

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL CON ESTUDIO DE RIESGO

**“PERFORACIÓN EXPLORATORIA DE
NAAJAL -1EXP, EN EL ÁREA CONTRACTUAL
4, CUENCA SALINA, EN EL GOLFO DE
MÉXICO”**

CAPÍTULO 9

ANÁLISIS DE RIESGOS DEL SECTOR HIDROCARBUROS

Ref.: 2903/M40230

Mayo 2022

Rev. 0

ANÁLISIS DE RIESGO PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS PARA LA EXPLORACIÓN DEL ÁREA CON TRACTUAL 4

1	OBJETIVO.....	5
2	ALCANCE.	6
3	DEFINICIONES.	7
4	CONTENIDO DEL ANÁLISIS DE RIESGO PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS.....	11
4.1	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y/O INSTALACIÓN.	11
4.1.1	<i>Proyecto y/o instalación.</i>	11
4.1.1.1	Programa general de trabajo.	15
4.1.1.2	Pozos.	15
4.2	DESCRIPCIÓN DE PROCESO.....	20
4.2.1	<i>Equipo de Proyecto Principal y Auxiliar.....</i>	46
4.2.1.1	Diseño y Almacenamiento.....	50
4.3	DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO.	64
4.3.1	<i>Ubicación de la Instalación.</i>	64
4.3.2	<i>Limitaciones de la instalación.</i>	66
4.3.3	<i>Medio Abiótico.....</i>	67
4.3.3.1	Clima y fenómenos meteorológicos.....	67
4.3.3.2	Temperatura media.....	68
4.3.3.3	Temperatura mínima	68
4.3.3.4	Temperatura máxima.....	68
4.3.3.5	Precipitación.....	69
4.3.3.6	Evaporación.....	69
4.3.3.7	Niebla	69
4.3.3.8	Fenómenos Climatológicos.	70
4.3.3.9	Fisiografía.	75
4.3.3.10	Edafología.....	76
4.3.3.11	Provincias petroleras.....	81
4.3.3.12	Geología Marina.	86
4.3.3.13	Regiones Marinas Prioritarias (RMP).....	88
4.3.3.14	Susceptibilidad de la zona.	98
4.3.3.15	Sismicidad.	99
4.3.3.16	Inundaciones.	101
4.3.3.17	Actividad volcánica.....	101

4.3.3.18	Hidrología superficial	102
4.3.3.19	Aire.....	108
4.3.3.20	Áreas de importancia ecológica.....	109
4.3.3.21	AICAS.....	114
4.3.3.22	Sitios RAMSAR.....	116
4.3.4	<i>Medio biótico</i>	118
4.3.4.1	Vegetación.....	118
4.3.4.2	Vegetación Marina.....	119
4.3.4.3	Fauna Terrestre.....	119
4.3.4.4	Fauna Marina.....	121
4.3.5	<i>Socioeconómico</i>	123
4.3.6	<i>Diagnóstico ambiental</i>	126
4.4	ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS.....	133
4.4.1	<i>Identificación de peligros y jerarquización de escenarios de riesgo</i>	133
4.4.1.1	<i>Análisis Preliminar de Riesgo</i>	133
4.4.1.1.1	Análisis de Identificación de Peligros Hazld.....	133
4.4.1.2	Antecedentes de Accidentes e Incidentes de Proyectos Similares.....	140
4.4.1.2.1	Derrames importantes en aguas de los Estados Unidos.....	145
4.4.1.2.2	Derrames de hidrocarburos de PEMEX.....	147
4.4.1.2.3	Incidentes reportados por PCCMO.....	150
4.4.1.3	Identificación de Peligros y de Escenarios de Riesgo.....	150
4.4.2	<i>Análisis Cualitativo de Riesgo</i>	150
4.4.2.1	Descripción y Desarrollo de la Metodología para la Identificación de Riesgos.....	152
4.4.2.2	Jerarquización de Escenarios de Riesgos.....	168
4.4.3	<i>Análisis Cuantitativo de Riesgos</i>	176
4.4.3.1	Análisis Detallado de Frecuencias.....	177
4.4.3.2	Análisis de Consecuencias.....	180
4.5	REPRESENTACIÓN EN PLANOS DE LOS RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN.....	216
4.6	ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD E INTERACCIONES DE RIESGO.....	216
4.6.1	<i>Análisis de Vulnerabilidad</i>	216
4.6.2	<i>Interacciones de Riesgo</i>	224
4.7	REPOSICIONAMIENTO DE ESCENARIOS DE RIESGO.....	228
4.8	SISTEMAS DE SEGURIDAD Y MEDIDAS PARA ADMINISTRAR LOS ESCENARIOS DE RIESGO.....	230
4.8.1	<i>Sistemas de Seguridad</i>	230
4.8.1.1	Sistema de extinción de incendios del proyecto.....	237
4.8.2	<i>Medidas Preventivas</i>	257
4.8.2.1	Equipos de Salvamento.....	260
4.8.3	<i>Recomendaciones Técnico - Operativas</i>	262

4.8.3.1	Listado de Recomendaciones (Medidas de Control) Emitidas en esta Etapa.....	267
4.9	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	272
4.10	RESUMEN EJECUTIVO.....	274
5	ANÁLISIS DE CAPAS DE PROTECCIÓN (LOPA).....	275
6	REFERENCIAS.....	276
7	PERSONAL QUE PARTICIPO EN LA ELABORACIÓN DEL ANÁLISIS DE RIESGO DE PROCESO.....	277
8	ANEXOS.....	278

1 OBJETIVO.

El principal objetivo es llevar a cabo un estudio de Análisis de Riesgo Sector Hidrocarburos del proyecto denominado: “Perforación exploratoria de Naajal-1EXP, en el Área Contractual 4, Cuenca Salina, en el Golfo de México”, en su etapa de Perforación, para lo cual se tiene contemplado llevar a cabo la aplicación de los siguientes objetivos:

- Identificar los riesgos de proceso, referente a la operación del proyecto denominado: **“Perforación exploratoria de Naajal-1EXP, en el Área Contractual 4, Cuenca Salina, en el Golfo de México”**, en su etapa de Perforación, mediante el uso de la metodología de identificación de peligros como es el HazOp.
- Jerarquizar los riesgos identificados mediante el uso de una matriz de riesgos, clasificando los riesgos como Riesgo Tolerable, Riesgo Aceptable, pero con controles adicionales (ALARP) o Riesgo No tolerable.
- Plantear escenarios de riesgo o postulados de las desviaciones clasificadas como Riesgos No Aceptable y No tolerables que involucren pérdida de contención de Crudo Mediano.
- Evaluar cuantitativamente las frecuencias de ocurrencia de los escenarios de riesgo planteados.
- Evaluar cuantitativamente los efectos físicos (consecuencias) asociados a los postulados de los accidentes identificados, mediante el software Phast® (Process Hazard Analysis Software Tool) versión 8.4.
- Elaborar una lista de recomendaciones encaminadas a disminuir el nivel de riesgo del proyecto denominado: **“Perforación exploratoria de Naajal-1EXP, en el Área Contractual 4, Cuenca Salina, en el Golfo de México”**, en su etapa de Perforación.

2 ALCANCE.

- El presente estudio de Análisis de Riesgo de Proceso tomará como referencia para su desarrollo la Guía para Elaboración de Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos, el Sistema de Administración de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente (SASISOPA), la normatividad mexicana aplicable y en estándares internacionales.
- La identificación de riesgos del presente estudio de Análisis de Riesgo de Proceso tomó como referencia lo establecido en la Norma IEC-61882 “Guía de Aplicación para Estudios de Peligro y Operabilidad”.
- La Evaluación de Consecuencias de los eventos de mayor riesgo, será por medio del software Phast® (Process Hazard Analysis Software Tool) en su versión 8.4.

3 DEFINICIONES.

Los términos más usados en este estudio se definen a continuación:

Accidente:

Evento o combinación de eventos no deseados e inesperados que tienen consecuencias tales como lesiones al personal, daños a terceros en sus bienes o en sus personas, daños al medio ambiente, daños a instalaciones o alteración a la actividad normal del proceso.

Ambiente:

Conjunto de elementos naturales o inducidos por el hombre, que hacen posible la existencia y el desarrollo de la vida, en un espacio y tiempo determinados.

Amenaza:

Es el acto que por sí mismo o encadenado a otros, puede generar un daño o afectación al bienestar o salvaguarda al personal, población, medio ambiente, Instalación, producción, otro.

Análisis de Riesgos:

Conjunto de técnicas que consisten en la identificación, análisis y evaluación sistemática de la probabilidad de la ocurrencia de daños asociados a los factores externos (fenómenos naturales, sociales), fallas en los sistemas de control, los sistemas mecánicos, factores humanos y fallas en los sistemas de administración; con la finalidad de controlar y/o minimizar las consecuencias a los empleados, a la población, al ambiente, a la producción y/o a las instalaciones.

BLEVE:

("Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion" por sus siglas en inglés). Explosión de vapores en expansión de líquido en ebullición.

Capa de Protección:

Cualquier Mecanismo independiente que reduzca el Riesgo mediante el control, la prevención o la mitigación.

Consecuencia:

Resultado real o potencial de un evento no deseado, medido por sus efectos en las personas, en el ambiente, en la producción y/o instalaciones, así como la reputación e imagen.

Escenario de riesgo:

Determinación de un evento hipotético, en el cual se considera la ocurrencia de un accidente bajo condiciones específicas, definiendo mediante la aplicación de modelos matemáticos y criterios acordes a las características de los procesos y/o materiales, las zonas potencialmente afectables.

Evento:

Suceso relacionado a las acciones del ser humano, al desempeño del equipo o con sucesos externos al sistema que pueden causar interrupciones y/o problemas en el sistema. El evento es causa o contribuyente de un incidente o accidente o, es también una respuesta a la ocurrencia de un evento iniciador.

Exposición.

Contacto de las personas, población o elementos que constituyen el medio ambiente con Sustancias Peligrosas o contaminantes químicos, biológicos o físicos o la posibilidad de una situación Peligrosa derivado de la materialización de un Escenario de Riesgo.

Frecuencia:

Número de ocasiones en que puede ocurrir o se estima que ocurra un evento en un lapso de tiempo.

Función Instrumentada de Seguridad:

Una combinación de sensores, controlador lógico y elemento final de control con un determinado Nivel de Integridad de Seguridad (SIL) que detecta una condición fuera de límite (anormal) y lleva al proceso a un estado seguro funcionalmente sin intervención humana, o iniciado por un operador entrenado en respuesta a una alarma.

Identificación de riesgos:

Determinación de las características de los materiales y sustancias y las condiciones peligrosas de los procesos e instalaciones, que pueden provocar daños en caso de presentarse una falla o accidente.

IDLH:

("Immediately Dangerous to Life or Health", por sus siglas en inglés). Inmediatamente Peligroso para la vida o la salud: Concentración máxima de una Sustancia Peligrosa, expresada en partes por millón (ppm) o en miligramos sobre metro cúbico (mg/m³), que se podría liberar al ambiente en un plazo de treinta minutos sin experimentar síntomas graves ni efectos irreversibles para la salud

Impacto:

Efecto probable o cierto, positivo o negativo, directo o indirecto, reversible o irreversible, de naturaleza social, económica y/o ambiental que se deriva de una o varias acciones con origen en las actividades industriales.

Incidente:

Evento no deseado, inesperado e instantáneo, que puede o no traer consecuencias al personal y a terceros, ya sea en sus bienes o en sus personas, al medio ambiente, a las instalaciones o alteración a la actividad normal de proceso.

Instalación:

Conjunto de estructuras, equipos de proceso y servicios auxiliares, entre otros, dispuestos para un proceso productivo específico. Jerarquización. Ordenamiento realizado con base en criterios de prioridad, valor, riesgo y relevancia el cual se realiza con el propósito de identificar aquellas actividades de mayor importancia que pueden afectar la operación de la instalación.

Mitigación:

Conjunto de actividades destinadas para disminuir las consecuencias ocasionadas por la ocurrencia de un accidente.

Nodo:

Secciones con fronteras bien definidas en las que es dividido el proceso para analizar las variables del mismo de manera individual.

Peligro:

Es toda condición física o química que tiene el potencial de causar daño al personal, a las instalaciones o al ambiente.

Pérdida de contención:

Fuga o salida no controlada de material peligroso, provocada por una falla en alguna parte o componente de las instalaciones (recipientes, tuberías, equipos u otros).

Prevención:

Conjunto de medidas tomadas para evitar un peligro o reducir un riesgo.

Proceso:

Conjunto secuencial interrelacionado de actividades y recursos que transforman insumos en productos, agregándoles valor.

Riesgo:

Peligros a los que se expone el personal. Combinación de la probabilidad de que ocurra un accidente y sus consecuencias.

Sistemas de seguridad (para protección de equipos y/o instalaciones):

Conjunto de equipos y componentes que se interrelacionan y responden a las alteraciones del desarrollo normal de los procesos o actividades en la instalación o centro de trabajo y previenen situaciones que normalmente dan origen a accidentes o emergencias.

TLV (15 min, STEL):

(“Threshold Limit Value-Short Term Exposure Limit”, por sus siglas en inglés) Valor umbral límite-Límite de Exposición a corto plazo). Exposición para un periodo de 15 minutos, que no puede repetirse más de 4 veces al día con al menos 60 minutos entre periodos de Exposición.

TLV (8 h, TWA):

(“Threshold Limit Value-Time Weighted Average”, por sus siglas en inglés). Valor umbral límite-Promedio ponderada en el tiempo. Concentración ponderada para una jornada normal de trabajo de ocho horas y una semana laboral de cuarenta horas, a la que pueden estar expuestos casi todos los trabajadores repetidamente día tras día, sin que se evidencien efectos adversos.

Vulnerabilidad:

Es la mayor o menor facilidad de la ocurrencia de una Amenaza en virtud de las condiciones que imperan; puede decirse que son los puntos o momentos de debilidad que se tienen y pueden favorecer la ocurrencia de un acto negativo o el aumento de las consecuencias de este.

Zona de Amortiguamiento para el Análisis de Riesgo:

Área donde pueden permitirse determinadas actividades productivas que sean compatibles, con la finalidad de salvaguardar a la población y al ambiente.

Zona de Alto Riesgo para el Análisis de Riesgo:

Área de restricción total en la que no se deben permitir actividades distintas a las del Sector Hidrocarburos e industriales.

4 CONTENIDO DEL ANÁLISIS DE RIESGO PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS.

4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y/O INSTALACIÓN.

4.1.1 Proyecto y/o instalación.

El Proyecto define las actividades de exploración de hidrocarburos que se llevarán a cabo en el área de interés. El área total del SAR contemplado para el Área Contractual 4 (Proyecto) tiene una superficie de 2,358.72 km². El conjunto de obras y actividades serán desarrolladas en el Área Contractual 4, ubicada en aguas profundas de la Cuenca Salina del Golfo de México, a 90 km de la costa mexicana. Misma que fue asignada por la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH) para la Exploración y Extracción de Hidrocarburos según contrato CNH-R01-L04-A4.CS/2016 (Plan de Exploración).

El Proyecto contempla el desempeño de las siguientes operaciones:

- Preparación y movilización de perforación en el área contractual.
- Perforación exploratoria, que incluye:
 - Actividades operativas de rutina (operaciones generales de perforación, rotación de la tripulación, transporte de personal hacia / desde la unidad de perforación, etc.);
 - Actividades operativas no rutinarias (como emergencias, trabajos de mantenimiento importantes, suspensión temporal de actividades, etc.); y

Los pozos serán perforados utilizando el buque de perforación "NOBLE GLOBETROTTER I", nave de perforación tipo DPS 3 y clase ABS: Ice Class 1A. Los fundamentos del diseño del barco son los estándares internacionales especificados por la administración del puerto con respecto a los sistemas de control de clase, estado de bandera. A continuación, se registran las siguientes características y datos de construcción:

- Nombre: NOBLE GLOBETROTTER I
- Tipo: DPS 3
- Unidad/Diseño/Forma: Globetrotter / Clase ABS: Ice Class 1A / Drillship
- Bandera de la unidad: Liberia (Monrovia)
- Año de construcción: 2012
- Identificativo de llamada: A8UD3
- Número oficial de la OMI: 14475
- Clasificación de la unidad: ABS
- Certificación IMO: Sí

- Qué versión de código: 9540845
- Patio de construcción: STX / Huisman
- Tipo de sistema de posicionamiento: DP 3

Dimensiones principales y especificaciones técnicas:

- Peso muerto (barco ligero): mT 31.525 sT 34.750
- Desplazamiento cargado máximo: mT 51.426 sT 56.688
- Carga variable máxima sobre plataforma: mT 51 426 sT 56 688
- Calado en la línea de carga (más profundo): m 12 pies 39
- Longitud total de la unidad (incluidas las rejillas de anclaje): m 189 pies 620
- Longitud entre perpendiculares: m 173 pies 568
- Ancho total de la unidad (incluidos los bastidores de anclaje): m 32 pies 106
- Longitud de la cubierta principal: m 138 pies 453
- Elevación del piso de perforación por encima de la línea base: m 23,8 pies 78
- Elevación de la cubierta principal por encima de la línea de base: m 18,9 pies 62
- Calado de perforación/desplazamiento relacionado: m/mt 12/57 597 pies/sT 39/63 489
- Calado de tránsito/desplazamiento relacionado: m/mt 12/56 454 pies/sT 39/62 229
- Calado de supervivencia/desplazamiento relacionado: m/mt 12/57 566 pies/sT 39/63 455
- Espacio de aire asociado: m 12 pies 39
- Dimensiones de la piscina lunar: m x m 27,2 x 11,2 pies x pies 89,2 x 36,7
- Retiro Máximo: mt 950 sT 1,047
- Carga giratoria y de gancho: mt 907 sT 1,000
- Consumo de combustible (promedio de perforación): m³/día 35-45 bbls. 220 – 283

El proyecto comprende las actividades de exploración de hidrocarburos que se llevarán a cabo en Área Contractual 4. El objetivo principal del Proyecto es evaluar la existencia de depósitos de petróleo en formaciones clásticas de Oligoceno y rocas carbonatadas del Cretácico y Jurásico en el pozo Najaal-1EXP en el Área Contractual 4.

El proyecto comprenderá las siguientes etapas o actividades:

Preparación y movilización.

Las actividades de preparación se llevarán a cabo antes de la etapa de perforación. Estos consistirán principalmente en procedimientos portuarios, así como en la movilización y adaptación de los buques que se utilizarán.

Con base en la información obtenida en la evaluación de riesgos poco profundos, se determinó que el área estudiada dentro de AC4 es favorable a la presencia de hidratos en el fondo marino y en el subsuelo poco profundo. El equipo específico y los requisitos para la perforación exploratoria se determinaron con base en esta evaluación, que forma parte de la primera etapa del Proyecto.

Los tiempos programados pueden variar de acuerdo con el comportamiento del depósito, los resultados de la perforación exploratoria, las condiciones generales del sitio del Proyecto y el clima.

Perforación Exploratoria.

PCCMO obtuvo información de varios estudios sismológicos y geológicos como parte del proceso de selección de pozos. Estos se realizaron anteriormente y no forman parte del alcance de este proyecto. Se decidió realizar una perforación exploratoria en Najaal-1EXP con base en estos estudios.

El plan de perforación considera dos escenarios posibles en términos de resultados de perforación:

- Independientemente de si los pozos contienen hidrocarburos o no, todos se taponearán.
- En caso de que no se encuentren hidrocarburos, los pozos se abandonarán de manera permanente.

Para minimizar el impacto ambiental, se utilizará la mejor tecnología disponible para las actividades de perforación. Se utilizarán equipos y suministros de última generación, sugeridos para adaptarse a las características del pozo Najaal-1EXP.

La perforación exploratoria se realizará utilizando el buque de perforación "NOBLE GLOBETROTTER I", nave de perforación tipo DPS 3 y clase ABS: Ice Class 1A, capaz de operar en ambientes moderados y profundidades de agua de hasta 12,192 m (40,000 pies) utilizando un tubo de perforación marino de 18¾" BOP, 21" OD (dimensión interna del cilindro) y 26"OD (dimensión externa del cilindro), el material de la tubería es según el grado API 5L X-80 (límite elástico de 80 ksi y resistencia máxima a la tracción de 90 ksi). El puerto que se consideran para las operaciones es: Tampico, Tamaulipas.

Todas las actividades realizadas por PCCMO se ejecutarán de acuerdo con las mejores prácticas disponibles para la industria del petróleo y el gas, así como de conformidad con el compromiso ambiental, social y contractual de PCCMO con México.

Abandono.

El abandono considera las actividades de suspensión de pozo, terminación y desmovilización.

Suspensión de pozo

La suspensión o terminación de un pozo petrolero es un proceso operativo que se inicia después de cementada la última tubería de revestimiento de explotación y se realiza con el fin de dejar el pozo produciendo hidrocarburos.

El objetivo primordial de la terminación de un pozo es obtener la producción óptima de hidrocarburos al menor costo, por lo que debe efectuarse un análisis nodal para determinar que aparejos de producción deben utilizarse para desarrollar el pozo adecuado a las características del yacimiento.

En la elección del sistema de terminación deberá considerarse la información recabada, indirecta o directamente, durante la perforación, a partir de: muestras de canal, núcleos, pruebas de formación, análisis petrofísicos, análisis PVT y los registros geofísicos de explotación.

En caso de que los reservas no sean suficientes el pozo será tapado de forma permanente, se le colocarán tapones de cemento, se cortarán las tuberías de reabastecimiento de bajo del lecho marino y el buque abandonará la ubicación por completo. La movilización de los equipos y materiales se realizará empleando el buque de perforación y las embarcaciones de apoyo.

El buque de perforación y las embarcaciones empleadas para el proyecto son rentadas, por lo que una vez que dejen de ser utilizadas serán regresadas a su lugar de origen, así como la tripulación proveniente del extranjero. Las únicas actividades realizadas durante el abandono del proyecto serán el manejo de residuos generados y el cierre de los pozos.

Independientemente de si los pozos contienen hidrocarburos o no, todos se taponearán. En caso de que no se encuentren hidrocarburos, los pozos se abandonarán de manera permanente.

Taponamiento y abandono de Pozo.

El objetivo de las actividades de taponamiento es impedir que una vez terminadas las actividades de perforación algún fluido de las formaciones escape del pozo y contamine el medio marino.

El pozo va a ser abandonado en forma permanente, las tuberías de reabastecimiento serán cortados debajo del nivel del fondo marino, de acuerdo a los lineamientos de la CNH.

Desmovilización de embarcaciones y equipo.

Una vez que las actividades de exploración lleguen a su fin y los pozos sean taponeados de manera permanente, se procederá a la desmovilización del equipo de perforación, que tendrá una duración de 1 día.

4.1.1.1 Programa general de trabajo.

La duración máxima de la perforación será de 70 días, y se realizará con el buque de perforación “NOBLE GLOBETROTTER I”, unidad con su equipo de perforación integrado y la Torre Multipropósito Dual (DMPT), está diseñada para: operaciones de perforación convencionales, operaciones con tubos expandibles, operaciones con tubería flexible e instalación de “X – más trees”.

En el supuesto específico de que el mencionado pozo contenga hidrocarburos, se contará con un plazo que permita la elaboración de diseño y el trámite de los permisos aplicables para la extracción. Posteriormente, se reanudarán las actividades para comenzar con la fase de extracción; incluyendo la perforación de pozos de producción; la inyección y la estimulación de yacimientos; la recuperación avanzada; la recolección; el acondicionamiento y separación de hidrocarburos; la eliminación de agua y sedimentos.

Considerando que dichas diligencias no se efectuarán de manera inmediata al recibir la autorización en materia de impacto ambiental, además que la logística implica los preparativos para realizar estas actividades costa; se solicitará la autorización por 6 meses, por lo que, aunque la duración máxima de la perforación será de 70 días, se podrá realizar durante la vigencia de la autorización.

Tabla 9-1. Programa general de trabajo

Actividad	2022		2023																	
	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May														
Preparación y Movilización	■	■																		
Perforación Exploratoria			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Desmovilización y Abandono																				

4.1.1.2 Pozos.

Como se mencionó anteriormente, el objetivo principal del Proyecto es evaluar la presencia de hidrocarburos en depósitos de formaciones clásticas del período Oligoceno y rocas carbonatadas del Cretácico y Jurásico en el pozo Najaal-1EXP en el Área Contractual 4. Actividades realizadas en AC4 para este proyecto se llevará a cabo de acuerdo con las mejores prácticas de la industria y de conformidad con los términos y condiciones del contrato antes mencionado con el fin de maximizar la extracción de hidrocarburos, garantizando así beneficios económicos para México.

Pozos a perforar

Como prospecto principal se contemplado la perforación del pozo denominado Najaal-1EXP ubicado en las coordenadas UTM WGS84 386,736 m E 2,130,424 m N. Para este pozo se requiere una superficie (lecho marino) de 1 m².

A continuación, se indica la profundidad de agua para el pozo.

Tabla 9-2. Profundidad de agua

Nombre del Prospecto	Profundidad de la Columna de Agua (m)
Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.	

Las profundidades totales programadas son las siguientes:

Tabla 9-3. Profundidad de objetivos

Nombre del Prospecto	Profundidad Objetivo (mTVDSS)
Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.	

La posible columna geológica para el Pozo Najaal-1EXP se muestra a continuación.

Tabla 9-4. Posible columna geológica Najaal-1EXP

Horizonte	Profundidad (mTVDSS)
Najaal-1EXP	
Fondo del Mar	Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.
Mioceno Superior 1	
Mioceno Superior 2	
Mioceno Inferior 1	
Mioceno Inferior 2	
Mioceno Inferior 3	
Mioceno Inferior 4	
Oligoceno Superior 1	
Oligoceno Superior 2	
TD	

Objetivos y profundidad programados.

Para el presente Proyecto se tiene contemplado la perforación del pozo exploratorio denominado Najaal-1EXP que se ubica en las coordenadas UTM WGS84 [redacted] el tirante estimado es de 1,120 m.
 Coordenadas de ubicación de la instalación del proyecto. (información reservada). Información protegida bajo los artículos 110 fracción I de la LFTAIP 113 fracción I de la LGTAIP.

Tipo de hidrocarburo esperado

Los tipos de hidrocarburos son aceite mediano/ligero, de 23 a 32°API.

Programa preliminar de toma de información.

Programa preliminar propuesto como parte de la perforación de exploración del pozo Naajal.

- Registro durante la perforación (LWD)

Registros: Rayos gamma, presión anular durante la perforación, resistividad, porosidad de neutrones, densidad aparente, sónico, presión de formación durante la perforación

- Programa de registro de telefonía fija

Caso de éxito:

- Rayos gamma espectrales, resistividad triaxial, imagen eléctrica, dipolo acústico, elemental.
- Espectroscopia, resonancia magnética nuclear
- Presiones de formación y muestras
- Núcleos rotatorios de paredes laterales
- VSP de compensación cero

Caso de agujero seco:

- Rayos gamma espectrales, dipolo acústico
- Presión de formación y muestras
- VSP de compensación cero
- Mudlogging y Muestreo Geoquímico
- Muestras de recortes cada 10 m en el área no objetivo y 5 m dentro del reservorio objetivo
- Isotubos en picos de gas e isojares cada 10 m
- Análisis de gases de espacio de cabeza

Reserva de Escenarios de Incorporación.

El rango esperado de volumen recuperable en caso de éxito del pozo oscila entre 26 MMSTB y 452 MMSTB. El volumen esperado más probable es de 238 MMSTB. Aquí, MMSTB (millones de barriles de tanques de almacenamiento) se define como un barril en condiciones de superficie.

Para el escenario contemplado, se considera Volumen Bajo cuando los resultados no son los esperados. Por ejemplo, si el espesor neto encontrado es menor que el esperado. Se considerará como un volumen alto en función de los resultados esperados.



4.2 DESCRIPCIÓN DE PROCESO

Operación de Tensores.

Los tensores se utilizan para compensar el movimiento vertical de la embarcación y mantener la tensión suficiente en la sarta de tubería ascendente para evitar cargas de compresión en la junta flexible inferior y el pandeo de la tubería ascendente. La tensión superior debe ser suficiente para superar las cargas ambientales y despegar el LMRP en caso de emergencia. La fuerza combinada de los tensores o tensión superior debe tener en cuenta el peso del acero, la flotación, el lodo y también las fuerzas ejercidas por la corriente y la presión interna. El departamento submarino deberá monitorear el sistema tensor como mínimo una vez por recorrido. A continuación, se describen estos controles y el personal debe cumplir con los requisitos del sistema SAP PM para los controles diarios y semanales:

- Verifique las alarmas o fallas de los paneles de control y confirme que los tensores estén distribuidos equitativamente con todos los tensores ajustados a la misma presión de operación. Confirme con el perforador que no ha habido cambios en el peso del lodo de los retornos del pozo y registre la tensión del tubo ascendente. Engrase los cojinetes y observe si hay ruidos y vibraciones anormales en las poleas y los cables. Mire y escuche si hay fugas en los sistemas de fluido y aire. Limpie y controle visualmente los vástagos de los cilindros en busca de daños mecánicos, suciedad y corrosión. También verifique que el fluido del tensor no se esté filtrando a través de los sellos de las varillas. Inspeccione la abrazadera de anclaje de hombre muerto, que los pasadores giratorios estén instalados y que no haya señales de deslizamiento del cable. En el colector de aumento/disminución, inspeccione el conjunto en busca de fugas de aire del instrumento y verifique los filtros. Inspeccione los colectores de retroceso del elevador y verifique los lubricadores y filtros. Sople cualquier condensado de los APV e inspeccione el secador HP y los compresores.

Falla del tensor hidráulico

Un tensor hidráulico puede fallar debido a la rotura de un cable tensor. Opere con suficiente tensión para permitir la pérdida repentina de cualquier tensor. Cuando esto sucede, las operaciones de perforación deben suspenderse inmediatamente. Es necesario aumentar la tensión y confirmar el ángulo de la junta flexible inferior para continuar con seguridad.

Se deben considerar las siguientes pautas después de una falla del tensor:

- Si los tensores restantes pueden resistir la pérdida del segundo tensor, las operaciones de perforación pueden continuar después de aumentar los ajustes del tensor a la tensión requerida para las condiciones de operación y el ángulo de junta flexible permitido.
- Si no se pueden cumplir los requisitos anteriores, las operaciones de perforación deben permanecer suspendidas con el riser conectado a la pila BOP.
- Para cumplir con la capacidad requerida del tensor, se puede hacer circular fluido de perforación fuera del elevador para reducir la tensión requerida.
- Si las condiciones empeoran, se debe desconectar el elevador marino y colgarlo o jalarlo.

Intervalos de mantenimiento preventivo.

Los cables MRT se reemplazarán cuando el límite de ciclos de toneladas acumuladas se acerque al límite predeterminado establecido para el cable. La intención es reemplazar el cable antes del desgaste que pueda dañar el cable a un nivel inseguro.

Cables MRT de 80K

Ciclos de toneladas: 40 millones.

Cables MRT de 160K

Ciclos de toneladas: 60 millones.

Cables MRT de 250K

Ciclos de toneladas: 120 millones.

Independientemente de la tonelada acumulada, los ciclos o la apariencia, los cables tensores no deben instalarse por más de tres años.

Situaciones de ejemplo:

- Se debe cambiar el cable tensor de 160K que tiene 2 años con ciclos de 60 millones de toneladas.
- Se debe cambiar el cable tensor de 160K que tiene 3 años con 10 millones de ciclos de toneladas.

Monitoreo de juntas telescópicas.

El período de oleaje debe determinarse observando la cuerda en el tramo del cable entre el extremo ciego del MRT y la polea de reducción. El tiempo entre la sarta en su punto más cercano a la polea de reducción hasta el punto más alejado de la polea de reducción y de regreso al punto más cercano a la polea de reducción es el período de oleaje. Las medidas de tensión son la medida de la tensión

en kips en un cable tensor individual. Al leer los indicadores en el panel del tensor, registre el valor de la tensión individual en kips en cada tensor. Dado que el registro del ciclo de tonelada acumulada se realiza cable por cable, la lectura requerida no es la tensión total en el sistema ascendente, sino la carga de tensión en cada cable individual.

Compensadores.

Se ha observado durante eventos recientes que los compensadores no han sido probados después del mantenimiento o las reparaciones, y algunos otros compensadores han estado en funcionamiento durante largos períodos de tiempo sin revisión. Por lo tanto, se deben seguir las siguientes políticas para mitigar cualquier posibilidad de tiempo de inactividad:

1. Pruebas de presión y función: todos los equipos de perforación probarán sus compensadores en los siguientes intervalos:
 - Se probará el funcionamiento del compensador antes de aterrizar el BOP o la carcasa. Confirme que entra, sale, bloquea y desbloquea.
 - Se probará el funcionamiento del compensador después de que se haya completado cualquier trabajo y antes de su uso.
 - El compensador debe someterse a una prueba de presión con el bloqueo hidráulico cerrado después de que se haya completado el trabajo en la tubería de aceite.
2. El compensador deberá estar abierto al pasar por la pila BOP.
3. Recertificación: el bloque de corona del compensador debe volver a certificarse de acuerdo con los requisitos del sistema SAP PM. El resto del conjunto del compensador se inspeccionará según los requisitos del sistema SAP PM y se rectificarán todos los hallazgos.
4. Las válvulas de aislamiento del conjunto de válvulas de tubería vertical y las válvulas de caja de seguridad deben probarse anualmente.
5. Las mangueras del compensador deben tener adaptadores finales especiales con un cable de acero inoxidable que se extiende a través del conjunto de la manguera. Este cable metálico proporciona una restricción en caso de que la manguera falle bajo presión. Además de la restricción interna, debe haber eslingas de seguridad que aseguren la manguera en caso de que se suelte inadvertidamente.

La verificación del desgaste de la cadena se debe realizar antes de aterrizar el BOP o la carcasa o cualquier otro levantamiento pesado. Se espera que durante los movimientos de la plataforma también se inspeccionen las cadenas.

La verificación de desgaste de la cadena es para establecer y monitorear los límites de desgaste de la cadena y luego eliminar la zona afectada antes de estar fuera de las especificaciones del fabricante.

Sustitución de piezas

Algunos de los compensadores de sarta de perforación de la flota han estado en servicio durante muchos años. Cuando solicite piezas de repuesto únicas, asegúrese de incluir el número de dibujo para ayudar al fabricante a identificar la pieza correcta.

Recipientes a presión de aire.

Instalación.

Los recipientes a presión deben instalarse en un ligero ángulo con el puerto de drenaje en la elevación más baja. Será por lo menos de 1/2". Cuando APV no es el punto más bajo del sistema, se debe instalar un drenaje de punto bajo en la tubería.

Manómetros: no debe ser inferior al 25 % ni superior al 75 % del intervalo de presión total.

Operación remota: se recomiendan válvulas operadas a distancia para poner en línea los APV de potencia CMC.

Notas operativas

Todas las botellas de reserva y los APV de potencia del tensor se dejarán en línea en todo momento fuera del mantenimiento.

El perforador deberá confirmar la presión de aire de reserva antes de las operaciones de CMC.

Los APV de potencia CMC se gestionarán de modo que haya suficiente aire a alta presión durante al menos las próximas seis horas.

Una vez a la semana, pero preferiblemente a diario, drene la condensación del APV.

Una vez a la semana, todos los tapones, conexiones y bridas de las tuberías deben inspeccionarse con agua jabonosa para detectar fugas.

Las válvulas de aislamiento de retroceso APV de potencia del tensor y las válvulas de retroceso del elevador deben probarse individualmente semanalmente. Esta actividad debe coordinarse con las actividades del equipo de perforación en ese momento. El sistema deberá estar en modo manual

para activar las válvulas. No realice estas pruebas con el equipo de perforación que se eleva más de un metro.

Parámetros y procedimientos operativos del ángulo de elevación.

Equipo.

Dianas (Bullseye).

Utilice las lecturas de la diana para la alineación adecuada de la pila/elevador submarino y la reorientación del equipo de perforación sobre la cabeza del pozo para evitar que se asienten los equipos relacionados con el submarino.

La Pila Inferior deberá tener una diana de 0-2 grados.

El ángulo de la contrahuella debe medirse por encima y por debajo de la junta flexible con una diana de 0 a 5 grados.

