm; el 53 % de la RE presenta pendientes planas (menores a 5°). La RE pertenece casi en su totalidad (97.2 %) a la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico, dividida a nivel de subprovincia entre la subprovincia Chapala (715.4 km², 85.4 % de la RE, por la que discurre la totalidad de los 42.38 km del eje del trazo), la subprovincia Guadalajara (98.4 km², 11.8 % de la RE) y cuerpos de agua (23.4 km², 2.8 % de la RE).
- **Geología y litología:** la Región Ecológica se localiza en una zona de transición entre dos provincias geológicas de origen volcánico cenozoico: la Faja Ignimbrítica Mexicana (57.4 % de la RE) y la Faja Volcánica Transmexicana (42.6 %). Predominan las rocas ígneas extrusivas de origen volcánico, junto con depósitos sedimentarios asociados al relleno de los valles.

Litología	Tipo de roca	Periodo	Superficie	% de la RE
Aluvial	Sedimentaria	Cuaternario	288.9 km²	34.5 %
Basalto-Andesita	Extrusiva	Cuaternario	263.7 km²	31.5 %
Toba riolítica	Extrusiva	Neógeno	166.4 km²	19.9 %
Andesita-Basalto	Extrusiva	Neógeno-Cuaternario	38.4 km²	4.6 %
Riolita	Extrusiva	Neógeno	24.5 km²	2.9 %
Arenisca-Toba riolítica	Híbrida	Neógeno	17.4 km²	2.1 %
Otros (riodacita, entre otros)	—	—	37.9 km²	4.5 %

Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV
Av. Copérnico #1301 int. 23, Col. Residencial Moctezuma Poniente
Zapopan, Jalisco. CP 45053
33-3171-1782 - tpg.factura@gmail.com

Los depósitos aluviales cuaternarios (34.5 % de la RE), localizados principalmente en los valles de Toluquilla-Cajititlán y en el corredor El Ahogado, son materiales de alta permeabilidad que constituyen las principales zonas de almacenamiento de los acuíferos del valle. En contraste, las sierras que delimitan el corredor están conformadas predominantemente por rocas volcánicas (basaltos, andesitas y tobas), que funcionan como áreas de recarga. Esta configuración de valles aluviales permeables enmarcados por sierras volcánicas condiciona el funcionamiento tanto de la hidrología superficial como de la subterránea de la región.

- **Suelo:** relleno aluvial con suelos Feozem y Vertisol (de buena fertilidad) en el valle; suelos someros tipo Leptosol en las sierras. El 62.7 % del trazo se ubica sobre suelos tipo Vertisol.
- **Hidrología subterránea:** dentro de la RE se identifican los acuíferos Toluquilla (48.9 % de la superficie de la RE), Cajititlán, Chapala y Atemajac. El Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) reporta 256.3 hm³/año concesionados de agua subterránea dentro de la RE, correspondientes a 3,024 aprovechamientos, distribuidos en tres grupos de uso: agua potable público-urbano (35.9 % del volumen, 424 aprovechamientos), industrial (31.0 % del volumen, 652 aprovechamientos) y agropecuario (33.2 % del volumen, 1,948 aprovechamientos).

Acuífero	Volumen concesionado (hm³/año)	% del total	Situación (DOF)
Toluquilla	162.43	63.4 %	Sobreexplotado, sin disponibilidad
Cajititlán	76.95	30.0 %	Sin disponibilidad
Chapala	11.35	4.4 %	Con disponibilidad
Atemajac	3.88	1.5 %	Sin disponibilidad, déficit de 5.4 hm³/año
Otros acuíferos	1.69	0.7 %	Con disponibilidad
Total	**256.30**	**100 %**	REPDA, 3,024 aprovechamientos

La extracción de agua subterránea en la RE se concentra de manera predominante en el acuífero Toluquilla, formalmente declarado como sobreexplotado por la Comisión Nacional del Agua, con un déficit de 71.9 hm³/año. - **Hidrología superficial:** los cuerpos de agua más relevantes de la RE son el Lago de Chapala (fuente de abastecimiento del proyecto), la Laguna de Cajititlán, el vaso regulador “El Ahogado” y el río Santiago en su tramo entre las localidades de El Salto y Juanacatlán. La Región Ecológica se estructura en torno a tres unidades de drenaje: la cuenca cerrada de la Laguna de Cajititlán (sistema lacustre endorreico de 11.45 km², principal cuerpo de agua interior de la RE), la subcuenca de El Ahogado (que incluye el vaso de El Ahogado, 5.75 km², y la presa Las Pintas, con escurrimientos hacia el río Santiago), y el borde del río Grande de Santiago al norte y la ribera norte del Lago de Chapala al sur, que actúan como límites hidrológicos regionales. El principal cauce de la RE es el arroyo Los Sabinos, con 31.7 km de longitud dentro del corredor.

Componente	Valor en la RE
Superficie total de cuerpos de agua	24.7 km² (3.0 % de la RE)
Laguna de Cajititlán	11.45 km²
Vaso El Ahogado	5.75 km²
Lago de Chapala (porción dentro de la RE)	2.35 km²

Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV
Av. Copérnico #1301 int. 23, Col. Residencial Moctezuma Poniente
Zapopan, Jalisco. CP 45053
33-3171-1782 - tpg.factura@gmail.com

Componente	Valor en la RE
Red hidrográfica	198 km (corriente principal: arroyo Los Sabinos, 31.7 km)
Sitio Ramsar Lago de Chapala (dentro de la RE)	1.15 km² (0.1 % de la RE)

El proyecto ejecutivo identifica 32 cruces del eje con cauces de jurisdicción federal dentro de la Región Hidrológica 12 Lerma-Santiago: 25 con arroyos pluviales federales y 7 con canales de riego administrados por la Comisión Nacional del Agua, cada uno de ellos con su estudio hidrológico de la cuenca de aportación, cálculo de socavación y plano de cruce correspondiente. Estos cruces son distintos de los 7 cruces con infraestructura carretera y ferroviaria descritos anteriormente.

5.2 Medio biótico

- **Uso de suelo y vegetación en la RE:** aproximadamente 42 % de uso agrícola, 28 % de uso urbano y el porcentaje restante corresponde a vegetación natural y otros usos. El 29 % de la superficie de la RE se encuentra dentro de la Región Terrestre Prioritaria Cerro Viejo-Sierras de Chapala (RTP-113), y el trazo del proyecto intersecta parcialmente esta RTP.
- **Flora:** se registraron 100 especies de plantas vasculares y 2,244 individuos en el trabajo de campo (35 sitios de muestreo), de las cuales 12 son especies endémicas de México y 22 son especies exóticas. Ninguna de las especies de flora registradas en campo se encuentra listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Se identificaron adicionalmente 10 especies con potencial presencia en la Región Ecológica que sí están incluidas en dicha norma (*Cedrela odorata*, *Comarostaphylis discolor*, *Erythrina americana*, *Gentiana spathacea*, *Habenaria novemfida*, *Laelia autumnalis*, *Nymphaea gracilis*, *Phymosia rosea*, *Sideroxylon capiri* y *Zinnia elegans*), ninguna de ellas registrada en los sitios muestreados.
- **Fauna:** se registraron 69 especies de vertebrados y 702 individuos en campo (57 especies de aves, 6 de mamíferos, 4 de reptiles y 2 de anfibios), de las cuales 8 son endémicas de México y 4 son especies exóticas o invasoras. Cinco especies cuentan con categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010: *Anas diazi* (pato mexicano, Amenazada), *Lithobates neovolcanicus* (rana leopardo neovolcánica, Amenazada, endémica), *Tachybaptus dominicus* (zambullidor menor, Sujeta a protección especial), *Aspidoscelis costatus* (huico llanero, Sujeta a protección especial, endémica) y *Kinosternon integrum* (tortuga pecho quebrado, Sujeta a protección especial, endémica, incluida además en el Apéndice II de CITES). Tres especies están incluidas en el Apéndice II de CITES: *Cynanthus latirostris*, *Lynx rufus* y *Kinosternon integrum*.

5.3 Medio socioeconómico

La Región Ecológica alberga una población de **1,452,131 habitantes** (95.5 % urbana), equivalente al 27.6 % de la población del Área Metropolitana de Guadalajara, con una tasa de crecimiento media anual de 1.61 % entre 2010 y 2020, y una densidad media de 1,734 hab/km². En la Región Ecológica se contabilizan 368,639 viviendas particulares habitadas, con cobertura de servicios básicos prácticamente universal.

Indicador (viviendas particulares habitadas)	Cobertura en la RE
Viviendas particulares habitadas	351,733
Ocupantes	1,371,509
Ocupantes por vivienda	3.90

Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV
Av. Copérnico #1301 int. 23, Col. Residencial Moctezuma Poniente
Zapopan, Jalisco. CP 45053
33-3171-1782 - tpg.factura@gmail.com

Indicador (viviendas particulares habitadas)	Cobertura en la RE
Con agua entubada en la vivienda	99.4 %
Con drenaje	99.8 %
Con energía eléctrica	100 %
Con piso firme (sin piso de tierra)	97.9 %

El rezago en la conexión a la red de agua entubada, aunque marginal (alrededor de 2,800 viviendas, equivalentes al 0.7 % del total), se concentra principalmente en localidades rurales y periurbanas de municipios como El Salto, Jocotepec y Poncitlán. La cobertura de drenaje es del 99.8 % y la marginación municipal se califica como muy baja en 11 de los 12 municipios que integran la RE.

La estructura económica de la región comprende 47,457 unidades económicas registradas en el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), con un perfil de economía urbana orientada al comercio y los servicios:

Sector (SCIAN)	Unidades económicas	%	Empleo
Comercio al menudeo	20,943	44.1 %	87,413
Otros servicios	7,516	15.8 %	26,223
Alojamiento y alimentos	5,966	12.6 %	25,179
Manufactura	5,469	11.5 %	90,787
Comercio al mayoreo	1,808	3.8 %	31,224
Salud y asistencia	1,320	2.8 %	8,008
Servicios educativos	1,126	2.4 %	20,381

Estos siete sectores concentran el 93.0 % de las unidades económicas registradas en la Región Ecológica. La manufactura, pese a representar solo el 11.5 % de las unidades, es el mayor empleador de la RE (90,787 empleos), lo que refleja la presencia de la franja industrial del corredor El Salto-Tlaquepaque. El equipamiento social de la región cuenta con 1,126 unidades educativas y 1,320 unidades de salud y asistencia registradas en el DENUE.

