RESUMEN EJECUTIVO

Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Regional, con Estudio de Riesgo Ambiental del Proyecto:

Construcción, Operación, Mantenimiento y Abandono de un Centro de Generación de Energía Eléctrica a base de Gas Natural como un Sistema de Generación de Abasto Aislado y su Red Eléctrica de Distribución a diversas Macroperas.

Municipios de Comalcalco y Cárdenas, Estado de Tabasco, México

Promovente: Perenco México, S.A. de C.V.

Elaborado conforme al Artículo 13 del Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA) y a la 'Guía para la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Regional' (SEMARNAT-DGIRA, diciembre 2019). Con el fin de sintetizar de manera más completa los elementos señalados por la guía: objetivos del proyecto; principales obras y/o actividades; área y/o región donde se ubica; vinculación con los instrumentos regulatorios ambientales aplicables; caracterización del sistema ambiental regional; principales impactos ambientales en los medios abiótico, biótico y socioeconómico; medidas de mitigación, compensación y restauración propuestas; programa de vigilancia ambiental; y justificación de la selección del sitio frente a otras alternativas posibles.

PERENCO MÉXICO

Centro de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Portuaria, Marítima y Costera

Universidad Autónoma de TAMAULIPAS

I. Introducción y Antecedentes del Proyecto

El 18 de diciembre de 2017, la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH) y las empresas Pemex Exploración y Producción y Petrofac México, S.A. de C.V. suscribieron el Contrato CNH-M2-SANTUARIO-EL GOLPE-2017 para la extracción de hidrocarburos bajo la modalidad de Producción Compartida, correspondiente al Área Contractual Santuario y El Golpe, esto en los municipios de Cárdenas y Comalcalco en el estado de Tabasco. Mediante la Resolución CNH.E.20.002/2021 del 11 de marzo de 2021, la CNH instruyó la suscripción del Primer Convenio Modificatorio del Contrato, formalizando el cambio de denominación social de Petrofac México, S.A. de C.V. a Perenco México, S.A. de C.V., empresa que actualmente funge como Operador del Área Contractual.

Mediante la Resolución CNH.E.71.007/18 del 13 de diciembre de 2018, la CNH aprobó el Plan de Desarrollo para la Extracción correspondiente al Contrato, el cual incluyó el Programa de Aprovechamiento de Gas Natural Asociado (PAGNA). Posteriormente, mediante Resolución CNH.E.34.001/2022 del 28 de abril de 2022, se aprobó una actualización al PAGNA que consideró el autoconsumo de hidrocarburos producidos en las Actividades Petroleras hasta por 5.63 millones de pies cúbicos diarios; y mediante Resolución CNH.E.81.008/2022 del 15 de noviembre de 2022, se aprobó una nueva modificación al PAGNA, integrante del Plan de Desarrollo para la Extracción vigente.

Para cumplir con los objetivos comerciales de producción del Campo Santuario, Perenco requiere la implementación de Sistemas Artificiales de Bombeo Electrocentrífugo (BEC), lo cual implica una demanda importante de energía eléctrica. Actualmente, algunos sistemas BEC se alimentan localmente mediante motogeneradores de gas natural de pequeña potencia (200 kW); sin embargo, la generación local de energía eléctrica mediante motogeneradores en cada macropera no resulta rentable ni técnicamente eficiente. Por ello, es necesario incrementar la capacidad del Centro de Generación de Energía Eléctrica (CGEE), ubicado en el Complejo Santuario Noreste (CSN, cambio de denominación mediante oficio ASEA-UG-IDG-GEER-C1749-2024), así como de la Red de Distribución en media tensión (Red Particular), ambos propiedad de Perenco.

Como parte de la optimización en el uso de la energía, Perenco diseñó y construyó, en una primera fase, un CGEE de Abasto Aislado con 4 motogeneradores de 1.3 MW (3F, 3H, 480 V), que actualmente alimenta al Complejo Santuario Noreste, la macropera SAN-500A y la macropera SAN-600, estas dos últimas a través de una red privada de 13.2 kV. Esta modalidad de abasto aislado se consideró la opción más viable, dado que la red existente de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) no cuenta con capacidad suficiente para atender la demanda eléctrica requerida por los sistemas BEC en el Campo Santuario.

II. Objetivos y Descripción General del Proyecto

El proyecto tiene como objetivo general garantizar un suministro eléctrico estable, suficiente, resiliente y de alta capacidad para las instalaciones operativas del Área Contractual Santuario-El Golpe, eliminando dependencias de redes externas y reduciendo pérdidas energéticas, a fin de optimizar la extracción de hidrocarburos mediante la modernización del sistema de bombeo

electrocentrífugo. Para ello, se plantean tres componentes u obras tipo, que en conjunto conforman el alcance de la presente Manifestación de Impacto Ambiental Regional:

II.1. Obra tipo 1 — Centro de Generación de Energía Eléctrica (CGEE)

Consiste en la modificación del CGEE existente, ubicado en el Complejo Santuario Noreste (CSN), mediante la sustitución de los 4 motogeneradores instalados en la primera fase por 5 turbogeneradores modelo Taurus T-60 de gas natural, de 5.2 MW cada uno (26 MW de capacidad total, 13.2 kV, 3F, 3H). La instalación se realizará en dos etapas: en la primera se instalarán 3 turbogeneradores, y los siguientes se incorporarán en etapas posteriores conforme al incremento de las cargas del Campo Santuario. Las actividades principales de construcción incluyen la preparación de cimentaciones antivibratorias (concreto f'c=250 kg/cm²), montaje mecánico de los turbogeneradores (peso unitario de 25 toneladas, izado con grúas de 300 toneladas), conexión al sistema de gas natural mediante tuberías de 4 pulgadas (380 m totales, con tramos aéreos y subterráneos con protección catódica), pruebas de arranque en frío con verificación de emisiones de NOx (≤50 ppm), y la construcción de un cuarto de control eléctrico equipado con switchgear de media tensión, sistema SCADA y red de fibra óptica ADSS de 24 hilos. Durante la operación se realizará monitoreo en tiempo real mediante sensores IoT (vibración, temperatura de escape, eficiencia térmica), sincronización de frecuencia (60 Hz ± 0.5%) y mantenimiento predictivo y correctivo programado. En la etapa de abandono se contempla la desinstalación controlada de equipos, purga de tuberías con nitrógeno, restauración ambiental mediante revegetación con especies nativas y remediación de suelos (análisis TCLP).