Bullseye deberá limpiarse y calibrarse entre pozos. Para calibrar la diana, coloque una placa plana sobre el pasador del adaptador del elevador y luego coloque la diana de prueba en la placa sobre el orificio del BOP. Ajuste la diana montada en la pila hasta que la bola esté en la misma posición que la diana de prueba.

Nota: Las dianas desgastadas desarrollan puntos planos y evitarán que la pelota se mueva libremente. Si la pelota se mueve libremente y responde a pequeños desplazamientos, entonces la diana es aceptable. Si la diana se puede mover ligeramente sin mover la bola, o si la bola busca una posición que no corresponde al desplazamiento, la diana debe ser reemplazada.

Parámetros de operación

Cuando el ángulo de la articulación flexible superior exceda los 2 grados o el ángulo diferencial a través de la articulación flexible inferior exceda $\frac{1}{2}$ grado, todas las actividades de rotación deben detenerse.

Cuando el ángulo de la junta flexible inferior o superior exceda los 2 grados, prepárese para desconectar y colgar si es posible.

Cuando la junta flexible inferior o superior excede las limitaciones identificadas en el análisis de desviación, el LMRP debe desconectarse de la chimenea inferior.

Cuando no se ha proporcionado un análisis de desviación, se supone que la limitación es de 4 grados.

El aterrizaje en cabezas de pozos o árboles con un ángulo de $>3/4$ grados requiere un MOC aprobado.

Los ángulos de boca de pozo y chimenea se deben verificar durante las siguientes etapas:

- Antes de depositar la chimenea en un árbol o boca de pozo, confirme el ángulo de la boca de pozo.
- Después de bloquear el conector del cabezal del pozo con 50 000 libras hacia abajo en el cabezal del pozo, registre el ángulo de la chimenea inferior.
- Tome 100,000 libras de sobretracción en la cabeza del pozo y registre los ángulos de elevación y chimenea.
- Establezca el peso de la pila inferior en la cabeza del pozo y registre los ángulos de la tubería ascendente y la pila.
- Periódicamente durante las operaciones normales de perforación, el ROV deberá inspeccionar los ángulos de elevación y chimenea. Al menos cada tres días.
- El ángulo de elevación debe verificarse antes de pasar cerca de las herramientas de paso completo a través de la pila.
- Verifique la chimenea inferior y los puntos de referencia de los elevadores antes de desenganchar el conector del cabezal del pozo.
- Verifique la diana del cabezal del pozo después de abrir el BOP.

Operaciones y mantenimiento de elevadores.

Modos de operación

Despliegue de elevadores

Preparativos: Hay tres áreas principales que son esenciales para un despliegue eficiente de los elevadores.

- Asegúrese de que la pila y el elevador bajen y tengan una prueba exitosa. La medida de control de Noble para esto es la lista de verificación previa a la implementación. Consulte el capítulo dedicado a la lista de verificación previa a la implementación.
- Obtenga los cálculos correctos de espacio y aterrizaje para evitar daños en la cabeza del pozo o tirar de la junta telescópica para reemplazar una junta auxiliar.
- Preparación de elevadores, herramientas y sistemas asociados. Asegúrese de que se siga la secuencia de apriete para los sujetadores del elevador, según las recomendaciones del fabricante. Si no se sigue la secuencia de apriete/ desapriete de los sujetadores, los sujetadores adyacentes u opuestos podrían atascarse.

Cuelgue del elevador

Difícil: cuando el elevador está colgado en la araña del elevador al correr o tirar del elevador.

Suave: cuando la columna está suspendida de los tensores de la columna pero no está conectada a la pila inferior.

Terminaciones submarinas

Cuando el tubo vertical de perforación se utilice para terminaciones submarinas, será necesario limpiarlo. El operador generalmente solicitará que se haga funcionar un raspador o un cepillo ascendente. Bloquee el conector del cabezal del pozo mientras hace funcionar el cepillo para evitar que la basura se meta detrás del anillo de seguridad. Confirme que todas las almohadillas del cepillo estén accionadas por resorte y que el cepillo pase a través del DI más pequeño de la cuerda. Tenga cuidado al tirar hacia atrás en el zapato en el cilindro interior de la junta deslizante.

Sistema de estrangulación y apagado.

Colectores de estrangulamiento.

Especificación.

Al reemplazar los componentes de flujo continuo, estos deben diseñarse, fabricarse e instalarse según API 16C, NACE MR0175, API 6A Clase de temperatura P PSL 3G, clase de material DD, con la excepción de los internos del estrangulador, que deben ser EE. Esta información es fundamental cuando se obtienen materiales de reemplazo y debe proporcionarse cuando se solicita la cotización y luego se incluye en la orden de compra.

Instalación.

Los puertos de inyección se instalarán antes de los estranguladores para combatir los hidratos.

Todas las válvulas deberán estar numeradas y claramente marcadas. Los números deberán corresponder a un arreglo general y procedimientos de prueba.

Controles.

El funcionamiento de los controles se probará cada semana para confirmar la velocidad del estrangulador, los indicadores de posición y la fuente de energía de respaldo.

Los manómetros se calibrarán cada año.

Los manómetros deberán poder leer cambios de presión de 25 PSI o menos.

Válvulas de compuerta submarinas.

Introducción a las válvulas de compuerta submarinas

La mayoría de las válvulas de compuerta submarinas de Noble tienen presión equilibrada. Los dos modelos principales son el NOV HB y el Cameron MCS.

Ambas válvulas de compuerta submarinas a menudo se denominan a prueba de fallas y el operador podría malinterpretarlas. Sus resortes no están diseñados para cerrar la válvula contra la presión del pozo. La presión de cierre hidráulica es necesaria para superar la fricción de la compuerta en el asiento. Existen métodos operativos y tecnológicos para circunnavegar esto.

Asistencia a prueba de fallas (Esta sección es solo para información).

Algunos sistemas de control BOP utilizan paneles de asistencia a prueba de fallas en lugar de funciones discretas para cerrar las válvulas a prueba de fallas. Otros sistemas los utilizan para proporcionar una fuente hidráulica adicional para cerrar la válvula cuando hay presión en el pozo. El circuito suministra presión de cierre a la válvula cuando se elimina la presión de apertura.

Nota: estos acumuladores se deben descargar antes de tirar de la pila para evitar que se levante la válvula de alivio.

Sistema de control BOP: operaciones del panel de superficie.

Pulsador atascado o tiempos de espera de botón.

Antes de operar cualquier panel (Gerentes de plataforma, Perforadores, Empujadores de herramientas, CCC, CCU, MCS), comprenda las características de los botones pulsadores. Presionar los botones pulsadores durante un período de tiempo prolongado activará una alarma de botón atascado, de acuerdo con la configuración de límite de tiempo designada por el OEM.

Funcionamiento de Botones

- Verifique las presiones que se muestran para el suministro, el acumulador, el piloto y todas las presiones que se pueden leer desde los PODS de control antes de hacer funcionar cualquier botón. Asegúrese de que las presiones estén en línea con el WIM para las operaciones. Si las presiones no están dentro de los parámetros operativos del sistema, reajuste las presiones.
- Asegúrese de que el conteo del medidor de flujo se haya reiniciado antes de operar cada función.
- Anote el conteo de galones y observe las lecturas de presión cuando se operan las funciones. El conteo de galones y el tiempo requerido para operar una función deben registrarse cada vez. Compare estas lecturas periódicamente con las operaciones de tendencia.
- Se debe observar el conteo de galones del medidor de flujo y compararlo con las recomendaciones del OEM para asegurar que la función se haya completado. Habrá una caída de presión mientras la función está en proceso. La variación de presión debe observarse mientras la función está en funcionamiento y la presión debe recuperarse hasta su punto de referencia para garantizar que la función se haya completado.
- Solo opere una función a la vez. Antes de operar la función, se debe identificar el botón de función; la etiqueta de función en los botones debe leerse y llamarse claramente.
- Para las funciones que requieren la característica de funcionamiento de presionar y sostener, primero se debe presionar el botón de presionar y sostener y luego se debe operar el botón de función. Después de que se haya operado la función, suelte tanto el botón Pulsar y mantener como los botones de función.

Nota: No presione primero el botón de función y luego el botón Pulsar y mantener.

Nota: No mantenga pulsado el botón Pulsar y mantener pulsado para operar varias funciones. Para cada botón de función distinto, se debe presionar y mantener presionado y luego soltar antes de hacer funcionar el siguiente botón de función.

Funciones críticas.

Sistemas de Control NOV BOP

Hay funciones críticas con tapas protectoras mecánicas ubicadas encima de ellas. Al operar las funciones críticas ubicadas debajo de las tapas abatibles, todas las secuencias establecidas en la sección anterior deben seguirse antes de las secuencias mencionadas a continuación.

Al operar estas funciones críticas, el botón de función debe ubicarse e identificarse cuidadosamente antes de su operación.

- Levante la cubierta protectora.
- Localice el botón Pulsar y mantener.
- Localice la función exacta a operar.
- Llamar a la función a ser operada.
- Pida a una segunda persona que verifique que se haya identificado y llamado la función correcta.
- Pulse el botón Pulsar y mantener.
- Presione el botón de función para operar la función seleccionada. Antes de presionar el botón seleccionado, se debe volver a verificar la etiqueta de la función.

Sistemas de control de BOP para navegación marítima.

- Los paneles del sistema de control BOP de Oceaneering se operan con un mouse y un teclado en la estación de control maestro, o a través de los paneles de pantalla táctil en los paneles de los perforadores o los empujadores de herramientas.
- Cuando se operan funciones críticas, aparece una ventana emergente de confirmación que requiere una segunda confirmación antes de continuar con la función.
- El botón Presionar y Mantener respectivo debe estar presionado y hacer clic en el botón o presionarlo para confirmar el avance.
- Si no se puede tomar una decisión a tiempo para proceder con la activación de la función, el temporizador de cuenta regresiva realiza la cuenta regresiva y desactiva la activación de la función.
- Alternativamente, se puede hacer clic en el botón Cancelar para cancelar la activación de la función.

- A continuación, se muestra un ejemplo de una pantalla emergente de tipo confirmación para la función de desbloqueo de Riser Connector.

Operación de cierre anular.

Antes de operar el botón de cierre anular, se deben asegurar los siguientes pasos:

- Verificar el tamaño de tubular presente en el BOP.
- Compare el tamaño tubular con las presiones de cierre recomendadas por el OEM del anular.
- Reajuste la presión del regulador anular a la presión de cierre recomendada.
- Operar la función de Cierre anular.

Lo siguiente, de NOV D45100161-PIB-001: Operaciones SBOP, es un ejemplo de las presiones de cierre recomendadas para varios tamaños tubulares para el elemento de empaque esférico Shaffer Stanard de 18 3/4" 10K.

Funciones EDS.

La secuencia de desconexión de emergencia (EDS) es una rutina completamente automática y cronometrada que, en caso de emergencia, activará secuencialmente todas las funciones necesarias para desconectar el LMRP de la pila BOP inferior. Presionar el botón pulsador de desconexión de emergencia activará la secuencia de desconexión de emergencia EDS. Esta función debe usarse solo en una situación de emergencia que involucre la pérdida de vidas y/o daños a la embarcación de perforación. No utilice EDS durante las operaciones normales de perforación.

Anulación de POCV.

El botón de anulación de POCV se usa para abrir la POCV. Esto es necesario porque la presión de bloqueo que se puede aplicar al conector del tubo ascendente es variable de 500 psi a 3000 psi. El operador puede bloquear el conector con 3000 psi, luego se le puede pedir que reduzca la presión de bloqueo a 500 psi y luego que aumente la presión de bloqueo a 1800 psi.

Función de carga/aislamiento/descarga del acumulador durante la recuperación de la pila.

Cuando se despliega bajo el mar, el sistema acumulador se carga con fluido BOP desde la superficie. Este fluido BOP de la superficie tiene la presión adicional de la cabeza hidrostática de la línea de conducto rígido o manguera de la línea directa. Esta presión no representa un problema

bajo el mar, porque es una presión absoluta dentro de las botellas del acumulador. La presión relativa al sistema es la misma que en la superficie, porque la carga hidrostática del agua de mar circundante reduce los efectos de la carga hidrostática del fluido de control.

Controles BOP secundarios y de emergencia.

Sistemas de control de BOP de emergencia.

Los sistemas de control de BOP de emergencia son sistemas automatizados en pilas de BOP submarinas que aseguran el pozo. Los esquemas para cada sistema se proporcionan a continuación.

Sistema de hombre muerto.

Un sistema de hombre muerto, cuando está armado, es un sistema automatizado para cerrar el pozo en caso de una pérdida simultánea del suministro hidráulico y el control de ambas cápsulas. El sistema de respaldo hidráulico de emergencia de NOV, EHBS, es un sistema de hombre muerto. Algunos recipientes tienen un panel de secuencia para múltiples arietes de corte.

Sistema de corte automático.

Un sistema de corte automático, cuando está armado, cerrará los cilindros de corte ciego después de que el LMRP se levante de la pila inferior. EHBS y Deadman Systems tienen capacidades de corte automático.

Sistemas de desconexión de emergencia.

Los barcos de posición dinámica requieren un sistema de desconexión de emergencia.

Las plataformas amarradas con sistemas Multiplex deben contener secuencias de desconexión de emergencia mientras que los sistemas convencionales funcionan sin ellas.

- Sin corte: a veces llamado EDS inmediato, no cierra los cilindros de corte y desconecta el conector del elevador. Esto debe seleccionarse cuando los arietes de corte no tienen la capacidad de cortar el tubular a través de la pila desde la vaina azul o amarilla.
- Corte de tuberías: esta secuencia se utiliza para cortar la sarta de perforación con los arietes de corte ciego y desbloquear el conector del elevador. Esto se puede seleccionar cuando los arietes de corte ciegos tienen la capacidad de cortar y sellar el pozo.

- Corte de revestimiento: esta secuencia utiliza los arietes de corte de revestimiento como ariete de corte y luego cierra los arietes de corte ciego para sellar el pozo antes de desbloquear el conector ascendente.

Sistemas de control BOP secundarios

Política de intervención de ROV

- Cada pila de BOP submarina podrá operar cada ariete de corte, un ariete de tubería, cerraduras de ariete y desbloqueo del LMRP con un ROV. La fuente hidráulica para estas funciones puede provenir de los acumuladores de pila BOP, la bomba ROV o los acumuladores estacionados en el lecho marino en el sitio del pozo. El tiempo de cierre para cada una de estas funciones críticas debe ser inferior a 45 segundos.
- Se requiere un MOC para realizar cualquier cambio en el sistema ROV. Esto incluye cambios en la nomenclatura, adición o eliminación de funciones, o actualización a stabs de alto flujo.
- El GA de la chimenea y el esquema hidráulico deben ser precisos y la revisión actual debe entregarse al Gerente de la plataforma. Al enviar esta información, asegúrese de recordarle al personal que elimine cualquier revisión anterior de sus archivos y tableros de anuncios.
- El Ingeniero Submarino y el Superintendente de Perforación son responsables de tener fotografías en color fechadas de los paneles del ROV en el archivo con las válvulas en su posición normal. El supervisor de calidad y el superintendente submarinos auditarán el cumplimiento de esto.

Instalación del receptáculo de ROV.

- Los hot stabs y receptáculos de ROV de Noble son API 17H / ISO 13628-8. Las funciones críticas deben estar equipadas con un receptáculo de un solo puerto o tener una sola función conectada a un receptáculo de dos puertos.
- Algunos BOP requieren una segunda función para cerrar los bloqueos mecánicos después de cerrar el ariete. En el caso de que el ariete se cierre contra el pozo, el ROV necesita una forma de cerrar los bloqueos del ariete mientras mantiene el ariete cerrado. Esto se puede lograr instalando una válvula de aislamiento operada por ROV.
- Las mangueras de los paneles del ROV se conectarán a la válvula selectora identificada en el esquema de la pila.

Sistema de control acústico.

El sistema de respaldo acústico, ABUS, es una cápsula independiente en la pila inferior. El sistema puede ser activado por la tripulación desde transductores fijos a bordo del barco o desde un transductor portátil desde el bote salvavidas. Está ahí para proteger bien, pero se puede usar para desconectar el LMRP en caso de pérdida del sistema de control BOP.

Al operar el sistema, el Ingeniero Submarino Senior y el Gerente de Plataforma deben estar presentes. El operador de DP, el asistente del ingeniero submarino y el asistente del gerente de la plataforma deben saber cómo operar el sistema en caso de una emergencia.

Al probar el sistema ABUS, las funciones asociadas en los paneles remotos deben estar en estado bloqueado.

Cuando se seleccionan las funciones operativas de ABUS, no hay retroalimentación de estado para el sistema de control BOP y los mímicos de la pila en el perforador y los empujadores de herramientas no reflejarán las funciones que se seleccionaron desde la cápsula acústica.

Para bloquear una función acústica, desactive la cápsula acústica. Esto debe completarse antes de abrir los arietes de corte con la vaina azul o amarilla.

Las comunicaciones acústicas deberían establecerse después de que se haya completado todo el trabajo en la chimenea. La duración de la batería debe verificarse dentro de las 48 horas anteriores a la implementación.

Antes de armar una cápsula acústica, se debe desarmar el sistema y confirmar que está desarmado. Bajo ninguna circunstancia se debe armar el módulo sin confirmar primero el estado de desarmado.

Directrices de funcionamiento.

El Gerente de Plataforma, el Asistente del Gerente de Plataforma, el Perforador y el Departamento Submarino deben tener un conocimiento profundo de la teoría y operación de los sistemas de control secundario y de emergencia. Las propiedades de corte del tubular a través de la pila deben conocerse en todo momento. Específicamente qué sistemas pueden o no cortar el tubular. Tenga en cuenta que la cizalla de alta presión de las cápsulas azul y amarilla puede generar presiones de cizallamiento significativamente más altas que los acumuladores de cizallamiento en la pila inferior.

Requisitos de prueba.

Prueba de función de la superficie: los requisitos de Noble exceden API. Noble requiere que todas las funciones y secuencias en los sistemas de control de BOP de emergencia y los sistemas de

control de BOP secundarios se prueben antes de la implementación e incluso las pruebas en los estados de armado y desarmado. Todas las funciones del ROV deben probarse y confirmarse visualmente que han accionado al operador. Para las válvulas a prueba de fallas, esto se debe confirmar con la prueba de gota de agua.

Durante la prueba, el fluido de potencia para los controles BOP de emergencia y secundarios debe suministrarse desde el sistema acumulador dedicado a su circuito particular. Después de probar en la superficie un sistema de respaldo de emergencia con todo en modo de funcionamiento normal, confirme visualmente que la perforación está despejada.

Los arietes de corte se cierran, el ariete de una tubería se cierra y el desbloqueo de LMRP debe cerrarse con el hot stab antes del despliegue del BOP. Lo lograrán en 45 segundos.

Prueba de función submarina: Noble requiere que las secuencias de corte automático, hombre muerto y desconexión de emergencia (incluido el retroceso del elevador) se prueben al momento de la puesta en marcha y dentro de los cinco años posteriores a una prueba anterior. Será necesario crear órdenes de trabajo y adjuntar el procedimiento y los resultados a la orden de trabajo en el sistema de mantenimiento de SAP.

El ROV deberá cerrar un ariete de corte al inicio del contrato, una vez al año bajo el mar, o cuando se modifique o reemplace la unidad ROV. Esto se repetirá anualmente como un simulacro de entrenamiento. Se debe registrar el tiempo para accionar el ariete.

Comprobaciones submarinas diarias.

La intención de las rondas diarias es garantizar que el equipo submarino sea monitoreado para que se pueda identificar y abordar cualquier anomalía. Se ha proporcionado un ejemplo de documento estándar para la familiarización de toda la flota.

Cada departamento submarino es responsable de monitorear los sistemas submarinos y documentar la condición del equipo en cada recorrido. Todas las deficiencias serán reportadas al Gerente de Plataforma.

Operación de equipos de terceros.

Este procedimiento se aplica a todas las plataformas dentro de la flota de Noble que requieren operaciones con equipos de terceros en nombre del operador de la plataforma.

Procedimiento.

Equipo de terceros

El personal noble puede operar equipos de terceros bajo la dirección del operador de la plataforma. Noble debe estar capacitado en el uso del equipo y tener a mano el procedimiento operativo.

Mal funcionamiento del equipo

El personal de Noble no será responsable de la instalación, el reemplazo, la solución de problemas o la reparación de sistemas o componentes de terceros en caso de mal funcionamiento del equipo ni será responsable por el tiempo de no producción causado por la falla del sistema para operar correctamente. Las operaciones diarias de la plataforma no se verán obstaculizadas por la operación de equipos de terceros en nombre del operador de la plataforma.

El personal de Noble seguirá procedimientos escritos para la operación de equipos de terceros.

➤ **Medidas de mitigación durante la perforación del Pozo**

Durante la perforación del pozo Najaal-1EXP se pueden presentar diversos escenarios o contratiempos que comprometan el pozo. De acuerdo con lo anterior se mitigarán dichas situaciones en cada etapa como se presentará a continuación. Es importante considerar que estas acciones de mitigación están enfocadas a las actividades de perforación por lo que no se incluyen medidas de mitigación para posibles impactos ambientales en esta sección.

Protección contra incendios activa.

Los sistemas utilizados en el barco incluyen:

- Aparatos portátiles de mano (espuma, polvo seco, CO₂).
- Sistemas de agua de mar, incluidos hidrantes, boquillas manuales, sistemas de rociado y diluvio.
- Sistemas de extinción de CO₂.

Los espacios protegidos de CO₂ son las salas de máquinas 1 a 4, los cuartos de panel de control 1 a 4, las salas de propulsores de proa a popa y el ECR.

- Sistemas independientes de espuma para cubierta de helicóptero.
- Novec, que se utiliza en el puente, la sala de DP de respaldo, la sala de baterías en la cubierta superior y la sala de instrumentos #1 y #2.

<p>Explosímetros (Portátiles) Cantidad: Marca: Tipo Prueba:</p>	<p>Nº</p>	<p>6 Gas Alert Max XTII Niveles de oxígeno/Atmósfera explosiva Niveles de oxígeno/atmósfera explosiva</p>
<p>Alojamiento de detectores de humo/incendios Marca: Modelo: Detección de incendios: Detección de humo: Central de alarmas: Ubicación:</p>	<p>Sí/No Sí/No Sí/No</p>	<p>Productos de seguridad TYCO 801PHEX SÍ SÍ SÍ Puente de Navegación Copia de seguridad en la sala de control de motores Pantalla en la cabina del perforador (lado principal y auxiliar)</p>

Equipo contra incendios.

<p>Bombas Contra Incendio Cantidad: Marca/modelo: Tipo: Salida (cada una): Ubicación de las bombas: El suministro de agua contra incendios cumple con Especificaciones MODU de la OMI:</p>	<p>Nº us galones /min SÍ/No</p>	<p>4 Harmworthy MD Vert. centrífugo con autocebado 2025 (2) Adelante 360 m³/hr 460m³/h SÍ</p>
<p>Hidrantes y Mangueras Hidrantes colocados de manera que se pueda llegar a cualquier punto con una sola longitud de manguera desde dos hidrantes separados: Cantidad de hidrantes: Conexiones de manguera / hidrante: Diámetro máximo de la manguera: Longitud:</p>	<p>SÍ/No Nº No. en m</p>	<p>SÍ 124 1 2 15 y 20 – Dependiendo de la ubicación.</p>

<p>Extintores de Incendio Portátiles Cantidad (total): CO₂: Espuma: Producto químico seco: Montado junto a las vías de acceso y vías de escape:</p>	<p>N° N°./kg N°/kg No./kg Sí/No</p>	<p>164 59 x 5kg – En Servicio 1 x 18 kg – En servicio 81 x 9LI 4 x 45,5LI – en servicio 2x152LI 10 x 5 kg 4x9kg 1x13,5 kg 2x45kg Sí</p>
<p>Mantas ignífugas Cantidad: Ubicación:</p>	<p>N°</p>	<p>5 1 x cocina, 1 x cuarto de lavado #1, 2 estaciones de bomberos para helicópteros. 1 puente.</p>
<p>Sistema fijo de extinción de incendios con espuma.</p>		<p>N/A</p>
<p>Sistema fijo contra incendios. Ubicación: Marca: Tipo: Alarmas (audibles, visuales o ambas): Cierre automático de ventilación mecánica en espacios protegidos: Ubicación de liberación manual:</p>	<p>Sí/No</p>	<p>cubierta de interpolación superior, cubierta principal, cubierta de castillo de proa, cubierta A, Cubierta B, cubierta C, cubierta de navegación y cubierta superior Tyco Cuarto de Máquinas – CO2 Casillero de pintura – Niebla de agua Generador de Emergencia – CO2 MPT-Novec 1230 Sala de cabrestantes submarinos – Novec 1230 Ambas Sí cubierta de interpolación superior cubierta de navegación</p>
<p>Sistema de espuma para helipuerto. Sistema dedicado adecuado para al menos 10 minutos de extinción de incendios a la tasa indicada en el código IMO MODU: Versiones del código MODU de la IMO: Marca/tipo: Cantidad de monitores: Tipo de espuma: Tasa:</p>	<p>Sí/No N° Galones / min</p>	<p>Sí 9.17.4.3 Silvani / MSS08-AU4 3 AFFF 3% 1056</p>
<p>Sistema manual de diluvio de agua. Espacios protegidos: Suministro de agua desde la línea principal contra incendios:</p>	<p>Sí/No</p>	<p>Suelo de Perforación Piscina de Luna Sí</p>

Sistema de Rociadores de Agua en Alojamiento		
Automático:	Si/No	Si
Presión de trabajo:	psi	120
Capacidad del tanque presurizado:	L	2800

Fuente: NGTI-IADC Equipment List, Rev.0.

➤ Planes de prevención

Las actividades de perforación son fuentes potenciales de derrames accidentales de hidrocarburos.

La extracción de crudo en el mar tiene un alto grado de dificultad, que demanda además de una tecnología avanzada para su realización, una actividad preventiva permanente para disminuir los riesgos de accidentes que pueden ocasionar derrames al mar y afectar el ecosistema marino.

Los derrames de hidrocarburos tienen comportamientos muy particulares, que dependen principalmente de la frecuencia de la fuente de emisión, el tipo y volumen del producto derramado y de las características de la zona donde ocurre el derrame.

Las principales fuentes de derrames de hidrocarburos en el mar se indican a continuación, así como las causas que pueden originar el derrame:

Causas:

- Descontrol durante la perforación de pozos.
- Descontrol de pozos en producción, ya sea en el buque o en el lecho marino.

Durante la perforación de pozos, para evitar un descontrol se cuenta con un **preventor (BOP, Blow Out Preventor)** instalado por abajo del buque de perforación.

El **BOP (Blow Out Preventor)** es un dispositivo que se suele utilizar a nivel del suelo (o del lecho marino) con el fin de prevenir el escape accidental de fluidos y/o gas del pozo durante la perforación.

La instalación y operación de los sistemas y equipos de control de pozos resultan ser actividades de vital importancia, ya que sus prácticas deben realizarse con el nivel de seguridad requerido, reduciendo al mínimo los riesgos de un accidente o de un impacto adverso al entorno.

El buque perforador Noble Globe Trotter proporciona un sistema de desconexión de emergencia para usar en caso de pérdida de la estación que mantiene el pozo. Este sistema está incorporado en el sistema de controles BOP Multiplexer (MUX) y cerrará el BOP y desconectará el paquete de elevador marino inferior después de la activación.

La secuencia de desconexión de emergencia controlada es un sistema automático diseñado para proporcionar protección antirretroceso para el tubo ascendente en una situación de desconexión de emergencia en la que se corta la tubería y se desconecta el paquete de tubo ascendente marino inferior (LMRP).

Para prevenir y mitigar los efectos causados al presentarse una contingencia que pudiera provocar un descontrol en una instalación que diera como resultado un derrame, se aplicará los planes y programas preventivos, de seguridad, de emergencia y de remediación desarrollados con respecto al entorno y apegados a la legislación ambiental vigente, que a continuación se enlistan:

- Convenio para la Protección y el Desarrollo del Medio Marino en la Región del Gran Caribe.
- Protocolo de Cooperación para Combatir los Derrames de Hidrocarburos en la Región del Gran Caribe.
- Convenio sobre la Prevención de la Contaminación del Mar por Vertimiento de Desechos y otras Materias y Plan Nacional de Contingencia para Derrames de Hidrocarburos y Sustancias Nocivas Potencialmente peligrosas en las Zonas Marinas Mexicanas.
- Plan de Respuestas a Emergencias de la empresa Petronas; revisión B, 28/01/2019.

Perforación y Control de Pozos.

Sistema de control de BOP.

El Noble Globetrotter 1 está equipado con tres paneles de control BOP totalmente funcionales. Con la excepción de cambiar las señales LOE y LOH al módulo EHBS y cambiar el desviador al "modo de prueba", se puede acceder a todas las funciones del BOP y del desviador desde cualquiera de los paneles de control del BOP. Los tres paneles de control son el panel de control del Perforador, designado como el panel de control principal, que está ubicado en la cabina del Perforador Principal. El panel de control del Rig Manager, designado como panel de control secundario, que se encuentra en la oficina del Rig Manager en la cubierta de navegación del barco. El panel de control del Subsea Engineer, designado como panel de control de mantenimiento, que se encuentra en la oficina de Subsea Engineers en la cubierta principal a popa del Moonpool. Los paneles del administrador de la plataforma y del ingeniero submarino a veces se denominan paneles de control auxiliares. Las señales de los paneles de control auxiliares y del perforador se envían a los controladores principales PLC donde se procesan de acuerdo con un conjunto predeterminado de instrucciones lógicas y luego se transmiten a través de los cables umbilicales submarinos al ensamblaje electrónico submarino (SEA) en la línea 112 azul y amarilla. Módulos MUX.

El sistema de control electrónico para la pila BOP es un MUX Shaffer de quinta generación. Un conjunto de unidad de alta presión (HPU) de Shaffer que consta de 3 bombas triples eléctricas, que carga botellas de acumulador de superficie de 94 a 15 galones, que proporciona fluido hidráulico desde la superficie a las botellas de acumulador submarino de 15 a 15 galones en el LMRP y 36 a 15 galones botellas de acumulador acústico submarino y botellas compensadas en profundidad

(DCB) de corte automático/hombre muerto de 14-7,5 gal en la pila submarina inferior. El sistema de control MUX consta de un panel de control del perforador operado eléctricamente, ubicado en la cabina del perforador, el panel de control no tiene purga de aire, un panel de control del empujador de herramientas operado eléctricamente, ubicado en la oficina del OIM y un panel ubicado en la oficina submarina, una unidad de potencia hidráulica de superficie y una unidad acumuladora. Una señal eléctrica iniciada al presionar los botones (a través del "control de dos manos") en el panel de control del perforador o del empujador de herramientas se enruta a la Consola de control central (CCC) al módem, luego a través del cable MUX a través de fibra óptica al módem. en el pod bell, desde el modem hasta un bloque genesis transformando la señal en 24 volts DC a una CCSV (electroválvula de cámara compensada). La CCSV cambia donde el fluido piloto en espera cambia la válvula SPM (montada en placa secundaria). Luego, el fluido hidráulico se dirige a través de tuberías y mangueras de conexión a la pila LMRP o BOP que opera una función hidráulica.

Capacidad de volumen del acumulador.

En referencia a los requisitos de API S53 con respecto a la capacidad volumétrica del acumulador, el sistema de acumulador de Noble Globetrotter II cumple o supera las disposiciones de S53 y la Especificación API 16D y se confirmará en la Verificación final de compatibilidad de pozos BOP.

Colector de estrangulamiento.

La válvula de compuerta Shaffer® Tipo B está diseñada específicamente para el servicio de manifold de estrangulamiento y eliminación y para usar como válvula de aislamiento para salidas en pilas BOP. Las válvulas de compuerta tipo B sellan en el asiento aguas abajo; por lo tanto, la presión aguas arriba está en la cavidad del cuerpo en todo momento, lo que garantiza requisitos bajos de torsión del volante. Las características estándar de todas las válvulas de compuerta tipo B de Shaffer incluyen un sello elastomérico entre la compuerta y el asiento que asegura una vida útil prolongada y sin problemas en aplicaciones de petróleo, agua, gas o lodo. El sello reforzado con metal tiene un aumento comprobado en la vida útil del sello en comparación con los tipos de sellos anteriores, lo que se traduce en una reducción del mantenimiento y el tiempo de inactividad de la válvula.

Las cavidades del cuerpo de las válvulas Tipo B están llenas de grasa para resistir la acumulación de materiales extraños e hidratos en el cuerpo. El agua, el lodo u otros fluidos de la línea que se acumulan en la cavidad del cuerpo se pueden desplazar quitando el tapón de purga y bombeando grasa a través del bonete. El tapón de purga se quita solo después de que toda la presión de la línea se haya purgado a cero y la válvula se haya ciclado para liberar cualquier presión atrapada en el cuerpo.

El sello de bonete de la válvula de compuerta Tipo B es un diseño de junta de anillo API. La separación cero entre el capó y el cuerpo evita la corrosión de las roscas de los pernos del capó. Además, se pueden usar pernos de bonete de dureza reducida sin reducir la presión de trabajo, lo que hace que la válvula sea especialmente aplicable para el servicio de H₂S. El conjunto del colector del estrangulador del Globetrotter 1 se compone de diferentes variaciones de válvulas de 2-1/16", 3-1/16" y 4-1/16" con una presión nominal de 10 000 psi y 15 000 psi. El conjunto del colector también incluye cuatro estranguladores ajustables. Dos estranguladores ajustables son operados hidráulicamente y dos son operados manualmente. Los dos estranguladores operados hidráulicamente son controlados desde la consola de control del estrangulador ubicada en la cabina del perforador primario.

Intervención ROV.

Las conexiones de la interfaz del ROV son todas 17H High Flow Ports and Stabs. Las funciones del ROV se activan a través de cables voladores conectados a los tres bancos de acumuladores ubicados en el LMRP y la pila inferior. Los bancos de acumuladores son; Acumuladores LMRP, compuestos por quince acumuladores tipo vejiga de 15 galones, acumuladores sin cizallamiento, compuestos por treinta acumuladores tipo vejiga de 15 galones, y acumuladores de cizallamiento dedicados, compuestos por catorce botellas de acumulador con compensación de profundidad (DCB) de 7,8 galones. Además, el ROV puede usar su bomba montada sobre patines para activar las funciones. Las siguientes funciones se pueden activar a través de la intervención del ROV:

- Desbloqueo primario/secundario del conector vertical
- Liberación de la junta del conector vertical
- Desbloqueo primario/secundario del conector de cabeza de pozo
- Liberación y retención de la junta del conector del cabezal de pozo
- Cierre y apertura del ariete de corte superior
- Cierre y apertura del ariete de corte inferior
- Cierra y abre el ariete de la tubería superior
- Cierra y abre el ariete de la tubería central
- Cierra y abre el ariete de la tubería inferior
- Prueba de cierre y apertura del ariete
- Las válvulas de seguridad internas de la pila inferior se cierran
- Las válvulas de seguridad externas de la pila inferior se cierran
- Desarmado de módulo EHBS
- Desarmado de cápsula acústica
- Elevación y descenso del cilindro auxiliar Blue Pod (cilindro secundario)

- Elevación y descenso del cilindro auxiliar de la vaina amarilla (cilindro secundario)
- Inyección de Glicol para Conector Boca de Pozo.
- Todas las puñaladas se retraen
 - Desbloqueo de pinzas primarias
 - Retracción Wetmate
 - Retracción de puñaladas acústicas
- Inyección de glicol en conector de cabeza de pozo

Sistemas de control eléctrico.

El sistema de control Koomey® Multiplex (MUX) de National Oilwell Varco (NOV) incluye los siguientes conjuntos y componentes:

- Ensamblaje de la cápsula de control submarino
- Conjunto de pinza primaria
- Conjunto de agarre inferior
- Conjunto de cilindro secundario
- Componentes del sistema de control

La función principal del sistema de control MUX es controlar y monitorear el equipo de pila de BOP submarino operado hidráulicamente a través de las cápsulas de control MUX de la línea 112 submarina. Las cápsulas de control MUX controlan y dirigen el fluido piloto y operativo hidráulico presurizado, que se utiliza en el control y la activación de varias funciones hidráulicas submarinas. Un pod opera en el lado "Azul" del sistema de control MUX, mientras que el otro pod opera en el lado "Amarillo" del sistema. Ambos pods son funcionalmente idénticos y son redundantes. Solo un pod está activo a la vez mientras que el otro permanece en espera.