El proyecto tiene como finalidad asegurar el abasto de agua potable para la población de la región y para el corredor industrial intensivo en agua, sin generar nuevas extracciones respecto al volumen actualmente concesionado. El volumen de agua superficial proveniente del Lago de Chapala (236.5 hm³/año) es comparable al volumen total de agua subterránea actualmente concesionado en la Región Ecológica (256.3 hm³/año), lo que sustenta que el proyecto no incrementa la demanda global de agua de la región, sino que sustituye progresivamente el aprovechamiento de fuentes subterráneas por una fuente superficial ya concesionada.

5.4 Paisaje

El análisis del paisaje de la Región Ecológica integra los componentes físicos y bióticos descritos en los apartados anteriores (relieve, cobertura vegetal y cuerpos de agua) en una evaluación conjunta de la calidad escénica y la vulnerabilidad visual del territorio, a partir de tres conceptos clave: **calidad visual**, entendida como el valor escénico del paisaje en función de sus atributos naturales y su grado de conservación (un paisaje con vegetación natural en ladera y presencia de agua presenta mayor calidad que un entorno urbano o industrial); **fragilidad visual**, referida a la susceptibilidad del paisaje a ser alterado por intervenciones y a la facilidad con que dichos cambios son perceptibles; y **cuenca visual**, definida como el ámbito territorial visible desde un punto de observación determinado (miradores, vialidades o zonas ribereñas), que delimita el área potencial de influencia visual del proyecto.

El paisaje de la Región Ecológica se compone de unidades contrastantes: el valle aluvial, dominado por la matriz agrícola y la mancha urbana metropolitana, y las sierras y piedemontes perimetrales, con mayor cobertura de vegetación natural y

Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV
Av. Copérnico #1301 int. 23, Col. Residencial Moctezuma Poniente
Zapopan, Jalisco. CP 45053
33-3171-1782 - tpg.factura@gmail.com

mayor fragilidad visual. Las unidades de paisaje de mayor calidad visual se asocian a los cuerpos de agua (Lago de Chapala, Laguna de Cajititlán) y a las sierras que enmarcan el corredor, mientras que las unidades de menor calidad y mayor artificialización corresponden a las zonas urbanas e industriales consolidadas. La calidad y fragilidad visual del paisaje se emplean como criterios complementarios para la caracterización de la sensibilidad ambiental de la Región Ecológica, y como criterio operativo para identificar las zonas donde el proyecto puede insertarse con bajo impacto visual y aquellas donde deben extremarse las medidas de mitigación.

5.5 Componentes de la Región Ecológica con los que interactúa el proyecto

Se analiza de manera específica la interacción del proyecto con los componentes biótico, abiótico y socioeconómico de la Región Ecológica, incluyendo el análisis comparativo del uso de suelo y vegetación existente en el Área del Proyecto, identificado y confirmado en campo, respecto a lo establecido en la cartografía de referencia del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Este análisis comparativo sustenta la caracterización de la vegetación y el uso de suelo presentados en la sección 5.2.

En el **componente biótico**, la interacción del proyecto se concentra en la franja de desmonte (27.55 ha), donde predomina la matriz agrícola sobre la vegetación natural remanente, y en el cruce puntual con la Región Terrestre Prioritaria Cerro Viejo-Sierras de Chapala. En el **componente abiótico**, la interacción principal se relaciona con los suelos tipo Vertisol que predominan en el 62.7 % del trazo —con las implicaciones geotécnicas correspondientes para el diseño de la zanja y la cimentación de estructuras— y con los 32 cruces de cauces de jurisdicción federal que atraviesa la conducción. En el **componente socioeconómico**, la interacción se relaciona con la población y las actividades productivas asentadas en el corredor por el que discurre el trazo, predominantemente agrícola con tramos que cruzan pequeñas localidades, y con la función del proyecto como infraestructura de abastecimiento para la población y el sector industrial de la Zona Metropolitana de Guadalajara.

---

6. Muestreos de flora y fauna

6.1 Diseño de muestreo

El muestreo de campo se dirigió por unidad de vegetación, empleando conteo puntual de individuos para flora, puntos de conteo de radio fijo para avifauna, y transectos con búsqueda de evidencia directa e indirecta complementados con foto-trampeo para fauna terrestre. Se establecieron un total de 35 sitios de muestreo para flora y avifauna (12 en el Área del Proyecto, 10 en el Área de Influencia y 13 en el resto de la Región Ecológica) y 24 sitios adicionales en el Área de Influencia y la Región Ecológica para fauna terrestre. La determinación taxonómica se apoyó en las plataformas EncicloVida (CONABIO) y Naturalista.

6.2 Estacionalidad del levantamiento

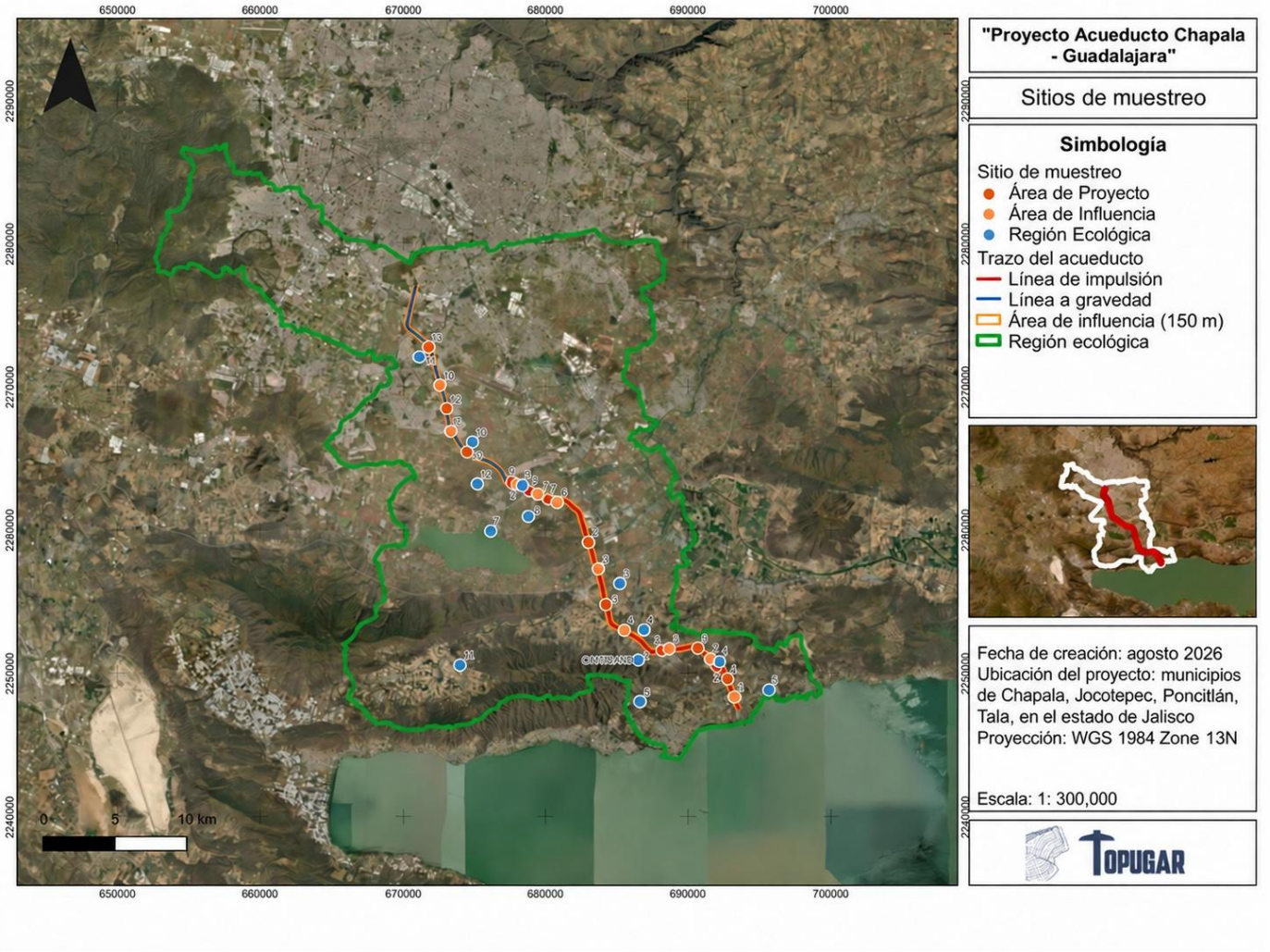
El levantamiento de campo se realizó en una sola campaña, durante la temporada de lluvias de 2026. La MIA-R justifica esta decisión con criterios ecológicos: la temporada de lluvias coincide con el periodo de mayor productividad biológica, con la fase reproductiva de la mayoría de las especies residentes (cuando aumenta la actividad de canto y defensa territorial en aves) y con la máxima actividad de anfibios y reptiles, por lo que constituye la temporada más representativa del ensamble de especies residentes y reproductoras, componente que sostiene las funciones ecológicas locales de manera permanente.

La MIA-R reconoce de manera expresa el alcance y el límite de este diseño: una sola campaña, situada en temporada de lluvias, no cubre el ciclo anual completo, por lo que quedan fuera del registro de campo las aves migratorias de invierno que utilizan el corredor entre octubre y marzo, así como la fracción de flora asociada al estiaje. Los estimadores no paramétricos de riqueza cuantifican esta limitación: la completitud del inventario alcanza **62.6 %** en la flora del Área del

Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV
Av. Copérnico #1301 int. 23, Col. Residencial Moctezuma Poniente
Zapopan, Jalisco. CP 45053
33-3171-1782 - tpg.factura@gmail.com

Proyecto, **43.5 %** en la del Área de Influencia y **54.7 %** en la de la Región Ecológica; en fauna, la completitud se sitúa entre **63.7 % y 76.5 %**, según el estrato considerado.