II.2. Obra tipo 2 — Red Eléctrica de Distribución Particular

Comprende la construcción, sustitución, reubicación, pruebas, puesta en operación y mantenimiento de la Red Eléctrica de Distribución Particular en media tensión de 34.5 kV, 3F, 3H. Para la alimentación de las instalaciones del Campo Santuario se utilizarán dos circuitos: uno existente de 13.2 kV (1.55 km) y otro nuevo de 34.5 kV (10.78 km), sumando un total de 12.3 km de longitud. Es importante mencionar que esta red privada no se interconectará en ningún punto con la Red Nacional de Transmisión (RNT) ni con las Redes Generales de Distribución (RGD).

Las actividades constructivas incluyen levantamiento topográfico con drones y LIDAR, obtención de permisos de derecho de vía (60,650.96 m²), instalación de 217 postes nuevos de concreto armado (12-15 m de altura, resistencia a vientos de 150 km/h), sustitución de 15 postes existentes, reubicación de 5 postes y desmantelamiento de 5 postes obsoletos, así como el tendido de cable ACSR 3/0 AWG semiaislado con cubierta de HDPE.

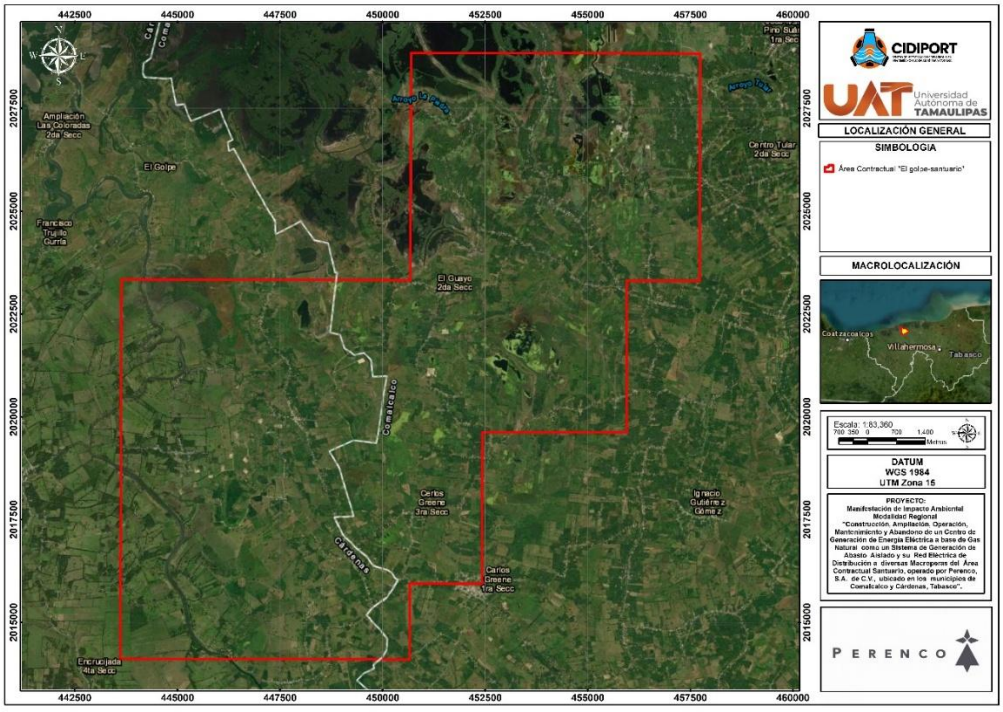
Durante la operación se realizarán inspecciones termográficas trimestrales, podas semestrales de vegetación en el derecho de vía y pruebas anuales de resistencia de puesta a tierra. La red alimentará a 16 instalaciones operativas: el Complejo Santuario Noreste, la Batería de Separación Santuario, y las macroperas SAN-500A, SAN-600, SAN-3, SAN-129, SAN-13D, SAN-122, SAN-3D, SAN-18, SAN-28, SAN-31D, SAN-34, SAN-35, SAN-33D y SAN-32D.

II.3. Obra tipo 3 — Subestaciones Eléctricas en Instalaciones Operativas

Contempla la construcción y operación de 16 subestaciones de 34.5 kV/480 V distribuidas en 16 instalaciones operativas existentes, cada una con su respectivo cuarto de control eléctrico (E-House) prefabricado en acero galvanizado, transformador tipo seco de 2,500 kVA (eficiencia 98%), tableros de distribución con interruptores inteligentes, sistema de tierras, pararrayos, alumbrado LED, sistema UPS con banco de baterías de respaldo, y red de fibra óptica ADSS de 24 hilos para telecomunicaciones y automatización. Estas subestaciones se ubican dentro de los límites de instalaciones industriales ya existentes, minimizando la ocupación de suelo adicional.

III. Ubicación y Superficie del Proyecto

El proyecto se ubica en su totalidad dentro de los límites del Área Contractual Santuario-El Golpe, en los municipios de Comalcalco y Cárdenas, estado de Tabasco. La superficie de interacción y afectación directa del conjunto de las tres obras tipo es de 5.5229 hectáreas, distribuidas de la siguiente manera: el CGEE dentro del Complejo Santuario Noreste ocupa 0.712 ha; el derecho de vía de la red eléctrica de 12.3 km ocupa 6.293 ha (superficie de franja); y las 16 subestaciones dentro de instalaciones operativas ocupan 0.64 ha en conjunto. Todas las obras se emplazan dentro de instalaciones operativas preexistentes o derechos de vía ya utilizados por Perenco.



IX. Justificación de la Selección del Sitio

La estrategia de ubicación del proyecto se fundamentó en el principio de minimización de la huella ecológica y de la nueva perturbación territorial, aplicando de manera rigurosa criterios ambientales, técnicos y socioeconómicos.