Sistema Acústico.

El sistema de respaldo acústico consta de componentes montados en superficie y apilados. NOV proporciona el ensamblaje electrohidráulico montado en pila y Sonardyne suministra los componentes de superficie y los ensamblajes electrónicos submarinos.

El sistema de control de BOP de respaldo acústico de Sonardyne es un sistema de respaldo de emergencia que utiliza un enlace de comunicaciones acústicas para permitir el cierre de las funciones hidráulicas en la pila de BOP a fin de cerrar un pozo submarino y desconectar el tubo ascendente del cabezal del pozo.

El sistema de superficie comprende una unidad de control de válvula acústica (AVC), que actúa como interfaz de usuario, conectada a través del cableado de los barcos a un transceptor acústico montado permanentemente a través del casco. El sistema submarino comprende un par de transceptores remotos acústicos profundos (DART) cableados a un módulo electrónico submarino (SEM) de Sonardyne que, a su vez, está conectado al paquete de válvula hidráulica de respaldo acústico NOV. El AVC se comunica con los DART a través del transceptor de superficie para pasar mensajes hacia y desde el SEM. El SEM interpreta estos mensajes y activa los solenoides de las válvulas piloto para operar las válvulas primarias que proporcionan el cierre del pozo y la desconexión del tubo ascendente.

También se suministra un AVC portátil con transceptor de inmersión sobre el costado para permitir la operación del sistema en caso de que el sistema de superficie principal sea inaccesible o se dañe durante una emergencia. La unidad portátil también se puede utilizar para el predespliegue o la prueba de diagnóstico del sistema submarino en cubierta. El módulo de control acústico está diseñado para activar las siguientes funciones de la pila BOP en caso de que el control normal de los módulos de control MUX no funcione:

- Desbloqueo principal del conector vertical.
- Desbloqueo secundario del conector vertical.
- Todas las puñaladas se retraen.
 - Desbloqueo de la pinza primaria.
 - Retracción del conector Wetmate.
- Cierre del ariete de cizallamiento de la tubería superior.
- Cierre del ariete de cizallamiento de la tubería inferior.
- Ram de tubería 2 Cerrar.
- Armar y Desarmar.

Dibujos/especificaciones y diagrama del desviador.

El equipo de seguridad del desviador National Oilwell Varco (NOV) Shaffer® de 21¼", 1000 psi consta de un conjunto de desviador interno y una carcasa. La función principal del desviador es mantener y desviar los fluidos y gases del pozo durante la operación de perforación. Durante las operaciones de emergencia, el desviador se puede usar para controlar los impulsos de baja presión o para desviar los gases peligrosos lejos del buque de perforación a través de las válvulas al agua y las tuberías adjuntas. Se requiere un conjunto de herramientas en funcionamiento (P/N 20026086) para instalar el conjunto interno del desviador. También se requiere un conjunto de junta flexible con adaptador de brida ascendente para conectar el desviador al cilindro interior de la junta deslizante telescópica. La carcasa del desviador con salidas bridadas de varios tamaños está montada en la subestructura del equipo de perforación. La presión de suministro hidráulico para el Desviador proviene de la unidad de potencia hidráulica del sistema de control BOP conectada a un panel de control del Desviador separado. El sistema de control de BOP submarino se proporciona con un panel maestro de desvío. El panel maestro del desviador controla la neumática/hidráulica del empacador de juntas deslizantes, los sellos de la línea de flujo, las funciones del múltiple, la junta deslizante, los perros de almacenamiento del anillo tensor y el empacador del desviador, que contiene y dirige la presión del pozo lejos del piso de perforación. El panel maestro del desviador ha operado hidráulicamente. funciones, funciones de operación neumática, reguladores de presión operados manualmente y reguladores de presión operados por aire. la presión hidráulica para las funciones hidráulicas la proporciona la unidad de potencia hidráulica (HPU). Las funciones neumáticas y los reguladores se alimentan con aire de instrumentación. Todas las funciones del desviador se pueden operar desde el panel de control principal del desviador; algunas funciones del desviador se pueden operar de forma remota desde los paneles de control auxiliares y del perforador. Todas las funciones del desviador se pueden monitorear desde el panel de la estación de trabajo de ingeniería (EWS) ubicado en la consola de control central (CCC) y desde el monitor CCC remoto ubicado en la cabina del perforador principal.

El conjunto interno del desviador, que contiene un elemento de empaque de sellado, puede proporcionar un cierre de orificio abierto o un cierre completo (CSO) desde un orificio de 21¼".

- Diámetro interior de 21¼" (539,75 mm).
- Conexión inferior API 21¼", 5000 psi Con pernos.
- Trabajo en pozos.
- Presión.
- 1000 psi (69 bares).
- Prensa Empacadora Hidráulica 1500psi.

4.2.1 Equipo de Proyecto Principal y Auxiliar.

En el caso de este Proyecto, todo el equipo principal y auxiliar que se utilizará se mantendrá en la unidad de perforación, la unidad está diseñada para un servicio sin restricciones en todo el mundo, incluidas aguas infestadas de hielo, de acuerdo con ABS Ice clase 1A. La profundidad máxima del agua en la que se puede realizar la perforación con un BOP submarino (SSBOP) es de 3.048 [m] (10.000 [pies]). La profundidad máxima del agua en la que se puede realizar la perforación con un BOP de superficie (SBOP) es de 4572 [m] (15 000 [pies]).

Las operaciones de perforación pueden tener lugar hasta una profundidad máxima de 12 192 [m] (40 000 [pies]) por debajo de la mesa giratoria.

La siguiente información es una presentación de las características generales del buque de perforación, además de las especificaciones técnicas del equipo principal y auxiliar que posee. Para más detalle de los equipos del buque Noble Globetrotter I ver Anexo 4c (Lista de equipos).

Las especificaciones principales de la unidad de perforación que se utilizará en las operaciones del Proyecto se presentan en la Tabla 9-5.

Tabla 9-5. Especificaciones de la Unidad de Perforación

Torre de perforación	
Tipo	
Especificación (unidad/diseño/forma)	
Peso muerto (barco ligero):	
Desplazamiento cargado máximo:	
Carga variable máxima sobre plataforma:	
Calado en la línea de carga (más profundo):	
Longitud total de la unidad (incluidas las rejillas de anclaje):	
Longitud entre perpendiculares:	
Ancho total de la unidad (incluidos los bastidores de anclaje):	
Longitud de la cubierta principal:	
Elevación del piso de perforación por encima de la línea base:	
Elevación de la cubierta principal por encima de la línea de base:	
Calado de perforación/desplazamiento relacionado:	
Calado de tránsito/desplazamiento relacionado:	

Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.

Torre de perforación	
Calado de supervivencia/desplazamiento relacionado:	Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.
Espacio de aire asociado:	
Dimensiones de la piscina lunar:	
Retiro Máximo:	
Carga giratoria y de gancho:	
Consumo de combustible (promedio de perforación):	

Fuente: NGTI-IADC Equipment List, Rev.0.

La subestructura general del equipo de perforación principal se muestra en la Tabla 9-6.

Tabla 9-6. Subestructura general

Torre y Subestructura	
Hecho:	Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.
Clasificado para la velocidad del viento:	
Con retroceso completo:	
Con retroceso 0:	
Altura (hasta el nivel freático):	
Capacidad nominal bruta de la torre de perforación:	
Polipasto principal de capacidad bruta: lbs	
Número máximo de líneas Pozo Principal:	
Polipasto auxiliar de capacidad bruta:	
Número máximo de líneas Pozo AUX:	
Ascensor de personal: Sí/No	
Escaleras con jaulas de seguridad y descansos: Sí/No	
Plataforma para acceso a polea corona: Sí/No	
Contrapeso, sistema para pinzas de aparejo: Sí/No	
Sistema de iluminación a prueba de explosiones: Sí/No	

Fuente: NGTI-IADC Equipment List, Rev.0.

Tabla 9-7. Equipo de seguridad del buque PACIFIC KHAMSI

Parámetros de Perforación	
Cantidad:	Proporcionado por DCS
Ubicación 1:	Oficina de Toolpusher
Ubicación 2:	Oficina de compañía

Marca / tipo:	Sistema NOV-Hitec SDI
BOP Primario	
Marco de guía: sí / no	si
Recoger adjunto sí / no	Sí
Base de transporte: sí / no	sí
Tamaño (diámetro interior): en	18-3 / 4
Presión de trabajo: psi	15.000 (1.034 bar)
Servicio H2S: sí / no	sí
Preventores tipo Ram	
Cantidad:	1 Triple Inferior / 1 triple superior
Diámetro interior: en	18-3/4
Presión de trabajo: psi	15.000 bar 1.034
Marca:	Shaffer NXT
Modelo:	22" PosLock y UltraLock 11 B Triple BOP
Tipo (simple/doble/triple):	Triple
Cerraduras de ariete:	Sí/No Sí
Tipo de conexión de preventores - superior:	Espárrago
Tipo de conexión de preventores - inferior:	Brida
Salidas laterales: Si/No	Si
Tamaño: en	3-1/16 con ranura de anillo BX154
Sensor (temperatura y psi): Sí/No	Sí. Debajo del ariete de tubería inferior
Configuración ajustada (de abajo hacia arriba)	
Cantidad:	No. 1
Tipo:	Ram de tubería Multiram
Rango de tamaño (mín./máx.): in	3-1/2 x 6-5/8
Cantidad:	No. 1
Tipo:	Ram de tubería Multiram
Rango de tamaño (mín./máx.): in	3-1/2 x 6-5/8
Cantidad:	No. 1
Tipo:	Ram de tubería Multiram

Rango de tamaño (mín./máx.): in	5 x 7
Cantidad:	No. 1
Tipo:	Ram de tubería Multiram
Rango de tamaño (mín./máx.): in	3-1/2 x 6-5/8
Cantidad:	No. 1
Tipo:	Cilindros de corte LFS-5
Rango de tamaño (mín./máx.): in	N/A
Cantidad:	No. 1
Tipo:	Cilindros de corte LFS-5
Rango de tamaño (mín./máx.): in	N/D
Cambiar opciones de configuración	
Descripción:	La cavidad del ariete inferior en el triple inferior es reversible y se puede convertir en un ariete de tubería
Rams entregados sueltos	
Cantidad:	No. 3
Tipo:	RAM de tubería fija
Tamaño: in	6-5/8
Cantidad:	No. 1
Tipo:	RAM de tubería fija
Tamaño: in	4
Cantidad:	No. 1
Tipo:	RAM de tubería fija
Tamaño: in	9-5/8
Cantidad:	No. 1
Tipo:	VBR
Tamaño: in	3-1/2 X 5-7/8
Cantidad:	No. 1
Tipo:	VBR
Tamaño: in	3-1/2 X 6-5/8
Cantidad:	No 3
Tipo:	VBR

Tamaño: in	5X7
Cantidad: No	
Tipo:	No hay cilindros de corte LFS-5 de repuesto
Tamaño:	dedicados a Globetrotter-1
Cantidad: No	
Tipo:	
Tamaño:	
Equipo de respiración autónomo	
Cantidad:	No. 4 juegos de SCBA y 8 botellas de repuesto
Marca:	KOSCO
Tipo:	RHZK6/30
Duración tanque:	50-60 min.
Ubicado en:	cant./ubicación 2 x Casillero contra incendios n.º 1 2 casilleros contra incendios n.º 2
Apagado de emergencia (Shutdown)	
Interruptores de parada de emergencia para el sistema de energía (CA y CC), ubicado en los siguientes puntos:	Puente Sala de control de motores
Aislamiento y bloqueo independiente del tablero de los sistemas de perforación: Sí/No	Sí
Interruptores de apagado de emergencia requeridos para el sistema de energía de perforación completo (CA y CC), ubicados en la posición del perforador y la planta de energía: Sí/No	Sí

Fuente: NGTI-IADC Equipment List, Rev.0.

4.2.1.1 Diseño y Almacenamiento

El Noble Globetrotter I es un tipo de buque perforador de nuevo diseño. En este capítulo se explican algunos de los antecedentes de diseño para lograr una mejor comprensión de las capacidades de la Unidad.

Diseño General de Embarcaciones.

Un barco de perforación tradicional se puede caracterizar por las siguientes características:

- Sala de máquinas en popa
- Bandas en cubierta principal
- BOP en cubierta principal
- Subestructura sobre BOP

Por el contrario, el diseño Globetrotter I se puede caracterizar por las siguientes características:

- Sala de máquinas en extremo delantero
- Elevadores debajo de la cubierta principal
- BOP bajo cubierta
- Subestructura en el nivel de la cubierta principal
- MPT en lugar de una torre de perforación.

Este tipo de diseño tiene una serie de ventajas:

1. El funcionamiento de las bandas no cambia el valor de GM (altura metracéntrica) de la embarcación cuando la banda se desplaza hacia el lecho marino. Esto contrasta con un barco de perforación convencional donde el tubo ascendente se almacena en la cubierta principal. El almacenamiento de las bandas en una bodega es posible al trasladar la sala de máquinas a la parte FWD de la embarcación.
2. Al mover el piso de perforación al nivel de la cubierta principal, el COG (Centro de gravedad) del conjunto de perforación completo está en una posición significativamente más baja en comparación con las embarcaciones de perforación convencionales, lo que permite transportar más carga útil. Bajar el piso de perforación también tiene un efecto positivo en las aceleraciones en la ubicación del piso de perforación aumentando la ventana meteorológica de la embarcación. Por último, pero no menos importante, permite operaciones más eficientes.

- Al usar el diseño MPT, se simplifica el diseño de la embarcación y las grúas principales pueden llegar directamente al piso de perforación (sin limitaciones de puertas en V, mayor seguridad, mayor eficiencia).

Esto conduce a una mayor capacidad de carga con un menor desplazamiento.

Comparación de barco de perforación típico vs Globetrotter

Tabla 9-8. Comparación Típica.

Elemento de comparación	Globetrotter I	Buque de perforación típico
Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.		

Principales capacidades de almacenamiento.

Tabla 9-9. Principales capacidades de almacenamiento

Almacenamiento	Capacidad [m]	Capacidad [bbl]
Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.		

Sistemas de poder.

Motores.

- 8 motores generadores diesel Caterpillar de 5060 [kW] con generadores de 4600 [kW]
- 1 x motor generador diesel Caterpillar de 958 [kW] con generador Kato de 910 [kW] para el sistema de emergencia

· Sistemas eléctricos

- 11 [kV] - 60 [Hz]
- 690 [V]- 60 [Hz]
- 480 [V]- 60 [Hz]
- 208 [V]- 60 [Hz]
- 120 [V], 60 [Hz]

Administración de energía

- Sistema de administración de energía automatizado - Converteam PMS

Cubierta de helicóptero.

- 22,8 [m] x 22,8 [m] cubierta octogonal
- Diseñado para un EH101 como el helicóptero más grande

Alojamiento.

Espacios de alojamiento con aire acondicionado y calefacción para 180 personas, que consisten en camarotes de tripulación, comedor, salas de recreo, hospital, gimnasio, sala de conferencias, oficinas, vestuarios, cocinas, etc.

A continuación, se muestra la tabla de sustancias ocupadas en el proceso.

Tabla 9-10. Sustancias ocupadas en el proceso.

Nombre comercial	CAS1	Estado físico	Tipo de envase	Etapa o proceso en que se emplea	Cantidad de uso mensual	Características CRETIB 2					Destino o uso final (cliente / otros)	Uso que se da al material sobrante
						C	R	E	T	I		

Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.

Grúas.

La Unidad está equipada con las siguientes grúas.

- Grúa Offshore Montada sobre Pedestal (PMOC) de 100 [tm].
- Grúa Offshore Montada en Pedestal (PMOC) de 80 [tm].

- Grúa Pórtico de 80 [tm].
- Puente Grúa Porta Tubos (PHOC) de 15 [mt].
- Grúa Articulada.
- Piso de Perforación de Grúa Manipulador de Herramientas.
- Cestas de Trabajo.

Las siguientes reglas se aplican a las grúas en la Unidad:

- Las grúas están equipadas con un tope superior e inferior para el bloque principal y de látigo y la pluma. Además, se instalan límites de giro.
- Un interruptor de límite defectuoso debe repararse antes de cualquier otra operación de la grúa.
- Aunque los límites deben probarse diariamente (turno), el Operador de la Grúa debe ser consciente de los límites a los que se acerca durante las operaciones de la grúa. Acérquese a los límites con cuidado, nunca confíe en ningún límite para detener un movimiento.
- Durante las operaciones de la grúa, NUNCA se pueden puentear los límites, a menos que sea para reparaciones o para colocar la pluma.

¡POR CUALQUIER OTRO MOTIVO, SE REQUIERE UN PERMISO DE TRABAJO!

- Previo al uso, el Operador de la Grúa debe informar al Operador de Control de Lastre del uso de la grúa.
- Ninguna persona distinta al personal designado por el Capitán podrá operar las grúas de la Unidad.

Carga/Descarga de líquidos y graneles.

- Antes de cargar, el Primer Oficial deberá instruir/aconsejar al personal pertinente qué tanques deben llenarse y en qué cantidades.
- El barco de suministro debe ser informado de las cantidades de cada tipo de líquido o granel y la secuencia de carga que se acordará.

- El (los) sistema(s) relevante(s) debe(n) estar alineado(s) apropiadamente y probado(s) y el Primer Oficial debe verificarlos físicamente antes de la carga.
- Durante el bombeo de material a granel, se coloca un vigilante de manguera que debe estar en contacto continuo por radio con el barco de suministro, el operador de la grúa y el puente.
- Durante la carga de líquidos o graneles, el Operador de la Grúa debe estar listo para la rápida recuperación de las mangueras o el desagüe inmediato de la embarcación de suministro.
- Los sistemas no deben dejarse desatendidos mientras se realiza la carga, se requiere un control continuo de los niveles del tanque para evitar derrames accidentales.
- La tripulación del barco de suministro debe estar alerta a la acumulación de presión inmediatamente después de que comience el bombeo, y detener el bombeo en caso de que haya una manguera/tubería bloqueada o desalineación.
- Antes de cargar cualquier líquido o granel, los tanques correspondientes deben sondearse a mano.
- El tripulante de OSV y el Motorman deberán monitorear las líneas de amarre (cuando corresponda) y la manguera de combustible durante las operaciones de transferencia.
- Se debe realizar una reunión previa a la transferencia en la Unidad y el buque de suministro para revisar los procedimientos de transferencia con todo el personal involucrado.
- Mientras se transfiere aceite base o OBM desde el buque de suministro a la Unidad, se debe asignar a un miembro de la tripulación designado para observar si hay fugas de la Unidad al mar.
- La comunicación por radio debe estar disponible entre el puente, el observador de la plataforma y el buque de suministro en todo momento durante las operaciones de transferencia.
- Se debe emitir un permiso de trabajo previo a la transferencia de cualquier producto hidrocarburo.
- Procedimientos de Llenado de Tanques: Los Tanques de Fuel Oil deberán ser llenados al 80% de su capacidad. No se requiere rematar.
- Procedimientos para garantizar que todas las válvulas utilizadas durante la operación de transferencia estén cerradas al finalizar la transferencia: consulte las alineaciones de las válvulas para el líquido transferido y asegúrese de que estén cerradas. La Lista de Verificación de Preparación para la Transferencia de Hidrocarburos provista en la página 6

de la Sección 25 "Listas de Verificación" debe usarse para ayudar en la ejecución adecuada de la Operación de Transferencia de Fluidos de Perforación.

- Procedimientos para Reportar Descargas de Petróleo: Cualquier derrame que cause una decoloración, brillo, lodo o emulsión deberá ser informado de inmediato a la OIM. El Capitán deberá notificar a las autoridades del estado ribereño de acuerdo con el Plan de Emergencia de Contaminación por Petróleo a Bordo (SOPEP) de la Unidad. En aguas estadounidenses, el DERRAME DEBE SER INFORMADO AL CENTRO NACIONAL DE RESPUESTA AL (1-800/424-8802). El Capitán también hará las anotaciones necesarias en la bitácora e informe diario de actividades. Ver Formulario de Reporte de Derrames en la SOPEP.

Seguridad/Operaciones de Helicópteros.

La cubierta de helicópteros del Noble Globetrotter 1 cumple con los estándares establecidos en las Reglas de ABS para la construcción y clasificación de unidades móviles de perforación, la resolución 649 (16) de la IMO y con la CAA CAP 437 del Reino Unido, "Orientación sobre estándares para áreas de aterrizaje de helicópteros en alta mar", 6. edición (2008). Está diseñado para una masa máxima permitida de 14,6 [mt] para que sea adecuado para los helicópteros Augusta Westland EH101.

La cubierta para helicópteros consta de una cubierta octogonal de aluminio con elementos de soporte de acero. Tiene un valor D de 22,80 [m] en un sector de aproximación de 210 [°]. Este valor D representa una zona libre de obstáculos marcada en la cubierta. El nombre de la nave NOBLE GLOBETROTTER I está marcado en el borde más AFT de la heliplataforma y la masa máxima permisible está marcada en el PS de la heliplataforma, legible desde la dirección de aproximación final.

El borde exterior de la cubierta para helicópteros está provisto de un canalón de desagüe y se instala una red de seguridad alrededor de todo el perímetro. La cubierta de aluminio tiene una banda de rodadura de metal elevada que corre en la dirección transversal de los barcos.

El área de aterrizaje en cubierta circular está marcada con un círculo de puntería de 14 [m] de diámetro exterior y 12 [m] de diámetro interior, una marca H ubicada junto al círculo de puntería y con el travesaño de la H a lo largo de la bisectriz hasta el obstáculo. zona libre. El área de aterrizaje de cubierta circular está equipada con una red de aterrizaje de 15 [m] x 15 [m], dieciocho (18) puntos de amarre de 16 [mm] de tamaño colocados en ti (30 anillos concéntricos dentro de la zona de aterrizaje). Un viento iluminado calcetín está instalado.

Los obstáculos dominantes son claramente visibles y están marcados con balizas rojas para operaciones nocturnas. Los obstáculos superiores a 0,25 [m] en el borde de la heliplataforma se indican en el plano N° 9002001.

La iluminación con treinta y dos (32) luces perimetrales LED omnidireccionales de 70 [W] espaciadas a intervalos de 3 [m] y seis (6) reflectores espaciadas horizontalmente a intervalos iguales alrededor del perímetro está clasificada para servicio EEx de IIB T5. Se instala un casillero de equipo de emergencia para helicópteros con un panel de control para el perímetro y luces de inundación, así como un (1) equipo de emergencia. Las luces de instalación que contaminan el helipuerto se pueden apagar desde el puente.

Ascensores de personal.

Cuatro (4) ascensores están instalados en la Unidad:

- uno (1) en el MPT
- un (1) Hotel
- una (1) tubería principal en el centro del costado de estribor

Generalidades.

- No exceda la carga útil permitida.
- No use el elevador cuando cabeceo/balaceo > 5 [°] hacia cualquier lado.
- Sólo para ser utilizado por personal autorizado.
- Informe siempre al Bridge antes y después de su uso por radio o teléfono.
- En caso de CUALQUIER indicación de mal funcionamiento, apague el ascensor, bloquee la entrada y llame al electricista. No intente reparar (temporalmente).
- (Parcialmente) Puertas abiertas con ausencia de ascensor indican mal funcionamiento. Cualquier temblor o sacudida, por leve que sea, indica un mal funcionamiento mecánico o eléctrico.
- En caso de mal funcionamiento del elevador mientras lo conduce, las personas que se encuentran dentro deben llamar por teléfono para pedir ayuda y esperar adentro hasta que se baje el cabrestante del hombre con la silla del contramaestre.

Advertencia: No salga del elevador y suba la escalera de escape sin un arnés para el cuerpo y 100% de protección contra caídas.

No salga del elevador y suba la escalera de escape sin un arnés para el cuerpo y 100% de protección contra caídas.

- Las reparaciones internas del hueco del ascensor deben realizarse bajo Permiso de Trabajo, lo que implica la implementación de arneses de seguridad según las instrucciones estándar de Noble Safety para trabajos en altura.

Operaciones de Buceo y ROV.

Durante las operaciones normales de perforación, el buceo con aire, el buceo de saturación o el ROV serán los métodos de buceo más probables. El despliegue será desde la cubierta del ROV o desde un DSV.

Los componentes principales de las operaciones de buceo son los siguientes:

- Integridad de todo el equipo de apoyo, como cabrestantes, grúas, aparejos, suministro de aire y agua a los aparejos, comunicaciones a bordo, incluidos teléfonos y radio.
- Integridad del equipo de buceo.
- Comprensión del entorno de buceo por parte del equipo de buceo.
- Comprensión y respuesta de la tripulación a los requisitos de apoyo al Buceo.
- Conocimiento de los procedimientos de emergencia por parte de la tripulación del equipo de perforación y del equipo de buceo.
- Ejemplos de inmersiones normales son las inspecciones de cabeza de pozo y BOP, estudios de remoción de escombros y trabajo de reingreso.

Despliegue de ROV.

Los ROV desplegados desde la plataforma de ROV generalmente se operan desde un contenedor de 3-6 [m] (= 10-20 [pies]) y son manejados por una grúa dedicada. Todos los equipos deben estar certificados junto con los contenedores. Esto debe ser verificado por el personal de la Unidad. Cualquier soldadura relacionada debe ser ejecutada por un soldador calificado según las especificaciones requeridas por la autoridad certificadora. Las soldaduras deben someterse a MPI. La tripulación del ROV debe notificar al puente antes del despliegue y también después de la recuperación.

Pruebas de pozos y plumas de antorcha.

Requisitos del operador.

Pruebas de pozos.

Todo el equipo de prueba de pozos es suministrado por el cliente y, como tal, no se cubre en este manual. El área designada para TODOS los equipos de prueba de pozos debe elegirse con cuidado porque se convertirá en un área peligrosa de Zona 1, junto con las áreas cruzadas por las tuberías de conexión al piso de la Unidad.

La empresa de servicios de pruebas de pozos (tercera parte) debe proporcionar los planos de las áreas peligrosas asociadas con las pruebas de pozos, incluidas las áreas cruzadas con las tuberías asociadas para cada período de prueba posterior antes de la puesta en servicio. Estos dibujos deben ser incorporados en la Lista de Peligrosidad de la Unidad.

Planos de disposición de áreas.

Antes de la prueba, se debe realizar una reunión de seguridad y un simulacro de bote salvavidas con TODOS los miembros de la tripulación, estipulando los procedimientos de prueba del pozo, la protección auditiva y las responsabilidades del área, incluido el cambio a la Zona 1 de Área Peligrosa.

Especialmente durante la quema, se deben tomar precauciones adicionales con respecto a la radiación de calor a los botes de alojamiento y salvavidas (y cables), incluido el diluvio, ya que la pantalla de diluvio de la barrera de la antorcha no evitará el calentamiento de estos por encima de los grados aceptables durante la quema prolongada.

Los pozos se abrirán inicialmente solo durante el día según las regulaciones de BSEE.

Barras de bengala.

La instalación o el desmontaje de los brazos de bengala solo se puede realizar bajo la supervisión y en cooperación con los ingenieros de servicio externos y los instaladores asignados para el trabajo. (Se debe tener precaución con la experiencia relevante de los instaladores de terceros). Cuando cargue hacia atrás las plumas abocinadas, asegúrese de que todas las líneas dentro de la pluma estén correctamente drenadas, las conexiones protegidas y los cables de aparejo asegurados.

BOP/ Operaciones submarinas.

El Manual de operaciones submarinas de Noble Drilling contiene información sobre equipos y procedimientos submarinos que no se cubren en este manual ni por el cliente. El manual submarino contiene las prácticas recomendadas, los procedimientos de inspección y operación, y los programas y procedimientos de mantenimiento para el equipo submarino en la Unidad. La sección de procedimiento operativo incluye especificaciones y limitaciones del sistema para el equipo submarino.

El equipo cubierto en el Manual de Operaciones Submarinas incluye:

- PRLM;
- Conector de Boca de Pozo/Elevador;
- Arietes Ultra Lock;
- Preventor Anular;
- Articulación telescópica;
- Sistema Desviador;
- HPU;
- Unidad Esférica.

Operaciones de Remolque cuando corresponda.

Sistema de propulsión.

El Noble Globetrotter 1 es una embarcación autopropulsada con seis (6) propulsores azimutales de 3,7 [MW]:

- Tres (3) propulsores AFT;
- Tres (3) propulsores retráctiles FWD.

En tránsito solo se utilizarán los propulsores AFT. Los propulsores azimutales retráctiles FWD estarán en la posición retraída.

Los datos del propulsor azimutal están de acuerdo con los datos existentes del propulsor Rolls Royce para el propulsor de 3,7 [MW]. Consulte la figura “Rolls Royce Thruster de 3,7 [MW]” a continuación.

Equipo de amarre.

Molinete y Cabrestantes.

El barco está equipado con dos molinetes, combinados con cabrestantes y dos cabrestantes de amarre del tipo eléctrico fabricado por Hatlapa.

Control de cabrestante:

- Barco de proa: 2 puesto de control único (IP56) control local W1; W2 en cada lado del barco.
- Barco de popa: 2 puesto de control único (IP56) control local M1; M2 en cada lado del barco.
- Embragues: manual y control local con pulsador de giro.
- Frenos: manual y control local.
- Puesto de control individual cada uno equipado con:
 - 1 interruptor maestro de velocidad y dirección.
 - 1 indicador analógico de corriente (0-200 %).
 - 1 pulsador "tomar el control" (BK).

Funcionamiento del cabrestante:

Todos los cabrestantes de amarre se pueden operar simultáneamente a plena carga y velocidad (en un solo tambor).

En los cabrestantes combinados de ancla y amarre, solo se puede operar el molinete o la parte de amarre.

Reglas y regulaciones

La construcción del Pozo Najaal-1EXP del Bloque 4 cumple con el siguiente American Bureau of Shipping (ABS) y las normas y reglamentos de la Organización Marítima Internacional (OMI):

ABS	Reglas para construir y clasificar dispositivos móviles en alta mar Unidades de perforación, 2008, incluida la asignación de línea de carga, equipo de carga.
IMO	Code for the Construction and Equipment of Mobile Offshore Drilling Units, 2001, Resolution A.649 (16) (1989 MODU Code with 1991 amendments)
UK HSE	Research Report 387 (2005) "Stability"
ICLL	International Convention on Load Lines, 1966, including Protocol of 1988.
CAP 437	UK Civil Aviation Authority (for heliport design)
SOLAS	International Convention for the Safety of Life at Sea Consolidated Edition, 2001
ICTM	International Convention on Tonnage Measurement, 1969
ABS	ABS Guide for Certification of Cranes 1991
MARPOL	International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, Consolidated Edition, 1997 as amended (Single Point Discharge Collection and Treatment)
TC	Transport Canada TP4414, Guidelines Respecting Helicopter Facilities on Ships (For Heliport Design)
API	American Petroleum Institute Specification for Offshore Cranes, API Spec 2C, Sixth Edition, 2004.
AISC	Structural/Steel Outfitting, American Institute of Steel Construction (AISC) –Manual of Steel Construction–Allowable Stress Design, 9th edition.
ASME	Pressure Vessels
ANSI	Piping
COLREGS	1972 Navigation Regulations
IEC	Electro Technical Commission (IEC), publication no. 92 for electrical installation in ships.

Plan de Exploración Metas físicas.

Para el presente Proyecto se tiene contemplado la perforación del pozo exploratorio denominado Najaal-1EXP que se ubica en las coordenadas UTM WGS84 386,736 E, 2,130,424 N, el tirante estimado es de 1,120 m.

PC Carigali no contempla una etapa de preparación ni construcción de sitio puesto que el proyecto se desarrollará en mar abierto. No contempla obra civil o actividad en tierra. Para las actividades de procesamiento e interpretación de imágenes exploratorias y toma de muestra se subcontratará a una empresa especializada en dichos estudios. Se utilizará un buque de perforación "NOBLE GLOBETROTTER I" para las operaciones del proyecto.

La profundidad total programada es en trayectoria vertical y la profundidad indicativa total programada es de 3,981 m de TVDSS para el caso firme y 4,700 m de TVDSS para el caso contingente.

Basados en el entendimiento actual del área gracias a estudios preliminares llevados a cabo durante la etapa de licitación, se espera que los tipos de hidrocarburos sean aceite mediano/ligero, 23-32°API.

Tipo de hidrocarburo esperado.

El tipo de hidrocarburo esperado es petróleo ligero con proporción de 600-800 entre gas y aceite ("GOR").

4.3 DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO.

4.3.1 Ubicación de la Instalación.

Para realizar la delimitación del SAR, se establece una definición de lo que se entiende por este concepto, con el fin de que sea la base a partir de la cual se establezcan los criterios que permitan definir dicho sistema. En este sentido, se define como sistema ambiental regional, el ámbito espacial que presenta condiciones bióticas y abióticas homogéneas, conformado por una unidad o unidades ambientales interconectadas dentro del cual se encuentra el Proyecto y en donde serán provocados impactos ambientales debido a las obras y/o actividades del Proyecto; se puede entender también como el ámbito espacial que constituye el entorno del Proyecto.

Debido a la complejidad de las interacciones dentro del ecosistema, se requieren establecer criterios objetivos de tipos ambientales; físicos, biológicos y geográficos, así como criterios con base en instrumentos de planeación, tales como ordenamientos, programas de desarrollo urbano, delimitación de áreas naturales protegidas y áreas prioritarias. Todos ellos con relación a la ubicación y al tipo de proyecto que se trate.

Se tomó de referencia para la delimitación del SAR los Criterios para delimitar un sistema ambiental de los Lineamientos que establecen criterios técnicos de aplicación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y su Reglamento en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental; por lo que considera adecuada una delimitación del Sistema Ambiental Regional, que haya utilizado alguno o algunos de los siguientes criterios:

- Unidades de Gestión Ambiental (UGA) para aquellos proyectos que se ubiquen en una zona regulada por un Ordenamiento Ecológico Territorial.
- Factores sociales, como poblaciones, municipios, etc.
- Usos de suelo y tipos de vegetación.
- Rasgos geomorfológicos.
- Cuencas y microcuencas.
- Usos de suelo permitidos por algún tipo de plan de desarrollo urbano.
- Áreas prioritarias definidas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).
- Combinación de los criterios antes señalados para concretar mejor las unidades ambientales propuestas.

De este modo, la definición de los límites del sistema ambiental está en función del alcance de afectación sobre los factores del medio ambiente, ordenamientos ecológicos y escalas de análisis, de tal manera que reflejen el espacio físico sobre el cual se esperan los impactos ambientales y la influencia del Proyecto.

Para el presente Proyecto se consideró la ubicación del Área Contractual 4 y su interacción con el Puerto de Tampico. Considerando que este puerto será la base portuaria para las actividades; por lo que representan los sitios más probables donde se realicen la mayor parte de las actividades logísticas para el apoyo de la perforación exploratoria.

Para definir la delimitación del SAR, se procedió a sobreponer la cartografía digital mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG), con el fin de identificar coincidencias y continuidades, que reflejen condiciones ambientales homogéneas que conformen unidades ambientales hasta un nivel que refleje el ámbito espacial dentro del cual se ubica el Proyecto (Figura 9-2).