Para compensar esta limitación temporal, la MIA-R utiliza de manera complementaria el listado de especies de presencia potencial (construido a partir de los registros georreferenciados que la Global Biodiversity Information Facility acumula para el polígono de la Región Ecológica), el cual cubre el universo de especies que una campaña puntual no alcanza a registrar, incluidas las migratorias de invierno y las de temporada seca. Este listado potencial es el que se emplea para valorar la sensibilidad del corredor y dimensionar las medidas de mitigación, mientras que el inventario de campo sostiene la caracterización de las comunidades efectivamente presentes en la franja de obra. De esta manera, la valoración de impactos y el diseño de medidas se sustentan en el conjunto de especies con presencia documentada en la región, y no únicamente en la riqueza observada en una temporada.



Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV
Av. Copérnico #1301 int. 23, Col. Residencial Moctezuma Poniente
Zapopan, Jalisco. CP 45053
33-3171-1782 - tpg.factura@gmail.com

Mapa de sitios de muestreo de flora y fauna, clasificados por Área del Proyecto (AP), Área de Influencia (AI) y Región Ecológica (RE), sobre el trazo de las líneas de impulsión y gravedad (fuente: cartografía temática del proyecto, Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV,. agosto 2026).

6.3 Ambientes no muestreados

El diseño de muestreo no incluyó sitios dentro del vaso del Lago de Chapala, justificado en que el proyecto no interviene el espejo de agua: el eje del trazo se ubica a 1,066 m del vaso del lago conforme al Ordenamiento Ecológico Regional Chapala, y a 733 m del polígono del sitio Ramsar.

---

7. Diversidad biológica

7.1 Índices de diversidad

Los índices de diversidad biológica reportados son los siguientes:

Componente	Estrato	Riqueza (S)	Abundancia (N)	Shannon (H')	Simpson (1-D)	Pielou (J')
Flora	Área de Proyecto (AP)	70	970	3.776	0.969	0.889
Flora	Región Ecológica (RE)	57	577	3.687	0.967	0.912
Flora	Área de Influencia (AI)	57	697	3.560	0.952	0.881
Flora	Total comunidad	100	2,244	3.977	0.972	0.863
Fauna	Área de Proyecto (AP)	48	227	3.060	0.907	0.791
Fauna	Ambientes acuáticos (RE)	54	338	3.294	0.943	0.826
Fauna	Área de Influencia (AI)	39	137	3.303	0.952	0.902
Fauna	Total comunidad	69	702	3.444	0.948	0.813

7.2 Interpretación de los resultados

Los valores de Shannon (H' entre 3.1 y 4.0) y de Simpson (1-D entre 0.91 y 0.97) indican una comunidad diversa y equitativa, con valores de Pielou superiores a 0.8 en la mayoría de los estratos, sin dominancia extrema de pocas especies, en un contexto de matriz agrícola y urbana transformada. Las familias con mayor representación en flora son Asteraceae, Fabaceae y Poaceae, típicas de paisajes con distintos grados de perturbación; en fauna predominan especies generalistas y tolerantes a la perturbación, incluidas cuatro especies exóticas o invasoras. El Área del Proyecto presenta la mayor riqueza florística (70 especies) del conjunto de estratos analizados, mientras que la Región Ecológica en su conjunto presenta la mayor equidad relativa entre especies.

Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV
Av. Copérnico #1301 int. 23, Col. Residencial Moctezuma Poniente
Zapopan, Jalisco. CP 45053
33-3171-1782 - tpg.factura@gmail.com

8. Diagnóstico ambiental y problemática ambiental existente

8.1 Condición ambiental actual

La Región Ecológica se caracteriza por una estructura ambiental dual: un valle metropolitano-agrícola altamente transformado, que concentra el 64 % de la superficie de la RE con sensibilidad ambiental baja o muy baja, enmarcado por sierras y sistemas lacustres de mayor valor ecológico, hidrológico y paisajístico, que representan el 14 % de la RE con sensibilidad alta o muy alta; el 22 % restante corresponde a una franja intermedia de sensibilidad media, correspondiente principalmente al piedemonte y a mosaicos agrícolas arbolados.

8.2 Problemáticas ambientales identificadas en la Región Ecológica

Problemática	Componente afectado	Causa	Extensión / magnitud
Sobreexplotación de acuíferos (Toluquilla, Atemajac)	Agua subterránea	Creciente demanda de agua subterránea para uso público-urbano, agropecuario e industrial	El acuífero Toluquilla presenta un déficit de -71.9 hm³/año y ocupa el 48.9 % de la superficie de la RE; Atemajac presenta un déficit de -5.4 hm³/año
Deterioro de cuerpos de agua superficiales	Agua superficial	Descargas municipales e industriales históricas	Procesos de eutrofización en la Laguna de Cajititlán; descargas industriales y municipales en el río Santiago, tramo El Salto-Juanacatlán
Expansión urbana sobre suelo agrícola y fragmentación de la RTP-113	Uso de suelo y vegetación	Crecimiento de la mancha urbana metropolitana y de los desarrollos habitacionales	Concentrada principalmente en los municipios de Tlajomulco de Zúñiga, San Pedro Tlaquepaque y El Salto
Variabilidad del nivel del Lago de Chapala	Hidrología superficial	Variabilidad climática interanual y extracción histórica de la cuenca Lerma-Chapala	Oscilación histórica de almacenamiento entre 954 y 9,663 hm³

Estas problemáticas constituyen condiciones preexistentes de la Región Ecológica, resultado de procesos de larga data vinculados al crecimiento urbano e industrial del Área Metropolitana de Guadalajara, a la actividad agrícola intensiva del valle y a las descargas de origen municipal e industrial hacia los cuerpos de agua superficiales de la región. La sobreexplotación de los acuíferos Toluquilla y Atemajac, en particular, se relaciona con la creciente demanda de agua subterránea para uso público-urbano e industrial en un contexto de crecimiento poblacional sostenido, mientras que el deterioro de la calidad del agua superficial del río Santiago, en su tramo El Salto-Juanacatlán, es reconocido como una de las problemáticas ambientales de mayor visibilidad regional, asociada históricamente a las descargas del corredor industrial de la zona. El proyecto se relaciona con estas problemáticas de manera indirecta, en la medida en que su objetivo es sustituir progresivamente la dependencia de fuentes subterráneas sobreexplotadas por una fuente superficial ya concesionada.

8.3 Peligros identificados en la Región Ecológica

Dentro de la Región Ecológica se identificaron 130 fallas geológicas, de las cuales 6 cruzan o rozan la franja de 150 m del trazo del proyecto. Asimismo, se identificaron zonas de inundación pluvial asociadas a un periodo de retorno de 100 años, de las cuales 2.77 km del trazo se ubican dentro de los polígonos susceptibles. Dentro de la RE se identificaron también

Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV
Av. Copérnico #1301 int. 23, Col. Residencial Moctezuma Poniente
Zapopan, Jalisco. CP 45053
33-3171-1782 - tpg.factura@gmail.com

49 tramos de ductos de hidrocarburos (280.98 km en total), de los cuales 4 tramos (124.2 km) discurren a una distancia de 500 m o menos del eje del trazo.

8.4 Compatibilidad del proyecto con el diagnóstico ambiental

El cruce del trazo del proyecto con la zonificación de sensibilidad ambiental de la Región Ecológica constituye el resultado central del diagnóstico territorial:

- El eje del proyecto se desarrolla predominantemente sobre la matriz de baja sensibilidad. Medido sobre la franja de desmonte, el 74.5 % corresponde a agricultura de temporal y de riego, el 15.3 % a asentamientos humanos y el 0.4 % a terreno desprovisto de vegetación; la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia ocupa el 8.0 % y el pastizal inducido el 1.8 %.
- El trazo no intersecta el Área Natural Protegida La Primavera, ubicada a 15.5 km de distancia, ni núcleos de vegetación primaria, evitando así los principales elementos de conservación de la Región Ecológica.
- El impacto paisajístico se caracteriza como bajo: únicamente el 6 % del trazo se asocia a zonas de alta calidad visual y el 4 % a áreas de alta fragilidad visual, condición que se ve adicionalmente atenuada por el carácter subterráneo de la conducción.
- Se identifican elementos de atención puntual: el 62.7 % del trazo se ubica sobre suelos tipo Vertisol, con implicaciones geotécnicas particulares, y 12.26 km se localizan dentro de la Región Terrestre Prioritaria 113, en su mayoría sobre superficies agrícolas.

En conjunto, el proyecto se inserta en la franja de menor sensibilidad ambiental de la Región Ecológica y evita de manera sistemática las zonas de mayor valor ecológico, hidrológico y paisajístico, con sensibilidades acotadas, localizadas y técnicamente atendibles mediante diseño preventivo y medidas específicas.