IX.1. Criterios Ambientales

- Evitación activa de ecosistemas sensibles: se descartó tajantemente la afectación directa de humedales (popales, tulares), remanentes de manglar (si existieran en los límites), cuerpos de agua permanentes y fragmentos de selva mediana perennifolia primaria, ecosistemas críticos por su alta biodiversidad, funciones hidrológicas y servicios ecosistémicos.
- Priorización de áreas con disturbio previo: pastizales inducidos (áreas previamente desmontadas para ganadería), acahuales bajos (vegetación secundaria en etapas tempranas de sucesión), áreas agrícolas de baja productividad o en desuso, derechos de vía de caminos y terraplenes existentes, y patios de maniobras o áreas industriales dentro de instalaciones operativas.
- Maximización del uso de derechos de vía existentes: el trazado de la red de distribución se superpuso, en la medida de lo posible, a derechos de vía de infraestructura ya presente (líneas eléctricas preexistentes, márgenes de caminos internos del Área Contractual), reduciendo significativamente la necesidad de abrir nuevas brechas.
- Minimización del desmonte: el trazado se ajustó finamente para evitar la remoción de árboles maduros o manchones de vegetación densa, incluso secundaria, siempre que fue técnicamente factible, buscando la ruta con menor ocupación superficial.
- Consideraciones hidrológicas: se evitó obstruir flujos hídricos superficiales naturales, considerando la dinámica de inundación estacional de la zona para ubicar la infraestructura de forma segura.

IX.2. Criterios Técnicos

- Proximidad óptima entre la fuente de suministro de gas natural y los centros de consumo (instalaciones operativas), minimizando la longitud del gasoducto de alimentación y de la red de distribución eléctrica.
- Accesibilidad garantizada mediante la red de caminos existente dentro del Área Contractual, sin necesidad de construir caminos extensos adicionales.
- Viabilidad geotécnica, considerando las características del suelo para asegurar la estabilidad de cimentaciones, evitando zonas con riesgos geotécnicos conocidos (fallas, hundimientos, licuefacción).
- Seguridad y no interferencia con otras instalaciones operativas de Perenco (pozos, baterías de separación) y evitación de interferencia electromagnética o física con infraestructura crítica.

IX.3. Criterios Socioeconómicos

- Ubicación intracontractual: el requisito primordial fue que todas las instalaciones permanecieran dentro de los límites del Área Contractual Santuario, simplificando la gestión de permisos y evitando adquisición de tierras externas.

- Minimización de afectación a terceros, localizando el proyecto en áreas de menor valor productivo o ya designadas para uso industrial.

Optimización de costos, mediante el uso de derechos de vía y áreas ya perturbadas, reduciendo costos de desmonte, manejo de vegetación, restauración y compensaciones ambientales

IX.4. Comparación con Alternativas Descartadas

Para demostrar la idoneidad de la estrategia seleccionada, se evaluaron dos alternativas hipotéticas que no habrían seguido los criterios restrictivos aplicados:

Alternativa 1 – Trazado directo afectando humedales popal-tular: implicaría alteración directa de hábitat crítico para aves acuáticas, peces, anfibios y reptiles, incluyendo especies protegidas como el cocodrilo de Moreletti; alteración severa del flujo y almacenamiento de agua; liberación de carbono almacenado en suelos orgánicos; dificultades constructivas en suelos saturados e inestables que requerirían cimentaciones especiales y costosas; y una muy baja probabilidad de autorización ambiental por SEMARNAT, además de fuerte oposición social y de organizaciones ambientalistas.

Alternativa 2 – Trazado directo afectando selva mediana perennifolia primaria: implicaría pérdida de biodiversidad, incluyendo especies de flora y fauna endémicas o amenazadas; fragmentación del dosel y del hábitat terrestre, afectando el movimiento de fauna (monos, aves especialistas); aumento de erosión del suelo y posible afectación de microcuencas; pérdida irreversible de un ecosistema maduro; altos costos de desmonte y manejo de biomasa; necesidad de programas complejos de rescate de fauna y flora; y baja probabilidad de autorización sin medidas de compensación muy significativas.

La comparación demuestra que la estrategia adoptada por Perenco —al privilegiar áreas perturbadas o con uso de suelo modificado por actividades ganaderas y derechos de vía existentes, en una superficie de 5.5229 hectáreas dentro de su Área Contractual— representa la alternativa con el menor impacto ambiental posible entre las evaluadas, con mayor viabilidad regulatoria y social, y con menores costos técnicos y de compensación ambiental.

Descripción del Sistema Ambiental Regional

La Región Ecológica (RE) se delimitó conforme a los criterios técnicos establecidos en la guía de SEMARNAT, considerando la cuenca hidrográfica, las unidades de gestión ambiental y el área de influencia directa del conjunto de obras. El diagnóstico ambiental caracteriza un sistema ya sometido a una carga antropogénica considerable, cuyos componentes abióticos, bióticos y socioeconómicos se describen a continuación.

V.1. Medio Abiótico

Clima: conforme al sistema de clasificación de Köppen modificado por E. García (1981), el clima de la Región Ecológica y su Área de Influencia corresponde al tipo Amf (Cálido Húmedo con abundantes

lluvias en verano, Tropical Monzónico). El componente 'A' indica un clima tropical lluvioso, con temperatura media del mes más frío consistentemente superior a 18°C; el componente 'm' indica un régimen de lluvias de tipo monzón, con marcada estacionalidad pero con humedad suficiente para sostener vegetación de selva o bosque tropical durante todo el año; y el componente 'f' indica que las lluvias están presentes en todos los meses, sin estación seca pronunciada. La temperatura media anual regional oscila entre 26°C y 28°C, con máximas en abril-mayo y mínimas relativas entre diciembre y febrero por la influencia de masas de aire frío (Nortes). La precipitación media anual supera los 2,000 mm (con rangos locales de 1,500 a 2,500 mm), concentrada principalmente entre junio y octubre. Los principales fenómenos meteorológicos que afectan la región incluyen ondas tropicales, tormentas intensas, ciclones tropicales (junio-noviembre) y eventos de Norte (temporada invernal), todos ellos con capacidad de generar precipitaciones extraordinarias, incremento temporal de niveles de agua y anegamientos. Las altas temperaturas y humedad constantes imponen además estrés térmico a equipos y personal, y los vientos fuertes asociados a Nortes y ciclones representan una carga significativa para el diseño estructural de la infraestructura.