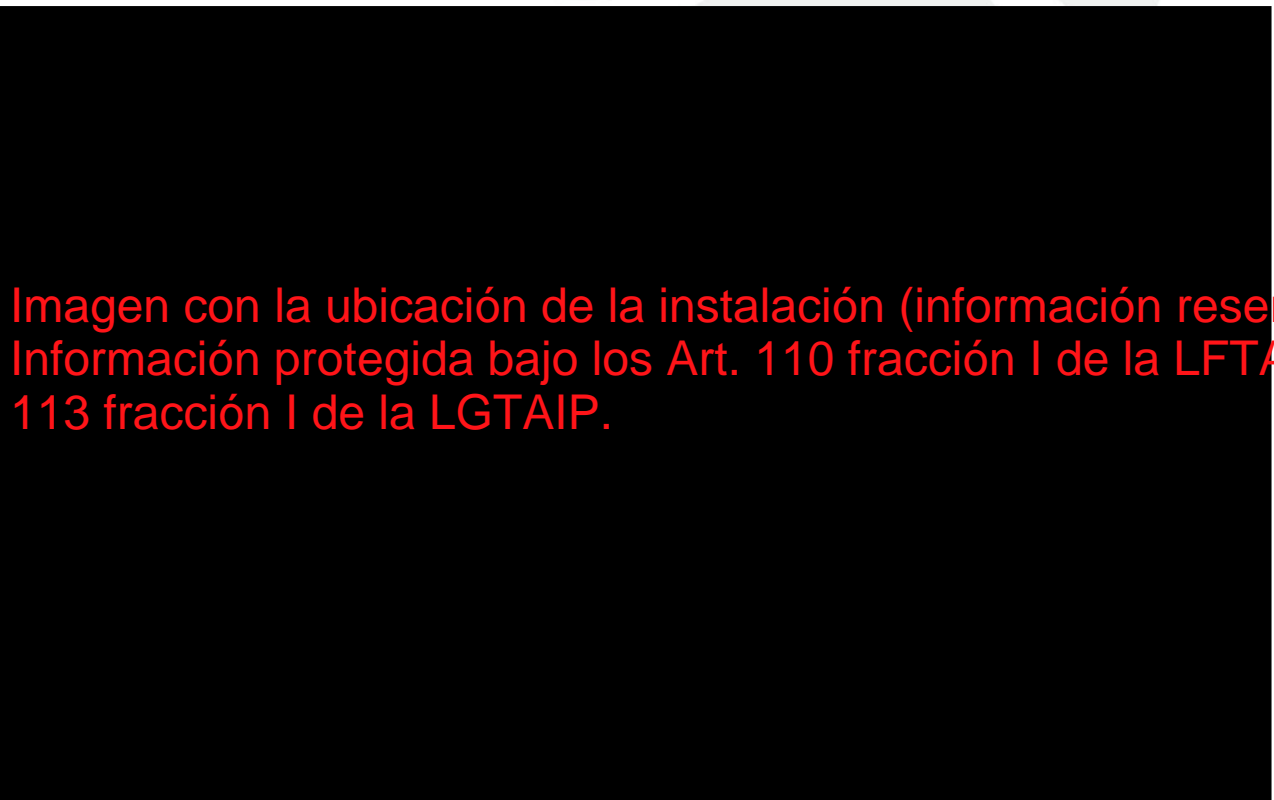


Imagen con la ubicación de la instalación (información reservada).
Información protegida bajo los Art. 110 fracción I de la LFTAIP y
113 fracción I de la LGTAIP.

Figura 9-2 Localización del área Contractual 4.

Fuente: TEMA (2022).

El pozo exploratorio denominado Najaal-1EXP que será perforado se ubica en las coordenadas UTM WGS84 386,736 E, 2,130,424 N la profundidad del agua es de 1,120 m; para este pozo se requiere una superficie (lecho marino) de 1 m² (Área de perforación)

4.3.2 Limitaciones de la instalación.

De acuerdo con lo anterior, se determinó que el mejor criterio para delimitar el SAR para este Proyecto es el Programa Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMyRGMMyMC), las Regiones Marinas Prioritarias (CONABIO, 1990), de la Comisión Nacional de Hidrocarburos (PEMEX. 2019) y la delimitación de puertos mediante el uso de imágenes satelitales (Google Earth); por lo que el Sistema Ambiental Regional (SAR) se delimitó de acuerdo con las Unidades de Gestión Ambiental (UGA) 185 y 187 (Figura 9-3).

Imagen con la ubicación de la instalación (información reservada).
Información protegida bajo los Art. 110 fracción I de la LFTAIP y
113 fracción I de la LGTAIP.

Figura 9-3 POEMyRGMMyMC

Fuente: TEMA (2022)

El área total del SAR contemplado para el Área Contractual 4 es de 6, 573, 989.48ha.

Imagen con la ubicación de la instalación (información reservada).
Información protegida bajo los Art. 110 fracción I de la LFTAIP y
113 fracción I de la LGTAIP.

Figura 9-4. Propuesta del SAR del Área Contractual 4.

Fuente: TEMA (2020)

4.3.3 Medio Abiótico.

4.3.3.1 Clima y fenómenos meteorológicos

De acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García (2004) el tipo de clima dominante en el municipio de Tampico es cálido subhúmedo con lluvias en verano. La temporada más calurosa durante el semestre de mayo a octubre superando los 30°C; las mínimas son de noviembre a abril, siendo enero el mes más frío con temperaturas de 15.2°C. La temperatura media anual dentro de la zona de la Laguna del Carpintero es de 25.1°C.

Además de la clasificación de Köppen modificada por García (2004) se tomaron datos de las Estaciones Meteorológicas (EMA) de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). A continuación, se muestra en la Tabla 9-11 la clave, nombre y ubicación de la única EMA del municipio de Tampico. Mientras que la Figura 9-4, muestra su ubicación.

Tabla 9-101 EMA de CONAGUA en el municipio de Tampico, Tamaulipas

Clave	Nombre	X	Y	Estado	Municipio
28111	Tampico			Tamaulipas	Tampico

Coordenadas de ubicación de la instalación del proyecto. (información reservada). Información protegida bajo los artículos 110 fracción I de la LFTAIP 113 fracción I de la LGTAIP.

4.3.3.2 Temperatura media

Del registro de datos obtenido de EMA (Tabla 9-1112), se realizó una gráfica de la temperatura media anual es de 29.34 °C en promedio para Tampico, Tamaulipas.

Tabla 9-112. Datos de temperatura media en Tampico, Tamaulipas

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
Tampico	18.80	20.10	22.80	25.50	27.70	28.60	28.50	28.70	27.90	26.00	23.00	19.90	28.64

4.3.3.3 Temperatura mínima

Los datos obtenidos de temperatura mínima Tabla 9-123, la cual en promedio es de 20°C, siendo la mínima de las mínimas de 14.7°C en el mes de enero y la máxima de las mínimas es de 25.0°C en agosto.

Tabla 9-123. Datos de temperatura mínima en Tampico, Tamaulipas

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
Tampico	14.70	15.90	18.80	21.70	24.20	25.10	24.90	25.00	24.20	22.00	18.80	15.80	20.90

4.3.3.4 Temperatura máxima

Los datos obtenidos de temperatura máxima Tabla 9-13, la cual en promedio es de 28.6°C, siendo la mínima de las máximas de 22.9°C en el mes de enero y la máxima de las máximas es de 32.5°C en agosto.

Tabla 9-134. Datos de temperatura máxima en Tampico, Tamaulipas

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
Tampico	22.90	24.30	26.80	29.30	31.20	32.00	32.00	32.50	31.60	29.90	27.10	24.10	28.60

4.3.3.5 Precipitación

La Tabla 9-145 representa a la precipitación, y de acuerdo con el tipo de clima (cálido subhúmedo con lluvias en verano) se tiene una suma anual de 1, 136 mm de agua, siendo marzo el mes con menos probabilidad de lluvias y septiembre el mes de mayor probabilidad de lluvia.

Tabla 9-145. Datos de precipitación en Tampico, Tamaulipas

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Suma
Tampico	26.30	21.40	17.20	22.50	53.50	177.60	146.80	157.70	279.60	144.70	44.50	44.30	1136.10

4.3.3.6 Evaporación

La Tabla 9-156 representa la evaporación mensual y anual (1, 526.10). Este factor se relaciona directamente con la radiación solar y el clima caluroso. En este caso el mes de menor evaporación es diciembre y el mes de mayor evaporación es mayo.

Tabla 9-156. Datos de evaporación en Tampico, Tamaulipas

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Suma
Tampico	76.30	91.10	127.50	149.90	175.90	170.40	160.40	157.50	132.20	120.70	89.60	74.60	1526.10

4.3.3.7 Niebla

El fenómeno de la niebla se debe a la suspensión de gotas muy pequeñas de agua en el aire y esto reduce la visibilidad a menos de un kilómetro. En Tampico, Tamaulipas se cuenta aproximadamente de 20 días al año de neblina, esto indica que es raro que se presente este fenómeno.

Tabla 9-17. Datos de niebla en Tampico, Tamaulipas

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Suma
Tampico	2.00	1.60	1.80	1.90	2.00	1.30	1.40	1.20	1.50	1.30	1.80	2.40	20.20

4.3.3.8 Fenómenos Climatológicos.

Temperaturas extremas.

Debido a la ubicación geográfica de Tampico, la zona es propensa a tener temperaturas extremas, en sí de ondas de calor, lo cual provoca fenómenos climatológicos que afectan las actividades cotidianas; tal es el caso de la canícula, el cual es un evento climático que sucede durante la estación de verano y se caracteriza por ser una sequía, es decir una disminución o ausencia de lluvia. Se presenta en los meses de julio y agosto debido a que las lluvias disminuyen, al mismo tiempo que se dan altas temperaturas (IMTA, 2019).

Las lluvias disminuyen porque los vientos alisios, al soplar con fuerza desde el Este, impiden la formación de nubes sobre el océano, con lo cual se reducen las lluvias en el parte del territorio continental.

La canícula se caracteriza por: temperaturas superiores a 37 °C, disminución de lluvias, calentamiento del aire y cielos despejados. La duración de la canícula es de aproximadamente 40 días. Inicia a mediados del mes de julio y termina a finales de agosto.

Tormentas.

Las tormentas son tempestades de corta duración, pero con una intensidad elevada; es decir, son violentas. Es un fenómeno meteorológico producido por vientos fuertes que generan alteraciones, para este caso, agitan violentamente el agua del mar.

Este tipo de fenómenos se desarrolla en el periodo de 15 de mayo al 30 de noviembre para el Pacífico Nororiental, y del 1 de junio al 30 de noviembre para el Océano Atlántico; siendo los meses de agosto y septiembre, los de mayor recurrencia. Mientras que junio, julio y octubre se comportan de una manera homogénea (CENAPRED-IMTA, 2014).

Un ciclón tropical es una gran masa de aire cálido y húmedo con fuertes vientos que giran en forma de espiral alrededor de una zona de baja presión. Se originan en el mar entre las latitudes 5° a 15°, tanto en el hemisferio norte como en el sur, en la época en que la temperatura del agua es mayor o igual a 26° C. Cuando éstos se ubican en el hemisferio norte, giran en el sentido contrario a las manecillas del reloj (Rosengaus et al. 2002).

Los ciclones tropicales se clasifican de acuerdo con la presión que existe en su centro o a la velocidad de sus vientos en la escala de Saffir-Simpson:

- Depresión tropical: cuando la presión es de 1008 a 1005 mb o velocidad de los vientos menor que 63 km/h.

- Tormenta tropical: cuando la presión va de 1004 a 985 mb o velocidad del viento entre 63 y 118 km/h.
- Huracán: sucede cuando la presión es menor que 984 mb o velocidad del viento mayor que 119 km/h.

Los huracanes y tormentas tropicales se presentan en los meses de junio a octubre y de acuerdo con sus trayectorias, se ha observado que estos fenómenos afectan principalmente las costas de Veracruz y Tamaulipas. Estos fenómenos se forman en la región oriental del océano Atlántico, en donde se generan con mayor potencia y generalmente se dirigen hacia el oeste, penetrando e incidiendo directamente en el Mar Caribe y las costas de Veracruz. El número promedio anual de ciclones tropicales es de 13 (periodo de 1970 a 2017) y la variación estacional en la que se presentan estos fenómenos climáticos, es extensa, iniciándose en junio y terminando en noviembre, siendo septiembre el mes más activo; en promedio, cada año se tiene un registro de 3.8 ciclones tropicales que impactan el territorio mexicano, de los cuales 1.4 llegan a las costas del Golfo de México y el Caribe. Los huracanes de mayor potencia y recorrido son los que generalmente se dirigen al oeste, penetrando en el Mar Caribe y afectando a Yucatán, Tamaulipas y Veracruz, pero también tienden a recurvar hacia el norte afectando las costas de Estados Unidos, como los huracanes que se han presentado en los últimos años.

La Figura 9-5 muestra la trayectoria de los ciclones que se hicieron presentes durante las últimas décadas para el área en la que se ubica el SAR, teniendo tormentas tropicales, depresión tropical y también algunos huracanes tipo 1 y 2.

Imagen con la ubicación de la instalación (información reservada). Información protegida bajo los Art. 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP.

Figura 9-5 recorridos de ciclones en el golfo de México

La Tabla 9-18 cuenta con una recopilación de datos de ciclones que han impactado el Océano Atlántico. Desde el 2005 se presentaron al menos 4 Huracanes de baja intensidad y uno de grado 3, los cuales son altamente catastróficos. En su mayoría se han presentado Tormentas Tropicales con velocidad del viento de por lo menos 65 km/h.

Tabla 9-18. Ciclones que han impactado al Océano Atlántico (2005-2017).

Año	Nombre	Categoría	Lugar de Entrada a Tierra	Estados Afectados	Periodo	Vientos Máximos Sostenidos km/h
2005	Bret	TT	15 km al sur de Tuxpan, Ver.	Ver., Tamps., SLP. y Hgo.	28-29 junio	65
	Stan	TT	Felipe C. Oto. Qroo.	Qroo., Yuc., Ver., Oax., Camp., y Chis.	1-5 octubre	75
	José	TT	10km al sureste de Vega de Alatorre, Ver.	Ver., Pue., Tlax., y Mex. DF.	22-23 agosto	85
	Gert	TT	10 km al sureste de Pánuco, Ver.	Ver., SLP., Tamps. y NL.	23-25 julio	75

Año	Nombre	Categoría	Lugar de Entrada a Tierra	Estados Afectados	Periodo	Vientos Máximos Sostenidos km/h
2007	Lorenzo	H1	Barra de Tecolutla, Ver.	Ver., Pue., Hgo., Tamps., SLP. y Oax.	25-28 septiembre	155
2008	Marco	TT	Misantla, Ver.	Ver. y SLP	6-7 octubre	65
2010	Karl	H3	sur-suroeste de Puerto Bravo, Qroo; Playa Chachalacas, Ver.	Qroo., Camp., Ver. y Pueb.	14-18 septiembre	195
2011	Arlene	TT	Cabo Rojo, Ver.	Ver., Hgo., Pueb., Tab., Chiap., Oax., Tamps., Gro., Mor., Méx. D.F., Tlax., Qro. y Gto.	28-30 junio	100
	Harvey	TT	Sureste estado de Tabasco y a 15 km al oeste-noroeste de Alvarado, Ver.	Tab., Chiap., Ver. y Oax.	18-22 agosto	95
	Nate	TT	25 km al nor-noreste del Puerto de Veracruz.	Ver. e Hgo.	7-11 septiembre	110
2012	Ernesto	H1	Majahual, Quintana Roo	Qroo., Yuc., Camp., Tab., Chiap., Ver., SLP, Hgo., Qro., Gto., Pueb., Tlax., Méx. D.F., Mor., Mich., Gro., y Oax.	1-10 agosto	140
	Helene	TT	Horconcos, Costa norte de Veracruz.	Tab., Ver., SLP, Hgo., Pueb., y Oax.	9-11 y 17-18 agosto	75
2014	Dolly	TT	Al norte de la Laguna Tamiahua, Veracruz	N.L., Tamp., SLP, Gto., Qro., Hgo., Méx., D.F., Mor., Tlax., Pue., Ver., Oax., Tab y Chiap.	1-3 septiembre	105
	Hanna	TT	Sabancuy, Campeche	Pue., Ver., Oax., Chiap., Camp., Yuc. y Qroo.	21-27 octubre	75
2015	Bill	TT	Rio Bravo, Tamp	Tamp.	15-17 junio	85
2016	Colin	TT	Río Lagartos, Yuc.	Qroo., Yuc., Camp., Tab.	5-7 junio	85
	Danielle	TT	Puerto de Veracruz, Ver.	NL., Tamp., SLPO., Guanajuato., Querétaro, Hidalgo, Edomex., CDMX., Pue., Ver., Guerrero, Oax., Chiapas, Tab., Camp., Yuc., Qroo.	19-21 junio	75
	Earl	H1	Punta Allen, Qroo.	Camp., Tab., Oax, Qroo., Yuc., Chiapas, Pue., Tlax., Hgo., Querétaro, SLP., Edomex., Mor., Tamps., CDMX., Ver.	2-6 agosto	130
2017	Franklin	TT	Punta Herrero, Qroo.	Yuc., Qroo., Ver., Tamps., Hgo., Edomex.	6-10 agosto	95
	Katia		Rancho Nuevo, Ver.	Ver., Pue.	5-9 septiembre	165

FUENTE: Servicio Meteorológico Nacional.

DT: Depresión Tropical.

TT: Tormenta Tropical.

H1-5: Huracán y Categoría Alcanzada en la Escala de Intensidad Saffir-Simpson.

Fuente: TEMA (2022).

Sequía.

La sequía es un fenómeno meteorológico que ocurre cuando la precipitación, en un lapso, es menor que el promedio, y cuando esta deficiencia es lo suficientemente grande y prolongada como para dañar las actividades humanas (García et al., 2014).

El gobierno de Tamaulipas desarrolló el Programa Especial de Protección Civil Temporada de Sequía, Estiaje e Incendios Forestales 2021, dentro del cual se basa el Monitor de la Sequía en México desarrollado por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), donde se analizan indicadores de sequía tales como el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) que cuantifica las condiciones de déficit o exceso de precipitación, Anomalía de Lluvia en Por ciento de lo Normal, Índice Satelital de Salud de la Vegetación, el Modelo de Humedad del Suelo Leaky Bucket CPC-NOAA que estima la humedad del suelo mediante un modelo hidrológico de una capa, el Índice Normalizado de Diferencia de la Vegetación (NDVI), la Anomalía de la Temperatura Media, el Porcentaje de Disponibilidad de Agua en las presas del país y la aportación de expertos locales. El resultado se clasifica en 4 clases:

- D0: Anormalmente Seco.
- D1: Sequía Moderada.
- D2: Sequía Severa.
- D3: Sequía extrema.
- D4: Sequía Excepcional.

Clases	Condición	Descripción
Anormalmente Seco	D0	Se trata de una condición de sequedad, no es una categoría de sequía. Se presenta al inicio o al final de un periodo de sequía. Al inicio de un periodo de sequía: debido a la sequedad de corto plazo puede ocasionar el retraso de la siembra de los cultivos anuales, un limitado crecimiento de los cultivos o pastos y existe el riesgo de incendios. Al final del periodo de sequía: puede persistir déficit de agua, los pastos o cultivos pueden no recuperarse completamente.
Sequía Moderada	D1	Se presentan algunos daños en los cultivos y pastos; existe un alto riesgo de incendios, bajos niveles en ríos, arroyos, embalses, abrevaderos y pozos, se sugiere restricción voluntaria en el uso del agua.
Sequía Severa	D2	Probables pérdidas en cultivos o pastos, alto riesgo de incendios, es común la escasez de agua, se deben imponer restricciones en el uso del agua.
Sequía Extrema	D3	Pérdidas mayores en cultivos y pastos, el riesgo de incendios forestales es extremo, se generalizan las restricciones en el uso del agua debido a su escasez.
Sequía Excepcional	D4	Pérdidas excepcionales y generalizadas de cultivos o pastos, riesgo excepcional de incendios, escasez total de agua en embalses, arroyos y pozos, es probable una situación de emergencia debido a la ausencia de agua.

Figura 9-6 Clasificación de sequía de acuerdo con CONAGUA.

Tampico cae en la clasificación D0 y D1, es decir que se encuentra en sequía moderada y anormalmente seco de acuerdo con la categorización realizada por CONAGUA.

Cambio Climático.

El Programa Estatal de Cambio Climático 2015-2030 (PECC) es un instrumento de planeación de mediano y largo plazo que busca mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero, disminuir la vulnerabilidad de la población, ecosistemas e infraestructura productiva y lograr una adaptación adecuada a los efectos del cambio climático.

En materia de Mitigación de los Gases de Efecto Invernadero (GEI), el PECC plantea los siguientes 6 Ejes Estratégicos:

1. Impulso al uso de energías renovables.
2. Incremento en la eficiencia del consumo de energía eléctrica en el sector público y privado.
3. Promoción del transporte público y la movilidad no motorizada en zonas urbanas.
4. Impulso al manejo sustentable del sector ganadero y forestal.
5. Manejo integral de Residuos Sólidos Urbanos y ampliación del tratamiento de aguas residuales
6. Mejoramiento de la base de datos sobre GEI en el estado.

Con respecto a la vulnerabilidad y adaptación al cambio climático se analizan dichos elementos desde dos perspectivas, una sectorial y una regional, y se plantean 4 Ejes estratégicos. Los Ejes Estratégicos son los siguientes:

- A.1. Fortalecimiento de la resiliencia ambiental.
- A.2. Reducción de las condiciones de vulnerabilidad de la sociedad.
- A.3. Fomento de la adaptación al cambio climático en los sectores productivos y la infraestructura.
- A.4. Fortalecimiento de las capacidades institucionales y sociales de adaptación.

El PECC menciona que, para la Zona Metropolitana, localizada en la Región Sur del Estado, los fenómenos extremos con mayor probabilidad de ocurrencia son las sequías meteorológicas, olas de calor y temperaturas máximas extremas, además de un incremento del nivel medio del mar.

4.3.3.9 Fisiografía.

El estado de Tamaulipas cuenta con una ubicación geográfica privilegiada, es el punto de encuentro de tres provincias fisiográficas de gran importancia biológica: la Sierra Madre Oriental, la llanura costera del Golfo Norte, donde también se ubican la Sierra de Tamaulipas, y la Sierra de San Carlos, y las grandes planicies de Norteamérica (Jáuregui y Soto, 1975).

Los ríos que descienden de la Sierra Madre provocan la formación de profundas barrancas y aluviones. Mientras que la llanura costera del Golfo de México, la cual se extiende desde el margen derecho del Río Bravo hasta la península de Yucatán. El estado de Tamaulipas se divide en cuatro zonas, las cuales son la zona central y la subprovincia de Tampico, para la primera zona el terreno

se presenta ondulado debido a la presencia de colinas amplias y bajas con lutitas interrumpidas por mesetas de grava caliche. Dentro de esta subprovincia se localizan al norte las sierras estructurales de San Carlos, y al sur la de Tamaulipas, estas sierras están formadas por calizas del cretácico inferior. En cuanto a la segunda subprovincia, que es la de Tampico, comprende la llanura costera de Cáncer, donde se localiza la región de las Huastecas ( bid, 1975).

Llanura Costera del Golfo Norte: esta provincia est  entre el territorio mexicano y parte estadounidense, se extiende desde las costas de Texas hasta Lousiana, mientras que en México abarca a los estados de Tamaulipas, Nuevo León, San Luis Potosí y Veracruz. Esta provincia se subdivide en 4, siendo Llanuras y Lomeríos, Llanura Costera Tamaulipeca, Sierra de Tamaulipas y Sierra de San Carlos. Se caracteriza por la presencia de relieves contrastantes, amplias llanuras interrumpidas por lomeríos, sedimentos antiguos (arcillosos y/o arenosos). Dentro de este complejo se encuentran la Sierra de Tamaulipas, la Sierra de San Carlos, representada por un conjunto de cuerpos ígneos asociados a calizas. Dentro de la Llanura se pueden encontrar sedimentos marinos no consolidados en zonas inundables, asociados a lomeríos y mesetas aisladas (SGM,2017).

4.3.3.10 Edafología.

El municipio de Tampico se ubica en una extensión terreno donde la variedad de vegetación natural y la geomorfología (incluso actividades antropogénicas), han dado pie a que se presenten varios tipos de suelo. De acuerdo con la Ficha de caracterización en Tampico se cuenta con los siguientes tipos de suelo:

- **Regosol:** Los Regosoles forman un grupo remanente taxonómico que contiene todos los suelos que no pudieron acomodarse en alguno de los otros GSR. En la práctica, los Regosoles son suelos minerales muy débilmente desarrollados en materiales no consolidados que no tienen un horizonte m lico o  mbrico, no son muy someros ni muy ricos en gravas (Leptosoles), arenosos (Arenosoles) o con materiales fl vicos (Fluvisoles). Los Regosoles est n extendidos en tierras erosionadas, particularmente en áreas áridas y semiáridas y en terrenos montañosos. Connotación: Suelos débilmente desarrollados en material no consolidado; del griego rhegos, manta. El material parental es material no consolidado de grano fino, y se ubican en todas las zonas climáticas sin permafrost y todas las alturas. Los Regosoles son particularmente comunes en áreas áridas (incluyendo el trópico seco) y en regiones montañosas. El desarrollo del perfil se presenta sin horizontes de diagnóstico, es mínimo como consecuencia de edad joven y/o lenta formación del suelo, e.g. debido a la aridez.
- **Solonchak:** Son suelos salinos; por lo que se presentan en zonas donde se acumula el salitre, tales como lagunas costeras y lechos de lagos, o en las partes más bajas de los valles y llanos de las regiones secas del país.

La vegetación típica para este tipo de suelos es el pastizal u otras plantas que toleran el exceso de sal (halófilas). Su empleo agrícola se halla limitado a cultivos resistentes a sales o donde se ha disminuido la concentración de salitre por medio del lavado del suelo. Su uso pecuario depende del tipo de pastizal, pero con rendimientos bajos.

En este caso, se observan en las zonas cercanas a costa, abarcando el 5% de la superficie del SAR. Su condición gleyca se puede presentar entre los 25 y 100 cm de profundidad. Debido a que tienen alto contenido de sales en todo o alguna parte del suelo, no son aptos para todos los tipos de cultivo.

- **Cambisol:** Son suelos jóvenes, poco desarrollados, que se encuentran en cualquier tipo de vegetación y climax, excepto en zonas áridas. Se caracterizan por presentar en el subsuelo una capa con terrones que presentan vestigios del tipo roca subyacente y que además puede tener pequeñas acumulaciones de arcilla carbonato de calcio, fierro o manganeso. También pertenecen a esta unidad algunos suelos muy delgados que están colocados directamente encima de un tepetate. Son muy abundantes, se destinan a muchos usos y sus rendimientos son variables pues dependen del clima donde se encuentre el suelo. El horizonte calcáreo indica la presencia de calcio entre los 20 y 50 cm desde la superficie.

Sus principales limitaciones están asociadas a la topografía, bajo espesor, pedregosidad o bajo contenido en bases; por lo que son considerados de moderada a alta susceptibilidad a la erosión.

Provincias geológicas.

Una provincia geológica es toda parte cartografía de la superficie sólida del planeta, de centenares a millones de kilómetros cuadrados de extensión, caracterizada por sus rocas, por su estructura y por una secuencia de eventos tal que integre una historia evolutiva singular diferente a la de las áreas adyacentes, de las cuales está separada por límites estratigráficos, tectónicos o por ambos.

De acuerdo con la base logística en el puerto de Tampico, Tamaulipas; este sitio contempla la provincia de:

Tampico – Misantla: esta provincia geológica cuenta con un área de 57, 170 km² y se localiza en el extremo sur del estado de Tamaulipas y parte norte del estado de Veracruz, así como una porción de los estados de San Luis Potosí, Hidalgo y Puebla, mientras que en el Golfo de México llega hasta la isobata de 200 m. Esta provincia se encuentra localizada en la zona gruesa de una corteza transicional, a su vez esta cuenca se conforma principalmente por calizas oolíticas del Jurásico Superior de la Formación San Andrés. Calizas fracturadas del Cretácico Medio en la Formación Tamán, y rocas carbonatadas de la Faja de Oro y la Formación El abra.

En cuanto al área del SAR contempla sólo territorio marítimo se muestra en la Figura 9-7 presenta las provincias geológicas.

Imagen con la ubicación de la instalación (información reservada). Información protegida bajo los Art. 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP.

Figura 9-7 Provincias geológicas.

Cinturón Extensional Quetzalcóatl: Ubicada frente a los estados de Veracruz y Tamaulipas, entre la plataforma y talud continental del Golfo de México. Esta provincia se caracteriza por sistemas extensionales de fallas lítricas que afectan las rocas sedimentarias del Terciario.

Cinturón Plegado Catemaco: Esta provincia se localiza al norte del Complejo Volcánico de los Tuxtlas, en la porción marina profunda. Es un cinturón deformado con pliegues asimétricos con orientación noreste-suroeste y vergencia al noroeste, afectados por fallas inversas y cabalgaduras que despegan de superficies ubicadas en la base del Paleoceno y el Eoceno. De acuerdo con las secuencias de acumulados en una zona de extensión asociada a la deformación del Cenozoico, este sistema plegado se formó durante el Mioceno Medio-Tardío, contemporáneo a la deformación Chiapaneca y por la orientación de sus ejes parece estar influenciado por el colapso gravitacional del Neógeno. Estos eventos tectónicos estructuraron la columna sedimentaria cenozoica que contiene areniscas de canales y abanicos submarinos en la sección del Oligoceno al Mioceno Superior, formando trampas estructurales y combinadas. Los recientes descubrimientos en el área

han corroborado la presencia de gas en trampas neógenas y se postula que en trampas más antiguas pueda existir la presencia de aceite ligero (Ortiz, 2016).

Cordilleras Mexicanas: Se localiza al oriente de la plataforma continental del Golfo de México, frente a la costa de los estados de Veracruz y Tamaulipas. En esta zona, se formó un amplio cinturón plegado, desde la parte Sur de la Provincia Salina del Bravo hasta el Sur del Golfo de México. Se extiende a lo largo de 500 km y cubre cerca de 70,000 km² con tirantes de agua de entre 1,000 y 3,000 m, generado como respuesta a la extensión gravitacional desarrollada desde el Sur de la Cuenca de Burgos y la Cuenca Tampico - Misantla. Se compone de anticlinales simétricos, con leve vergencia hacia el oriente, alargados y angostos. El sistema combinado extensión-compresión de la Provincia Geológica de Cordilleras Mexicanas se transmite a través de más de una superficie de despegue principal dentro del Paleógeno, así como también superficies de despegue secundarias dentro de la secuencia Terciaria. Las estructuras están presentes principalmente en la serie sedimentaria Terciaria, en particular del Mioceno al Reciente. Los pliegues más jóvenes y de mayor amplitud se localizan hacia la parte central de las Cordilleras Mexicanas.

Escarpe de Campeche: Esta unidad se orienta aproximadamente de norte a sur, abarca una superficie de poco más de 3 000 km², está formada por rocas carbonatadas químicas, biogénicas y anhidritas del Grupo Yucatán. La sección litológica del escarpe contiene rocas que subyacen a sedimentos recientes constituidos por lodos carbonatados (limos y arcillas) de la unidad sedimentaria propuesta por Logan et al. (1969) como Manto Sigsbee.

Este escarpe tiene una amplitud o diferencia máxima de alturas de 2 600 m, ya que inicia a la profundidad de 200 mbnm, y presenta su posición más distal a la profundidad de 2 800 mbnm con una pendiente que oscila de 2° hasta ser superior a los 45°. En el talud sobresalen rasgos particulares de relieve como los cañones-corredores submarinos.

La configuración actual del escarpe es el resultado de un complejo origen tectónico distensivo de falla de transformación, como ha sido propuesto por Ross y Scotese (1988). En el borde de la plataforma, un subsecuente crecimiento arrecifal se presenta debido a la acumulación de sedimentos carbonatados (Bryant et al., 1991) y fallas lítricas que se presentan paralelas al margen de este, como resultado de la fuerte pendiente y la fuerza de gravedad actuante sobre los materiales que la conforman.

Pilar Reforma Akal: cuenta con hidrocarburos almacenados principalmente en el play brechas del Cretácico Superior y en el play calizas oolíticas del Jurásico Superior. Está limitado al oeste por el sistema de fallas que constituyen el borde la Cuenca de Comalcalco y al este por el sistema de fallas del borde de la Cuenca de Macuspana. Limita al norte y al este con la Plataforma de Yucatán, al sur con la línea de costa y al oeste con la Cuenca de Comalcalco. En esta zona se distinguen tres eventos tectónicos que han conformado el marco estructural regional. Inicialmente un evento extensional asociado a la apertura del Golfo de México en el Jurásico Medio, representado por una

serie de fallas normales como resultado de esfuerzos distensivos con la consecuente formación de fosas y pilares en el basamento, seguido de un evento compresivo caracterizado por una serie de estructuras de alto a regular relieve, orientadas de manera general NO-SE. Están afectadas en sus flancos por una serie de fallas inversas con diferentes inclinaciones, así como cabalgaduras. Finalmente, un evento extensional final durante el Neógeno grandes fallas de crecimiento que, en algunos casos, están asociadas con intrusiones de arcilla y/o sal.

Plataforma de Yucatán: La unidad del escarpe de Yucatán se alinea de suroeste a noreste, abarca cerca de 1 250 km² del área y sólo comprende la porción occidental del mismo. Al igual que el de la unidad anterior, se desarrolla sobre rocas carbonatadas químicas, biogénicas y anhidritas del grupo Yucatán, y los sedimentos recientes que lo cubren están constituidos por lodos carbonatados de la unidad sedimentaria denominada como Manto Sigsbee por Logan et al. (1969).

Su amplitud es de 2 800 m e inicia a los 200 m bnm para finalizar a los 3 000 m de profundidad. La distribución de los valores de mayor pendiente se encuentra en estrechos bordes formados entre los contactos de las subunidades geomorfológicas y en los flancos de los cañones submarinos, por arriba de los 20° y hasta más de 30°; los valores comprendidos entre 2° y 10° se reparten de manera irregular en el resto del talud.

Este talud también tiene un origen tectónico distensivo, sin embargo, es de rift, es decir, de apertura del fondo oceánico, por lo que su configuración difiere con respecto al escarpe de la unidad antes mencionada. También incluye en su desarrollo el crecimiento de colonias arrecifales, precipitación de carbonatos y fallas lístricas, debidas a la fuerza de gravedad que actúa sobre la fuerte pendiente original, por lo que puede dividirse en dos secciones: a) talud superior, en esta parte se presentan pendientes menores que oscilan entre 1° y 10°, ya que se encuentra constituido por una serie de escalonadas (terrazas) que asemejan el modelo de margen de rift con fallas en escalón, desniveles que pueden corresponder a movimientos gravitacionales de tipo rotacional, derivados de la fuerte inclinación y falta de soporte lateral. El talud limita por arriba de los 200 m bnm y finaliza a los 1 000 m de profundidad, y ocupa una superficie de casi 9 000 km². b) Talud inferior, la distribución de las pendientes representativas es compleja, pues no existe un patrón definido en esta porción del talud, ellas oscilan entre 5° y más de 45°, con una amplitud de 2 000 m; la profundidad máxima se encuentra a los 3 000 m bnm, con una superficie de 3 520 km².

La base del talud limita con la llanura abisal y no se desarrolla al pie del continente como en la mayor parte de las márgenes tipo Atlántico, lo que representa una anomalía en la sucesión de las formas de relieve, que puede ser relacionada con la asociación de fallas.

La Cuenca Salina del Istmo: Se presentan areniscas deltaicas, barras costeras y turbidíticas del Mioceno y Plioceno que conforman trampas estructurales, estratigráficas y combinadas asociadas a estructuras extensionales y deformación salina. Los hidrocarburos se encuentran principalmente en areniscas del Mioceno y del Plioceno. Comprende desde el frente de la Sierra de Chiapas en el

sur hasta la isóbata de 500 m al norte, limitando al oeste con la Cuenca de Veracruz y al este con el Pilar Reforma-Akal. Esta provincia incluye a la Cuenca de Comalcalco, asociada en su origen con una fuerte carga de sedimentos y evacuación de sal.

Las rocas mesozoicas y paleógenas están afectadas ya sea por plegamiento y fallamiento o por rotación de capas en los pedestales de los diapiros salinos; en el Terciario se presentan estructuras de tipo domo asociadas a masas salinas, fallas lítricas con inclinación al noroeste que afectan incluso hasta el Mesozoico y fallas lítricas contra-regionales.

4.3.3.11 Provincias petroleras.

Una provincia petrolera es un área donde ocurren cantidades comerciales de petróleo o en la que se ha identificado condiciones favorables para la acumulación de hidrocarburos, por lo general en una cuenca sedimentaria (PEMEX, 2013).

La Figura 9-8 muestra las provincias petroleras que se encuentran dentro del SAR, siendo estas:

Imagen con la ubicación de la instalación (información reservada). Información protegida bajo los Art. 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP.