---

9. Incidencia del proyecto dentro de la Región Ecológica

9.1 Reporte general de incidencias

Las siguientes incidencias del proyecto se identifican sobre los elementos ambientales de la Región Ecológica:

Elemento ambiental	Incidencia
Uso de suelo y vegetación (franja de desmonte, 27.55 ha)	74.5 % agricultura de temporal/riego; 15.3 % asentamientos humanos; 8.0 % vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia; 1.8 % pastizal inducido; 0.4 % suelo desprovisto de vegetación
Vegetación leñosa removida	4.37 ha (15.9 % de la franja de desmonte)
Región Terrestre Prioritaria Cerro Viejo-Sierras de Chapala (RTP-113)	12.26 km del trazo dentro de la RTP, en su mayoría sobre matriz agrícola
Región Hidrológica Prioritaria Chapala-Cajititlán-Sayula	9.17 km² de coincidencia dentro del Área de Influencia
Área Estatal de Protección Hidrológica Cerro Viejo-Chupinaya-Los Sabinos	Interacción directa en un cruce de cauce dentro de la zonificación de protección de 26 m

Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV
Av. Copérnico #1301 int. 23, Col. Residencial Moctezuma Poniente
Zapopan, Jalisco. CP 45053
33-3171-1782 - tpg.factura@gmail.com

Elemento ambiental	Incidencia
Sitio Ramsar Lago de Chapala / vaso del lago	Sin incidencia directa (733 m y 1,066 m de distancia mínima, respectivamente)
Fallas geológicas (130 identificadas en la RE)	6 cruzan o rozan el trazo (franja de 150 m)
Zonas de inundación pluvial (periodo de retorno de 100 años)	2.77 km del trazo dentro de polígonos susceptibles
Ductos de hidrocarburos (49 tramos, 280.98 km en la RE)	4 tramos (124.2 km) discurren a 500 m o menos del eje
Cruces con cuerpos de agua de jurisdicción federal	32 cruces (25 arroyos pluviales federales, 7 canales de riego)

9.2 Elementos de atención prioritaria

Estas incidencias se caracterizan por ser puntuales y localizadas dentro de la franja de obra. El cruce con el Área Estatal de Protección Hidrológica y los cruces con ductos de hidrocarburos constituyen los elementos que reciben mayor atención en el diseño ejecutivo y en las medidas de prevención descritas más adelante, particularmente en lo relativo a las técnicas constructivas empleadas (hincado en cruces sensibles) y a la coordinación previa con los operadores de infraestructura.

---

10. Identificación y evaluación de los impactos ambientales

10.1 Metodología empleada

Se identifican las actividades del proyecto por cada una de sus etapas (preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, y cierre-abandono-restauración) y analiza su interacción con los factores ambientales mediante una matriz de Leopold modificada, la cual involucra todas las acciones de la vida útil del proyecto y descarta aquellas que no presentan interacción con el medio.

A partir de las interacciones identificadas mediante la matriz de Leopold, se aplica la metodología de Conesa (1997) para generar una matriz de importancia basada en la relación causa-efecto entre las acciones del proyecto y los elementos ambientales, calculando la importancia de cada impacto conforme a la fórmula:

I = ± (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)

donde **I** es la importancia del impacto (con valores posibles entre 13 y 100); el signo (±) indica la naturaleza positiva o negativa del impacto; **IN** es la intensidad o grado de destrucción; **EX** es la extensión o fracción del medio afectada; **MO** es el momento o tiempo transcurrido entre la acción y la aparición del efecto; **PE** es la persistencia o permanencia del efecto; **RV** es la reversibilidad o posibilidad de retornar a las condiciones iniciales; **SI** es la sinergia o reforzamiento entre dos o más efectos simples; **AC** es la acumulación o incremento progresivo del efecto; **EF** es el tipo de efecto (directo o indirecto); **PR** es la periodicidad (continua o discontinua); y **MC** es la recuperabilidad o posibilidad de reconstrucción del factor afectado mediante intervención humana. Cada uno de estos diez factores se valora conforme a una escala numérica específica (por ejemplo, la intensidad va de 1, afectación mínima, a 12, destrucción casi total del factor; la extensión va de 1, efecto muy localizado, a 8, afectación muy generalizada, con hasta 4 unidades adicionales cuando el efecto se produce en un sitio crítico como una toma de agua para consumo humano).

Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV
Av. Copérnico #1301 int. 23, Col. Residencial Moctezuma Poniente
Zapopan, Jalisco. CP 45053
33-3171-1782 - tpg.factura@gmail.com

Con el valor de importancia así obtenido, cada impacto se clasifica en cuatro rangos de magnitud: Bajo (0-25), Moderado (26-50), Óptimo/Crítico (51-75) y Muy óptimo/Muy crítico (76-100), diferenciados para impactos positivos y negativos. La evaluación se organiza por etapa del proyecto y por componente ambiental (Agua, Aire, Suelo, Residuos, Biótico y Socioeconómico), e incluye un análisis específico de impactos residuales y acumulativos.

10.1.1 Clasificación de las medidas de mitigación

Las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración propuestas se clasifican, para cada ficha de medida, conforme a cuatro criterios: **según el sitio de incidencia** (área de afectación directa del proyecto y sus cercanías, o área de afectación alrededor del proyecto); **según su naturaleza o carácter** (prevención, reducción, remediación o compensación); **según el tipo de acciones que implican** (consideraciones de tipo ambiental, especificaciones de construcción, normatividad y reglamentos, u otras); y **según su seguimiento y monitoreo**, mediante la definición de un objetivo de la medida, una valoración de su viabilidad técnica y uno o más indicadores ambientales verificables.

10.2 Actividades causantes de impacto por etapa

Etapa	Clave	Actividad
Preparación del sitio	E_Pe1	Delimitación del área de trabajo
Preparación del sitio	E_Pe2	Habilitado de almacenes y patios de maquinaria temporales
Preparación del sitio	E_Pe3	Desmonte (retiro de vegetación arbórea y arbustiva)
Preparación del sitio	E_Pe4	Despalme (remoción de la capa vegetal y orgánica del suelo)
Preparación del sitio	E_Pe5	Excavaciones, compactación y nivelación
Construcción	E_Con1	Instalación de tubería
Construcción	E_Con2	Cimentación y construcción de obra civil
Construcción	E_Con3	Instalación de maquinaria y equipo
Operación	E_Ope1	Operación por bombeo y gravedad
Operación	E_Ope2	Mantenimiento de obra civil, mecánica y preventiva
Abandono	E_Aba1	Desmantelamiento y demolición
Abandono	E_Aba2	Restauración

Las excavaciones para el alojamiento de la tubería se realizarán a cielo abierto, con profundidades que varían entre 3.50 m y 3.80 m respecto al nivel actual del terreno, pudiendo alcanzar profundidades máximas de 5.95 m en sitios específicos, de acuerdo con las condiciones topográficas y geotécnicas de cada tramo. En los cruces con infraestructura existente (vialidades, líneas eléctricas, vías férreas, ductos de hidrocarburos e infraestructura pluvial) se empleará el procedimiento constructivo de hincado horizontal mediante sistema hidráulico de empuje, con el propósito de minimizar las afectaciones superficiales y mantener la continuidad de la infraestructura existente.

El sistema, una vez en operación, funcionará aproximadamente 18 horas al día. Dado que el proyecto se ha diseñado para operar de manera permanente como infraestructura estratégica para el abastecimiento de agua potable de la Zona Metropolitana de Guadalajara, con una vida útil mínima estimada de 40 años prolongable mediante programas de mantenimiento y rehabilitación, no se prevé su abandono; en caso de que por causas técnicas, económicas o

Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV
Av. Copérnico #1301 int. 23, Col. Residencial Moctezuma Poniente
Zapopan, Jalisco. CP 45053
33-3171-1782 - tpg.factura@gmail.com

administrativas se determinara el cese definitivo de operaciones, el promovente notificaría a las autoridades competentes y elaboraría el programa correspondiente, que incluiría el desmantelamiento de instalaciones, el retiro de materiales y equipos, el manejo integral de los residuos generados y la restauración del terreno, en un periodo estimado de seis meses.

10.3 Elementos, componentes e intensidad

Para cada actividad del proyecto se identifican los elementos y componentes ambientales susceptibles de ser afectados, así como la intensidad esperada de la interacción, considerando el grado de perturbación que la actividad genera sobre el factor ambiental correspondiente, desde afectaciones bajas y reversibles hasta afectaciones de mayor magnitud o permanencia. A manera de ejemplo, la matriz de valoración de Conesa (Tabla 9) asigna a cada interacción actividad-factor un valor de importancia negativo o positivo; para un subconjunto representativo de factores ambientales, los valores obtenidos en las actividades de desmonte (E_Pe3), instalación de tubería (E_Con1), operación por bombeo y gravedad (E_Ope1) y restauración (E_Aba2) son los siguientes:

Factor ambiental	Desmonte (Prep.)	Instalación de tubería (Constr.)	Operación (bombeo/gravedad)	Restauración (Abandono)
Agua superficial – calidad fisicoquímica y biológica	-29	0	-39	+39
Agua superficial – cantidad	0	0	-46	+25
Aire – calidad del aire	-31	-27	-22	+34
Aire – gases de efecto invernadero	-29	-33	-36	+37
Aire – ruido	-24	-24	-34	+31
Suelo – erosión y compactación	-41	-38	0	+46
Suelo – residuos de manejo especial	-22	-30	-23	+36
Vegetación – remoción	-41	0	0	+45

Conforme a la escala de magnitud descrita en la sección 10.1, la generalidad de estos valores se ubica en los rangos “Bajo” y “Moderado” (valores absolutos entre 13 y 50), consistente con el resultado global de la evaluación que se presenta en la sección 12.1. Los valores positivos más altos se concentran, de forma consistente, en la etapa de abandono y restauración, en la que las actividades de recuperación del sitio generan impactos positivos sobre la generalidad de los factores ambientales evaluados.

11. Impactos ambientales existentes en la Región Ecológica

Se reconoce como antecedente el contexto de una región predominantemente urbanizada e industrial en la que ya existen impactos previos sobre el entorno: incremento de ruido en zonas urbanas y rurales, emisiones previas de fuentes urbanas y del tránsito vehicular, deterioro de la calidad del aire por emisiones industriales y de otras obras viales, reducción de hábitat por pérdida previa de vegetación, pérdida de naturalidad del paisaje por la expansión urbana e industrial, conflictos sociales por el uso del territorio, acumulación de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, historial de contaminación de suelos por derrames y escurrimientos previos, y compactación de suelo derivada del tránsito de maquinaria en obras previas de la región. Este contexto constituye la base sobre la cual se analizan los impactos acumulativos generados por el proyecto.

Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV
Av. Copérnico #1301 int. 23, Col. Residencial Moctezuma Poniente
Zapopan, Jalisco. CP 45053
33-3171-1782 - tpg.factura@gmail.com

12. Impactos ambientales del proyecto

12.1 Resultado global de la identificación de impactos

Se identificaron **293 interacciones impacto-actividad** en total: **65 impactos positivos** y **228 impactos negativos**, distribuidos por etapa de la siguiente forma:

Etapa	Impactos positivos	Impactos negativos	Total
Preparación del sitio	10	101	111
Construcción	7	61	68
Operación	10	38	48
Abandono	38	28	66

De los impactos negativos, 70 se clasifican en el rango “Bajo” y 158 en el rango “Moderado”; ninguno se clasificó en los rangos “Crítico” o “Muy crítico” conforme a la metodología de valoración empleada. De los impactos positivos, 11 se clasifican como “Bajo” y 54 como “Moderado”.