Geología y geomorfología: la RE se ubica en la subprovincia Llanuras y Pantanos Tabasqueos, dominada por depósitos sedimentarios recientes del Cuaternario (Holoceno y Pleistoceno) de naturaleza aluvial, eólica, litoral, palustre y lacustre, con menor presencia de unidades del Terciario superior (formaciones Filisola y Cedral). Los suelos dominantes son Vertisoles (arcillosos, con fuerte expansión-contracción) y Gleysoles (afectados por saturación hídrica prolongada), con presencia menor de Arenosoles y Solonchaks. Estas condiciones litológicas implican desafíos geotécnicos relevantes: baja capacidad portante y alta compresibilidad de los materiales cuaternarios, lo que puede requerir cimentaciones profundas o mejoramiento del terreno; alto nivel freático que exige sistemas de abatimiento (dewatering) durante excavaciones; y potencial corrosividad de suelos costeros y salinos sobre estructuras metálicas y de concreto.

Peligro sísmico: los municipios de Cárdenas y Comalcalco se ubican en la Zona B de la regionalización sísmica de la CFE (2015), de sismicidad relativamente baja. No obstante, el Atlas de Peligros por Fenómenos Naturales del Estado de Tabasco (2013) asigna una intensidad sísmica modelada alta (Grado VII-VIII, Escala de Mercalli Modificada), atribuible a la posible influencia de la Fractura de Tehuantepec (inferida) y del Sistema de Fallas Comalcalco. Se identifica además un potencial de amplificación sísmica por suelos blandos y de licuefacción en depósitos de arena suelta y saturada, factores que deben considerarse en el diseño estructural de la infraestructura.

Edafología: los Vertisoles y Gleysoles presentan limitaciones físicas severas para uso intensivo (alta plasticidad, cambios volumétricos con humedad, drenaje deficiente). El grado de erosión hídrica predominante en la región, según cartografía de INEGI, se clasifica de leve a moderado, pudiendo alcanzar niveles altos localmente en áreas de fuerte disturbio durante la etapa de construcción. Otras vulnerabilidades identificadas incluyen la compactación de suelos arcillosos por tránsito de maquinaria pesada, el anegamiento y mal drenaje característico de la llanura tabasqueña, y el riesgo de contaminación química por derrames de combustibles, aceites y lubricantes.

Hidrología superficial: el área de estudio se localiza dentro de la Región Hidrológico-Administrativa XI (Frontera Sur) y, en términos de división hidrológica natural, dentro de la Región Hidrológica RH

30 (Grijalva-Usumacinta), específicamente en la Cuenca Grijalva-Villahermosa (RH30D), que drena una superficie aproximada de 10,586 km². Aunque el proyecto no se ubica directamente sobre los cauces principales del Grijalva o Usumacinta, se encuentra dentro de su área de influencia y drenaje, con presencia de ríos relevantes como el Mezcalapa, Samaria, Carrizal, Tonalá, Seco, Teapa, Puxcatán y Pichucalco, así como sistemas lagunares costeros (Carmen, La Machona, Mecoacán). La combinación de topografía plana, suelos de baja permeabilidad, nivel freático somero (asociado al acuífero La Chontalpa) y régimen de precipitación elevado configura una región con alta vulnerabilidad intrínseca a inundaciones, exacerbada por la proximidad al Golfo de México y la influencia de mareas de tormenta.

Cambio climático: las proyecciones climáticas (escenarios RCP4.5 y RCP8.5 del IPCC) anticipan, para el horizonte de 30 años de vida útil del proyecto, incrementos de temperatura media de entre 1.4°C y 2.6°C, aumento del nivel medio del mar de entre 24 y 42 cm, e intensificación de eventos de precipitación extrema y de ciclones tropicales. Más del 55% de la superficie de Tabasco se encuentra por debajo de los 5 metros sobre el nivel del mar, y un 21.7% por debajo de 1 metro, lo que subraya la magnitud de la exposición climática de la región a lo largo de la vida útil de la infraestructura.

V.2. Análisis Retrospectivo de la Calidad Ambiental

El análisis retrospectivo de la calidad ambiental de la Región Ecológica identifica que el territorio del Área Contractual Santuario-El Golpe ha experimentado un proceso gradual de transformación asociado principalmente al desarrollo de actividades agropecuarias, apertura de caminos y establecimiento de infraestructura petrolera, lo que ha favorecido la sustitución parcial de la cobertura vegetal original por pastizales inducidos y vegetación secundaria, generando cambios en la estructura y conectividad del paisaje regional. La fragmentación progresiva de la vegetación constituye uno de los principales procesos de deterioro ambiental identificados, aunque persisten remanentes de vegetación secundaria, acahuales, cercos vivos y comunidades hidrófilas asociadas a cuerpos de agua y zonas inundables. En consecuencia, el diagnóstico concluye que la Región Ecológica corresponde actualmente a un sistema con predominio de condiciones intermedias de conservación, donde coexisten procesos de transformación territorial histórica y remanentes ambientales con funcionalidad ecológica regional relevante.

V.3. Medio Biótico

El paisaje regional presenta una transformación extensiva derivada de la conversión histórica de selvas y humedales hacia pastizales inducidos y áreas agrícolas, resultando en una notable fragmentación del hábitat. La infraestructura preexistente (carreteras, caminos y líneas eléctricas) actúa como barrera física y causa de mortalidad para la fauna, aislando poblaciones y reduciendo la conectividad ecológica. No obstante esta alteración, el sistema alberga una biodiversidad considerable, incluyendo especies bajo protección legal conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Los levantamientos de vegetación leñosa realizados en distintos polígonos del trazo de la red eléctrica identificaron comunidades dominadas estructuralmente por especies como Attalea butyracea (palma de corozo), Tabebuia rosea (macuil), Guazuma ulmifolia, Spondias mombin (jobo) y Mimosa pigra, características de potreros arbolados típicos de sistemas de ganadería extensiva en

Tabasco. De manera crítica, se identificaron también ejemplares de especies bajo estatus de protección: Swietenia macrophylla (caoba), catalogada como En Peligro de Extinción (P) en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y Vulnerable (VU) por la UICN; Cedrela odorata (cedro rojo), catalogada bajo Protección Especial (Pr) por la NOM-059-SEMARNAT-2010; y de manera particularmente relevante, un ejemplar de Ormosia macrocalyx, catalogado como En Peligro de Extinción (P), localizado sobre el trazo de la línea eléctrica de distribución en las coordenadas cercanas a la macropera SAN-31D, en un área de pastizal inducido.