Figura 9-8. Provincias petroleras del SAR B4.

Golfo de México Profundo:

Corresponde a la porción central del Golfo, limitada por la isobata de 500 m y el límite de la Zona Económica Exclusiva de México en el Golfo de México. En los últimos años se han realizados trabajos exploratorios para evaluar el potencial petrolero del área, desde estudios regionales hasta la perforación de pozos exploratorios en áreas estratégicas. Con base en estos estudios se han identificado en la región seis provincias con características geológicas distintivas.

De acuerdo con la síntesis geológico-petrolera, la provincia Cuencas del Sureste de la Comisión Nacional de Hidrocarburos del 2004, tiene el mayor porcentaje de producción acumulada del país, alrededor del 80%, y se estima que los recursos prospectivos ascienden a 10,702 MMbpce.

Sureste:

La provincia petrolera Cuencas del Sureste está localizada en la Planicie Costera del Golfo de México y la Plataforma Continental del sureste de México, incluye una porción terrestre y una marina de aguas someras limitada al norte por la isóbata de 500 m de profundidad; al sur con la línea de costa, al occidente con la Cuenca de Veracruz y al este con la Plataforma de Yucatán.

Las Cuencas del Sureste es el área más prolífica como productora de aceite a nivel nacional. Las actividades exploratorias iniciaron en el año 1979. En los últimos 30 años se han perforado más de 300 pozos exploratorios que han hecho posible el descubrimiento, evaluación y la producción de yacimientos de hidrocarburos en el Cretácico carbonatado y en el Terciario clástico de la columna sedimentaria.

La Figura 9-9 representa el marco estratigráfico general de aguas someras. La columna estratigráfica de la zona comprende un espesor de sedimentos de 4,000 a más de 10,000 m que van en edad desde el Jurásico Medio hasta el Reciente.

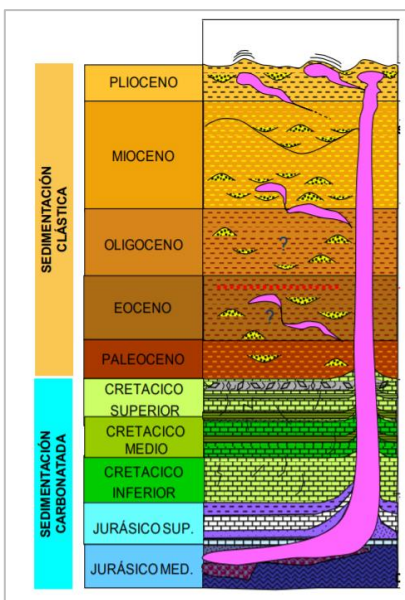


Figura 9-9. Marco estratigráfico general

Fuente: CNH.

Paleozoico Pre-Sal.

Esta secuencia representa el basamento económico. Está constituido de sedimentos continentales rojos del Paleozoico Medio muy pocos conocidos y de un basamento más antiguo cristalino y metamórfico similar al reportado en Chiapas y en el subsuelo del Yucatán, en cuya composición predominan los granitos y granodioritas y en menor proporción los gneises y esquistos.

Jurásico Medio.

Está caracterizado por el depósito de sal asociado a la apertura del Golfo de México. Durante el Calloviano y al inicio del Oxfordiano, las condiciones marinas se extendieron paulatinamente a través de la cuenca. Los sedimentos del Oxfordiano consisten en clásticos marinos someros, evaporitas y carbonatos ricos en materia orgánica.

Oxfordiano.

El subsistema generador del Oxfordiano es considerado como secundario en las cuencas mesozoicas del sureste, ya que refleja valores de carga potenciales de moderados a pobres, presentes en forma discontinua.

Características de la Roca Generadora del Oxfordiano

- Litología: Lutitas y lutitas calcáreas
- Edad: Jurásico Superior Oxfordiano
- Espesor neto: < 100 m
- Riqueza Orgánica inicial: 2 - 6 % TOC
- Materia Orgánica: Kerógeno Tipo I y II
- HI: 700 mg HC/g TOC
- SPI: 2.5 T/m²

Se considera que el sistema petrolero del Oxfordiano es un sistema cerrado ya que las acumulaciones dentro de los intervalos arenosos de la base del Oxfordiano Inferior provienen únicamente de la expulsión de hidrocarburos de la roca generadora Oxfordiana y no migran hacia los niveles del Kimeridgiano o Cretácico.

Kimeridgiano.

Estos sedimentos están representados por importantes espesores de terrígenos que, en algunos lugares de la cuenca se gradúan a carbonatos de bancos oolíticos parcialmente dolomitizados hacia la cima de la formación.

Titoniano.

En el Titoniano ocurrió la máxima transgresión marina relacionada con los eventos anóxicos del Jurásico Superior registrados a nivel mundial. Se depositó una mezcla de terrígenos finos y carbonatos laminados, ricos en materia orgánica.

Las rocas del Titoniano constituyen el principal elemento generador de hidrocarburos de las Cuencas Mesozoicas del Sureste. Se distribuyen ampliamente en el área con espesores variables entre los 100 y 400 metros. Las litofacies se asocian con ambientes carbonatados profundos que van de plataforma externa a cuenca. En algunas partes de la zona se pueden diferenciar dos horizontes en el Titoniano: un horizonte principal delgado, de alta calidad de roca generadora, y un horizonte secundario de mayor espesor baja calidad.

Características de la Roca Generadora del Titoniano:

- Litología: Lutitas y calizas dolomitizadas con abundante materia orgánica
- Edad: Jurásico Superior Titoniano
- Espesor: 100 - 400 metros
- Espesor Neto Generador: 80 %
- Riqueza Orgánica inicial: 4 - 7 % COT
- Materia Orgánica: Kerógeno Tipo II
- S2: 50 mg HC/g roca
- HI: 712 mg HC/g TOC
- SPI: 4 T/m²

Cretácico.

Es una secuencia sedimentaria de plataforma, con litofacies de carbonatos y carbonatos arcillosos dolomitizados, con pedernal e intercalaciones de horizontes bentoníticos. Para finales del Cretácico se registra un crecimiento de la plataforma carbonatada y el depósito de brechas y flujos turbidíticos en el talud continental de la Sonda de Campeche, cuyas litofacies predominantes son dolomías, calizas arcillosas y brechas dolomitizadas.

La roca generadora del Cretácico, con valores de TOC de 1-2%, HI=600 mg/g TOC, menores que el Titoniano, se estima que juega un papel menor en la recarga del Cretácico y otros horizontes más jóvenes. Aunado a lo anterior, el grado de madurez también menor que el Titoniano, limita su capacidad generadora en el área. Por esta razón, y también porque existe correlación establecida del aceite descubierto y las rocas generadoras del Titoniano, las rocas del Cretácico han sido menos estudiadas y documentadas. La roca generadora del Mioceno Inferior con valores de 1-3 % de TOC, HI menor de 400 mg/g T.

Cenozoico.

El cambio de régimen tectónico de la cuenca, de margen pasiva a cuenca "foreland" origina un cambio notable en la sedimentación representado por el contraste litológico entre los carbonatos del Cretácico y la potente columna de terrígenos del Terciario, que alcanza más de 7,000 m de espesor en la Cuenca de Macuspana. Durante todo el Cenozoico estos terrígenos colmataron las cuencas, principalmente lutitas con algunas intercalaciones de arenas, lóbulos deltaicos o turbidíticos.

Otras rocas generadoras potenciales.

La roca generadora del Jurásico Superior, de origen marino (kerógeno Tipo II), está considerada y comprobada, mediante análisis químicos, como responsable de las acumulaciones regionales de aceite ligero y mediano.

Rocas sello.

En cuanto a rocas sello, de manera general se asume que la roca almacén del Kimeridgiano está sellada por los niveles generadores calcáreo-arcillosos basales del Titoniano. El Paleógeno por ser de carácter arcilloso funciona como un gran sello regional para los yacimientos del Cretácico, creando barreras de presiones que condicionan la eficiencia de migración hacia el Terciario. Dentro del Paleógeno y Neógeno, existen sellos regionales de menor espesor debido a la alternancia de arenas/arcillas del sistema turbidítico siliciclástico que condicionan la eficiencia de migración dentro de los niveles del Terciario. Estos sellos pueden ser interrumpidos por fallas de amplitud variable (de decenas a varias centenas de metros de desplazamiento vertical). En la parte superior de la serie (Plioceno Superior y Pleistoceno), la calidad de los sellos es más dudosa, esto es sugerido por la presencia de emanaciones de hidrocarburos del fondo de mar.

Tampico – Misantla:

Es productora principalmente de aceite. Las rocas generadoras son lutitas carbonosas del Jurásico Inferior- Medio; mudstone calcáreo arcilloso y lutitas del Jurásico Superior Oxfordiano, Kimmeridgiano y Tithoniano, siendo el último el más importante. Los hidrocarburos se encuentran almacenados en calizas y areniscas. del Jurásico Medio, calizas oolíticas del Jurásico Superior Kimmeridgiano, calizas arrecifales y de talud arrecifal del Cretácico.

Medio, calizas fracturadas del Cretácico Superior y las areniscas del Paleoceno-Eoceno y Neógeno. Las trampas son de tipo estructural, estratigráficas y combinadas asociadas a altos de basamento

En los Plays Pimienta y Agua Nueva ya se ha establecido producción de aceite y gas húmedo en pozos verticales, por ejemplo:

- En la porción norte, el pozo Limonaria-1 resultó productor de aceite (420b/d) y gas asociado en el Play Pimienta.
- En el Sur, ocho pozos han sido productores de aceite y gas en la Formación Pimienta: Palma Sola-103, Vegas-1, Presidente Miguel Alemán-69, 1658, 1674, 1676,1696; Furbero1865 y Remolino-4155.
- En el Play Agua Nueva en el Campo Santiago resultaron productores de aceite seis pozos, mientras que, en la margen occidental, el pozo Maguey-2A fue productor de gas húmedo.

El aceite descubierto en ambas formaciones es ligero (40 API) y de bajo contenido de azufre.

Veracruz:

Es productora principalmente de gas y aceites en secuencias del Terciario y Mesozoico. Las rocas generadoras son principalmente calizas arcillosas y lutitas del Jurásico Superior Tithoniano, calizas arcillosas del Cretácico Medio y lutitas del Mioceno Superior. Las rocas almacenadoras son principalmente siliciclastos del Eoceno y Mioceno así como calizas del Cretácico Medio-Superior. Los yacimientos se encuentran en trampas estructurales neógenas y laramídicas.

El bloque propuesto por la Comisión, tiene una superficie aproximada de 824.5 km² y se encuentra ubicado en la región de aguas someras de la Cuenca de Veracruz, entre la propuesta de bloques de las provincias de las Cuencas del Sureste y Tampico Misantla.

El área propuesta se ajusta a la necesidad estratégica de prospectiva de gas húmedo, en un área dónde el desarrollo próximo de los descubrimientos aledaños en aguas profundas de gas húmedo como Lakach, Piklis, Noxal, etc., contribuye con la atraktividad del área. Adicionalmente, el área propuesta coincide con el área de Ronda 2 del Plan Quinquenal para esta Provincia, existe información geofísica y geológica disponible y cuenta con volumen de recursos prospectivos documentados.

4.3.3.12 Geología Marina.

El Golfo de México es una región marítima del Océano Atlántico formado por un sistema semicerrado con una entrada de agua oceánica por el Mar Caribe a través del Canal de Yucatán y con una profundidad de 1, 900 m aproximadamente; mientras que la salida al Océano Atlántico se encuentra ubicado en el Estrecho de la Florida, entre la Península de Florida y la Isla de Cuba, en donde la profundidad es de 1, 000 m menor; aunque la parte más profunda puede llegar a los 3, 700 m, y los

200 m en la plataforma continental. Las plataformas más extensas son las que se encuentran al norte de la Península de Yucatán, al oeste de la Península de Florida y al sur de los Estados de Texas y Luisiana. Tectónicamente, se ubica en la placa de Norteamérica.

Los vientos tienen gran importancia en la mezcla vertical del Golfo de México. En el invierno los nortes y en el verano las tormentas tropicales y los huracanes, hacen más profunda la capa mezclada, incorporando nutrientes a la zona fótica.

El SAR comprende las plataformas de Tampico – Misantla, el Golfo y Yucatán, estas a su vez tienen intercambio con la plataforma de Texas y está fuertemente afectada por los remolinos que interactúan con el talud, principalmente en la plataforma externa. La influencia de los remolinos es mayor en la zona de Tamaulipas.

La Geomorfología Marina, descrita en la Carta Batimétrica Internacional del Mar Caribe y Golfo de México (Figura 9-10), muestra que el SAR presenta condiciones batimétricas que varían entre los 20 msnm en la parte terrestre y 3,500 m de profundidad en la zona marina. Asimismo, se observa que el Área Contractual 4 se encuentra a una profundidad entre 500 m y 2000 m.

Imagen con la ubicación de la instalación (información reservada). Información protegida bajo los Art. 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP.

Figura 9-10. Batimetría dentro del SAR.

La mayor parte del contraste que se presentan en la geomorfología marina se debe a que esta zona se encuentra en su mayoría en el talud continental que cubre en su totalidad el Área Contractual 4. En este espacio existen algunos cañones submarinos cercanos al área de estudio. La segunda porción dentro del área del SAR es la plataforma continental (Figura 9-11).

Imagen con la ubicación de la instalación (información reservada). Información protegida bajo los Art. 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP.

Figura 9-11. Geología Marina

4.3.3.13 Regiones Marinas Prioritarias (RMP).

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) instrumentó el Programa de Regiones Marinas Prioritarias de México con el apoyo de la agencia The David and Lucile Packard Foundation (PACKARD), la Agencia Internacional para el Desarrollo de la Embajada de los Estados Unidos de América (USAID), el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN) y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF por sus siglas en inglés). Este Programa reunió, por medio de talleres multidisciplinarios, a un grupo de 74 expertos del sector académico, gubernamental, privado, social y organizaciones no gubernamentales de conservación (CONABIO, 2017).

Se identificaron, delimitaron y caracterizaron 70 áreas costeras y oceánicas consideradas prioritarias por su alta diversidad biológica, por el uso de sus recursos y por su falta de conocimiento sobre biodiversidad.

La clasificación de las áreas prioritarias, la descripción de sus características físicas, biológicas y sociales, así como las problemáticas y sugerencias identificadas, no pretenden ser una revisión exhaustiva y terminante.

Imagen con la ubicación de la instalación (información reservada). Información protegida bajo los Art. 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP.

Figura 9-12. Regiones Marinas Prioritarias dentro del SAR

El SAR cuenta con las siguientes RMP (esta descripción fue tomada de las fichas descriptivas de la CONABIO de acuerdo la lista de áreas prioritarias marinas de México, cuya Última actualización fue el lunes 26 junio, 2017):

Cayos Campeche: Cayo Arcas se encuentra en la Región denominada como “Sonda de Campeche”, este es un conjunto de tres pequeños cayos arenosos, denominados Cayo Centro, Cayo Este y Cayo Oeste, se encuentra en una zona arrecifal en el Golfo de México, a aproximadamente 140 kilómetros al oeste de la costa del Estado de Campeche. Cayo Arcas se ubica en la zona de actividades petroleras y de rebombeo de hidrocarburos de la Sonda de Campeche, al oeste de Cayo Centro a aproximadamente 0.6 millas se encuentra un área de fondeo

para remolcadores y al suroeste a aproximadamente 1.5 millas se localiza la Terminal Marítima denominada “Cayo Arcas” donde existe una zona de fondeo para buques y tanques.

En este sitio se realizan actividades de abastecimiento y transporte de hidrocarburos, en esta área la Paraestatal Petróleos Mexicanos (PEMEX) mantiene un buque-tanque anclado en las inmediaciones del arrecife. Cayo Arcas se considera la terminal portuaria más importante de exportación de crudo del país (SEMAR, 2017). La isla principal es Cayo Centro, con una superficie de 13.7 ha, está escasamente cubierto de hierba con presencia de arbustos y algunas palmas de coco. El Cayo Este tiene una superficie aproximada de 5.2 ha y 3 m de altura, se encuentra en un arrecife distante a 0.5 km al sureste del Cayo Centro. Cayo Oeste es el más pequeño con 3.9 ha de superficie en promedio y 2 m de altura, se encuentra a aproximadamente 1.3 km al oeste del extremo sur de Cayo Centro.

Los Tuxtlas: Cuenta con recursos hídricos principales:

Lénticos: lagos de Catemaco, La Escondida, El Zacatal, La Encantada, lagunas de Sontecomapa y del Ostión, lago cráter de San Martín.

Lóticos: ríos Grande de San Andrés, de La Palma, Salto de Eyipantla, arroyos Agrio y Coyame y manantiales de aguas carbonatadas.

Limnología básica: El lago de Catemaco forma parte de la cuenca del río Papaloapan a una altitud de 333.5 msnm; los sedimentos predominantes son las arcillas en la parte central del lago y los limos arcillosos y las arenas gravosas en la ribera; presenta circulación constante, con oxígeno disuelto en toda la columna de agua y concentraciones bajas o moderadas de bióxido de carbono en el fondo. Presenta una isla Agaltepec.

Geología/Edafología: Volcán de San Martín Tuxtla, Sierra de los Tuxtlas y Sierra de Santa Marta; en las estribaciones de la Sierra de los Tuxtlas predominan los suelos lateríticos, ricos en arcilla Luvisol y Acrisol y en la llanura costera predominan suelos profundos en materia orgánica y muy fértiles Vertisol, Feozem y Litosol.

Características varias: clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano; cálido húmedo con lluvias todo el año y cálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura media anual 18-26 °C. Precipitación total anual 2 000 - 4 500 mm; de noviembre a enero vientos del norte y el resto del año los del noreste.

Biodiversidad: tipos de vegetación: selva alta y baja perennifolia, selva mediana (manchones), bosque mesófilo de montaña y de pino, pequeñas zonas inundables de sabana, pastizal inducido y cultivado, selva baja inundable, manglar, popal, tular, vegetación acuática y subacuática.

Problemática:

- *Modificación del entorno:* desforestación, fragmentación del hábitat, erosión de los suelos, presión demográfica y marginación, azolvamiento y eutroficación de cuerpos de agua. Construcción de caminos y carreteras.
- *Contaminación:* el lago de Catemaco contaminado por bacterias coliformes, fósforo, materia orgánica, sulfuro de hidrógeno, agroquímicos y aguas residuales. La laguna del Ostión contaminada por metales pesados (Zn, Cd, Pb), hidrocarburos y coliformes. Proliferación del lirio acuático en las zonas de los arrollos Agrio y Coyame.
- *Uso de recursos:* peces, reptiles, moluscos, crustáceos y algas en riesgo, especies introducidas de tilapia azul *Oreochromis aureus*. No hay vedas ni tallas mínimas establecidas; se utilizan artes de pesca no permitidas. Extracción ilegal de madera, flora y fauna. Cacería furtiva. Uso de suelo agrícola y ganadero. Los monos introducidos a la isla de Catemaco, el macaco *Macaca arctoides*, pertenecen a una especie originaria del sureste de Asia.

Conservación: se requiere un control de la tala de vegetación natural de la cuenca, del uso de herbicidas y fertilizantes, del proceso de azolvamiento y eutroficación de las lagunas; conservar y restaurar el corredor que va del cráter del volcán San Martín Pajapan hasta la laguna del Ostión. Hay muchos lagos pequeños y arroyos, de los que se desconocen características hidrológicas y biodiversidad. Se recomienda establecer procesos de tratamiento y depuración de las aguas. Es preciso instrumentar programas de investigación multidisciplinaria, tendientes a obtener un conocimiento adecuado de los mecanismos que regulan la estructura y el funcionamiento del ecosistema, así como una evaluación del estado de conservación de los recursos naturales y su seguimiento. Desconocimiento de la diversidad acuática y endemismos. Comprende la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas recientemente decretada.

Pantanos de Centla – Laguna de Términos: Cuenta con recursos hídricos lénticos como el sistema lagunar estuarino de Términos, Pom, Atasta, Panlao, del Corte y San Carlos; lagunas El Viento, San Pedrito, Pajalal Primero, Pajalal Segundo, Sargazal, Tronconada, Cometa, Encantadita, San Isidro, Larga, El Quemado, Los Ídolos, Tacual, Guana, Paquial, Corcovado, La Puerta, Clara, Pastal y Puerto Escondido, humedales, pantanos permanentes y temporales, cuerpos acuáticos someros, y estuarios lóuticos: Cuenca baja de los ríos Grijalva y Usumacinta, ríos San Pedro, San Pablo, Palizada, Candelaria, Chumpán, Las Cruces, Las Piñas, Mamantel y tributarios.

Limnología básica: representa uno de los humedales más extensos de Mesoamérica. El delta del Usumacinta-Grijalva es una gran llanura de origen aluvial, sustentada en una cuenca estructural de roca sedimentaria. Los Pantanos de Centla contienen algunos sistemas morfogénicos representativos de las tierras bajas de Tabasco: llanura fluvial, llanura palustre y lagunar de agua dulce, llanura de cordón litoral clasificada en alto inundable y bajo inundable y llanura lagunar

costera. Esta zona representa el aporte hídrico más importante en México, del continente hacia la costa y finalmente a la Sonda de Campeche. Comprende alrededor de 110 cuerpos de agua dulce epicontinentales permanentes y temporales.

Geología/Edafología: planicie con lomeríos y pequeñas depresiones formadas por depósitos de aluvión. Suelos inundables tipo Gleysol y Solonchak además de Vertisoles y Fluvisoles.

Cuenta con un clima cálido subhúmedo con abundantes lluvias en verano y cálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura media anual 26-28°C. Precipitación total anual 1200-2000 mm.

Principales poblados: Cd. del Carmen, Puerto Real, La Aguada, Atasta, Frontera, Palizada, Sabancuy.

Actividades económicas principales: pesquera, petrolera, ganadera, agrícola y acuícola.

Biodiversidad: tipos de vegetación: selva alta perennifolia y subperennifolia, selva mediana subcaducifolia, selva baja perennifolia, popal, tular, carrizal, matorral espinoso inundable, matorral inerme inundable, palmar inundable, pastizal natural y cultivado, sabana, palmar inundable, vegetación acuática y subacuática. Tipos de hábitats: dunas, pantanos, esteros, manglares, marismas, espejos de agua dulce y salobre, islas fluviales. Alta riqueza específica de insectos, moluscos, algas, reptiles, fanerógamas, aves y mamíferos. Flora característica: manglares negro (*Avicennia germinans*), blanco (*Laguncularia racemosa*), rojo (*Rhizophora mangle*) y botoncillo (*Conocarpus erectus*); palmas altas, helechos, la lechuga de pantano, el zarzal Mimosa pigra, Najas marina, flor de ninfa, entre otras.

En cuanto a la fauna, se presenta gran variedad de peces como *Cichlasoma socolofi*, *Priapella compressa*, *Xiphophorus alvarezii*; de anfibios y reptiles *Anolis barkeri*, *A. cozumelae*, *A. quercorum*; de mamíferos *Heteromys gaumeri*, *Microtus quasiater*, *Peromyscus yucatanicus*, *Sciurus aureogaster*; de reptiles *Agkistrodon bilineatus*, la boa *Boa constrictor*, el cocodrilo *Crocodylus moreleti*, *Ctenosaura similis*, la tortuga blanca *Dermatemys mawii*, la iguana verde *Micruroides euryxanthus*; de aves: el loro yucateco *Amazona xantholora*, *Anas acuta*, *A. discors*, *Anhinga anhinga*, , halcón esmerejón *Falco columbarius*, halcón fajado *F. femoralis*, halcón peregrino *F. peregrinus*, *F. ruficularis*, *Glaucidium brasilianum*, pelícano pardo *Pelecanus occidentalis*, *Penelope purpurascens*, *Pionus senilis*, milano caracolero *Rostrhamus sociabilis*; de mamíferos: el tepescuintle *Agouti paca*, el mono aullador *Alouatta palliata*, el mono araña *Ateles geoffroyi vellerosus*, *A. geoffroyi yucatanensis*, *Caluromys derbianus*, el puercoespín *Coendou mexicanus*, el ocelote *Leopardus pardalis*, el tigrillo *L. wiedii*, el jaguar *Panthera onca*.

Problemática:

- Modificación del entorno: modificación de la vegetación (tala de manglar), relleno de áreas inundables, dragados, canales, efectos de la industria petrolera (exploración y producción), desecación, desforestación por ganadería, construcción de carreteras e hidroeléctrica sobre

el Usumacinta. Quemadas periódicas de la vegetación en temporadas de sequía. Modificación de la hidrodinámica local, alteración hidrológica por cambios en los volúmenes anuales y estaciones del agua y pérdida de la línea de playa producida por las inundaciones a los asentamientos humanos irregulares existentes en la región, así como a las áreas de agricultura de tierras bajas y actividades pecuarias.

- Contaminación: por influencia de Villahermosa y por actividades de la industria petrolera, aguas residuales, desechos orgánicos y sólidos, agroquímicos y metales. Arrastre de plaguicidas y sedimentos de zonas circundantes de campos arroceros.
- Uso de recursos: especies introducidas de carpas, mojarra, tilapias *Oreochromis mossambicus*, *O. niloticus*, *Tilapia rendalli* y el lirio acuático *Eichhornia crassipes*. Violación a las tallas mínimas de pejelagarto y otros. Actividad ganadera extensiva en zonas inundables de Tabasco. Colecta de especies en peligro: la orquídea *Habenaria* sp.; el merostomado *Limulus polyphemus*, el pez pejelagarto *Lepisosteus tropicus*, las aves *Charadrius palmatus*, *Falco peregrinus*, *Jabiru mycteria* y cocodrilos y felinos. Tráfico y cacería ilegal de especies. Zona de gran importancia para las pesquerías de la Sonda de Campeche. Explotación incontrolada de madera para la construcción de asentamientos irregulares y producción y venta de carbón a Cd. Del Carmen. Colecta de plantas para alimento, construcción, como combustible, ornamental y medicinal.
- Conservación: preocupa la deforestación, fragmentación del hábitat, la contaminación, el impacto por la industria petrolera, el desarrollo de infraestructura, el impacto ganadero y las modificaciones en la cabecera del Usumacinta. Faltan monitoreos a la calidad del agua, inventarios biológicos y conocimientos sobre la biología de los organismos; mayor cuidado de las zonas que alimentan la Laguna de Términos. Formulación de un programa de Manejo Integrado de la Zona Costera (manejo de recursos, monitoreo y conservación de las zonas de crianza de fauna y flora marina, etc.). Falta vinculación entre la política sectorial de la Subsecretaría de Pesca y la política estatal de desarrollo. La zona tiene todas las características de un Centro de Actividad Biológica; se propone su inclusión como tal para la zona tropical. Comprende a la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla y el Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos. Los Pantanos de Centla están considerados como humedales prioritarios por el North American Wetlands Conservation Council y por la Convención de Ramsar.

Sistema Lagunar Alvarado:

La siguiente información fue tomada textualmente de la Ficha de caracterización de CONABIO, Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica el Sistema lagunar Alvarado cuenta con el identificador No. GM53 (CONABIO, 2009).

Cuenta con un clima tipo Aw2 de acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García, siendo este un Clima cálido subhúmedo con temperatura media anual mayor de 22 °C y temperatura del mes más frío mayor de 18 °C. Precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; con lluvias de verano con índice P/T mayor de 55.3 y porcentaje de lluvia invernal del 5 % al 10.2 % del total anual.

En cuanto a aspectos fisiográficos y tipos de suelo la provincia y subprovincia son llanura costera veracruzana con tipo de suelos:

- Gleysol (81.60 %)
- Regosol (7.51 %)
- Feozem (4.15 %)
- Castañozem (3.72 %)
- Vertisol (3.02 %)

De descripción geológica:

- Palustre (49.69 %)
- Aluvial (31.29 %)
- Eólico (16.46 %)
- Lacustre (2.18 %)

Los aspectos hidrográficos de la Cuenca y subcuenca es el Río Papaloapan; los principales cuerpos lagunares:

1. Laguna Alvarado (7,161.96 ha)
2. Laguna Pajarillos (2,351.11 ha)
3. Laguna Camaronera (2,198.19 ha)
4. Laguna Popuyeca (1,058.27 ha)
5. Laguna El embarcadero (638.05 ha)
6. Laguna Mata mangle (424.38 ha)
7. Lago Los coyoles (372.03 ha)
8. Laguna Las siluetas (248.16 ha)

9. Laguna Pinolapa (196.79 ha)

10. Sin descripción (121.10 ha)

Principales aportes de agua al sistema son: Río Limón, Río Papaloapan, Río Acula y marea del Golfo de México, cuya marea es de tipo diurna.

El tipo de humedal existente, de ámbito marino - costero de sistema estuarino con subsistema intermareal de clase humedal arbóreo.

Descripción biológica del sitio:

Vegetación y especies características:

- Bosque de encino
- Manglar
- Pastizal cultivado
- Sabanoide
- Vegetación de dunas costeras
- Vegetación acuática de hidrófitas
- Vegetación de selvas bajas inundables

Fauna y especies características

- Cocodrilo
- Nutria
- Manatí

En específico se explica a continuación los usos de las especies de manglar que se le dan dentro de la región:

- *Rhizophora mangle*: Construcción de casas, muros y vigas; fabricación de cabos de herramientas como hachas y martillos; combustible (leña para autoconsumo y carbón para comercio); taninos como colorantes de redes y camarón; medicinal en el tratamiento de diabetes, colesterol y problemas estomacales; forraje para alimentos.
- *Avicennia germinans*: Construcción de casas, muebles, muros, vigas, cercas, muelles, postes y tapos; fabricación de herramientas como guía y soporte principal de lanchas; combustible (leña para autoconsumo y carbón para comercio) y forraje para animales.
- *Laguncularia racemosa*: Construcción de cercas, muelles, postes, andamios o banquetas, tapos y encierros para organismos domésticos; fabricación de herramientas como varas de

anclamiento en botes, utensilios para el hogar como escobas, tendederos y lavaderos; combustible (leña para autoconsumo y carbón para comercio); medicinal para el dolor de garganta y forraje para animales.

- *Conocarpus erectus*: Construcción de casas; combustibles (carbón).

Características socioeconómicas:

Población total:	Número total de localidades:	Actividades socioeconómicas:
Población en el área de manglar: 96	Localidades en el área de manglar: 8	Pesca comercial, artesanal y de consumo doméstico
Población en la zona de influencia: 42,232	Localidades en la zona de influencia: 224	Acuicultura rural
		Agricultura
		Ganadería
		Aprovechamiento forestal
		Recolección
		Cacería de subsistencia
		Apicultura

Tenencia de la tierra: El tipo de tenencia de la tierra es mixta, ya que es desde ejidal, comunal, propiedad privada y federal.

Importancia biológica del sitio:

Servicios ambientales:

- Protección contra mareas
- Control de inundaciones
- Retención de sedimentos y formación de suelos
- Control de contaminación
- Deposito, procesamiento, reciclaje y exportación de materia orgánica y nutrientes
- Producción de oxígeno

- Captura de dióxido de carbono
- Mejoramiento de la calidad del agua
- Soporte biofísico de otros ecosistemas costeros (humedales de *Tipha dominguensis*, selvas bajas inundables y praderas de pastos y algas marinas)
- Zona de crianza, refugio y alimentación para diferentes organismos
- Hábitat para poblaciones humanas
- Producción de alimentos
- Obtención de materiales sin refinar

Función como corredor biológico:

- No parece jugar un papel específico de zona de conexión, aunque en sí misma integra y conecta varios ecosistemas y es importante como sitio de aves acuáticas.

Presencia de especies endémicas o bajo alguna categoría de protección:

- Las cuatro especies de manglar (*Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*) se encuentran bajo la categoría de amenazadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

Impactos y amenazas:

Impactos directos:

- Cambio directo de la cobertura de manglar por otras coberturas, principalmente pastizales cultivados.
- Corte de árboles en pequeña escala
- Pastoreo
- Introducción de especies exóticas
- Contaminación del agua por desechos industriales, agrícolas y domésticos
- Incremento de las tasas de sedimentación (Laguna Camaronera)

Impactos indirectos:

- Construcción de terracerías
- Contaminación por residuos sólidos
- Desarrollo de infraestructura para la explotación y transporte de petróleo
- Desarrollo de infraestructura urbana
- Sobreexplotación pesquera
- Incremento de actividades agropecuarias

- Quema del mangle y establecimiento de pastos adaptados a la inundación y salinidad.
- Contaminación por descargas de aguas residuales
- urbanas e industriales

Fenómenos naturales: Suradas y Nortes.

Amenazas:

La principal amenaza en esta área es el cambio de la cobertura de manglar a zonas de pastizal por la implementación de ganadería. También a largo plazo el no brindar alternativas económicas a los habitantes que radican en las áreas de manglar, pudiera traer el incremento de la extracción de recursos maderables.

También el ramoneo o pastoreo por debajo del dosel probablemente tendrá un impacto negativo en el crecimiento y desarrollo de plántulas y organismos juveniles.

La expansión de la caña de azúcar provocara que los humedales estén siendo eliminados para incorporar estas tierras al cultivo.

4.3.3.14 Susceptibilidad de la zona.

La susceptibilidad hace referencia a la propiedad del terreno que indica si las condiciones de una ladera son favorables o desfavorables para la estabilidad, haciendo referencia únicamente a los factores intrínsecos de los suelos y/o las rocas.

Bajo este criterio, se analizó la información proporcionada por el Sistema de Información sobre riesgos del CENAPRED (2019), del cual se describen los principales fenómenos a los que está expuesto el SAR, entre los que se incluye: susceptibilidad a deslizamientos, inundaciones, así como la actividad volcánica. Mientras que el: Manual de diseño de Obras Civiles (Diseño por Sismo) de la

Comisión Federal de Electricidad (CFE,2019), provee la regionalización sísmica a la cual se distribuye la república mexicana.

4.3.3.15 Sismicidad.

La Figura 9-13 muestra la regionalización sísmica de la República Mexicana. En ella se incluyen cuatro zonas (A, B, C y D) que indican, las regiones de menor a mayor peligro, así como la frecuencia a la que están expuestas.



Figura 9-13. Regionalización sísmica de la República Mexicana.

Fuente: Manual de diseño de Obras Civiles (Diseño por Sismo) CFE (2017)

De acuerdo con lo anterior mencionado, el estado de Tamaulipas se ubica en la región A de muy baja sismicidad. En esta última zona no se tienen registros históricos de sismos, tampoco no se han reportado sismos en los últimos 80 años y no se esperan aceleraciones del suelo mayores a un 10% de la aceleración de la gravedad a causa de temblores.

Geológicamente la zona del puerto de Tampico se encuentra en una región sísmica de menor frecuencia con aceleración de terreno menor al 70% de gravedad, la cual presenta una gran estabilidad por lo que la recurrencia de sismos con magnitud de entre 3 y 6 grados en la escala de Richter es de uno cada 3 a 4 años, siendo muy espaciados en el tiempo y de mínimas consecuencias para la población e infraestructura de la localidad.

En la Tabla 4-19 se muestran los registros del Servicio Sismológico Nacional dentro de un periodo de 12 años (2010 al 2022), los cuales presentan una magnitud “baja” desde 4.0 a 4.6 en la escala de Richter. El sismológico ha reportado sismos menores, desde 3.0 los cuales son considerados como “normales movimientos terrestres”. Cabe destacar que el municipio de Tampico no aparece dentro del reporte.