12.2 Impactos por componente ambiental

12.2.1 Componente Agua

- **Calidad fisicoquímica y biológica del agua superficial:** se origina por derrames de combustibles, aceites, grasas o fluidos hidráulicos, descargas de agua de pruebas, desinfección, achique, lodos de hincado y arrastre de residuos o suelo contaminado. Puede alterar el pH, la conductividad, el oxígeno disuelto, los sólidos suspendidos y la carga microbiológica del cuerpo receptor, principalmente en el punto de descarga y aguas abajo.
- **Cantidad de agua superficial:** durante la construcción, el impacto se relaciona con desvíos temporales, bombeo de achique y uso de agua para pruebas; durante la operación, el impacto principal deriva de la extracción continua de 7.5 m³/s del Lago de Chapala, con alcance regional dada su relación con el balance hídrico del lago y el abastecimiento de la Zona Metropolitana de Guadalajara. Como efecto positivo asociado, se incrementará la disponibilidad de agua cruda para el abastecimiento metropolitano al mejorar la eficiencia de conducción.
- **Calidad fisicoquímica del agua subterránea:** riesgo por infiltración de combustibles, aceites, lodos o residuos peligrosos, o por excavaciones profundas que intercepten estratos saturados; el efecto es generalmente puntual o local.
- **Nivel freático:** las excavaciones de hasta 3.80 m o mayores, junto con el bombeo temporal de achique, pueden generar un descenso temporal del nivel freático en el entorno inmediato de la excavación.

12.2.2 Componente Aire

- **Calidad del aire:** generación de partículas suspendidas por desmonte, excavación, carga y descarga de materiales, circulación de camiones y operación de maquinaria diésel, con posible afectación a viviendas, caminos y vegetación cercana en condiciones de viento.
- **Gases de efecto invernadero:** emisión de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso derivada del consumo de diésel, gasolina y electricidad durante la construcción, y del consumo permanente de energía en el sistema de impulsión durante la operación.
- **Ruido:** generado por excavadoras, grúas, camiones, generadores, equipos de hincado y pruebas electromecánicas, con posible perturbación de fauna y molestia a receptores humanos cercanos al derecho de vía.

Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV
Av. Copérnico #1301 int. 23, Col. Residencial Moctezuma Poniente
Zapopan, Jalisco. CP 45053
33-3171-1782 - tpg.factura@gmail.com

12.2.3 Componente Suelo

- **Características físicas:** alteración por despalme, excavación profunda, separación de horizontes edáficos y depósito temporal de materiales producto de excavación.
- **Erosión y compactación:** derivadas de la remoción de cobertura vegetal, el tránsito de maquinaria y la exposición de suelo desnudo durante el periodo de obra.
- **Contaminación potencial:** por derrames de combustibles, aceites o materiales de construcción durante las actividades de obra.

12.2.4 Componente Biótico

- **Pérdida de cubierta vegetal y hábitat:** por desmonte, despalme y excavación durante la preparación del sitio, y por el tránsito continuo de maquinaria y la ocupación permanente del suelo por estructuras; se prevé fragmentación temporal del hábitat e interrupción de la conectividad ecológica en las zonas adyacentes a la franja intervenida.
- **Especies de importancia económica:** retiro o daño de cultivos agrícolas, árboles frutales o especies maderables y forrajeras de uso local dentro del derecho de vía.
- **Fauna (anfibios, reptiles, aves y mamíferos):** desplazamiento forzado de individuos, estrés fisiológico y conductual, y riesgo de mortalidad por atropellamiento o caída en zanjas y excavaciones abiertas.
- **Modificación de hábitat:** reducción de sitios disponibles para refugio, alimentación y reproducción de fauna, con cambios en la composición y abundancia relativa de especies, favoreciendo a especies generalistas sobre las más sensibles.
- **Especies con estatus NOM-059:** riesgo de mortalidad accidental, captura incidental o perturbación de especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, particularmente en sitios con registros confirmados o hábitat potencial idóneo.
- **Afectación al paso libre de fauna:** las zanjas abiertas, cercos perimetrales y tránsito vehicular pueden actuar como barreras físicas al desplazamiento natural de la fauna, incrementando el riesgo de atropellamiento al buscar rutas alternas.
- **Paisaje – aspectos estéticos:** alteración perceptible de la composición visual del entorno por la presencia de maquinaria, excavaciones abiertas y eliminación de cubierta vegetal durante la obra.
- **Paisaje – naturalidad:** introducción permanente de elementos artificiales (tanques, cajas de válvulas, caminos de acceso) que reducen la continuidad del paisaje natural en las zonas de mayor visibilidad.

12.2.5 Componente Socioeconómico

- **Generación de empleo:** contratación de personal en las distintas fases del proyecto (obra civil, montaje electromecánico, transporte, seguridad industrial, supervisión técnica, operación y mantenimiento), con efecto positivo de escala local y regional.
- **Inversión:** fortalecimiento de las cadenas de suministro vinculadas a la ejecución del proyecto, con efecto multiplicador sobre distintos eslabones productivos y comerciales de la región.
- **Servicios:** interferencias temporales con infraestructura existente (vialidades, líneas eléctricas, vías férreas, ductos, drenaje) durante la construcción; como efecto positivo de la operación, incremento en la capacidad, redundancia y confiabilidad del sistema de abastecimiento de agua.
- **Conflictos sociales:** derivados de la afectación a predios particulares, establecimiento de servidumbres de paso, cierre temporal de vialidades, daños a cultivos y percepción social en torno a la extracción de agua del Lago de Chapala.

Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV
Av. Copérnico #1301 int. 23, Col. Residencial Moctezuma Poniente
Zapopan, Jalisco. CP 45053
33-3171-1782 - tpg.factura@gmail.com

12.3 Ejemplos de interacciones impacto-actividad por etapa

Etapa	Obra o actividad	Componente	Impacto ambiental	Efecto	Medida asociada
Preparación	Desmonte (E_Pe3)	Biótico – Vegetación	Pérdida de cubierta vegetal y hábitat	Directo	Rescate y reubicación de flora; delimitación de superficies autorizadas
Preparación	Despalme (E_Pe4)	Suelo	Alteración de características físicas y remoción del horizonte orgánico	Directo	Valorización del suelo despalmado y desmontado
Preparación	Habilitado de patios de maniobras (E_Pe2)	Resi duos	Generación de residuos sólidos urbanos y de manejo especial	Directo	Gestión integral de residuos sólidos urbanos
Construcción	Excavaciones y zanjado	Suelo / Biótico – Fauna	Erosión y compactación del suelo; riesgo de mortalidad de fauna por caída en zanjas	Directo	Ahuyentamiento de fauna silvestre previo al desmonte
Construcción	Cruces con cauces (hincado)	Agua superficial	Alteración temporal de la continuidad hidráulica y de la zona federal del cauce	Directo/indirecto	Conservación y delimitación preventiva de la zona federal (arroyo Los Sabinos)
Construcción	Instalación de tubería (E_Con1)	Aire	Generación de partículas y ruido por maquinaria	Directo	Mantenimiento de maquinaria; control de velocidad
Construcción	Mantenimiento de maquinaria	Suelo	Riesgo de contaminación por derrames de aceites y combustibles	Directo	Zona impermeable para mantenimiento de maquinaria
Operación	Bombeo y conducción (E_Ope1)	Agua superficial (cantidad)	Extracción continua de 7.5 m³/s del Lago de Chapala	Indirecto, alcance regional	Operación dentro del volumen concesionado; eficiencia energética del bombeo
Operación	Funcionamiento de la estación de bombeo	Aire – Ruido	Perturbación de fauna y molestia a receptores cercanos	Directo	Mantenimiento preventivo de equipos electromecánicos
Abandono	Desmantelamien to y demolición (E_Aba1)	Residuos	Generación de residuos de manejo especial	Directo	Manejo integral de residuos y disposición conforme a la legislación aplicable

Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV
Av. Copérnico #1301 int. 23, Col. Residencial Moctezuma Poniente
Zapopan, Jalisco. CP 45053
33-3171-1782 - tpg.factura@gmail.com

Etapa	Obra o actividad	Componente	Impacto ambiental	Efecto	Medida asociada
Abandono	Restauración (E_Aba2)	Biótico / Paisaje	Recuperación de la cobertura vegetal y de las condiciones del entorno intervenido	Directo, positivo	Programa de restauración con especies nativas

12.4 Impactos por etapa

Preparación del sitio

Concentra el mayor número de interacciones identificadas (111 en total, de las cuales 101 son negativas), asociadas principalmente al desmonte, despalme, trazo y nivelación de la franja de obra, así como al establecimiento de campamentos, patios de maniobras y accesos temporales.

Construcción

Con 68 interacciones (61 negativas), los impactos se concentran en la excavación de zanja, tendido e hincado de tubería, cruces de cauces y de infraestructura existente, y en el manejo de materiales producto de excavación.

Operación y mantenimiento

Con 48 interacciones (38 negativas), los impactos se relacionan principalmente con la extracción continua de agua del Lago de Chapala, el funcionamiento de la estación de bombeo (consumo eléctrico, ruido) y las actividades periódicas de mantenimiento de la conducción.

Cierre, abandono y restauración

Con 66 interacciones (28 negativas y 38 positivas, el mayor número de interacciones positivas de las cuatro etapas), destacan las actividades de desmantelamiento de instalaciones temporales y restauración de las superficies afectadas durante la construcción.

---

13. Impactos significativos, sinérgicos, acumulativos y residuales

Impactos significativos

Los impactos de mayor relevancia identificados son: la reducción del volumen disponible del Lago de Chapala por la extracción continua durante la operación, de alcance regional; la pérdida y modificación de hábitat, con afectación a especies con estatus de protección; y la afectación a los suelos tipo Vertisol que predominan en el 62.7 % del trazo.