La evaluación de la capacidad de carga de la Región Ecológica concluye que, si bien el sistema ambiental no es prístino —al encontrarse ya alterado por ganadería extensiva y actividad petrolera histórica—, su resiliencia se encuentra disminuida por la fragmentación estructural preexistente. Los estresores adicionales que introduce el proyecto incluyen la ocupación permanente de suelo (pérdida irreversible de hábitat en el sitio del CGEE), la fragmentación lineal adicional impuesta por la red de distribución eléctrica, el riesgo de mortalidad directa de fauna (colisión y electrocución de aves, y potencialmente murciélagos), la perturbación crónica por ruido durante la operación, la alteración potencial de la hidrología local por cambios en la escorrentía, y la carga de contaminantes atmosféricos derivados de la combustión de gas natural.

El estudio advierte que la introducción de nuevas barreras lineales en un paisaje ya fragmentado puede generar efectos sinérgicos negativos sobre la movilidad de la fauna, particularmente para especies con requerimientos de áreas amplias o sensibles a la fragmentación (primates y félidos potencialmente presentes en la región, listados en la NOM-059). La conclusión central de esta evaluación es que el proyecto tiene el potencial de exceder la capacidad de carga del sistema ambiental y comprometer su integridad funcional, particularmente en lo referente a la conectividad del paisaje y la viabilidad de poblaciones de fauna sensible, si no se implementan medidas de prevención, mitigación y adaptación robustas y efectivas.

V.4. Medio Socioeconómico

La región se caracteriza por el predominio de actividades ganaderas y agrícolas extensivas (cultivos de plátano, cacao, caña de azúcar y cítricos), junto con una presencia consolidada de infraestructura petrolera. La tenencia de la tierra dentro del Área Contractual es mixta, con predios privados y ejidales sujetos a acuerdos de uso superficial. El proyecto se alinea con los objetivos de desarrollo municipal en materia de electrificación y generación de empleo, y su ubicación estratégica dentro de los límites del Área Contractual simplifica la gestión de permisos de ocupación superficial y evita procesos de adquisición de tierras externas.

Entre los aspectos sociales relevantes identificados en el diagnóstico se encuentran: la generación de empleo temporal durante la construcción y el abandono, con pocos empleos permanentes en la fase de operación y mantenimiento; los riesgos laborales asociados a caídas, contacto eléctrico y manejo de maquinaria; los riesgos a terceros por el incremento de tráfico vehicular durante la construcción; la posible interferencia temporal o permanente con actividades agrícolas o ganaderas por la restricción de uso bajo el derecho de vía de la línea eléctrica; y el riesgo bajo, pero existente, de afectación a vestigios arqueológicos no descubiertos durante las excavaciones de cimentación.

III.1. Delimitación del Área de Influencia

Para la delimitación del Área de Influencia (AI) del proyecto se identificó primero el Área del Proyecto (AP), correspondiente a la superficie exacta ocupada por cada componente físico. Esta huella, más una franja de amortiguamiento inmediata donde las actividades constructivas (movimiento de maquinaria, almacenamiento temporal, ruido cercano) tienen efecto directo, constituye el Área de Influencia Directa (AID). El Área de Influencia Indirecta (AII) se delimitó considerando los impactos cuyos efectos se extienden más allá de la huella física: la dispersión de contaminantes atmosféricos (NOx, CO, partículas y CO2) desde el CGEE durante la operación; la propagación de ruido generado por los turbogeneradores y, en menor medida, con por las subestaciones y la construcción, considerando su posible afectación a las localidades cercanas (Santuario 1ra y 2da Sección, Poza Redonda 3ra Sección); las alteraciones hidrológicas indirectas aguas abajo de las zonas de construcción; los efectos sobre el tránsito de fauna a través del derecho de vía como barrera o filtro para especies terrestres entre fragmentos de hábitat remanentes; y los impactos socioeconómicos indirectos (empleo, tráfico, percepción social) sobre las localidades más cercanas.

La delimitación final del Área de Influencia permanece contenida dentro de los límites del Área Contractual A-0396, reflejando el enfoque operativo del proyecto dentro de esta concesión, y considera la permanencia de las instalaciones con operación proyectada hasta el año 2042, incluyendo el espacio donde los efectos acumulativos de largo plazo (deposición atmosférica, aunque probablemente baja) podrían manifestarse.

IV. Vinculación con Instrumentos de Planeación y Ordenamientos Jurídicos

El proyecto analiza de manera detallada la congruencia con los principales instrumentos de planeación territorial y ambiental, así como con el marco jurídico aplicable en los tres órdenes de gobierno, conforme se resume a continuación.

IV.6. Marco Jurídico Federal

Se analizó de forma detallada la vinculación del proyecto con la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (Artículos 1° y 2°), la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA), la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (Artículos 43, 44, 45, 49 y 95, relativos a la clasificación, manejo y disposición de residuos peligrosos, de manejo especial y sólidos urbanos), la Ley de Cambio Climático (Artículo 2°, fracción II, sobre regulación de emisiones de gases de efecto invernadero), la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental (Artículos 6°, 10 y 13, sobre reparación y compensación de daños ambientales), la Ley de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos (Artículo 5°, fracciones I y XXIII), y la Ley de Aguas Nacionales (Artículos 14 Bis 5, 85, 86 Bis 2, 96 Bis y 96 Bis 1, relativos a la protección de la calidad del agua y la prohibición de vertimiento de residuos en cuerpos receptores). Asimismo, se revisó el Reglamento de la Ley del Sector Eléctrico (publicado en el Diario Oficial de la Federación el

3 de octubre de 2025), que regula la planeación y el control operativo del Sistema Eléctrico Nacional. El análisis concluye que el proyecto es congruente con las disposiciones aplicables y que el promovente asume los compromisos correspondientes de cumplimiento, notificación y, en su caso, reparación o compensación ambiental.