Tabla 9-19 Sismos presentados en el estado de Tamaulipas en un periodo de 12 años (2010 - 2022)

Fecha	Hora	Magnitud	Latitud	Longitud	Profundidad	Referencia de localización
12/02/2011	19:19:19	4	23.18	-99.15	35	52 km al NOROESTE de CD MANTE, TAMS
24/06/2012	20:52:51	4.1	22.642	-97.9943	16	28 km al NORTE de ALTAMIRA, TAMS
04/08/2015	04:43:14	4.1	24.3142	-99.043	5	65 km al NORTE de CD VICTORIA, TAMS
07/08/2015	14:10:18	4	24.2737	-99.1968	3	60 km al NORTE de CD VICTORIA, TAMS
14/08/2016	21:04:01	4	24.1633	-98.713	10	65 km al NORESTE de CD VICTORIA, TAMS
25/02/2018	22:44:55	4.6	26.117	-92.141	10	537 km al ESTE de H MATAMOROS, TAMS
16/12/2018	17:47:20	4.1	25.6458	-98.858	10	70 km al SUROESTE de CD GVO DIAZ ORDAZ, TAMS
03/09/2019	04:53:52	4	25.2825	-96.6602	25	107 km al SURESTE de H MATAMOROS, TAMS
20/03/2020	13:50:40	4	22.5332	-99.1717	5	31 km al SUROESTE de CD MANTE, TAMS
04/05/2020	23:00:10	4.1	22.6697	-99.258	5	31 km al SUROESTE de CD MANTE, TAMS
09/12/2020	06:32:29	4.2	23.181	-94.6438	20	342 km al NORESTE de CD MADERO, TAMS
07/01/2021	21:36:39	4.4	23.0757	-95.2238	10	282 km al NORESTE de CD MADERO, TAMS
04/06/2021	20:49:36	4.1	22.5122	-99.3075	77.3	43 km al SUROESTE de CD MANTE, TAMS
26/09/2021	03:50:35	4	24.1715	-97.3735	9	109 km al SURESTE de SAN FERNANDO, TAMS
11/12/2021	02:04:20	4.1	23.2785	-99.3052	4.8	53 km al SUROESTE de CD VICTORIA, TAMS
17/02/2022	01:27:22	4.1	25.37	-98.82	10	88 km al NOROESTE de SAN FERNANDO, TAMS

Deslizamientos.

El mapa de regiones potenciales de deslizamiento de la República Mexicana se divide en 8 regiones con base a los niveles de peligro, considerando como factor detonante a las lluvias:1) Golfo de México, 2) Golfo Norte, 3) Eje Neovolcánico, 4) Pacífico Sur, 5) Pacífico Norte, 6) Golfo California-Chihuahua-Durango, 7) Baja California y 8) Baja California Sur.

En este caso, el municipio de Tampico no se presenta en ninguna de las zonas de deslizamientos, siendo las más cercanas las regiones Golfo de México y Golfo Norte.

De acuerdo con los Atlas Nacional de Riesgos de Tamaulipas, el área de logística no cuenta con laderas susceptibles a deslizamientos, y para el caso de susceptibilidad de inestabilidad de laderas, en general el puerto se encuentra dentro de la categoría de Muy baja; los puntos de susceptibilidad muy alta son muy pocos que son imperceptibles.

Hundimientos.

De acuerdo con el Resumen ejecutivo del Atlas Municipal del Estado de Tamaulipas, elaborado por el Gobierno de Tamaulipas en conjunto con el Servicio Geológico Mexicano se expone que respecto a hundimientos generados por fenómenos cársticos, en este caso representados por dolinas, éstas se presentan con morfologías que varían de elípticas a redondas, con extensiones entre 150 y 11,000 m, localizadas principalmente en los municipios de Burgos, San Nicolás, San Carlos, específicamente en los alrededores de las comunidades El Ranchito, Los Carricitos y La Mangana, donde se observa una alternancia entre lutitas y calizas. Respecto a la población y bienes expuestos a la acción de este fenómeno, se trata de ocho municipios vulnerables, del cual Tampico está exento (SMG, s.f.).

4.3.3.16 Inundaciones.

De acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgos del CENAPRED, hay datos de decesos por inundaciones (2000-2015), esto en el municipio de Tampico (Tamaulipas). En cuanto a inundaciones históricas (1960 -2010) la zona de los municipios de Aldama, Ciudad Madero en Tampico, ambos del estado de Tamaulipas están dentro de estos registros (SGM, s.f.).

Existen un punto crítico de inundación dentro del estado de Tamaulipas colindante a la zona de logística del presente proyecto, el cual está en el centro del municipio de Altamira, Tamaulipas.

De acuerdo con el índice de vulnerabilidad de inundación del CENAPRED (2017), la mayor parte del terreno que cubre el municipio de Tampico está dentro de la categoría media. Una porción de la zona norte del estado de Tamaulipas se cubre con la categoría de baja vulnerabilidad y una porción del municipio de Tampico se considera como vulnerabilidad alta.

4.3.3.17 Actividad volcánica.

El vulcanismo está relacionado con la subducción formada por las placas tectónicas de Rivera y Cocos en contacto con la placa norteamericana, esto para el caso de la República Mexicana. De acuerdo con el Servicio Geológico Mexicano, la actividad orogénica del Territorio Mexicano dio lugar a numerosos sistemas montañosos cuya característica principal es estar alineados.

Sólo existe la presencia de un volcán activo en el municipio de Aldama, Tamaulipas. En el resto del área circundante al puerto de Tampico, existen sistemas montañosos, pero ninguno con actividad volcánica, los cuales no afectan en el Proyecto.

4.3.3.18 Hidrología superficial.

Regiones Hidrológicas.

La República Mexicana está dividida en Regiones Hidrológico Administrativas de las cuales dos involucran a Veracruz: la región IX Golfo Norte y la X Golfo Centro.

En el estado de Tamaulipas cuenta con la región VI Río Bravo y comparte con el estado de Veracruz la región IX Golfo Norte. En cuanto al estudio de los alrededores del puerto logístico de Tampico para el presente proyecto, se encuentran dentro de su delimitación las Regiones Hidrológicas: 25. San Fernando Soto la Marina y 26.

Pánuco: El sistema fluvial determinante es la cuenca del río Pánuco, y de manera secundaria los ríos Tamesí y Moctezuma. En esta región se ubica la laguna de Pueblo Viejo con una extensión de 90.9 km², además de otras lagunas de menor extensión interconectadas por diversos esteros.

Esta región presenta valores bajos, con respecto a las otras, en extensión de la cuenca, en superficie de manglar y en descarga fluvial. Abarca una extensión de 11,501 km² (15.7% del total de las regiones hidrológicas presentes en el estado de Veracruz y 13.43% del total de la superficie territorial estatal). La extensión total de manglar para esta región es de 6.61 km², que representa 1.51% del total del estado. La descarga fluvial es de 14,057 millones de metros cúbicos, lo que representa 13.26% del total estatal.

Es una de las corrientes más importantes de la República Mexicana, ocupa el cuarto lugar en superficie y el quinto en lo que se refiere a volúmenes escurridos. Proporciona grandes beneficios a la región, ya que sus escurrimientos, controlados mediante varias presas, son aprovechados con fines de riego en los estados de Hidalgo, Querétaro, San Luis Potosí, Veracruz, Tamaulipas y Estado de México.

San Fernando Soto la Marina: Se ubica en la zona centro del estado de Tamaulipas, conformada por las cuencas Laguna de San Andrés – Laguna Morales, Río Soto la Marina, Río San Fernando y Laguna Madre. Esta región hidrológica es conocida también con el nombre de "Golfo Norte" y corresponde a todas las corrientes que desembocan en el Golfo de México y que están comprendidas entre las cuencas de los ríos Bravo y Pánuco.

Aproximadamente 20% de toda la superficie de esta cuenca corresponde al estado de Nuevo León; el resto pertenece al estado de Tamaulipas, por lo que se puede decir que esta región hidrológica es típicamente tamaulipeca. La región presenta, más o menos, la figura de un triángulo isósceles el lado oriente colinda con el Golfo de México; el norte con la cuenca del río San Juan y la cuenca

mexicana del río Bravo en la zona baja y, por último, el lado suroeste limita con las regiones hidrológicas 37 y 26.

Cuencas.

Cuenca del Río Pánuco: La cuenca del río Pánuco se encuentra situada geográficamente entre los 19° 01' y 23° 50' latitud norte, y entre 97° 46' y 101° 21' longitud oeste; tiene un área aproximada de 84,956 km², que la sitúa en el cuarto lugar de la República Mexicana, la cual se encuentra distribuida dentro de las siguientes entidades federativas (Conagua, 2005): Estado de México (2.8%), Puebla (0.1%), Hidalgo (20%), Querétaro (11%), Veracruz (12.1%), Guanajuato (6.2%), San Luis Potosí (27.7%), Tamaulipas (19.5%) y Nuevo León (0.6%) (Pereira, Pérez y Salas, 2010).

El río Pánuco nace en la cabecera hidrológica del río Tepeji o San Jerónimo, controlado por las presas de Taxhimay y Requena, donde cambia su nombre a río Tula. Sus orígenes se localizan en el cerro de La Bufa, dentro del Estado de México, a una elevación de 3,800 m, en el parteaguas que separa la cuenca del río Lerma y el Valle de México. La corriente se dirige hacia el norte hasta la población de Ixmiquilpan, Hidalgo; a partir de esta población cambia su curso al noreste hasta su confluencia con el río San Juan a una elevación de 1,640m, donde recibe el nombre de río Moctezuma y cambia su trayectoria hacia el NNE, que conserva hasta su confluencia con el río Extóraz. En este tramo se empieza a introducir a la Sierra Madre Oriental, donde la topografía es abrupta, incrementándose esta característica a medida que desciende la corriente (Islas y Pereyra, 1990). A los 930 m de altura, recibe por su margen izquierda las aportaciones del río Extóraz, cambia su rumbo hacia el ENE y cruza casi perpendicularmente el macizo de la Sierra Madre Oriental; a la salida, cerca de Tamazunchale, S.L.P., converge por su margen derecha el río Amajac a 120 m de altura, donde inicia su recorrido por la planicie costera, cambiando su trayectoria hacia el noreste hasta la confluencia con el río Tempoal. Desde la confluencia del río Tempoal hasta la del río Tampaón, el Moctezuma sigue su recorrido NNE discurriendo por una zona de topografía suave, en la que las máximas elevaciones no exceden los 150 m, existiendo algunas pequeñas lagunas en sus márgenes (Íbid, 2010).

A partir de la afluencia del río Tampaón, el río Moctezuma recibe el nombre de río Pánuco y sigue su trayectoria ENE hasta su desembocadura en el Golfo de México. El último tramo del río Pánuco se caracteriza por su pendiente sumamente suave, con numerosos meandros y lagunas marginales de considerable extensión. Estas lagunas son alimentadas principalmente por los escurrimientos del río Pánuco y sirven como vasos reguladores durante las crecientes. Dichas lagunas predominan en la margen izquierda, contándose entre las más importantes las de Orilla Grande, Tamós, Chairel y pueblo Viejo. A 16 km de su desembocadura, en la barra de Tampico, el río Pánuco recibe por su margen izquierda la aportación del río Guayalejo o Tamesí. Entre la desembocadura del río Pánuco y el río Tuxpan hay una faja surcada por varios esteros que desembocan a la laguna de Tamiahua, el principal de los cuales es el estero Cucharas (Ibid, 2010).

Aprovechamientos hidráulicos. Los aprovechamientos hidráulicos en la cuenca, tanto en riego como hidroeléctricos, son pocos; pero la potencialidad de la cuenca en el aspecto de riego, principalmente, es enorme debido a la gran extensión de terrenos en la llanura costera apropiados para ello y por los grandes volúmenes de agua dulce disponible; en lo que respecta al aprovechamiento hidráulico, sobre el río Tula se localiza la hidroeléctrica Zimapán, con capacidad de generación instalada de 29 MW (Ibid, 2010).

Cuenca Ríos San Fernando–Soto La Marina: Se ubica en la zona noreste de la República Mexicana, en la vertiente del Golfo de México. Su territorio se caracteriza por un relieve que va desde llanuras costeras y lomeríos hasta las serranías de la Sierra Madre Oriental al oeste del territorio. La ciudad más importante dentro del Comité de Cuenca (CC)-18 es Ciudad Victoria, capital del estado de Tamaulipas. Forma parte de la Región Hidrológica Administrativa y Organismo de Cuenca IX Golfo Norte. Integra todo el territorio de la Región Hidrológica RH25 Ríos San Fernando-Soto La Marina, limitando al norte con la RH24 Bravo Conchos, al oriente con el Golfo de México, al poniente con la RH37 El Salado y al sur con la RH26 Pánuco (CIDIPORT, 2015).

Circulación costera y corrientes.

La superficie del SAR comprende un porcentaje muy bajo de superficie terrestre en comparación de la zona marina. En este sentido, es importante describir las características oceánicas e interacciones marinas que lo rodean.

Las corrientes superficiales presentan un flujo de agua casi constante y con pocos cambios significativos en su dirección, aunque la velocidad incrementa en verano, y es menor en invierno. Se han detectado dos corrientes, una localizada en el Banco de Campeche y otra hacia el norte de Veracruz, Tamaulipas y sur de Texas. En cuanto a las mareas en general en el Golfo de México son diurnas, aumentando el nivel del mar en el sur de Veracruz, debido a las características geomorfológicas (González, s.f.).

En el Golfo de México existen regiones someras, donde las mareas generan una turbulencia que provoca el recirculamiento de nutrientes, lo que provoca una fuente continua de enriquecimiento que induce a la producción primaria. En estas aguas, también son comunes los frentes oceánicos (superficiales o bentónicos, halinos y termohalinos) y costeros, los cuales delimitan las fronteras entre aguas con características y energía mecánica diferentes, provocando el balance de la energía trófica.

En el Golfo la marea es generalmente débil, lo que ayuda a controlar y estabilizar hábitats costeros, posibilitando la existencia y dinámica entre diversos organismos; Se pueden hacer presentes las mareas vivas y muertas, así como las corrientes instantáneas (Gómez y otros, 2004).

Corrientes.

La circulación de las aguas de la corriente del Golfo son una derivación que describe una elipse que se dirige al sur y este formando una circulación ciclónica asociada principalmente a las variaciones de transporte del canal de Yucatán.

La Plataforma de Tamaulipas y Veracruz cuenta con vientos que permiten la mezcla vertical del Golfo de México, siendo en invierno los nortes y en verano tormentas tropicales y huracanes, haciendo más profunda la capa mezclada e incorporando nutrientes a la zona fótica. Esta plataforma tiene mucho intercambio con la plataforma de Texas, por lo que es fuertemente afectada por los remolinos que interactúan con el talud, principalmente en la plataforma externa, siendo mayor en la zona de Tamaulipas.

En esta zona ocurren, cuando dominan los vientos del sursureste, la formación surgencias durante el verano (mayo-agosto con máximo en julio) y en otoño e invierno ocurre el proceso de advección de agua fría (no es una surgencia) lo cual provoca que haya más nutrientes en invierno que en verano debido a los aportes del Río Misisipi y otros sistemas estuarinos en la plataforma de Texas y Luisiana. Asimismo, esta zona es relevante porque actúa como un corredor biológico en el transporte de nutrientes, larvas y organismos, además de servir de conexión entre los diferentes sistemas lagunares costeros (CONABIO, 2006).

La surgencia de verano, en la plataforma de Tamaulipas, retrasa el máximo de temperatura superficial del mar (TSM) hasta el mes de septiembre, mientras que en la mayor parte del Golfo se alcanza en agosto. Esta diferencia está asociada con el cambio de dirección de la corriente a lo largo de la costa que tiene lugar en septiembre y con el final de las condiciones de viento favorables a la surgencia, mientras que en el Golfo de México son de particular relevancia los vientos sobre la plataforma continental. La dirección de los vientos y la forma cóncava del golfo provocan que existan regiones en donde las corrientes estacionales van en el sentido de las manecillas del reloj, mientras que en otras van en la dirección contraria. Esto hace que durante el otoño e invierno (octubre-marzo) las corrientes a lo largo de las costas de Tamaulipas y Veracruz sean, en promedio, hacia el sur, yendo en sentido contrario a las manecillas del reloj. Esto provoca que las corrientes confluyan en el extremo sur del Golfo de México produciendo flujos perpendiculares a la costa, de la zona de plataforma a la zona oceánica, que son importantes porque van acompañados de altos contenidos de materia orgánica y de aguas de baja salinidad (Figura 9-14).

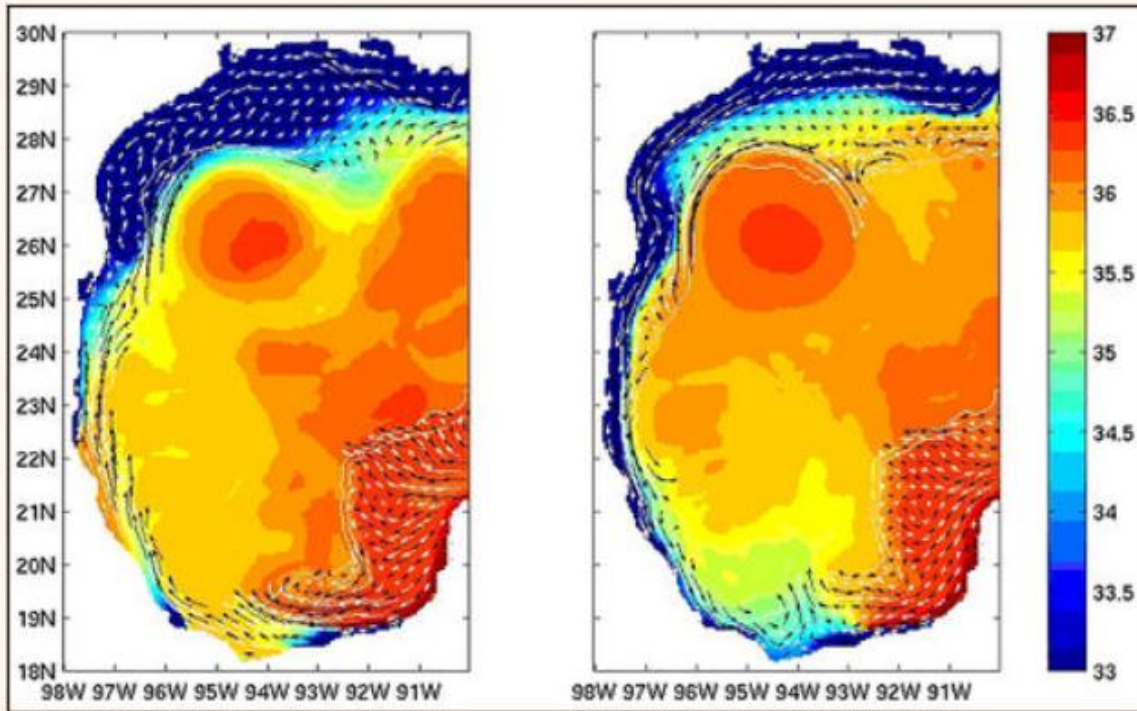


Figura 9-14. Promedio de la circulación y salinidad superficial en el Golfo de México (izquierda) en época de primavera – verano, (derecha) en época de otoño - invierno.

Fuente: CONABIO (2006)

En la Figura 9-15 observa claramente que durante el verano (mayo-agosto), cuando los vientos caen sobre la plataforma de Tamaulipas y Veracruz, tienen una dirección hacia el norte (del SE), las corrientes son predominantemente en esa dirección y la confluencia se da cerca de la frontera con los Estados Unidos. En esta estación (verano), los vientos favorecen el aporte de agua subsuperficial hacia la plataforma y, en ocasiones en la superficie. La variabilidad de los vientos produce corrientes que cambian de dirección en períodos de pocos días; un ejemplo de esto ocurre cuando hay un norte y soplan vientos intensos del norte durante algunos días. El resultado de todos estos movimientos es complejo, pero si obtenemos el promedio de varios días o semanas observamos las corrientes estacionales anteriormente descritas.

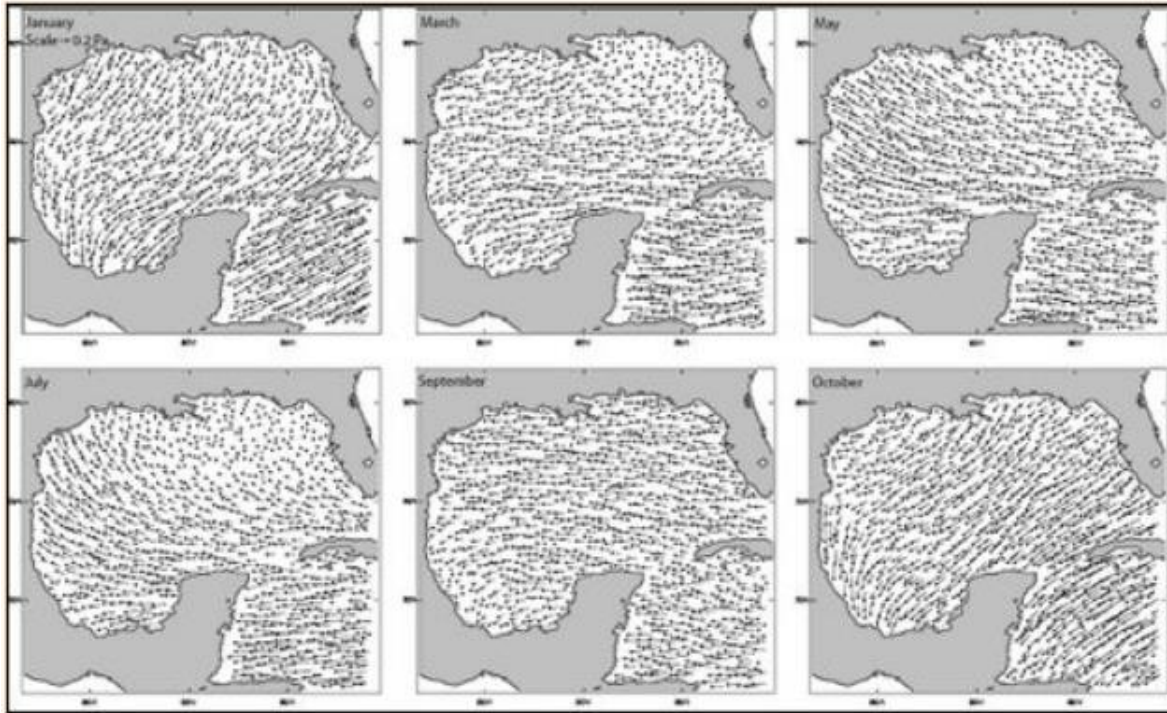


Figura 9-15 Vientos promedio mensuales en el Golfo de México y Mar Caribe Noroccidental.

El patrón de corrientes se encuentra caracterizado por los siguientes sistemas de corrientes superficiales bien definidas:

- Corriente del Lazo: este tipo de corriente es formada por la corriente que entra por el canal de Yucatán y saliendo por el estrecho de Florida; a partir de la cual se desprende una rama que forma un remolino con giro ciclónico en los meses de febrero a abril, tendiendo a desvanecerse dentro de bahías. Esta corriente lleva una circulación de agua cálida y alta salinidad con núcleos de agua fría.
- Corriente principal: la corriente principal fluye con dirección noroeste durante agosto a diciembre y, al intensificarse los vientos del norte en la porción occidental y meridional, la corriente se asocia con el remolino ciclónico y se desvía al este corriendo a lo largo de la costa en dirección contraria.
- Giro anticiclónico: es aquel que se desprende de la corriente del Lazo y se desplaza hacia el oeste, y un conjunto de giros anticiclónicos pequeños a lo largo del litoral que corresponde al SAR.

Los sistemas de corrientes superficiales descritos anteriormente son periódicamente modificados por el paso de tormentas tropicales y huracanes que penetran en el Golfo de México provenientes de latitudes más bajas.

A continuación, se muestra el comportamiento de las corrientes en el Golfo de México:

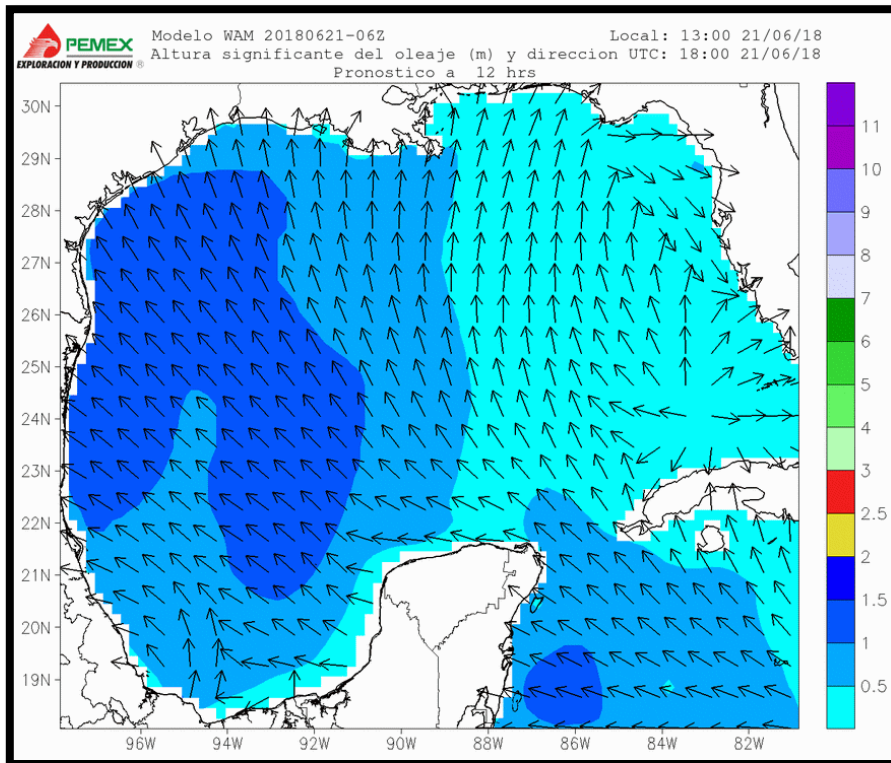


Figura 9-16. Comportamiento de las corrientes superficiales

Es importante mencionar que en esta región las corrientes inducidas por los ríos y las producidas por los vientos tienen la misma dirección durante el otoño e invierno, pero los vientos del verano tienen una dirección contraria lo que provoca flujos complejos cerca de la desembocadura de los ríos. Uno de los aportes más importantes para la plataforma mexicana del Golfo de México proviene de las aguas del Misisipi que viajan a lo largo de la plataforma de los estados de Luisiana y Texas en los Estados Unidos y penetran, durante el otoño e invierno, hacia los estados mexicanos de Tamaulipas y Veracruz (CONABIO, 2005).

4.3.3.19 Aire.

Los vientos durante los meses de marzo a septiembre presentan velocidades de 3 m/s con una componente sureste – noroeste, predominando la mayor parte del año.

De octubre a febrero son más frecuentes los vientos del norte con una velocidad entre 3.07 y 6.13 m/s, con una componente norte – noroeste – sureste. La frecuencia de vientos del norte registrados denominados “nortes”, establece un promedio superior a los 30 eventos, iniciando regularmente en septiembre y octubre, continuando hasta marzo y abril.

4.3.3.20 Áreas de importancia ecológica.

ANP Federales.

Imagen con la ubicación de la instalación (información reservada). Información protegida bajo los Art. 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP.

Figura 9-17. Áreas Naturales Protegidas Federales

La Figura 9-17 muestra las ANP Federales circundantes al SAR, debido que dentro de este no existe presencia de alguna; a continuación, se describen las ANP presentes (información tomada de la Consulta de Fichas de ANP de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, CONANP):

- **Laguna de Términos:**

Categoría de Manejo: Área de Protección de Flora y Fauna

Ubicación: Estado: Campeche

Municipios: Carmen, Champoton, Palizada

Región CONANP: Planicie Costera y Golfo de México

Institución que Administra: CONANP

Director: M. en C. José Hernández Nava

Superficie Total: 706,147.67 ha

Superficie Terrestre y/o Aguas Continentales: *Abarca: Lagunas costeras, esteros, lagos de agua dulce, ríos y otros cuerpos de agua 547,278.71 ha.

Superficie Marina: 158,868.96 ha.

Población Total Estimada: 205,487 hab.

El ANP Laguna de Términos fue declarada Área de Protección de Flora y Fauna, el 6 de junio de 1994, con 706,147.67 hectáreas (DOF, 1994), se ubica en la zona costera del estado de Campeche, entre el Río San Pedro y San Pablo al occidente y el área de drenaje del Estero de Sabancuy hacia el oriente.

Geopolíticamente, el área se encuentra ubicada en los municipios de Palizada, Carmen y Champotón. Esta región es parte del complejo ecológico de la planicie costera que controlan los procesos deltaicos del sistema de los ríos Grijalva-Usumacinta, el de mayor volumen de descarga de agua dulce y sedimentos terrígenos hacia el mar en todo el país. Sus sistemas pantanosos o humedales, junto con los de Tabasco, forman la unidad ecológica costera más importante de Mesoamérica por su productividad natural y biodiversidad. Constituye un complejo ecológico que comprende la plataforma continental marina adyacente; las bocas de conexión de la laguna con el mar; la Isla del Carmen; los espejos de agua dulce, salobre y estuarino-marina; las zonas de pastos sumergidos; los sistemas fluvio-deltaicos asociados; los pantanos o humedales costeros, y los bosques de manglar circundantes.

Forma parte de la provincia fisiográfica Llanura Costera del Golfo. La cuenca de la Laguna de Términos es remanente de un cuerpo lagunar más extenso rellenado por el aporte de sedimentos y el desarrollo de llanuras aluviales de los ríos que fluyen hacia sus riberas sur y occidental, así como por la acreción orgánica. La barrera litoral está formada principalmente por varias series de antiguas líneas de playa. Los humedales del área conforman, junto con los de Tabasco, una unidad ecológica que los constituye como los más importantes humedales de Mesoamérica. Laguna de Términos tiene un amplio mosaico de asociaciones vegetales terrestres y acuáticas tales como vegetación de dunas costeras, manglares, vegetación de pantano como tular, carrizal y popal, selva baja inundable, palmar inundable, matorral espinoso inundable, matorral inerme inundable, vegetación riparia, selva alta-mediana y vegetación secundaria, además de la vegetación de las fanerógamas permanente inundadas como son los pastos marinos. Esta información fue tomada textualmente de la ficha de descripción del Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos (CONANP, 2009).

- **Los Tuxtlas:**

Categoría de Manejo: Reserva de la Biosfera

Ubicación: Estado - Veracruz

Municipios - Angel R. Cabada, Santiago Tuxtla, San Andres Tuxtla, Catemaco, Mecayapan, Tatahuicapan de Juarez, Soteapan, Pajapan.

Región CONANP: Planicie Costera y Golfo de México

Institución que Administra: CONANP

Superficie Total: 155,122.46 ha

Superficie Terrestre y/o Aguas Continentales: 155,122.46 ha

Superficie Marina: 0.00 ha

Población Total Estimada: 28,611 hab.

Población Indígena: 7,824 hab.

Fecha de Decreto: 23/11/1998.

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), la Reserva es una zona de gran complejidad geológica y ecológica y de actividad humana. Presenta una alta diversidad de ambientes que corresponden a nueve tipos de vegetación. Es de gran relevancia por ser el límite norte de la selva tropical en el continente americano y un caso único en México y Norteamérica, dada la conexión de diferentes tipos de bosques y selvas, desde la costa del mar hasta la cima de los volcanes. Constituye una fuente de captación de agua de lluvia por ser una de las zonas más lluviosas del país.

Esta Reserva de la Biosfera alberga una importante diversidad de ecosistemas y nueve tipos de vegetación primaria. Es el límite norte de la selva húmeda en el continente americano y es un caso único para México y América del Norte debido a la conexión de diferentes tipos de bosques y selvas desde la costa hasta la cima de los volcanes. Se trata de una zona de captación, ya que es una de las partes más lluviosas del país. Dentro de la Reserva se han identificado 2.698 especies de plantas vasculares, 877 especies de vertebrados (46 anfibios, 122 reptiles, 140 mamíferos y 569 aves), 133 especies de odonatos y 860 especies de mariposas. Entre la fauna, 21 especies son endémicas. Es una zona clave para las aves que migran desde América del Norte, 223 de las 569 especies de aves registradas en la zona son migrantes neárticas y neotropicales.

La Reserva de la Biosfera contiene especies endémicas y especies de flora y fauna en peligro de extinción. Un ejemplo de las especies de flora en peligro de extinción es: *Chironectes minimus*, *Vampyrum spectrum*, *Alouatta palliata*, *Ateles geoffroyii*, *Cyclopes didactylus*. Entre las aves: *Jabiru mycteria*, *Cairina moschata*, *Sarcoramphus papa*,

Harpyhaliaetus solitarius, *Harpya harpyja*, *Spizastur melanoleucus*. La Reserva también contiene abundante ictiofauna con taxones endémicos como *Bramocharax caballeroi*, *Poecilia catemacensis*, *Poeciliopsis catemaco* y *Priapella olmecae* (UNESCO, 2012).

- **Pantanos de Centla:**

De acuerdo con información de la UNESCO, la Reserva se ubica en la provincia fisiográfica "Llanura Costera del Golfo Sur" y la subprovincia "Llanuras y Pantanos Tabasqueños"; aquí predominan las formaciones topográficas de llanura de barrera (playas) hacia la costa, y sobre todo la llanura de inundación costera. Se originan por la desembocadura de los ríos Grijalva y Usumacinta.

Fecha de declaratoria: 2006

Superficie: 302,706 ha

División administrativa: Municipios de Centla, Jonuta y Macuspana, Estado de Tabasco.

La Reserva de la Biosfera salvaguarda 569 especies de flora identificadas, pertenecientes a 8 asociaciones principales, tanto de monocotiledóneas como de dicotiledóneas, pertenecientes a sistemas acuáticos y terrestres, entre otras: las comunidades hidrófilas (ocupan más de un tercio de la región pantanosa de Centla); los bosques subperennifolios de altitud media y baja de olivo negro (*Bucida buceras*) y de leña (*Haematoxylon campechianum*); las especies más destacadas en términos económicos dentro de estas dos asociaciones son: *Spondias mombin*, *Tabebuia rosea*, *Lonchocarpus hondurensis*, *Angelim amargo* (*Vatairea lundellii*), *Gumbo-Limbo* (*Bursera simaruba*), *Guanandis* (*Callophyllum brasiliensis*), *Caoba* (*Swietenia macrophylla*), *Cedro* (*Cedrella odorata*).

Los manglares crecen en lugares donde entra el agua salobre del Golfo de México y los suelos donde se asientan contienen grandes concentraciones de materia orgánica y nutrientes que dan vida y alimentan a las especies marinas que viven entre sus raíces.

Existen cuatro especies de manglares: el mangle rojo, el mangle blanco, el mangle negro y el mangle botón. En cuanto a la fauna, se han identificado hasta ahora 52 especies de peces, 68 de reptiles, 27 de anfibios, 104 de mamíferos y 255 de aves (esta última cifra incluye tanto las especies migratorias como las residentes de los hábitats acuáticos y terrestres).

Las especies más representativas dentro del grupo de aves son la cigüeña de Jabiru, la cigüeña de Maguari, el Páспаque, la Paloma Torcaz (*Columbina talpacoti*), el Pato Moscovita (*Cairina moschata*), el Pato Silbador, el *Podilymbus podiceps*, el Halcón

Peregrino y el Ibis, entre otras. Los ríos más importantes de la Reserva son el Grijalva y el Usumacinta, que descargan anualmente 90 millones de m³ de agua, lo que sitúa a esta región hidrográfica en el séptimo lugar del mundo. A esta descarga se asocia un promedio de 7,3 millones de m³ de sedimentos y nutrientes, favoreciendo la pesca en el Golfo de México (UNESCO, 2012a).

- **Sistema Arrecifal Lobos – Tuxpan:**

La ficha del sistema arrecifal Lobos – Tuxpan de la CONANP 2010, expone los siguientes datos:

Categoría de Manejo: Área de Protección de Flora y Fauna

Ubicación: Estado - Veracruz

Municipio - Frente a las costas de Tamiahua y Tuxpan

Región CONANP: Planicie Costera y Golfo de México

Institución que Administra: CONANP

Superficie Total: 30,571.15 ha

Superficie Terrestre y/o Aguas

Continetales: 0.00 ha

Superficie Marina: 30,571.15 ha

Población Total Estimada: 0 hab.

Población Indígena: 0 hab.

Fecha de Decreto: 05/06/200

Especies representativas:

Flora: Hierba de tortuga (*Thalassia testudinum*), Mangle rojo (*Rhizophora mangle*), Mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), Mangle blanco (*Laguncularia racemosa*)

Fauna: Coral cuerno de ciervo (*Acropora cervicornis*), Coral cuerno de alce (*Acropora palmata*), Tortuga caguama (*Caretta caretta*), Tortuga verde (*Chelonia mydas*), Tortuga lora (*Lepidochelys kempi*), Tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*), Delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus gilli*), Delfín moteado del atlántico (*Stenella attenuata*), Charrán mínimo (*Sternula antillarum*).