Se desarrolla, adicionalmente, un análisis específico sobre las tres actividades consideradas más significativas del proyecto por su extensión e intensidad: (i) la instalación de tubería de 96 pulgadas a lo largo de los 42,380 m de longitud, en zanja de 3.50 a 3.80 m de profundidad; (ii) el proceso de hincado en cruces especiales con vialidades, caminos, escorrentías, ductos de gas o hidrocarburos y vía férrea; y (iii) la construcción y operación de las estructuras hidráulicas complementarias del acueducto (tanques unidireccionales, tanque de cambio de régimen, tanque de entrega y tanque de oscilación).

Para la instalación de tubería, el impacto se genera por la apertura continua de la zanja —trazo, desmonte, despalme, excavación, conformación de taludes, bombeo de agua acumulada, transporte y descenso de la tubería, soldadura, inspección de juntas, relleno, compactación y restitución superficial—, con impactos que incluyen remoción temporal de vegetación, pérdida y mezcla de horizontes del suelo, compactación de áreas de maniobra, incremento de erosión hídrica y eólica, generación y dispersión de polvo, emisiones y ruido de maquinaria, alteración puntual de escurrimientos, arrastre de sedimentos, riesgo de contaminación por derrames y generación de residuos urbanos, de manejo especial y peligrosos.

Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV
Av. Copérnico #1301 int. 23, Col. Residencial Moctezuma Poniente
Zapopan, Jalisco. CP 45053
33-3171-1782 - tpg.factura@gmail.com

La afectación directa se circunscribe a la franja de construcción, mientras que los efectos por polvo, ruido y tránsito pueden extenderse hacia predios y comunidades cercanas; dada la longitud total del acueducto, estos efectos pueden producir una afectación acumulativa a escala regional, aunque de naturaleza predominantemente temporal.

Para el proceso de hincado en cruces especiales, el impacto se genera por la construcción de pozos de ataque y recepción y el avance controlado de la tubería de acero por debajo de la infraestructura existente, sin realizar excavación a cielo abierto sobre el punto de cruce, mediante el procedimiento de hincado horizontal. Durante este proceso pueden presentarse alteraciones derivadas de la excavación localizada, el empuje hidráulico, las vibraciones, la modificación temporal de las condiciones geotécnicas del terreno, la infiltración de agua y la generación de lodos. El riesgo ambiental es mayor cuando el hincado se desarrolla en proximidad de infraestructura estratégica —ductos de gas natural, poliductos de hidrocarburos, vías férreas, escurrimientos naturales o vialidades—, ya que una desviación del eje de perforación o un control inadecuado del proceso podrían ocasionar afectaciones a dichas obras; no obstante, al tratarse de un método constructivo sin apertura del terreno en el punto de cruce, el hincado constituye una alternativa de menor impacto ambiental respecto a la excavación convencional, al reducir la remoción superficial del suelo, la afectación a la vegetación, la interrupción del tránsito y la alteración directa de cauces e infraestructura existente. En condiciones normales de construcción, la afectación se concentra de manera puntual y temporal en los pozos de ataque y recepción y en el tramo específico donde se realiza el procedimiento. Los criterios de valoración se diferencian según el tipo de infraestructura cruzada: en los cruces con ductos de hidrocarburos se prioriza la coordinación operativa con el concesionario del ducto, el radio potencial de afectación en caso de fuga o explosión y la capacidad de contención y recuperación del producto; en el cruce con la vía férrea se evalúan la cobertura entre el hincado y la plataforma ferroviaria y la estabilidad estructural de la vía durante y después del

procedimiento; y en los cruces con escurrimientos naturales se consideran el caudal, la profundidad del hincado respecto del lecho y la probabilidad de socavación o erosión del cauce, siendo mayor la magnitud esperada durante la temporada de lluvias o en cauces de mayor caudal.

Para la construcción y operación de las estructuras hidráulicas complementarias del acueducto (tanques unidireccionales, tanque de cambio de régimen, tanque de entrega y tanque de oscilación), el impacto se genera por las excavaciones, conformación de plataformas, cimentaciones, colocación de acero de refuerzo, colado de concreto e instalación de tuberías, válvulas y accesorios hidráulicos, actividades que requieren maquinaria pesada, transporte de materiales y ocupación temporal del terreno. Durante la operación, estas estructuras funcionan como elementos de regulación hidráulica que permiten controlar presiones, transitorios hidráulicos, cambios de régimen de flujo y la entrega del agua, incrementando la seguridad y confiabilidad operativa del acueducto; las afectaciones directas se limitan al área de desplante de las estructuras y sus zonas auxiliares, mientras que durante la operación los impactos permanecen confinados a la infraestructura y sus actividades de mantenimiento.

Impactos acumulativos

El desarrollo del proyecto se ubica en una zona predominantemente urbanizada e industrial, por lo que sus impactos ambientales no ocurren de manera aislada, sino que se suman a los efectos previos generados por la dinámica de crecimiento de la Zona Metropolitana de Guadalajara. Se identifica la interacción del proyecto con factores ambientales ya alterados en la región:

Elemento receptor	Impacto acumulativo	Actividades previas en la zona	Efecto conjunto esperado
Aire	Aumento de ruido	Zonas urbanas, rurales o turísticas	Aumento en niveles de ruido por maquinaria durante preparación y construcción

Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV
Av. Copérnico #1301 int. 23, Col. Residencial Moctezuma Poniente
Zapopan, Jalisco. CP 45053
33-3171-1782 - tpg.factura@gmail.com

Elemento receptor	Impacto acumulativo	Actividades previas en la zona	Efecto conjunto esperado
Aire	Gases de efecto invernadero	Emisiones previas de áreas urbanas y tránsito vehicular	Emisiones adicionales por maquinaria durante preparación y construcción
Aire	Deterioro de la calidad del aire	Emisiones industriales, tráfico, otras obras viales	Mayor concentración de PM10, NOx y SO_2, afectando salud y visibilidad
Fauna	Reducción de hábitat para especies	Pérdida de vegetación y alteración de suelos previa	Pérdida parcial adicional del hábitat y desplazamiento temporal
Paisaje	Pérdida de naturalidad	Expansión urbana y proyectos habitacionales e industriales de grandes dimensiones	Incremento de la artificialización del entorno
Socioeconómico	Conflictos sociales por uso del territorio	Crecimiento urbano acelerado	Tensiones comunitarias adicionales
Residuos	Incremento en generación de residuos sólidos urbanos	Acumulación de residuos por actividades diversas de la región	Mayor presión sobre rellenos sanitarios durante preparación y construcción
Residuos	Aumento de residuos de manejo especial	Producción de residuos de construcción de otras obras	Riesgo de contaminación de suelo y agua por residuos mal gestionados
Residuos	Generación de residuos peligrosos	Presencia previa de residuos peligrosos en la región	Riesgo de contaminación de suelo por residuos mal gestionados
Suelo	Riesgo de contaminación por derrames y escurrimientos	Historial de contaminación en suelos cercanos	Contaminación adicional de suelos

Impactos residuales

Se identifican como impactos residuales, es decir, aquellos que persisten pese a la implementación de las medidas de mitigación: la disminución de disponibilidad de agua por la extracción continua durante la operación; la generación de partículas por levantamiento de polvos; la contaminación potencial del suelo por maquinaria; la pérdida de cobertura vegetal, remoción del horizonte orgánico y modificación de las propiedades físicas y biológicas del suelo; la erosión y compactación del suelo; la modificación o pérdida de hábitat por excavaciones; la afectación potencial a flora y fauna por exposición a residuos; y la **pérdida de individuos arbóreos**, identificada como un impacto residual permanente que no se revierte por completo mediante las medidas propuestas, aunque para todos ellos la MIA-R establece medidas de mitigación asociadas y, en su caso, de compensación.

14. Delimitación del Área de Influencia

El Área de Influencia (150 m a cada lado del eje del trazo, 1,271.22 ha) se delimita considerando la extensión previsible de los efectos identificados del proyecto, en congruencia con los criterios de delimitación de escalas espaciales descritos anteriormente. Esta delimitación permite comprender tanto la superficie de intervención directa como el entorno inmediato susceptible de recibir los efectos indirectos identificados.

Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV
Av. Copérnico #1301 int. 23, Col. Residencial Moctezuma Poniente
Zapopan, Jalisco. CP 45053
33-3171-1782 - tpg.factura@gmail.com

15. Medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración

15.1 Resumen general de las medidas

El proyecto contempla **24 subcomponentes de medidas de mitigación**, que agrupan un total de **159 acciones específicas**, organizadas por componente ambiental conforme a la siguiente distribución:

Componente	Subcomponentes	%	Acciones específicas	%
Biodiversidad	11	45.8 %	73	45.9 %
Residuos	5	20.8 %	50	31.4 %
Emisiones	4	16.7 %	25	15.7 %
Suelo	3	12.5 %	6	3.8 %
Agua	1	4.2 %	5	3.1 %
Total	**24**	**100 %**	**159**	**100 %**

15.2 Naturaleza y temporalidad de las medidas

Del conjunto de medidas contabilizadas a nivel de subcomponente, el 50.0 % son de prevención, el 31.0 % de reducción, el 9.5 % de remediación y el 9.5 % de compensación. El componente Biodiversidad concentra la mayor cantidad de medidas (17), seguido del componente Residuos (12). En cuanto a su temporalidad de aplicación, el 24.1 % de las medidas se aplica en la etapa de preparación, el 37.9 % en construcción, el 19.0 % en operación y el 19.0 % en abandono; el 62.1 % de las medidas se concentra, por tanto, en las etapas tempranas del proyecto (preparación y construcción).

Etapa	Agua	Emisiones	Biodiversidad	Residuos	Suelo
Preparación	0.0 %	25.0 %	28.0 %	14.3 %	40.0 %
Construcción	50.0 %	33.3 %	40.0 %	35.7 %	40.0 %
Operación	50.0 %	8.3 %	28.0 %	14.3 %	0.0 %
Abandono	0.0 %	33.3 %	4.0 %	35.7 %	20.0 %
% del total de medidas	**3.4 %**	**20.7 %**	**43.1 %**	**24.1 %**	**8.6 %**

El componente Biodiversidad es el que implica mayor duración relativa en la implementación de sus medidas a lo largo de las distintas etapas del proyecto, lo que se traduce en una mayor necesidad de supervisión de su cumplimiento a lo largo de la vida del proyecto.