IV.5. Normas Oficiales Mexicanas Aplicables

- NOM-001-SEDE-2012: relativa al uso y utilización de la energía eléctrica; el diseño de las instalaciones eléctricas del proyecto se realizará conforme a sus disposiciones.
- NOM-041-SEMARNAT-2015 y NOM-045-SEMARNAT-2017: límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes y opacidad de humo de vehículos automotores que utilicen gasolina o diésel, aplicables a la flotilla vehicular durante construcción y operación.
- NOM-080-SEMARNAT-1994: límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente de vehículos automotores, aplicable durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación.
- NOM-059-SEMARNAT-2010: catálogo de especies de flora y fauna silvestre en riesgo, de aplicación transversal en la evaluación de impactos sobre el medio biótico

IV.1. Instrumentos de Ordenamiento Ecológico del Territorio

- Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT): e analizó la compatibilidad del proyecto con la Unidad Ambiental Biofísica (UAB) 76, denominada “Llanuras Fluviodeltáicas de Tabasco”, aplicable al área de estudio.
- Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMYRGMYMC): se evaluó la relación del proyecto con las políticas de aprovechamiento sustentable de la región costera, incluyendo el análisis puntual de las UGA 67 y UGA 69, entre otras aplicables al polígono del proyecto.
- Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Estado de Tabasco (POERET): se verificó la congruencia del proyecto con las políticas ambientales estatales y los criterios de regulación ecológica aplicables.
- Plan Municipal de Desarrollo 2024–2027 de Cárdenas, Tabasco: se analizó la congruencia del proyecto con sus objetivos y estrategias en materia de desarrollo económico, fortalecimiento de la infraestructura energética, protección ambiental y gestión de riesgos, determinándose que su ejecución es compatible con los principios de sustentabilidad y bienestar social establecidos en dicho instrumento.

IV.2. Vinculación con Unidades de Gestión Ambiental (UGA 67 y UGA 69)

El análisis de vinculación con las acciones específicas de las UGA aplicables reconoce que el proyecto se alinea positivamente con acciones orientadas al manejo integral de residuos peligrosos y de manejo especial; al fortalecimiento de mecanismos de control de emisiones y descargas para mejorar la calidad del aire, agua y suelos; a la promoción del uso de tecnologías limpias y de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero; a la protección y recuperación de especies bajo régimen de protección conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010; al establecimiento de

protocolos de actuación ante eventos hidrometeorológicos extremos; y al impulso de programas de restauración, reforestación y recuperación de zonas degradadas. El promovente declara expresamente que el proyecto no se vincula con acciones ajenas a su naturaleza y alcance, tales como el fomento de energías renovables alternativas (eólica o solar), el manejo de agroquímicos agrícolas, la instalación de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales o el desarrollo de infraestructura turística y portuaria.

IV.3. Planes de Desarrollo Municipal de Cárdenas

El proyecto se vincula favorablemente con el Plan Municipal de Desarrollo 2024-2027 de Cárdenas, Tabasco, particularmente con su Eje Transversal 1 (Crecimiento económico y desarrollo rural sustentable), que busca disminuir la huella de carbono y promover la conservación de los recursos naturales, y con la Estrategia II.1.2 orientada a fortalecer la generación de empleos en el municipio. De igual forma, se vincula con el Plan Municipal de Desarrollo 2024-2027 de Comalcalco, Tabasco, en su Eje 2 (Infraestructura y servicios públicos), Objetivo 2.5 (Gestionar el acceso a un servicio eléctrico confiable, seguro y eficiente), y su Eje 4 (Medio Ambiente y Sustentabilidad), Objetivos 4.1 (Manejo de residuos sólidos urbanos) y 4.2 (Conservación del medio ambiente y recursos naturales). El proyecto se desarrolla fuera de Áreas Naturales Protegidas (ANP); las más cercanas corresponden a la Reserva Ecológica Río Playa y la Reserva Ecológica de la Chontalpa, sin superposición ni afectación directa o indirecta a dichas zonas.

VI. Metodología de Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales

La identificación y evaluación de los impactos ambientales se realizó mediante el empleo de matrices de causa-efecto, metodología ampliamente utilizada en estudios de impacto ambiental que relaciona un listado de acciones del proyecto con un listado de indicadores o factores ambientales susceptibles de ser impactados. Se emplearon dos arreglos matriciales complementarios: en primer lugar, una matriz de interacción, que permite identificar la existencia de interacciones entre las actividades del proyecto y los factores ambientales (naturales y socioeconómicos); en segundo lugar, una matriz de importancia, que permite valorar cuantitativamente la magnitud del efecto de cada interacción identificada mediante un modelo que integra atributos como intensidad, extensión, momento, persistencia, reversibilidad, sinergia, acumulación, efecto, periodicidad y recuperabilidad.

La fórmula de cálculo de la Importancia del Impacto arroja valores entre 13 y 100 puntos, clasificándose de la siguiente manera: valores de 13 a 25 puntos corresponden a impactos bajos, compatibles o irrelevantes; de 26 a 50 puntos, a impactos moderados; de 51 a 75 puntos, a impactos severos o de alta intensidad; y superiores a 75 puntos, a impactos críticos o de muy alta intensidad.

Se evaluaron 32 factores e indicadores ambientales frente a las actividades específicas de cada obra tipo (20 actividades para el CGEE, 14 para la Red Eléctrica de Distribución y 9 para las Subestaciones), lo que arroja un universo de 1,728 interacciones posibles. De este universo, se identificaron 544 interacciones reales, equivalentes a un 31.4% de interacción global del proyecto con su entorno.

Obra tipo	Actividades	Interacciones identificadas	% de interacción	Impactos (neg./pos.)
Centro de Generación de Energía Eléctrica (CGEE)	20	183	28.5%	-125 / +58
Red Eléctrica de Distribución (12.3 km)	14	176	39.2%	-131 / +45
Subestaciones eléctricas (16 unidades)	9	70	23.3%	-49 / +21

La Red Eléctrica de Distribución presenta el mayor porcentaje de interacción (39.2%), reflejo característico de proyectos lineales que atraviesan diversos ambientes: a pesar de contar con menos actividades definidas que el CGEE, su naturaleza —manejo de vegetación, construcción de accesos, instalación de postes a lo largo de 12.3 km— implica un contacto extenso con múltiples factores ambientales (suelo, agua, flora, fauna, paisaje y uso del suelo). En contraste, el CGEE y las Subestaciones, al emplazarse dentro de instalaciones industriales preexistentes sobre superficies ya intervenidas, presentan porcentajes de interacción menores (28.5% y 23.3%, respectivamente), lo que refleja el beneficio ambiental de la estrategia de reutilización de sitios industriales previamente intervenidos.