Especies Endémicas: Gobio Jarocho (*Elacatinus jarocho*), Gobio Listón (*Elacatinus redimiculus*).

- **Sistema Arrecifal Veracruzano:**

Un reporte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) expone que el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV) se considera único en el Golfo de México por su tamaño, número de especies que alberga y por la resiliencia de sus colonias coralinas.

Con una superficie de 65,516 hectáreas, el PNSAV está integrado por al menos 28 arrecifes, algunos de los cuales presentan lagunas arrecifales con pastos marinos, playas, bajos, islas o cayos.

Los arrecifes coralinos son el principal ecosistema y objeto de conservación de este Parque Nacional ya que contribuyen a la mitigación de los impactos a la costa provocados por tormentas, huracanes y vientos como los “nortes”. Así mismo, los arrecifes mantienen la línea de costa relativamente estable, producen oxígeno y captan bióxido de carbono (CO₂).

El 27 de octubre de 2006, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) incorporó al PNSAV a la Red Mundial del Programa del Hombre y la Biosfera (MAB). El 2 de febrero del 2014 fue inscrito en la Lista Ramsar de Humedales de Importancia Prioritaria Internacional de la Convención Ramsar.

El sistema alberga pastos marinos (*Thalassia testudinum*) (*Halophila decipiens*) (*Halodule wrightii*) (*Syringodium filiforme*), mangle (*Rhizophora mangle*) (*Avicennia germinans*) (*Laguncularia racemosa*), cocotero (*Cocos nucifera*), palma kuká (*Pseudophoenix sargentii*) y grama salada (*Distichlis spicata*), entre otros.

Es hogar de diversas especies de fauna, algunas de ellas amenazadas o en peligro de extinción como el cuerno de alce (*Acropora palmata*), cuerno de ciervo (*Acropora cervicornis*) y tortugas marinas como la caguama (*Caretta caretta*), verde del Atlántico (*Chelonia mydas*), blanca (*Lepidochelys kempii*), lora (*Eretmochelys imbricata*), carey (*Dermochelys coriácea*) y laúd, entre otras (SEMARNAT, 2017).

4.3.3.21 AICAS.

Imagen con la ubicación de la instalación (información reservada). Información protegida bajo los Art. 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP.

Figura 9-18 Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves.

La página web de “avesmx” destinada a las AICAs, explica que surgen de un programa de Birdlife Internacional, el cual busca identificar este tipo de áreas en todo el mundo. Mediante criterios como la amenaza que sufren las especies de aves, lo restringido de sus distribuciones y la cantidad de aves que se pueden congregarse en un solo sitio. " Historia de las AICAs en México". La Figura 9-18 muestra que dentro del SAR no se encuentran AICAs, sin embargo, en los alrededores se cuenta con varias áreas destinadas al cuidado de las aves.

Tabla 9-20 Clasificación de las AICAs de los alrededores del SAR

No. AICA	Nombre	Especies	Categoría México 1999	Categoría Birdlife 2007
149	Centro de Investigaciones Costeras La Mancha (CICOLMA)	279	5	A1 A4i
150	Centro de Veracruz	528	G - 1	A1 A2 A4i
192	Cerro de Oro	225	G -1	A1 A3
38	Cuetzalan	300	MEX – 1	A1

No. AICA	Nombre	Especies	Categoría México 1999	Categoría Birdlife 2007
41	Humedales de Alvarado	316	G-4-A	A1 A4i
88	Humedales del Sur de Tamaulipas y Norte de Veracruz	350	G-2	A1 A2
172	Islas de la Sonda de Campeche	60	MEX - 1	SC
170	Laguna de Términos	377	NA-4-C	A1 A3 A4i A4ii
198	Laguna del Castillo	142	Sin Categoría	SC
151	Los Tuxtlas	487	MEX - 1	A1 A2 A3 A4i
156	Pantanos de Centla	313	NS-4-D	A1 A4i
148	Río Metlac	268	G-1	A1 A2
63	Sierra Maderas del Carmen	177	G-1	A1 A2 A3
252	Sierra de Zongolica y Tenango	426	Sin categoría	A1 A2 A3
201	Sitio Grande	231	Sin categoría	SC
10	Tecolutla	237	MEX-4-C	A1 A4i

4.3.3.22 Sitios RAMSAR.

Imagen con la ubicación de la instalación (información reservada). Información protegida bajo los Art. 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP.

Figura 9-19. Sitios RAMSAR.

En la década de los 60' algunos países y organizaciones no gubernamentales, preocupados por el creciente deterioro y pérdida de diversos humedales en Europa, comenzaron a promover la idea de crear un tratado internacional sobre humedales para proteger estos cuerpos de agua vitales para la supervivencia del ser humano y otras especies. Así, en 1971 se organizó la Convención de Ramsar (llamada así porque se firmó en la ciudad iraní del mismo nombre), un tratado intergubernamental que sirve de marco para las acciones nacionales y de cooperación internacional para conservar y hacer un uso racional de los humedales y sus recursos.

En esta convención además se definieron los marcos en los que diversos ambientes podrían formar parte de estos sitios Ramsar de importancia internacional y definieron a estas zonas húmedas como “extensiones de marismas, pantanos o turberas cubiertas de agua, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros”.

Así, dentro de esta definición de la convención, entrarían todo tipo de cuerpos de agua que van desde ríos y pantanos, hasta acuíferos subterráneos, pastizales húmedos, turberas, oasis, estuarios, deltas y bajos de marea, manglares y otras zonas costeras, arrecifes coralinos, y sitios artificiales como estanques piscícolas, arrozales, embalses y salinas (Bevilacqua, 2017).

La Figura 4 25 muestra que dentro del SAR no se incluyen sitios clasificados por la RAMSAR, sin embargo, en los alrededores se encuentran:

- Laguna de Tamiahua
- Pantanos de Centla (Tabasco)
- Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano
- Sistema Lagunar Alvarado
- Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos

De estas áreas de importancia ecológica ya se ha hablado en los apartados de ANP Federales y AICAS.

4.3.4 Medio biótico.

Tampico se ubica en un área de importancia ecológica debido a su colindancia con dos importantes afluentes, el Río Pánuco y el Río Tamesí, un gran número de lagunas como la del Chairel, Carpintero, entre otras, y finalmente la desembocadura de estos cuerpos de agua en el Golfo de México. Esta situación hidrográfica genera que exista una gran biodiversidad de especies acuáticas y marinas, aves, reptiles, mamíferos y flora. Dentro de la zona de estudio se ubican algunas de los principales áreas verdes, parques, espacios públicos y reservas ecológicas del municipio.

4.3.4.1 Vegetación.

Vegetación Terrestre y Uso de Suelo.

Parte de los territorios Tamaulipecos poseen una gran diversidad biológica relacionada con la heterogeneidad del medio físico, su historia geológica y climática muy compleja, así como de la interfase del continente, el océano y la atmósfera. Ello ha dado origen a un gradiente biogeográfico tanto en riqueza de especies como de complejidad estructural, desplegándose a lo largo de un gradiente altitudinal que va desde el nivel del mar hasta las altas elevaciones.

Estas variaciones se observan con mayor impacto en el estado de Tamaulipas, que se encuentra en los límites de dos grandes regiones biogeográficas, la Neártica y la Neotropical. La complejidad topográfica y su cercanía con el Trópico de Cáncer, le confiere al estado una mezcla de especies templadas y tropicales, que da como resultado una alta biodiversidad y la conformación de comunidades únicas.

Para el caso del estado de Tamaulipas, debido a la orografía y el clima presente en la Llanura Costera del Golfo, hay abundancia de bosques bajos de encino, matorrales altos y en algunas partes de las cañadas se desarrolla bosque mesófilo; además de que en algunas partes hay selva baja.

As, es posible encontrar varios tipos de vegetación que se distribuyen fundamentalmente paralelos a la costa: cálido húmedo en la costa, cálido subhúmedo en la planicie costera, templados húmedos en la parte este de la vertiente del Golfo de México (barlovento), templado subhúmedo en la parte oeste de la vertiente (sotavento).

El SAR contempla en su mayoría un ecosistema acuático; por lo que gran parte de la información presentada hace referencia a la vegetación marina, acuática y subacuática.

Tamaulipas cuenta con 1, 323 especies de plantas vasculares teniendo angiospermas con 1, 169 especies, helechos 133 especies y gimnospermas 21 especies, esto de acuerdo con el registro obtenido en el portal de Enciclovida (CONABIO, 2019).

Dentro del municipio de Tampico cuenta con comunidades vegetales, de las cuales se distinguen los manglares, que son formaciones vegetales en las que predominan distintas especies conocidas como mangle, las cuales tienen la particularidad de ser resistentes a la salinidad del agua. Su importancia ecológica se debe a la barrera natural de protección que contiene la erosión de vientos y mareas, prestan servicios ambientales, en condiciones naturales, filtran el agua y permiten el abastecimiento de mantos freáticos, entre otras virtudes que atraen beneficios a este ecosistema. Asimismo, cuenta con vegetación secundaria de selva baja caducifolia y pastizales inducidos artificialmente en los alrededores de este cuerpo de agua.

4.3.4.2 Vegetación Marina.

Fitoplancton.

El muestreo de fitoplancton estuvo dirigido a la determinación de las especies más representativas del eslabón inicial de la cadena trófica marina, así como también a la identificación de microalgas consideradas potencialmente tóxicas por la Comisión Oceanográfica Internacional (COI) de la UNESCO y de aquellas comúnmente involucradas en ciertos eventos de importancia ecológica: “mareas rojas”, “floraciones algales nocivas” o procesos de eutrofización.

Con base en los lineamientos de la Guía para el Diseño y Puesta en Marcha de un Plan de Seguimiento de Microalgas Productoras de Toxinas (COI, 2011), se implementaron dos metodologías diferentes de muestreo, aunque complementarias entre sí en las mismas estaciones de muestreo de calidad de agua de mar.

4.3.4.3 Fauna Terrestre.

La Laguna del Carpintero es reconocida por la presencia de reptiles. De todas las especies que aquí viven, considerando las residentes y migratorias, ninguna es más simbólica que el cocodrilo mexicano o cocodrilo de morelet (*Crocodylus moreletti*), apodado localmente como “Juancho”. Esta especie se ha convertido en un emblema de la laguna, incluso se pueden encontrar suvenires de

este. Estos cocodrilos se han considerado al paso del tiempo como “animales humanizados”, ya que la mayoría de estos reptiles reaccionan pacíficamente ante la presencia de los humanos. Sin embargo, la presencia de cocodrilos dentro de una comunidad urbanizada se ha convertido en un riesgo, tanto para la población, así como la conservación de este.

Durante el año 2003 se realizó el proyecto “Manejo Integral de las Poblaciones de Cocodrilos en el Municipio de Tampico” en donde los principales criterios que se tomaron en cuenta para desarrollarlo fueron el de minimizar el riesgo de posibles accidentes para la población humana y el de asegurar la permanencia de los cocodrilos dentro de la Laguna del Carpintero. realizó un estudio para contabilizar la población de estos reptiles dentro de la laguna, y se llegó a la conclusión de que solamente un 5.1% del total del perímetro de la laguna se detectaron nidales; además, se contabilizaron 51.85% cocodrilos adultos y el resto de las crías, juveniles y subadultos; siendo 62.96% machos y 34.04% hembras. Sin embargo, durante el 2011 se realizó un reporte de Censo del Cocodrilo de Pantano, el cual concluyó que el 59.80% son adultos, 20.80% son subadultos y 19.40% son juveniles, dando a conocer que, dentro de una población normal de cocodrilos, las crías y las juveniles abarcan el mayor porcentaje de población y los adultos se encuentran en el menor porcentaje, sin embargo, dentro de la Laguna del Carpintero sucede todo lo contrario.

Mientras tanto, en el 2018 se realizó un monitoreo para evaluar y monitorear el hábitat existente dentro de la Laguna del Carpintero y parte del Canal de la Cortadura, los resultados arrojaron un total de 86 individuos avistados dentro de 7.12 km recorridos, es decir, 12 individuos por kilómetro lineal. Estos resultados concluyen que en dicho cuerpo de agua existe una sobrepoblación de la cual requiere aplicar un manejo integral.

Otras especies que se pueden encontrar tanto en el municipio de Tampico como en otros del estado de Tamaulipas; De las especies que presentan algún estatus de conservación ya sea por estar probablemente extintas en el medio silvestre, en peligro de extinción, amenazadas o sujetas a protección especial, hay: 52 mamíferos, 20 anfibios, 56 reptiles y 85 aves.

Dentro de las especies de mamíferos presentes en la entidad están: ardilla tropical, lince americano, ardillón punteado, coyote, coatí norteño, miotis mexicano, murciélago moreno norteño, tamandúa norteño, rata algodонера crespá, gamo, murciélago desértico norteño, murciélago pelo plateado, murciélago cara arrugada, temazate rojo, ratón espinoso mexicano, castor americano, ballena jorobada, orca común, delfín común, ballena azul, delfín tornillo, tepescuintle, puercoespín mexicano y ratón de cactus, entre otros.

Dentro de las especies de anfibios presentes en la entidad están: sapo nebuloso, tlaconete tamaulipeco, rana de hojarasca decorada, siren menor, tritón de manchas negras, rana grillo del noreste, sapo texano, sapo del río Conchos, rana de coro manchada, rana de bigotes, salamandra, ranita grillo y tlaconete de Galeana, entre otras.

Dentro de las especies de reptiles presentes en la entidad están: tortuga del desierto de Tamaulipas, boa, tortuga lora, cascabel de cola negra, víbora de cascabel totonaca, lagartija espinosa del noreste, iguana verde, culebra caracolera de oriente, abaniquillo verde del noreste, tortuga de caja, culebra chata de montaña, culebra ratonera mica, eslízón chato, chirrionera roja, huico de seis líneas, toloque coronado, culebra cabeza negra, alicante, geco de bandas del noreste, culebra real, culebra encapuchada de pradera y serpiente coralillo del noreste, entre otros (INEGI, 2014).

4.3.4.4 Fauna Marina.

Zooplankton e ictioplancton.

El muestreo de esta fracción se realizó mediante arrastres oblicuos con una red CalCOFI (Figura 9-20) de 333 μm de abertura de malla provista de un flujómetro General Oceanics 2030R para estimar el volumen filtrado de agua.



Figura 9-20. Red CalCOFI de 333 μm de abertura de malla con flujómetro

Los organismos presentes fueron determinados hasta el menor nivel taxonómico posible diferenciando su pertenencia a los grupos de copépodos, cladóceros, apendicularias, cnidarios, ictioplancton (huevos y larvas de peces), entre otros; y los resultados de los conteos fueron expresados cuantitativamente en términos de número de organismos por m^3 de agua de mar.

Tortugas y Mamíferos Marinos.

De manera similar a la avifauna, se utilizaron dos métodos de evaluación para caracterizar la presencia de aves durante las horas de luz: conteo por puntos y conteo por transectos en el AC4.

El primer método se realizó por espacios de 30 minutos durante las evaluaciones biológicas y fisicoquímicas, consistiendo en anotar todas las especies que aparezcan alrededor del barco, en un ángulo de 180° grados respecto a la proa del barco. El segundo método fue contar las especies durante los recorridos entre las estaciones de muestreo, transectos, los cuales permitirán incrementar la diversidad y riqueza de especies del área de evaluación. La Tabla 4-21 resume esta información:

Tabla 9-21 Metodología de observación de Tortugas, Aves y Mamíferos Marinos Parámetros Período de Observación Metodología Método de Observación Equipos Unidad Índice

Parámetros	Periodo de Observación	Metodología	Método de Observación	Equipos	Unidad	Índice
Diversidad y Abundancia relativa de tortugas marinas	Durante horas de luz	JNCC (2016)	Puntos + / Transectos *	Binoculares 10X50	30 min	Diversidad y Abundancia Relativa
Diversidad y Abundancia relativa de mamíferos marinos	Durante horas de luz	JNCC (2016)	Puntos + / Transectos *	Binoculares 10X51	31 min	Diversidad y Abundancia Relativa
(+): Método de muestreo por puntos: Observaremos sesiones durante 30 minutos por estación, con intervalo de diez minutos entre estaciones.						
(*): Método de muestreo por transectos: Se utilizarán métodos no sistemáticos para contar la fauna marina, mientras se navega entre estaciones						

La observación de mamíferos y tortugas marinas se realizó utilizando binoculares Celestron® 10 x 50 Upclose G2. Los individuos fueron registrados en un ángulo de 180° con respecto a la proa de la embarcación. El conteo se llevó a cabo utilizando un contómetro de mano o Tally Counter.

Para la identificación se realizó in situ con la ayuda de guías especializadas (para la determinación de especies de mamíferos marinos se consultó Leatherwood et al. (1988) y Jefferson et al. (1993), mientras que para las especies de tortugas marinas se consultó Conservación Internacional (2007).

Como resultado de cada avistamiento se obtuvo la siguiente información: nombre de la especie, abundancia relativa, coordenadas de avistamiento, hora de avistamiento, comportamiento, distancia a la costa, estado del mar, estado del tiempo, nubosidad, visibilidad.

Para la comunidad de tortugas y mamíferos marinos se determinó su composición específica y la abundancia. Asimismo, se describió la ubicación, distribución y diversidad de las especies marinas identificadas, tal como se observa en la Tabla 4-22.

Además, empleando los datos de abundancia obtenidos por cada estación, se procedió a calcular el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') (Margalef, 1974), el índice de uniformidad de Pielou (Pielou, 1969), conocido también como índice de equidad (J) y el índice de riqueza de Margalef (DMg).

Tabla 9-22 Metodología para la evaluación de Mamíferos y Tortugas Marinas

Parámetro para medir	Unidad
Frecuencia de avistamiento por especie	N° avistamientos individuos por sp./total de millas recorridas X 100
Abundancia Relativa	N° de avistamientos de individuos por sp./por estación
Riqueza de Especies	N° total de especies identificadas
Distribución	Coordenadas (Georreferenciación)

Para categorizar a las especies registradas se tomaron en cuenta la lista nacional corresponde a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, mientras que las listas internacionales corresponden a La Lista Roja de Especies Amenazadas™ de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza – UICN, los Apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre – CITES, y los Apéndices de la Convención Sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres – CMS.

4.3.5 Socioeconómico.

El presente apartado tiene la finalidad de analizar los aspectos socioeconómicos del SAR. Para ello, se tomó en cuenta el espacio físico donde se llevarán a cabo la mayoría de las actividades, que, en este caso son los puertos de Tampico, Tamaulipas. Considerando este puerto será la base de las operaciones logísticas; donde se realizará la mayor parte de las actividades de pre-movilización y para el apoyo de la perforación exploratoria.

Tomando en cuenta lo antes mencionado, se describen brevemente los aspectos sociales y demográficos de ambas localidades.

La información obtenida corresponde a los datos que proporcionan instituciones; como: Unidad de Microrregiones Municipales SEDESOL (2010), Informe de municipios y demarcaciones territoriales de los estados de Tamaulipas y Veracruz (SEDESOL, 2018), los indicadores sociodemográficos y económicos por municipio de INEGI (2018) de los años 2010 y 2015 (años más actualizados en la página). Además de la Evaluación de Impacto Social (EVIS) realizada en el 2018 para el presente proyecto (PETRONAS, 2018), cuyo acuse de recepción se encuentra en el Anexo 1 Capítulo 3.

Descripción general municipal de Tampico.

Población.

En la distribución territorial, las localidades con mayor población se encuentran Tampico, con 297,373, Cruz Grande (Estero del Camalote) con 107 y La Isleta (Río Tamesí) con 36, según los datos del Censo de Población y Vivienda 2020 (Fuente. INEGI, Censo Población y Vivienda 2020).

En Población, Tampico cuenta con 297,562 habitantes de los cuales 52.4% son mujeres y 47.6% son hombres. La población del municipio representa 8.4% de la población estatal y ubica a Tampico como el cuarto municipio con mayor población en Tamaulipas, con una densidad poblacional de 2,598.5 habitantes por kilómetro cuadrado. La mitad de la población tiene 35 años o menos.

La información sobre la situación conyugal de la población tampiqueña, de 12 años y más, muestra que 35.2% es soltera, 41% casada, 10.4% está en unión libre, 4.9% separada, 2.5% divorciada y 5.9% es viuda.

Considerando las edades de la población y su situación conyugal destaca que, entre la población de 12 a 17 años, cerca de 2% está casada o en unión libre.

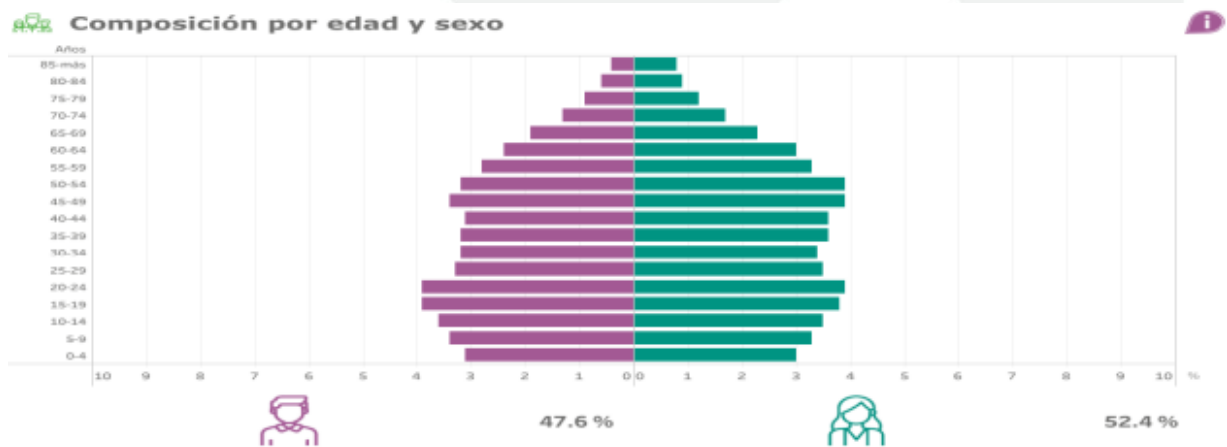


Figura 9-21. Fuente. INEGI, Censo Población y Vivienda 2020.

La situación conyugal de la población en Tampico, el 36.9% se encuentra casada, el 35.9% se encuentra soltera, el 13.2% en unión libre, 4.7% separada, el 3.1% divorciada y el 6% en estado de viudez.

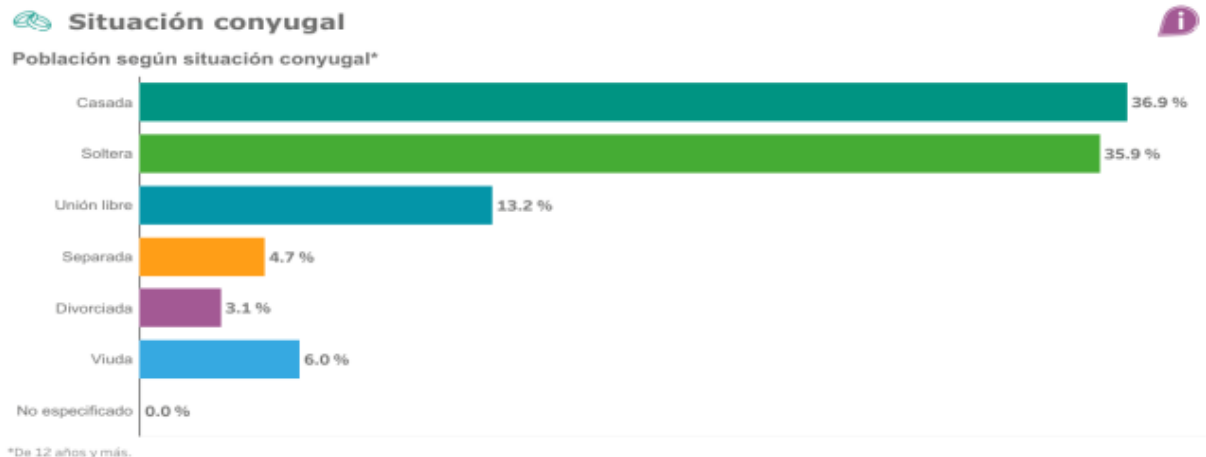


Figura 9-22. Fuente. INEGI, Censo Población y Vivienda 2020.

Según los datos del Censo de Población y Vivienda 2020, el total de viviendas particulares habitadas es 93,833 que representa el 8.8% del total del Estado de Tamaulipas. El promedio de ocupantes por vivienda es del 3.2%, teniendo como promedio de ocupantes por cuarto 0.8% y con viviendas con piso de tierra es del 0.4%.

Los servicios y equipamiento de las viviendas del municipio de Tampico, el 97.1% tienen servicios de agua entubada, el 99.4% drenaje, 99.5% servicios sanitarios, 99.6% cuentan con energía eléctrica, 35.2% tinaco y 3.9% sistema de cisterna o aljibe.

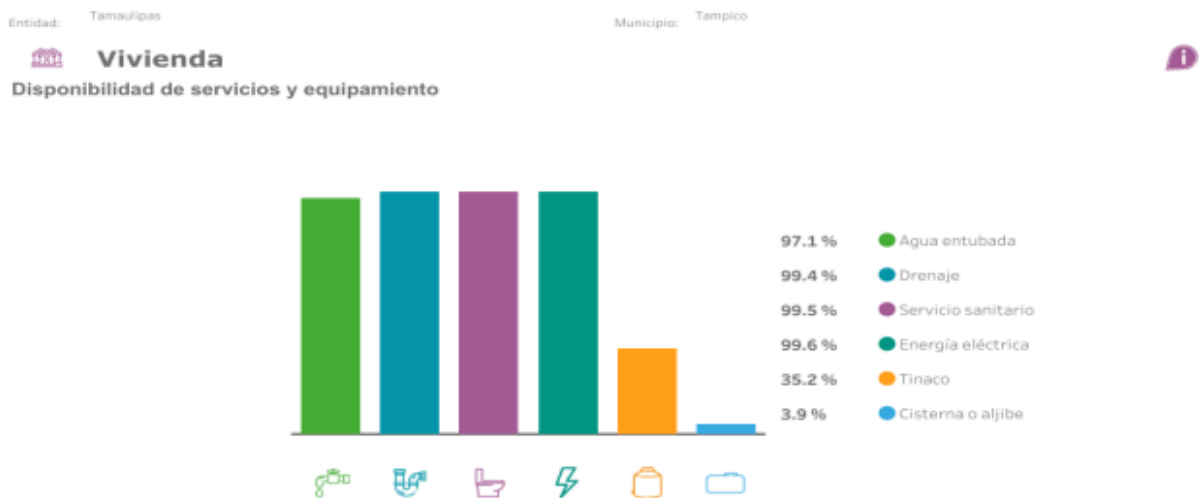


Figura 9-23. Fuente. INEGI, Censo Población y Vivienda 2020.

Según el Censo de Población y Vivienda 2020, muestra la disponibilidad de bienes en la vivienda de la población de Tampico, el 95.4% tiene refrigerador, el 84.3% lavadora, el 46.6% automóvil o camioneta, el 4.0% motocicleta o motoneta y el 8.1% bicicleta.

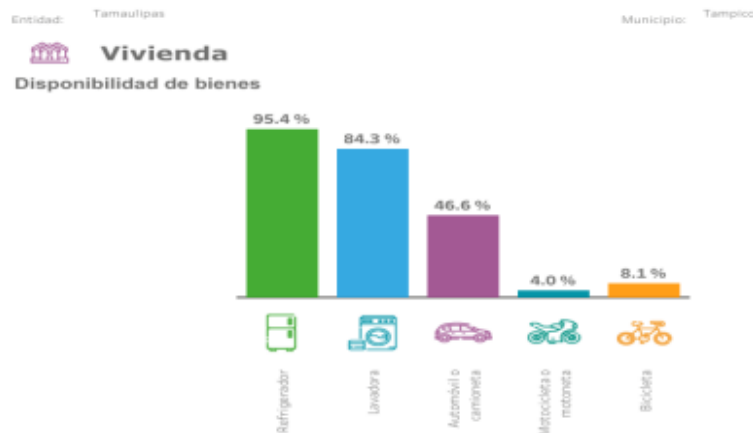


Figura 9-24. Fuente. INEGI, Censo Población y Vivienda 2020.

Las viviendas con tecnologías de la información y comunicación, el 50% tiene computadora, 58.4% cuentan con línea telefónica fija, el 93.4% se tiene al menos un teléfono celular, el 71.5% tienen internet y el 54.6% televisión de pago.

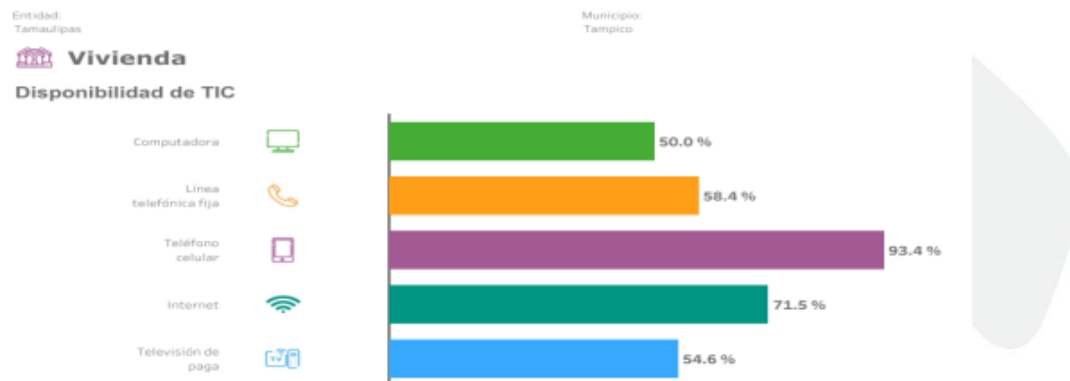


Figura 9-25. Fuente. INEGI, Censo Población y Vivienda 2020.

El municipio de Tampico tiene la siguiente descripción de etnicidad, el 0.92% habla una lengua indígena, el 0.61% de la población no habla español y tiene como la lengua indígena es la materna. Las lenguas con más frecuencia son la náhuatl con un 58.6% y el huasteco con 31.2%. Además, el 1.56% de la población se considera afroamericana negra o afrodescendiente.

El municipio de Tampico cuenta con 319 alumnos de educación especial, 1,067 alumnos de educación inicial, 8,256 en preescolar, 29,590 en primaria, 13,161 en secundaria, en 4,425 en formación para el trabajo, 11,617 en bachillerato, 502 profesional medio superior y 27,489 en superior.

4.3.6 Diagnóstico ambiental.

El pozo para explorar Naajal – 1EXP ubicado dentro del Área Contractual 4, se encuentra aproximadamente 510 km de distancia del puerto de Tampico, Tamaulipas; base logística para el desarrollo de actividades de pre - arranque del presente proyecto.

De acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García, el tipo de clima dominante en el municipio de Tampico es cálido subhúmedo con lluvias en verano.

La temporada más calurosa durante el semestre de mayo a octubre superando los 30°C; las mínimas son de noviembre a abril, siendo enero el mes más frío con temperaturas de 15.2°C. La

temperatura media anual dentro de la zona de la Laguna del Carpintero es de 25.1°C. Se tiene una suma anual de 1, 136 mm de agua, siendo marzo el mes con menos probabilidad de lluvias y septiembre el mes de mayor probabilidad de lluvia y la evaporación mensual y anual (1, 526.10).

Debido a la ubicación geográfica de Tampico, la zona es propensa a tener temperaturas extremas, en sí de ondas de calor, lo cual provoca fenómenos climatológicos que afectan las actividades cotidianas; tal es el caso de la canícula, el cual es un evento climático que sucede durante la estación de verano y se caracteriza por ser una sequía, es decir una disminución o ausencia de lluvia.

Los huracanes y tormentas tropicales se presentan en los meses de junio a octubre y de acuerdo con sus trayectorias, se ha observado que estos fenómenos afectan principalmente las costas de Veracruz y Tamaulipas.

El gobierno de Tamaulipas desarrolló el Programa Especial de Protección Civil Temporada de Sequía, Estiaje e Incendios Forestales 2021, donde Tampico cae en la clasificación D0 y D1, es decir que se encuentra en sequía moderada y anormalmente seco de acuerdo con la categorización realizada por CONAGUA.

El Cambio Climático afecta en gran manera las costas, en el caso del SAR, dentro de las vulnerabilidades de los escenarios de Cambio Climático que se prevén para el Golfo de México se encuentran los eventos extremos del clima, como son: sequías, lluvias abundantes, mayor incidencia de huracanes y depresiones tropicales que se acentuarán en los años por venir. A este escenario se suman dos fenómenos mayores: el cambio en las condiciones térmicas de la corriente del Golfo y el aumento en el nivel de los mares relacionado con el deshielo de los glaciares continentales y la dilatación térmica. Pese a ello, el único municipio del SAR que presenta alta vulnerabilidad ante el Cambio Climático es Altamira.

El estado de Tamaulipas cuenta con una ubicación geográfica privilegiada, es el punto de encuentro de tres provincias fisiográficas de gran importancia biológica: la Sierra Madre Oriental, la llanura costera del Golfo Norte, donde también se ubican la Sierra de Tamaulipas, y la Sierra de San Carlos, y las grandes planicies de Norteamérica, además de que se presenta la Llanura Costera del Golfo Norte.

El municipio de Tampico se ubica en una extensión terreno donde la variedad de vegetación natural y la geomorfología (incluso actividades antropogénicas), han dado pie a que se presenten varios tipos de suelo. De acuerdo con la Ficha de caracterización en Tampico se cuenta con los siguientes tipos de suelo: Regosol, Solonchak y Cambisol.

La zona de estudio cuenta con la Subprovincia de la Llanura Costera Inundable Tamaulipeca, la cual abarca un 21.5% del total de la superficie del municipio de Tampico.

Esta Subprovincia está cubierta por sedimentos marinos no consolidados, con altitud muy próxima al nivel del mar. La región cuenta con una superficie donde predominan las llanuras, que son inundables hacia la costa y están interrumpidas al oeste por lomeríos muy tendidos.

Las provincias geológicas presentes en el SAR, son: Tampico – Misantla, Cinturón Extensional Quetzalcóatl, Cinturón Plegado Catemaco, Cordilleras Mexicanas, Escarpe de Campeche, Pilar Reforma Akal, La Cuenca Salina del Istmo y la Plataforma de Yucatán. Mientras que las provincias petroleras dentro del SAR son: Golfo de México Profundo, Sureste, Tampico – Misantla y Veracruz.

El SAR comprende las plataformas de Tampico – Misantla, el Golfo y Yucatán, estas a su vez tienen intercambio con la plataforma de Texas y está fuertemente afectada por los remolinos que interactúan con el talud, principalmente en la plataforma externa. La influencia de los remolinos es mayor en la zona de Tamaulipas.

La Geomorfología Marina, descrita en la Carta Batimétrica Internacional del Mar Caribe y Golfo de México, muestra que el SAR presenta condiciones batimétricas que varían entre los 20 msnm en la parte terrestre y 3,500 m de profundidad en la zona marina. Asimismo, se observa que el Área Contractual 4 se encuentra a una profundidad entre 500 m y 2000 m.

En cuanto a Regiones Marinas Prioritarias, dentro del SAR predominan los Pantanos de Centla, siguiendo Cayos de Campeche, el Sistema Lagunar de Alvarado y los Tuxtlas.

La susceptibilidad hace referencia a la propiedad del terreno que indica si las condiciones de una ladera son favorables o desfavorables para la estabilidad, haciendo referencia únicamente a los factores intrínsecos de los suelos y/o las rocas. En cuanto a la sismicidad, geológicamente la zona del puerto de Tampico se encuentra en una región sísmica de menor frecuencia con aceleración de terreno menor al 70% de gravedad, la cual presenta una gran estabilidad.

En el caso de deslizamientos, el municipio de Tampico no se presenta en ninguna de las zonas de deslizamientos, siendo las más cercanas las regiones Golfo de México y Golfo Norte. Y para el caso de hundimientos De acuerdo con el Resumen ejecutivo del Atlas Municipal del Estado de Tamaulipas, elaborado por el Gobierno de Tamaulipas en conjunto con el Servicio Geológico Mexicano se expone que respecto a hundimientos generados por fenómenos cársticos.