En cuanto a su incidencia espacial, el 50.0 % de las medidas tiene incidencia dentro del área de estudio o sistema ambiental, y el 50.0 % dentro del Área de Influencia o sus inmediaciones. Respecto de los responsables de aplicación, el 44.0 % de los subcomponentes corresponde al Promovente, el 42.0 % a la empresa constructora y el 14.0 % a una empresa especialista; el Promovente concentra la mayor responsabilidad en las medidas del componente Biodiversidad.

El costo estimado del conjunto de medidas asciende a **$24,182,000.00 M.N.**, distribuido de la siguiente forma: Residuos ($10,907,000), Biodiversidad ($6,996,000), Emisiones ($4,732,000), Agua ($1,300,000) y Suelo ($247,000).

Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV
Av. Copérnico #1301 int. 23, Col. Residencial Moctezuma Poniente
Zapopan, Jalisco. CP 45053
33-3171-1782 - tpg.factura@gmail.com

15.3 Ejemplos representativos de medidas por componente

Componente Agua: conservación de la zona federal del arroyo Los Sabinos

Ante el impacto identificado sobre la continuidad hidráulica y la estabilidad del cauce y zona federal del arroyo Los Sabinos durante las obras de cruce mediante hincado, se establece la medida "Conservación, delimitación preventiva, saneamiento y protección de la zona federal del arroyo Los Sabinos", que comprende: la realización de un estudio hidrológico e hidráulico para la delimitación de la zona federal en el cauce; la delimitación física con aproximadamente 80 mojoneras a 2 km aguas arriba y aguas abajo del cruce; asesoría y gestión sobre amenazas de inundación con los propietarios colindantes; limpieza de escombro y residuos sólidos urbanos en el mismo tramo; y la impartición de 4 talleres de educación ambiental a los habitantes de las localidades de Luis García y Los Cedros sobre el Área Estatal de Protección Hidrológica Cerro Viejo-Chupinaya-Los Sabinos. El costo total de esta medida se estima en $1,300,000.00 M.N., y su objetivo es conservar la continuidad hidráulica, la capacidad de conducción y las condiciones ambientales del cauce durante la construcción del cruce, así como fortalecer el conocimiento y la participación de la población colindante en la conservación del Área Natural Protegida.

Componente Biodiversidad: pláticas informativas de flora y fauna a los trabajadores

Con la finalidad de prevenir afectaciones a la abundancia y diversidad de flora y fauna, se implementará un programa de educación ambiental dirigido a los trabajadores del proyecto, a cargo de la brigada de flora y fauna, que incluye: jornadas de reconocimiento de especies de plantas y animales potencialmente presentes en el sitio; protocolos ante especies peligrosas o ponzoñosas; capacitación sobre la importancia ecológica, biológica, económica y medicinal de las especies; información sobre la prohibición de extracción de especies protegidas y endémicas; el marco legal aplicable al manejo de fauna silvestre; y la elaboración de bitácoras con evidencia fotográfica y listas de asistencia. El costo total de esta medida se estima en $200,000.00 M.N.

Componente Biodiversidad: ahuyentamiento de fauna silvestre

Previo al desmonte y apertura de cada frente de trabajo, una brigada de fauna conformada por un especialista y un técnico con experiencia en manejo de fauna silvestre realizará actividades de ahuyentamiento programadas conforme al Programa General de Trabajo, en las horas de mayor actividad según el grupo zoológico correspondiente. Se emplean métodos de ahuyentamiento específicos para cada grupo faunístico (por ejemplo, estímulos visuales y sonoros para herpetofauna), recomendados por la literatura técnica de referencia en la materia.

Componente Residuos: instalación de sanitarios temporales

Para prevenir la contaminación de suelo y cuerpos de agua por disposición inadecuada de excretas y aguas residuales sanitarias durante la construcción, se instalará un mínimo de un baño portátil por cada 15 trabajadores en cada frente de obra, con limpieza y sanitización semanal, y disposición de los residuos sanitarios ante un recolector autorizado por la autoridad municipal competente. El costo total de esta medida se estima en $2,260,000.00 M.N. a lo largo de los 36 meses de ejecución de la obra, e incluye el contrato de instalación y recolección, la inspección y bitácora mensual de seguimiento ambiental, la renta de entre 8 y 15 unidades sanitarias portátiles, y los artículos de limpieza e higiene correspondientes.

Componente Residuos: gestión integral de residuos sólidos urbanos

Para prevenir la contaminación del suelo, la dispersión de residuos, la proliferación de fauna nociva y el arrastre de residuos hacia cauces y drenajes, se habilitará un almacén temporal de residuos sólidos urbanos en cada frente de obra, para su posterior recolección y disposición final por parte de un prestador de servicios autorizado.

Componente Residuos: gestión integral de residuos de la construcción y demolición

Para prevenir y reducir los impactos derivados de la generación y manejo de residuos de construcción y demolición y materiales excedentes de excavación, se implementará su identificación, separación, almacenamiento temporal controlado,

Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV
Av. Copérnico #1301 int. 23, Col. Residencial Moctezuma Poniente
Zapopan, Jalisco. CP 45053
33-3171-1782 - tpg.factura@gmail.com

máximo aprovechamiento dentro del propio proyecto (reincorporación a rellenos, nivelaciones y restauración del derecho de vía), valorización externa y disposición final autorizada únicamente de los materiales que no puedan ser técnica o ambientalmente reutilizados, evitando su dispersión, depósito clandestino y arrastre hacia cauces. El costo de esta medida se estima en $990,000.00 M.N., e incluye el acondicionamiento de almacenes y patios temporales con drenaje y control de sedimentos, la inspección y seguimiento ambiental, lonas y coberturas móviles para los acopios, y la elaboración del balance de materiales y subprograma de manejo de RCD.

Componente Residuos: gestión integral de residuos peligrosos

Ante el riesgo de fugas, infiltración, contaminación de suelo y agua, emisión de vapores e incendios derivado de un manejo inadecuado, se elaborará un Programa Interno de Manejo Integral de Residuos Peligrosos, precedido de un diagnóstico que identifique las corrientes potenciales, procesos generadores, características de peligrosidad, cantidades previstas, sitios de generación y procedimientos de emergencia. El proyecto obtendrá su registro como generador ante la SEMARNAT (trámite SEMARNAT-07-017), determinando la categoría de generación (microgenerador, pequeño o gran generador) conforme a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Los residuos se identificarán y almacenarán conforme a sus características CRETIB (corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable, biológico-infeccioso) según la NOM-052-SEMARNAT-2005, evitando incompatibilidades entre residuos, y su transporte y disposición atenderá las normas NOM-010-SCT2/2009, NOM-005-STPS-1998, NOM-009-SCT2/2009 y NOM-006-STPS-2014 según corresponda. El almacén temporal de residuos peligrosos deberá estar cerrado y cubierto, sobre suelo impermeable, con sistemas de retención de derrames, iluminación a prueba de explosión, ventilación adecuada, estaciones lavaojos y regaderas de emergencia, equipo de protección personal, alarmas, equipo de combate de incendios y báscula para el registro de entradas y salidas; cada envase deberá ser químicamente compatible con el residuo, permanecer cerrado y etiquetado con el nombre del generador, el nombre del residuo, sus características de peligrosidad y la fecha de ingreso al almacén.

Componente Suelo: prevención de modificación de características físicas y erosión

Para evitar la modificación innecesaria de las características físicas del suelo, las actividades de excavación y compactación se restringirán a las áreas predeterminadas por el proyecto, dentro del polígono autorizado, delimitadas con cinta de seguridad ambiental y banderines de señalización; al concluir las actividades de remoción y compactación en cada tramo, la zona se delimitará para evitar su alteración adicional. El costo de esta medida se estima en $17,000.00 M.N., correspondiente a los materiales de delimitación y señalización (la maquinaria de compactación ya está contemplada dentro del presupuesto general del proyecto).

Componente Suelo: prevención de la contaminación por maquinaria

Para prevenir la contaminación del suelo durante el mantenimiento de la maquinaria, se habilitará una zona específica con suelo impermeable (concreto u otro revestimiento) para el resguardo de la maquinaria y la realización de mantenimientos; los cambios de aceite se efectuarán sobre superficie impermeable o bajo una concha protectora para contener posibles derrames, sin utilizar materiales absorbentes inadecuados (cartón, aserrín, plásticos de bajo calibre), y el mantenimiento se realizará conforme a los tiempos establecidos en el manual de operación de cada equipo. El costo de esta medida se estima en $80,000.00 M.N., correspondiente al kit de contención de derrames (charola y tapetes antiderrames, almohadillas y granulado absorbente).

Componente Suelo: valorización del suelo despalmado y desmontado

El material producto del despalme y desmonte del área del proyecto se ubicará dentro del mismo predio del proyecto, para su aprovechamiento posterior en las etapas de restauración y revegetación de las superficies intervenidas.

Componente Biodiversidad: rescate y reubicación de fauna silvestre

Con el fin de evitar al máximo la afectación a la fauna silvestre presente en el predio del proyecto, se encuentre o no enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010, la brigada de fauna (un especialista y un técnico) llevará a cabo actividades

Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV
Av. Copérnico #1301 int. 23, Col. Residencial Moctezuma Poniente
Zapopan, Jalisco. CP 45053
33-3171-1782 - tpg.factura@gmail.com

de rescate y reubicación conforme a la literatura técnica de referencia para cada grupo zoológico (mamíferos, aves, reptiles y anfibios), trasladando a los ejemplares en contenedores adecuados hacia un sitio de condiciones similares al de rescate, fuera del predio del proyecto. Todos los eventos se registrarán en bitácora, con especie, sexo, medidas, tratamiento, sitio de rescate y de reubicación con coordenadas geográficas, y evidencia fotográfica. El costo total de esta medida se estima en $327,000.00 M.N., e incluye la brigada de fauna, el material especializado (palos herpetológicos, boroscopio, faboterápicos), el equipo de protección personal, viáticos y transporte, y trampas para animales.