VII. Principales Impactos Ambientales Identificados

VII.1. Impactos sobre el Medio Abiótico

- Calidad del aire: emisiones atmosféricas de NOx, SOx, CO, PM2.5 y CO2 derivadas de la operación de los 5 turbogeneradores del CGEE, con límites de diseño de emisiones de NOx ≤50 ppm, CO ≤100 ppm y SOx ≤15 ppm.
- Ruido: generación de ruido durante la construcción (maquinaria pesada) y durante la operación del CGEE (turbogeneradores) y de las subestaciones (transformadores).
- Suelo y agua: riesgo bajo pero existente de contaminación de suelo y agua subterránea por fuga o pérdida de aceite dieléctrico en transformadores, y por derrame de diésel en actividades de mantenimiento; erosión hídrica durante la construcción, especialmente en el derecho de vía de la red eléctrica, con riesgo de sedimentación de cuerpos de agua; alteración potencial de la hidrología local por cambios en la escorrentía superficial debido a la construcción de plataformas, caminos y terraplenes en una región de drenaje deficiente (Vertisoles y Gleysoles).
- Riesgo ambiental: se identifica riesgo bajo pero existente de fuga de gas con posible jet fire o BLEVE (explosión de vapor en expansión de líquido en ebullición) asociado a la tubería de gas natural del CGEE, aspecto que se desarrolla en el Estudio de Riesgo Ambiental que acompaña a la presente MIA-R por tratarse de actividad altamente riesgosa.

VII.2. Impactos sobre el Medio Biótico

- Pérdida de cobertura vegetal por actividades de desmonte para la apertura del derecho de vía de la red eléctrica, con la consecuente alteración y fragmentación de hábitat.
- Afectación a flora y fauna, incluyendo especies bajo protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010, particularmente el ejemplar identificado *de Ormosia macrocalyx* (En Peligro de Extinción) sobre el trazo de la línea, así como individuos de Cedrela odorata (Protección Especial) y *Swietenia* macrophylla (En Peligro de Extinción, Vulnerable según UICN).
- Riesgo de mortalidad de fauna, principalmente aves (rapaces y otras especies de gran tamaño o comportamiento de vuelo riesgoso) y potencialmente murciélagos, por colisión y electrocución con la infraestructura de la red de distribución durante la operación.
- Alteración visual permanente del paisaje por la introducción de postes, cables, el CGEE y las subestaciones, en un entorno de calidad paisajística ya modificada por actividad ganadera y petrolera.
- Disturbios periódicos por actividades de gestión de vegetación (podas) en el derecho de vía durante la etapa de mantenimiento, con posible ahuyentamiento temporal de fauna.

VII.3. Impactos sobre el Medio Socioeconómico

- Afectación a predios privados o ejidales por la ocupación del CGEE y el establecimiento del derecho de vía, requiriendo procesos de negociación, adquisición o servidumbre de paso.
- Posible interferencia temporal o permanente con actividades agrícolas o ganaderas por la ocupación de terrenos o la restricción de uso y acceso bajo la línea eléctrica.
- Riesgos laborales durante construcción, operación y mantenimiento (caídas, riesgos eléctricos y mecánicos) y riesgos a terceros asociados a la infraestructura eléctrica y al incremento de tráfico vehicular durante la construcción.
- Incremento de tráfico y posible deterioro de caminos locales por el paso de maquinaria pesada y vehículos durante la construcción; necesidad de coordinación para el diseño de cruces seguros con ductos y otras líneas eléctricas o de comunicación existentes.
- Riesgo bajo pero existente de afectación a patrimonio cultural o arqueológico no descubierto durante las excavaciones para cimentaciones.

VII.4. Impactos Positivos

- Suministro eléctrico confiable, estable y de alta capacidad para optimizar la operación petrolera de Perenco en el Área Contractual Santuario-El Golpe, principal impacto positivo del proyecto.
- Generación de empleo temporal durante las etapas de construcción, mantenimiento y abandono, y de empleos permanentes (aunque en menor número) durante la operación.
- Derrama económica local por la contratación de mano de obra, bienes y servicios durante la fase de construcción.
- Contribución al fortalecimiento de la infraestructura energética regional y a la reducción de la dependencia de sistemas de generación local menos eficientes (motogeneradores de baja potencia).

VIII. Medidas de Prevención, Mitigación, Compensación y Restauración

Con base en la jerarquía de mitigación (evitar, minimizar, restaurar y compensar), el promovente propone un programa ambiental integral. Las medidas se organizan por componente ambiental de la siguiente manera:

Componente ambiental	Medida propuesta
Ruido	Requisitos de bajo ruido en especificaciones de compra e instalación de silenciadores eficientes en turbogeneradores
Suelo y agua	Diseño e implementación de contenciones secundarias en áreas críticas, conforme a política de Cero Derrames
Suelo y agua	Plan de prevención y control de derrames con kits integrados al Plan de Respuesta a Emergencias existente
Suelo	Medidas de control de erosión durante construcción, conforme a manual de mejores prácticas de Perenco
Residuos	Implementación del Plan de Manejo Integral de Residuos en sitios nuevos (CGEE, subestaciones)
Flora/Vegetación	Programa de Rescate y Reubicación de Flora, conforme a condicionantes del resolutivo
Flora/Vegetación	Programa de Revegetación y Restauración de áreas intervenidas con especies nativas
Fauna	Programa de Rescate y Reubicación de Fauna y Medidas de Protección para Aves en la línea eléctrica

Adicionalmente, se contempla un Programa de Contratación Local y Comunicación Social, alineado con la política de Relaciones Comunitarias y Desarrollo Social de Perenco en el área.

VIII.1. Caso Especial: Compensación por Afectación a Ormosia macrocalyx

Durante los trabajos de campo se identificó un ejemplar de Ormosia macrocalyx, especie catalogada en Peligro de Extinción (P) por la NOM-059-SEMARNAT-2010, ubicado sobre el trazo de la línea eléctrica en las inmediaciones de la Macropera SAN-31D. Debido a que técnicamente no es posible modificar dicho trazo, se aplicarán prioritariamente medidas para evitar y minimizar su afectación; en caso de que esta resulte inevitable, se implementará un programa de compensación ambiental en proporción 1:20, consistente en el establecimiento de 20 ejemplares de la misma especie por cada individuo afectado, incluyendo acciones de mantenimiento, seguimiento y verificación de supervivencia.

VIII.2. Medidas para Especies Maderables Protegidas

Los ejemplares identificados de Swietenia macrophylla (caoba) y Cedrela odorata (cedro rojo) serán conservados preferentemente en su ubicación actual, evitando su tala, poda, remoción o afectación durante las diferentes etapas del proyecto. El promovente se compromete a delimitar y proteger los individuos, evitar la compactación del suelo y el derrame de sustancias en su proximidad, así como a capacitar al personal para prevenir daños. Cuando la afectación sea técnicamente inevitable, se gestionarán previamente las autorizaciones correspondientes ante la SEMARNAT y se implementarán las medidas de rescate, reubicación, compensación y seguimiento que determine la autoridad, procurando mantener la viabilidad de las especies.

VIII.3. Medidas de Adaptación al Cambio Climático

Considerando las proyecciones climáticas para la vida útil de 30 años del proyecto, se contemplan medidas de adaptación orientadas al diseño resiliente de la infraestructura: elevación adecuada de equipos críticos ante riesgo de inundación, sistemas de drenaje robustos, materiales y recubrimientos resistentes a la corrosión en ambientes húmedos y salinos, y especificaciones estructurales para resistencia a vientos de hasta 150-180 km/h. En materia de mitigación, se promueve la eficiencia energética de los turbogeneradores y el control de emisiones de contaminantes climáticos de vida corta.

X. Programa de Vigilancia Ambiental

El proyecto contempla un Programa de Vigilancia Ambiental orientado a verificar el cumplimiento de las medidas de mitigación propuestas y a detectar oportunamente desviaciones respecto a los escenarios previstos en la evaluación de impactos. Los principales componentes del programa incluyen:

- Monitoreo de calidad del aire y emisiones atmosféricas del CGEE, incluyendo verificación periódica de los límites de NOx, SOx y CO establecidos en el diseño de los turbogeneradores.
- Monitoreo de ruido ambiental en el perímetro del CGEE y en puntos representativos del derecho de vía de la red eléctrica, particularmente durante la fase de construcción y en las etapas iniciales de operación.
- Inspecciones termográficas periódicas (trimestrales) de la red de distribución eléctrica y anuales de las subestaciones, para la detección temprana de puntos calientes y fallas incipientes.
- Supervisión de los programas de rescate y reubicación de flora y fauna durante las actividades de desmonte y construcción, con reportes de seguimiento a la autoridad ambiental.
- Verificación del cumplimiento del programa de compensación para Ormosia macrocalyx (1:20).
- Monitoreo de la efectividad del Programa de Revegetación y Restauración en áreas intervenidas (derechos de vía, sitios temporales).
- Supervisión del cumplimiento del Plan de Manejo Integral de Residuos, incluyendo la trazabilidad de residuos peligrosos y de manejo especial hasta su disposición final por empresas autorizadas.

- Verificación de la operatividad de los sistemas de contención secundaria y del Plan de Prevención y Control de Derrames, incluyendo simulacros periódicos de respuesta a emergencias.
- Reportes periódicos a la SEMARNAT/DGIRA sobre el cumplimiento de las condicionantes que en su caso se establezcan en el resolutivo de autorización del proyecto.

El promovente destaca que este programa de vigilancia se integrará con los sistemas de gestión ambiental ya operantes de Perenco en el Área Contractual Santuario-El Golpe, buscando sinergias y eficiencias operativas, así como continuidad en el cumplimiento normativo a lo largo de la vida útil del proyecto.

XI. Conclusión General

El proyecto Construcción, Operación, Mantenimiento y Abandono de un Centro de Generación de Energía Eléctrica a base de Gas Natural como un Sistema de Generación de Abasto Aislado y su Red Eléctrica de Distribución a diversas Macroperas, responde a una necesidad técnica y operativa claramente justificada: garantizar el suministro eléctrico estable y suficiente para la optimización del sistema de bombeo electrocentrífugo del Campo Santuario, ante la insuficiencia de la red de la Comisión Federal de Electricidad y la inviabilidad técnico-económica de mantener esquemas de generación local dispersa mediante motogeneradores de baja potencia.

El análisis de vinculación normativa confirma que el proyecto es congruente con los instrumentos de ordenamiento ecológico del territorio (POEGT, POEMYRGMYMC, POERET), con los planes municipales de desarrollo de Comalcalco y Cárdenas, y con el marco jurídico federal aplicable (LGEEPA, Ley General de Vida Silvestre, Ley de Cambio Climático, Ley Federal de Responsabilidad Ambiental, Ley de Aguas Nacionales, entre otras), sin afectación a Áreas Naturales Protegidas.

La estrategia de emplazamiento —que privilegia sitios industriales y derechos de vía preexistentes dentro de una superficie total de 5.5229 hectáreas— reduce significativamente la magnitud de los impactos negativos en comparación con las alternativas de trazado sobre humedales o selva primaria evaluadas y descartadas. No obstante, el diagnóstico del sistema ambiental regional revela una región de alta sensibilidad hidrológica y climática, con fragmentación de hábitat preexistente y presencia de especies bajo protección legal *(Ormosia macrocalyx*, Cedrela odorata y *Swietenia macrophylla*), lo cual exige la implementación de las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración descritas, así como del programa de vigilancia ambiental.

Bajo estas condiciones, y el programa ambiental se puede considerar que el proyecto es ambientalmente viable, permitiendo cumplir con las obligaciones legales aplicables, gestionar los principales riesgos ambientales identificados (particularmente el control de derrames y la erosión) y demostrar un compromiso continuo con la protección del medio ambiente de manera eficiente y sostenible, en congruencia con las políticas ambientales que Perenco México, S.A. de C.V. ya implementa en el Área Contractual Santuario-El Golpe.