Componente Biodiversidad: rescate y reubicación de flora silvestre

De manera análoga a la medida de fauna, se implementará el rescate y reubicación de ejemplares de flora silvestre presentes en el área a intervenir, con énfasis en especies protegidas, endémicas o de lento crecimiento, previo al desmonte de cada frente de trabajo, a cargo de la brigada de flora y fauna del proyecto.

Componente Emisiones: prevención de emisiones y contaminantes criterio

Para reducir las emisiones generadas por la operación de maquinaria durante todas las etapas del proyecto, se dará mantenimiento oportuno a la maquinaria utilizada, se verificará que cuente con sistema de control de emisiones de fábrica y en buenas condiciones mecánicas, y se dará cumplimiento a los programas de verificación vehicular estatal vigentes y a las Normas Oficiales Mexicanas aplicables a los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes de vehículos que utilizan gasolina, diésel y gas licuado de petróleo (NOM-041-SEMARNAT-2015, NOM-044-SEMARNAT-2017 y NOM-050-SEMARNAT-2018), así como a las normas de salud ambiental relativas a la calidad del aire ambiente (NOM-020 a NOM-026-SSA1). Se colocará señalética en cada frente de obra indicando la instrucción de apagar la maquinaria cuando no esté en uso, con el fin de evitar el consumo innecesario de combustible.

15.4 Delimitación del Área de Influencia respecto de los impactos identificados

La delimitación del Área de Influencia del proyecto se realiza considerando la extensión e intensidad de los impactos ambientales identificados y sus efectos, en congruencia con los criterios utilizados para la delimitación de la Región Ecológica y la magnitud del proyecto.

---

16. Estrategia de manejo ambiental

Las medidas de mitigación se articulan en función del componente ambiental afectado, con un responsable de aplicación asignado (Promovente, empresa constructora o empresa especialista) y, en la generalidad de los casos, con parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia. Cada ficha de medida incluye, además de la descripción de las acciones específicas y de los recursos y montos requeridos para su ejecución, un objetivo de la medida (OB), una valoración de su viabilidad técnica (VT) y uno o más indicadores ambientales (IA) que permiten dar seguimiento a su cumplimiento —por ejemplo, el número de talleres de educación ambiental impartidos, la conclusión de estudios técnicos comprometidos, la cantidad de residuos retirados, o el reconocimiento por parte de los trabajadores de la importancia de la flora y fauna del sitio—. Esta estructura permite que las medidas propuestas operen como una estrategia integral de manejo ambiental, vinculada de manera específica a cada impacto identificado, y no como acciones aisladas entre sí.

---

17. Medidas de compensación y restauración

Las medidas de naturaleza compensatoria identificadas están asociadas principalmente a la remoción de vegetación y a la pérdida de individuos arbóreos, e incluyen la reforestación dentro o fuera del predio del proyecto o, en su defecto, la donación de ejemplares a instituciones públicas o privadas para su reforestación. El componente Biodiversidad, y en menor medida los componentes Suelo y Agua, concentran las medidas de naturaleza compensatoria del conjunto de 42 medidas contabilizadas a nivel de subcomponente (9.5 % del total).

Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV
Av. Copérnico #1301 int. 23, Col. Residencial Moctezuma Poniente
Zapopan, Jalisco. CP 45053
33-3171-1782 - tpg.factura@gmail.com

Los programas de reforestación y restauración forestal se desarrollarán conforme a las guías y manuales técnicos publicados por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, incluyendo el catálogo de conceptos, el costo total de implementación del programa y la justificación de la equivalencia de la medida respecto de la afectación que se pretende compensar, en las superficies de terrenos forestales y preferentemente forestales identificadas en las Unidades de Gestión Ambiental que intersecta el proyecto.

18. Pronóstico ambiental

Escenario actual (sin proyecto)

La Región Ecológica presenta un sistema hídrico bajo presión estructural: los acuíferos Toluquilla y Atemajac se encuentran sobreexplotados, existe deterioro de cuerpos de agua superficiales por descargas industriales y municipales, se registra pérdida de suelo agrícola y fragmentación de vegetación natural asociada a la expansión urbana metropolitana, y el abastecimiento de agua potable depende de una infraestructura de conducción con pérdidas físicas del orden del 25 % de su capacidad.

Escenario con proyecto (sin medidas)

Durante la construcción se generarían impactos negativos concentrados en las etapas de preparación (111 interacciones, 101 de ellas negativas) y construcción (68 interacciones, 61 negativas), principalmente sobre el suelo, la biota y la calidad del aire dentro de la franja de obra. Durante la etapa de operación se mantendría la extracción del Lago de Chapala dentro del mismo volumen actualmente concesionado, con una mejora en la eficiencia de conducción respecto a la infraestructura existente.

Escenario con proyecto y medidas ambientales

Las 159 acciones de prevención, mitigación y compensación descritas atienden la generalidad de los impactos identificados; conforme a la metodología de valoración empleada, ninguno de los impactos negativos alcanza un nivel “Crítico” o “Muy crítico”. Subsisten impactos residuales reconocidos —particularmente la pérdida de individuos arbóreos, la modificación de propiedades del suelo y la disminución de disponibilidad de agua asociada a la extracción continua durante la operación—, para los cuales se establece seguimiento de largo plazo mediante los indicadores ambientales definidos en cada ficha de medida.

En el mediano y largo plazo, considerando la vida útil operativa del proyecto (50 años), el cambio principal que documenta la MIA-R es la sustitución de una infraestructura con pérdidas físicas significativas por una conducción de mayor eficiencia hidráulica, sin incremento del volumen extraído del Lago de Chapala respecto al título de concesión vigente.

19. Integración ambiental del proyecto

Conforme al conjunto de los cuatro capítulos, el proyecto se inserta en una Región Ecológica caracterizada como un valle metropolitano-agrícola ya transformado (64 % de sensibilidad ambiental baja o muy baja), enmarcado por sierras, humedales y sistemas lacustres de mayor valor ecológico, con los cuales el trazo del acueducto no presenta intersección directa: no se ubica dentro del Área Natural Protegida La Primavera, no interviene el vaso del Lago de Chapala ni el polígono del sitio Ramsar. El proyecto sí interactúa de manera puntual con elementos de mayor sensibilidad ambiental: un cruce con el Área Estatal de Protección Hidrológica Cerro Viejo-Chupinaya-Los Sabinos, 12.26 km de trazo dentro de la Región Terrestre Prioritaria Cerro Viejo-Sierras de Chapala, la necesidad de tramitar el cambio de uso de suelo en terrenos forestales en las Unidades de Gestión Ambiental correspondientes, y cruces con fallas geológicas, zonas de inundación pluvial y ductos de hidrocarburos.

Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV
Av. Copérnico #1301 int. 23, Col. Residencial Moctezuma Poniente
Zapopan, Jalisco. CP 45053
33-3171-1782 - tpg.factura@gmail.com

Conforme al argumento desarrollado en la MIA-R, el proyecto no incrementa la extracción del Lago de Chapala ni la explotación de los acuíferos de la Región Ecológica, al operar dentro del mismo volumen actualmente concesionado; en su escala local, el proyecto se suma a la dinámica de presión ambiental preexistente mediante la pérdida temporal de cobertura vegetal (4.37 ha de vegetación leñosa), la generación de residuos de manejo especial durante la construcción y la afectación temporal de suelos agrícolas y hábitat de fauna a lo largo de la franja de obra, efectos que se atienden mediante las 159 acciones de prevención, mitigación, compensación y restauración descritas anteriormente.

20. Conclusión

En conjunto, los cuatro capítulos de la MIA-R describen que el proyecto “Construcción, Mantenimiento, Rehabilitación y Operación del Acueducto Sustituto Chapala-Guadalajara” consiste en la sustitución de infraestructura de conducción de agua potable existente, sin incremento del volumen de extracción concesionado del Lago de Chapala (7.5 m³/s, 236.52 hm³/año), a desarrollarse en una franja de obra de aproximadamente 70 ha a lo largo de 42.38 km, dentro de una Región Ecológica de 837.2 km² caracterizada mayoritariamente como un valle agrícola-urbano de sensibilidad ambiental baja a media, enmarcado por sierras y sistemas lacustres de mayor valor ecológico que el trazo evita en su trayectoria directa.

La evaluación de impactos identifica 228 interacciones negativas, clasificadas en su totalidad como de magnitud baja a moderada conforme a la metodología de valoración empleada (matriz de Leopold-Conesa), sin registrar impactos en los rangos “crítico” o “muy crítico”. Los impactos residuales reconocidos —pérdida de individuos arbóreos, modificación de propiedades del suelo y disminución continua de disponibilidad de agua por extracción— y la interacción puntual con el Área Estatal de Protección Hidrológica Cerro Viejo-Chupinaya-Los Sabinos, con la Región Terrestre Prioritaria Cerro Viejo-Sierras de Chapala y con infraestructura de hidrocarburos, se atienden mediante 159 acciones de prevención, mitigación, restauración y compensación, con un costo estimado de $24,182,000.00 M.N.

El proyecto se sujeta, para su ejecución, al cumplimiento de las autorizaciones sectoriales correspondientes, entre ellas en su caso, el cambio de uso de suelo en terrenos forestales ante la SEMARNAT, los permisos de ocupación y de obra hidráulica en zona federal ante la Comisión Nacional del Agua para cada uno de los 32 cruces con cuerpos de agua de jurisdicción federal, y las coordinaciones correspondientes con los operadores de infraestructura estratégica de otros sectores (eléctrico, hidrocarburos, carretero) cuyas instalaciones son cruzadas por el trazo del proyecto.

Topografía y Proyecto Urbanístico García SA de CV
Av. Copérnico #1301 int. 23, Col. Residencial Moctezuma Poniente
Zapopan, Jalisco. CP 45053
33-3171-1782 - tpg.factura@gmail.com