Existen un punto crítico de inundación dentro del estado de Tamaulipas colindante a la zona de logística del presente proyecto, el cual está en el centro del municipio de Altamira, Tamaulipas.

Para el caso de actividad volcánica, sólo existe la presencia de un volcán activo en el municipio de Aldama, Tamaulipas. En el resto del área circundante al puerto de Tampico, existen sistemas montañosos, pero ninguno con actividad volcánica, los cuales no afectan en el Proyecto.

En el estado de Tamaulipas cuenta con la región VI Río Bravo y comparte con el estado de Veracruz la región IX Golfo Norte. En cuanto al estudio de los alrededores del puerto logístico de Tampico para el presente proyecto, se encuentran dentro de su delimitación las Regiones Hidrológicas: 25.

San Fernando Soto la Marina y 26. Las cuencas pertenecientes son la del Río Pánuco y Ríos San Fernando – Soto La Marina.

La superficie del SAR comprende un porcentaje muy bajo de superficie terrestre en comparación de la zona marina. En este sentido, es importante describir las características oceánicas e interacciones marinas que lo rodean.

Las corrientes superficiales presentan un flujo de agua casi constante y con pocos cambios significativos en su dirección, aunque la velocidad incrementa en verano, y es menor en invierno.

La circulación de las aguas de la corriente del Golfo son una derivación que describe una elipse que se dirige al sur y este formando una circulación ciclónica asociada principalmente a las variaciones de transporte del canal de Yucatán.

La Plataforma de Tamaulipas y Veracruz cuenta con vientos que permiten la mezcla vertical del Golfo de México, siendo en invierno los nortes y en verano tormentas tropicales y huracanes, haciendo más profunda la capa mezclada e incorporando nutrientes a la zona fótica.

Se establecieron 20 puntos de muestreo para la caracterización de componentes de los medios abiótico y biótico, conforme la Guía para la Elaboración de la Línea Base Ambiental previo al Inicio de las Actividades Marinas de Exploración y Extracción de Hidrocarburos. Se realizó el muestreo de agua superficial, media y fondo, además sedimentos.

La hidrogeología representativa del municipio de Tampico se compone en su mayoría de lutitas, limolitas, areniscas y conglomerados, en segundo lugar, hay existencia de terrazas marinas, gravas, arenas, limos, depósitos aluviales y lacustres, también hay presencia de rocas sedimentarias predominantemente arcillosas y en mucho menor proporción rocas volcánicas.

Los vientos durante los meses de marzo a septiembre presentan velocidades de 3 m/s con una componente sureste – noroeste, predominando la mayor parte del año.

De octubre a febrero son más frecuentes los vientos del norte con una velocidad entre 3.07 y 6.13 m/s, con una componente norte – noroeste – sureste. La frecuencia de vientos del norte registrados denominados “nortes”, establece un promedio superior a los 30 eventos, iniciando regularmente en septiembre y octubre, continuando hasta marzo y abril.

Las Áreas Naturales Protegidas y sitios RAMSAR circundantes al SAR son: Laguna de Términos, Los Tuxtlas, Pantanos de Centla, Sistema Arrecifal Lobos – Tuxpan, Sistema Arrecifal Veracruzano y las AICAS desglosadas en la Figura 4 18.

Tampico se ubica en un área de importancia ecológica debido a su colindancia con dos importantes afluentes, el Río Pánuco y el Río Tamesí, un gran número de lagunas como la del Chairel, Carpintero, entre otras, y finalmente la desembocadura de estos cuerpos de agua en el Golfo de México. Esta situación hidrográfica genera que exista una gran biodiversidad de especies acuáticas

y marinas, aves, reptiles, mamíferos y flora. Dentro de la zona de estudio se ubican algunas de los principales áreas verdes, parques, espacios públicos y reservas ecológicas del municipio.

Para el caso del estado de Tamaulipas, debido a la orografía y el clima presente en la Llanura Costera del Golfo, hay abundancia de bosques bajos de encino, matorrales altos y en algunas partes de las cañadas se desarrolla bosque mesófilo; además de que en algunas partes hay selva baja.

Así, es posible encontrar varios tipos de vegetación que se distribuyen fundamentalmente paralelos a la costa: cálido húmedo en la costa, cálido subhúmedo en la planicie costera, templados húmedos en la parte este de la vertiente del Golfo de México (barlovento), templado subhúmedo en la parte oeste de la vertiente (sotavento).

En cuanto a la vegetación marina, se realizó un muestreo dentro del Estudio de Línea Ambiental, en el cual se incluyó un muestreo de fitoplancton estuvo dirigido a la determinación de las especies más representativas del eslabón inicial de la cadena trófica marina, así como también a la identificación de microalgas consideradas potencialmente tóxicas y de aquellas comúnmente involucradas en ciertos eventos de importancia ecológica: “mareas rojas”, “floraciones algales nocivas” o procesos de eutrofización.

En cuanto a la Fauna terrestre, dentro del municipio de Tampico se ubica la Laguna del Carpintero, la cual es reconocida por la presencia de reptiles. De todas las especies que aquí viven, considerando las residentes y migratorias, ninguna es más simbólica que el cocodrilo mexicano o cocodrilo de morelet (*Crocodylus moreletti*).

Dentro de las especies de mamíferos presentes en la entidad están: ardilla tropical, lince americano, ardillón punteado, coyote, coatí norteño, miotis mexicano, murciélago moreno norteño, tamandúa norteño, entre otros. De especies de anfibios son: sapo nebuloso, tlaconete tamaulipeco, rana de hojarasca decorada, rana de coro manchada, rana de bigotes, salamandra, ranita grillo y tlaconete de Galeana, y otras. De reptiles: tortuga del desierto de Tamaulipas, boa, tortuga lora, cascabel de cola negra, víbora de cascabel totonaca, lagartija espinosa del noreste, iguana verde, culebra caracolera de oriente, entre otros (INEGI, 2014).

Al igual que para la calidad del agua y vegetación marina, dentro del muestreo realizado para el estudio de LBA se analizaron zooplancton e inctioplancton. Los organismos presentes fueron determinados hasta el menor nivel taxonómico posible diferenciando su pertenencia a los grupos de copépodos, cladóceros, apendicularias, cnidarios, ictioplancton (huevos y larvas de peces), entre otros; y los resultados de los conteos fueron expresados cuantitativamente en términos de número de organismos por m³ de agua de mar.

En cuanto a la macrofauna, se hizo un avistamiento de mamíferos marinos y aves marinas se registraron 10 individuos corresponden a una sola especie “delfín moteado” *Stenella attenuata*. En cuanto a tortugas marinas no hubo avistamiento durante el recorrido, sin embargo, de acuerdo con información bibliográfica se sabe de la presencia de 5 especies características del Golfo de México,

en orden de abundancia: “tortuga blanca” *Chelonia mydas*, “tortuga caguama” *Caretta c. caretta*, “tortuga carey” *Eretmochelys i. imbricata*, “tortuga lora” *Lepidochelys kempfi* y “tortuga laúd” *Dermochelys coriacea*. (CONACYT, 2017).

La población de Tampico ronda entre los 297,562 habitantes de los cuales 52.4% son mujeres y 47.6% son hombres. La población del municipio representa 8.4% de la población estatal y ubica a Tampico como el cuarto municipio con mayor población en Tamaulipas, con una densidad poblacional de 2,598.5 habitantes por kilómetro cuadrado. La mitad de la población tiene 35 años o menos.

La situación conyugal de la población en Tampico, el 36.9% se encuentra casada, el 35.9% se encuentra soltera, el 13.2% en unión libre, 4.7% separada, el 3.1% divorciada y el 6% en estado de viudez.

Por su parte la población menor a 14 años en conjunto alcanza el 22%, mientras que la mayor a 65 años representa únicamente el 10%, lo que trae como consecuencia que la carga que soporta la población activa con relación a la población inactiva sea de 48 por cada 100 como razón de dependencia.

En su mayoría la población cuenta con electrodomésticos básicos y con tecnologías de información y comunicación, m por debajo del 40% de la población son quienes no cuentan con el acceso a estos servicios.

En el sector Salud, y referente a la pandemia del 2020, los datos arrojados por instituciones públicas del municipio de Tampico indican que la visualización presenta la evolución de los contagios diarios por COVID-19 en Tampico. Con el selector en la parte superior es posible cambiar la visualización a la evolución de fallecidos por COVID-19 (diarios o acumulados). También se da la opción de visualizar los datos con promedio móvil de siete días o tasa cada 100 mil habitantes. Mejorando esto con las estrategias establecidas por el mismo gobierno.

La seguridad se resume en que hay una confianza promedio del 40% en autoridades, las principales denuncias son por violencia familiar, siguiendo robo, daño a la propiedad y lesiones.

En el sector económico se estima que el total del personal ocupado es de 30,756 personas; el comercio menor concentra el número más alto de empleos, con 10, 523 empleados lo que representa el 34 % del total.

Con base en ello se tiene que por sector de actividad existe una marcada terciarización de la economía. El sector terciario, con 4,577 unidades económicas y un estimado de 28,306 empleos, representa el 93% de las unidades económicas y los empleos, mientras que el sector primario representa tan solo el 1%.

Se cuenta con los servicios para la población, como son agua potable, el principal problema en la red de abastecimiento de agua es la antigüedad de su infraestructura. Actualmente no existen

problemas graves de abastecimiento, sin embargo, se pierde un gran porcentaje del agua producida en fugas, tomas clandestinas y falta de medición, en las zonas operativas de Comisión Municipal de Agua Potable y Alcantarillado Tampico-Madero (COMAPA); drenaje sanitario, pluvial, energía eléctrica, transporte público y equipamiento urbano.



4.4 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS.

En este análisis se lleva a cabo la identificación de peligros, evaluación y análisis de Riesgos del Proyecto de manera exhaustiva, considerando lo que se indica en los apartados siguientes.

4.4.1 Identificación de peligros y jerarquización de escenarios de riesgo.

El personal que realiza la identificación de peligros y jerarquización de Escenarios de Riesgo cuenta con conocimiento y experiencia suficiente en las metodologías empleadas y en el Sector Hidrocarburos, especialmente en el área operativa de perforación de pozos.

4.4.1.1 Análisis Preliminar de Riesgo.

El análisis preliminar de riesgos se considera como una herramienta eficaz para identificar de manera preliminar los peligros y amenazas en la fase de diseño del proyecto y/o instalación reconociendo las Sustancias Peligrosas, condiciones y posibles Peligros que conlleva el utilizar una determinada tecnología, así como las salvaguardas, medidas de seguridad, y protecciones consideradas para cada una de las áreas que conforman el Proyecto y/o Instalación. Siendo de particular interés, la implementación de las mejores prácticas nacionales e internacionales de ingeniería, códigos y estándares normalmente reconocidos, y en su caso, la aplicación hasta donde sea posible del Diseño inherentemente seguro. Algunos ejemplos de metodologías se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 9-23. Metodologías de Análisis Preliminar de Peligros

Tipo	Nombre
Metodología de Análisis de Riesgo Cualitativo	Identificación de peligros (Hazid)
	Lista de Verificación
	Revisión de Seguridad

4.4.1.1.1 Análisis de Identificación de Peligros Hazid.

Para este proyecto como Análisis preliminar de riesgo se elaboró la Identificación de Peligros con la metodología Hazid (ver Anexo 4e).

El estudio HAZID es una herramienta para la identificación de peligros, utilizada en el inicio de un proyecto tan pronto como están disponibles los diagramas de flujo del proceso, los balances de calor y masa, los trazos de diseño. También se requiere de la infraestructura

existente, clima e información geotécnica, estos son una fuente de peligros externos.

La realización de un análisis HAZID puede involucrar entre otras, las siguientes etapas:

1. Definición del área de estudio.
2. Definición de los sistemas a analizar.
3. Definición de los subsistemas a analizar.
4. Sesiones HAZID.

Durante las sesiones, el equipo HAZID revisa cada uno de los peligros identificados y cada una de sus causas, consecuencias, salvaguardas y acciones, que son registradas en las hojas de trabajo HAZID.

Para desarrollar un estudio HAZID, se integra un grupo multidisciplinario de especialistas con experiencia y conocimiento del proyecto, de los departamentos de diseño, ingeniería, operaciones, seguridad y medio ambiente, encabezado por un líder con conocimiento profundo de la técnica. Se requiere que comprendan completamente el proyecto y sus interrelaciones, a fin de poder cuestionar correctamente cada una de las actividades y etapas del mismo, identificando las desviaciones al propósito original que puedan ocurrir y así, determinar cuáles de esas desviaciones pudiesen dar lugar a riesgos para el personal, el medio ambiente y/o las instalaciones durante el ciclo de vida del proyecto.

Es conveniente que dicho líder no esté estrechamente involucrado en el diseño ni en los aspectos operativos para asegurar la objetividad del estudio. El director debe incitar a la discusión cuando sea necesario, al tiempo que debe dejar que los miembros del equipo descubran las soluciones buscadas.

El líder nombrado facilitará el progreso del estudio, informará al equipo de los objetivos y la metodología del mismo y los guiará durante todas las etapas para realizar el informe. En esencia, el HAZID debe revisar y escrutar cada una de las etapas operativas del proyecto, con suficiente detalle para identificar todos los riesgos.

El HAZID es una técnica cualitativa que permite identificar desviaciones del propósito original o postulados de accidentes que pudieran ocurrir durante el proyecto.

Para cada desviación identificada se incluye la siguiente información:

1. La lista de las posibles causas.
2. La lista de las consecuencias.

3. Evaluación previa del riesgo inherente empleando una matriz de ponderación de riesgos.
4. La respuesta del riesgo para asegurar que las salvaguardas son apropiadas.
5. Recomendaciones en caso de que el riesgo deba ser reducido.
6. Evaluación final del riesgo.

Para cada uno de los peligros identificados se realiza la evaluación del riesgo inherente (sin considerar las salvaguardas existentes o previstas) y del riesgo residual (teniendo en cuenta las salvaguardas existentes o previstas), valorando la severidad de las potenciales consecuencias para las personas, los activos, el medio ambiente y la imagen de la compañía, así como la probabilidad de que el riesgo se materialice.

Desarrollo de Sesiones.

Para la identificación de los riesgos en la instalación se utilizó la metodología cualitativa HAZID, aplicada por un grupo multidisciplinario, la cual tiene el objetivo principal el evaluar cualitativamente el número y cuales escenarios peligrosos o accidentales puedan producirse, identificando sus causas, consecuencias y posibles salvaguardas (sistemas de prevención o mitigación).

Integrantes del Equipo Multidisciplinario.

El presente estudio se realizó con la participación de un equipo multidisciplinario formado por personal de PETRONAS y Territorio y Medio Ambiente Ver Anexo 4f-IV.

Desarrollo de las Metodologías.

En las siguientes tablas se muestran los sistemas y los subsistemas analizados mediante la metodología HAZID, con la participación de un grupo multidisciplinario, para la Identificación de Peligros, Jerarquización y Evaluación de Riesgos para el proyecto denominado: “Perforación exploratoria de Naajal-1EXP, en el Área Contractual 4, Cuenca Salina, en el Golfo de México” se muestra en la Tabla 9-4.

Tabla 9-24. Número de Identificación de Nodos por la Metodología Hazid.

Sistemas	Subsistema (Nodo)
1. Perforación de Pozos Exploratorios	1. Diseño
	2. Construcción (Movilización / Desmovilización / Instalación)

Sistemas	Subsistema (Nodo)
	3. Operaciones Rutinarias (procesamiento, perforación, revestimiento, cementación, grúas y operaciones en plataforma, etc.)
	4. Operaciones No rutinarias (Pre-Arranque, mantenimiento mayor, paradas de emergencia, situaciones de emergencia y otros).
	5. Abandono.

Resultados de la Identificación de Riesgos.

En la Tabla 9-5, se puede observar un resumen general del análisis desarrollado para el proyecto. En dicha información podrá detectarse el nivel de análisis propuesto mismo que indica las diferentes causas identificadas por sistema y el número de consecuencias propuestos.

Tabla 9-25. Resumen General de la Aplicación de la Metodología Hazid

Sistema	Subsistema	Número de items de analizados			
		¿Qué pasa si...?	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones
1.Perforación de los pozos Exploratorios.	1.Diseño.	1	3	17	1
	2.Construcción (Movilización / Desmovilización / Instalación).	2	5	11	1
	3.Operaciones rutinarias (Procesamiento de lodo, perforación, operaciones de recubrimiento, cementación, grúa y operaciones en	16	26	90	1
	4.Operaciones no rutinarias (Pre-arranque, Mantenimiento mayor, Paradas de emergencia, situaciones de emergencia and otros).	4	5	6	0
	6. Abandono.	1	2	1	1

Una vez realizada la identificación de riesgos a través de la metodología de identificación HAZID, se procedió a realizar la jerarquización de riesgos

Jerarquización de escenarios de riesgos.

La Figura9-26, muestra las matrices y el número de escenarios resultantes de la jerarquización de riesgos por la aplicación de la metodología HazId, Resaltando la zona donde se ubican clasificándolos como riesgos: Intolerable, Tolerable si es tan bajo como razonablemente factible y Aceptable en términos Generales.

DAÑOS AL PERSONAL						DAÑOS MEDIO AMBIENTE								
		CONSECUENCIA							CONSECUENCIA					
		1	2	3	4	5			1	2	3	4	5	
PROBABILIDAD	E						PROBABILIDAD	E						
	D			1				D		1				
	C	6		2	3	2		C	7	2	2			
	B	3		1	1	5		B	2	3	2		4	
	A	2			1			A	3					

DAÑOS AL ACTIVO						DAÑOS A LA REPUTACIÓN								
		CONSECUENCIA							CONSECUENCIA					
		1	2	3	4	5			1	2	3	4	5	
PROBABILIDAD	E						PROBABILIDAD	E						
	D	1						D	1					
	C	5	2	5				C	8	3	1			
	B		3	2	1	4		B	1	3	3		3	
	A			1		2		A			3			

Figura 9-26. Matriz de Riesgos Identificados (Metodología HazId, Re-jerarquizado).

Después de realizar la jerarquización de Riesgos, para el proyecto denominado: “Exploración del Área Contractual 4”, se observan 2 escenarios los cuales caen dentro de la región de riesgo Alto (considerando el Riesgo Residual que es sin salvaguardas), para lo cual se desarrollan los siguientes escenarios de Riesgo mostrados en la siguiente tabla:



Tabla 9-26. Escenarios de Riesgo identificados en Hazid.

No	Descripción del escenario identificado	Nivel de Riesgo (F x C)	Identificación del nodo o sistema	Nombre de la instalación	Instalación superficial	Sustancia involucrada
1	Fuga de gas y crudo ligero debido a una pérdida de control del pozo/integridad de pozo con posible incendio, heridas al personal y daño a los bienes.	Alto	1.2.1.1,1.3.2.1, 1.3.3.1, 1.3.6.1, 1.3.11.1, 1.3.11.2, 1.3.16.1	Área Contractual 4	Pozo Exploratorio	Crudo
2	Derrame de crudo en lecho marino durante la perforación, debido a una pérdida de control del pozo/integridad de pozo con daño al medio ambiente.	Alto	1.1.1.1,1.1.1.2, 1.1.1.3, 1.2.1.1, 1.3.16.1, 1.5.1.1	Área Contractual 4	Pozo Exploratorio	Crudo

En el análisis Hazid los peligros identificados de Alto riesgo por Pérdida de control de pozo/Integridad son considerados como escenarios de riesgo a simular. Las recomendaciones derivadas del análisis Hazid se presentan en el Anexo 4e.

4.4.1.2 Antecedentes de Accidentes e Incidentes de Proyectos Similares.

El análisis histórico de accidentes (AHA), esta metodología se utilizó para el análisis de accidentes e incidentes ocurridos en instalaciones semejantes al “Exploración del Área Contractual 4”.

La Base de Datos Mundial de Accidentes Marítimos (WOAD), que almacena información sobre 6.451 accidentes ocurridos en la industria de hidrocarburos y gas en alta mar entre 1970 y 2012, contiene principalmente información sobre el Mar del Norte (57%) y el Golfo de México (26%) y, en menor medida, otras partes del mundo (17%).

Según la información de esta base de datos, se informaron los siguientes accidentes entre 1970 y 2012 organizados por tipo de unidad Tabla 9-27 muestra los accidentes relacionados con la perforación y exploración de campos petroleros y, por lo tanto, es más relevante para el Proyecto. La Tabla 9-28 muestra los accidentes en general que ocurrieron en la industria de hidrocarburos pero que no necesariamente involucran actividades de perforación y exploración.

Tabla 9-27. Accidentes totales asociados con la perforación y exploración por tipo de unidad (en el mundo de 1970 a 2012).

Tipo de unidad	Accidente	Incidente	Casi incidente	Evento insignificante	Total
Barcaza de perforación	66	22	0 0	2	90
Drillship	95	75	3	4 4	177
Equipo de perforación auxiliar	10	4 4	0 0	1	15
Instalación submarina	4 4	8	0 0	2	14

Fuente: Base de datos mundial de accidentes en alta mar.

Tabla 9-28. Accidentes generales en la industria de hidrocarburos.

Tipo de unidad	Accidente	Incidente	Casi accidente	Evento insignificante	Total
Isla artificial	2	1	0 0	0 0	3
Barcaza (sin taladrar)	63	34	2	1	100
Estructura de hormigón	83	432	78	138	731
Quemador	1	0 0	0 0	1	2
Unidad de almacenamiento y descarga de producción flotante de hidrocarburos (FPSO) construida desde un barco	25	102	9 9	32	168
Helicóptero	243	19	13	3	278
Plataforma de la chaqueta	746	916	128	259	2,049
Autoelevante	577	219	13	35	844
Boya de carga	13	19	2	5 5	39
Unidad móvil (no equipo de perforación)	18 años	3	0 0	0 0	21
Otros	0 0	2	0 0	1	3

Tipo de unidad	Accidente	Incidente	Casi accidente	Evento insignificante	Total
Otras estructuras fijas	44	66	00	2	12
Tubería	145	115	1	44	265
Semisumergibles	306	663	151	123	1,243
Sumergibles	19	55	00	1	25
Plataforma TLP	14	137	24	30	205
Estructura bien soportada	127	36	2	2	167

Fuente: Base de datos mundial de accidentes en alta mar.

Además, en su informe de 2017 sobre la seguridad de las operaciones de helicópteros en alta mar en el Golfo de México, la Conferencia Asesora de Seguridad de Helicópteros (HSAC) informa que ha habido 29 accidentes desde 1999, en los que 7 fueron mortales (24%): 15 muertes y 18 heridos.

El Centro Johns Hopkins para la investigación de las lesiones y la política de lesiones, parte de la Escuela de Salud Pública Bloomberg John Hopkins (JHSPH), informa que los helicópteros que trabajan con plataformas de perforación y buques de perforación en el Golfo de México fallan, en promedio, más de seis veces al año, lo que resultó en un promedio de 5 muertes al año de 1983 a 2009. Durante este tiempo, se produjeron 178 accidentes con 139 muertes, incluidos 41 pilotos y 3 copilotos. Los análisis determinaron que el resultado más común de fallas mecánicas en accidentes fatales y no fatales fue la pérdida de potencia del motor, que ocurrió en casi un tercio de los accidentes fatales. La mayoría de los aterrizajes forzados después de fallas mecánicas se produjeron en el mar, el 20% de los cuales resultó en el hundimiento del helicóptero a pesar de estar equipados con dispositivos de flotación activados por el piloto.

La Tabla 9-9 a continuación presenta algunos de los accidentes de helicópteros más recientes asociados con la industria petrolera en alta mar en el Golfo de México y el mundo.

Tabla 9-29. Accidentes de helicópteros en operaciones petroleras en el mundo.

Fecha	Helicóptero	Ubicación	Hechos	Porque
19 / enero / 1996	Eurocopter AS332	Aberdeen	El helicóptero volaba hacia las plataformas petrolíferas cuando fue alcanzado por un rayo que causó graves daños a su rotor de cola. El piloto se vio obligado a hacer un aterrizaje de emergencia en el mar. Todos sobrevivieron.	Externo
18 / nov / 1998	Helicópteros Asepa y Pegaso	Golfo de México, Campeche	Una colisión de dos helicópteros mientras transportaba a los directores de PEMEX entre plataformas marinas en la Sonda de Campeche. 20 muertes	Error operacional humano
2001	Aerosátiale AS332L1	El mar del Norte	El movimiento de la plataforma petrolera hizo que el helicóptero volcara mientras los rotores todavía giraban. 1 herido	Externo
16 / julio / 2002	Sikorsky S-76A	El mar del norte	Durante un vuelo a la plataforma petrolera Clipper, las palas del rotor principal se soltaron y causaron un choque de alta velocidad en el mar. 11 personas murieron	Técnico
19 / junio / 2003	BO-105	Golfo de México, Campeche	Un helicóptero se lanzó al mar debido a causas desconocidas después de despegar de la plataforma de Júpiter para repostar. 1 muerte	Desconocido
13 / abril / 2006	XA-TNE	Golfo de México, Campeche	Unos minutos después de despegar hacia la zona de la plataforma petrolera, un helicóptero sufrió una falla mecánica. La tripulación logró ejecutar un aterrizaje en el agua y fueron rescatados.	Técnico
27 / dic / 2006	Eurocopter AS365	Morecombe Bay, Inglaterra, Reino Unido.	Durante una operación nocturna de transporte de personal, el piloto se desorientó debido al mal tiempo, perdió altitud y se estrelló en el mar. Ambos pilotos y 5 pasajeros murieron	Operacional
1 / abril / 2009	Eurocopter AS332 L2 Super Puma	Escocia, Reino Unido	En el viaje de regreso desde la plataforma petrolera Miller, el piloto perdió el control del helicóptero debido a una falla repentina de la caja de engranajes del rotor principal, lo que provocó que el rotor se soltara. El helicóptero se estrelló contra el mar a gran velocidad. El accidente destruyó el helicóptero y murieron 16 pasajeros.	Técnico
2012	Eurocopter EC225	El mar del Norte	El piloto informó un problema con la caja de cambios y su intención de hacer un aterrizaje de emergencia en el mar. Sin muertes ni lesiones.	Técnico
15 / febrero / 2015	Agusta Westland AW119 MK II	Golfo de México	El helicóptero de repente se desvió hacia la izquierda. Se ejecutó un aterrizaje de emergencia. No hubo muertos ni heridos. El helicóptero sufrió daños mecánicos.	Externo

Fecha	Helicóptero	Ubicación	Hechos	Porque
18 / jun / 2015	Campana 407	Golfo de México	Fuertes vientos empujaron el helicóptero fuera del helipuerto y la plataforma de perforación cuando su motor estaba en marcha. El piloto resultó herido.	Externo
6 / febrero / 2015	Bell 206B	Golfo de México	Un helicóptero se estrelló contra el agua cerca de Galveston mientras regresaba de una plataforma por la noche. 1 de cada 3 personas desapareció. La causa fue un error piloto	Operacional
12 / ago / 2015	Sikorsky S-76C	Lagos, Nigeria	El helicóptero regresaba de una plataforma cuando se estrelló contra el lago. Razones desconocidas 6 muertes	Desconocido
3 / nov / 2015	Desconocido	Mumbai High Oil Field, India	El helicóptero estaba realizando pruebas de aterrizaje nocturno y se estrelló en el mar por razones desconocidas. Dos muertes	Desconocido
29 / abr / 2016	Airbus H225	Bergen, Noruega	Al regresar de una plataforma petrolera, el rotor principal del helicóptero se rompió. Como resultado, el helicóptero se estrelló y se quemó en una pequeña isla. Los 13 pasajeros murieron.	Técnico
27 / febrero / 2017	Campana 407	Golfo de México	El piloto no pudo mantener la altitud y se estrelló en el mar mientras regresaba para reparar el motor. 1 muerte (el piloto)	Operacional
2 / mayo / 2017	Campana 407	Golfo de México	Pérdida del rotor de cola, que provocó un aterrizaje de emergencia. Sin muertes ni lesiones.	Técnico
26 / sep / 2017	Desconocido	Cabinda, Angola	El helicóptero estaba en ruta hacia la plataforma Tombua-Landana y nunca llegó a su destino. El helicóptero se estrelló contra el mar. 6 muertes	Desconocido

Fuente: HSAC (conferencia consultiva de seguridad de helicópteros); Junta Nacional de Seguridad del Transporte y Aeroassurance

Operacional: un evento asociado con la operación del helicóptero.

Externo: un evento asociado con las condiciones climáticas.

Técnico: un evento asociado con una falla mecánica o del equipo.

Fuentes: HSAC, National Transportation Safety Board, Aeroassurance, oilandgasuk.co.uk

4.4.1.2.1 Derrames importantes en aguas de los Estados Unidos.

Según el Bureau Ocean Energy Management (BOEM), se registraron 47 derrames importantes de 1,000 barriles de hidrocarburos entre 1964 y 2011 en aguas bajo la jurisdicción federal de los Estados Unidos. La Tabla 9-30 muestra los accidentes causados por reventones.

Tabla 9-30. Grandes derrames de hidrocarburos en aguas estadounidenses.

Notas	Fecha	Empresa	Nombre de la instalación	Clasificación USCG *	Derrame total (barriles)	Hidrocarburos y refinados (barriles)	Fluidos sintéticos (barriles)	Otros productos químicos (barriles)	Producto derramado	Porque
1, 3	1964-10-03	Signal Oil y Gas Company	Plataforma B	Mayor	5,100	5,100	0 0	0 0	Hidrocarburo	Clima, fuerza externa, huracán Hilda
1, 3	1964-10-03	Midwest Oil Corp. y / o Continental Oil Co.	Plataformas A, C y D	Mayor	5,180	5,180	0 0	0 0	Hidrocarburo	Clima, fuerza externa, huracán Hilda
1	1965-07-19	Pan American Petroleum Corp.	Cajón No. 7	Medio	1,688	1,688	0 0	0 0	Condensados	Falla en el equipo
1, 2	1969-01-28	Union Oil Company of California	Plataforma A Pozo No. A-21	Mayor	80,000	80,000	0 0	0 0	Hidrocarburo	Falla del equipo, error humano
dieciséis	1969-03-16	Mobil Produciendo Texas y Nuevo México	Pues no 3	Mayor	2,500	2,500	0 0	0 0	Hidrocarburo	Clima, colisión, fuerza externa, falla del equipo, error humano
1, 2, 5	1970-02-10	Chevron Oil Company	Plataforma C	Mayor	65,000	65,000	0 0	0 0	Hidrocarburo	Fuerza externa, falla del equipo, error humano, incendio

Notas	Fecha	Empresa	Nombre de la instalación	Clasificación USCG *	Derrame total (barriles)	Hidrocarburos y refinados (barriles)	Fluidos sintéticos (barriles)	Otros productos químicos (barriles)	Producto derramado	Porque
1, 2, 7, 8	1970-12-01	Shell Offshore, Inc.	Plataforma B Pozo No. B-21.	Mayor	53,000	53,000	0 0	0 0	Hidrocarburo	Falla del equipo, explosión, incendio, 36 lesiones, 4 muertes.
1	2007-10-21	Anadarko Petroleum Corporation	Pues no 1	Medio	1,061	0 0	1,061	0 0	Hidrocarburo sintético a base de aceite	Falla del equipo, pérdida de control del pozo
1,2,5,7,8	2010-04-20	BP Exploración y Producción Inc.	-	Mayor	Estar determinado	Estar determinado	Estar determinado	Estar determinado	Hidrocarburo	Bajo investigación

Fuente: Bureau Ocean Energy Management (BOEM).

Notas

- 1 Derrames menores causados por reventones: menos de 10,000 galones (menos de 238 barriles)
- 2 Derrames moderados que llegaron a tierra: 10,000 a 99,999 galones (238 a 2,380 barriles)
- 3 Derrames importantes causados por huracanes: 100,000 galones y más (2,381 barriles y más)
- 4 Daños provocados por huracanes: basados solo en el tamaño del derrame, sin evaluar los impactos
- 5 Explosión / fuego
- 6 colisión
- 7 Lesiones 8 Muertes

4.4.1.2.2 Derrames de hidrocarburos de PEMEX

Las estadísticas de PEMEX fueron revisadas para encontrar incidentes locales relacionados. Según la empresa paraestatal mexicana Petróleos Mexicanos (PEMEX), los derrames reportados en la Tabla 9-31 ocurrieron en aguas bajo jurisdicción federal. El derrame de Ixtoc 1 es especialmente importante ya que es un incidente que ocurrió durante la perforación de un pozo.

Tabla 9-31. Derrames de hidrocarburos de PEMEX

Fecha	Nombre de la instalación	Ubicación	Hechos	Cantidad derramada
1979	Ixtoc I, pozo exploratorio	Situado en el Golfo de México, a 965 kilómetros al sur de Texas ya 94 kilómetros de Ciudad del Carmen.	PEMEX estaba perforando un pozo de hidrocarburos a una profundidad de 3.63 kilómetros cuando se perdió la perforación y la circulación del lodo de perforación. En consecuencia, se perdió la estabilidad y se produjo una explosión de alta presión que provocó la pérdida de la contención. El hidrocarburo se incendió debido a una chispa y la unidad de perforación se derrumbó.	3,3 millones de barriles de hidrocarburos El hidrocarburo alcanzó zonas costeras.
1999	Indisponible	Indisponible	El informe de salud, seguridad y medio ambiente de PEMEX indicó que el 3% de los derrames registrados durante las operaciones de PEMEX en 1999 tuvieron lugar en el mar.	Indisponible
2,000	Indisponible	Indisponible	El informe de salud, seguridad y medio ambiente de PEMEX indicó que el 7% de los derrames registrados durante las operaciones de PEMEX en 2000 tuvieron lugar en el mar.	Indisponible
2001	Indisponible	Indisponible	El informe de salud, seguridad y medio ambiente de PEMEX indicó que el 3% de los derrames registrados durante las operaciones de PEMEX en 2001 tuvieron lugar en el mar.	Indisponible
2002	Indisponible	Indisponible	El informe de salud, seguridad y medio ambiente de PEMEX indicó que el 1% (200 toneladas) de los derrames registrados durante las operaciones de PEMEX en 2002 tuvieron lugar en el mar.	Indisponible
2003	Indisponible	Indisponible	De acuerdo con el informe de salud, seguridad y medio ambiente de PEMEX para 2003, se produjeron 72 derrames de hidrocarburos en el mar, 2 como resultado de las actividades de PEMEX Refinery (PR) y 70 de PEMEX Exploration and Production.	1,022 barriles de hidrocarburos, asociados con 72 derrames.

Fecha	Nombre de la instalación	Ubicación	Hechos	Cantidad derramada
2006	Indisponible	Indisponible	Según el informe de salud, seguridad y medio ambiente de PEMEX, se registraron 51 derrames de hidrocarburos en el mar en 2006.	Indisponible
2007	Bueno KAB-121	Situado a 32 kilómetros (20 millas) de la Terminal Marina Dos Bocas (TMDB) en el Municipio de Paraíso.	Como resultado del mal tiempo, la unidad de perforación autoelevada Usumacinta se estrelló contra el Kab-121, que estaba perforando el Kab 103, rompiendo así el árbol de Navidad y provocando un derrame de hidrocarburos y gas natural.	Indisponible
2011	Indisponible	Indisponible	Según el informe de salud, seguridad y medio ambiente de PEMEX, se registraron 12 derrames de hidrocarburos en el mar en 2011.	Un total de 40 barriles para los 12 eventos.
2012	Boya de amarre de un solo punto (SPM) número 3	Costa del Pacífico (Oaxaca)	El hundimiento de la boya de amarre de un solo punto número 3, desactivada desde 2008, derramó hidrocarburos en el mar en Salina Cruz.	Mil litros de hidrocarburos
2015	Akal-H	Bahía de Campeche, México	Derrame de gas y petróleo sin víctimas mortales o heridos. El accidente afectó la producción diferida de hidrocarburos por una suma de 15,000 barriles. La compañía petrolera controló el incendio con cuatro buques de respuesta a emergencias.	Indisponible

Fuente: Esta información sobre salud, seguridad y medio ambiente se tomó de los informes anuales de la empresa paraestatal PEMEX.

4.4.1.2.3 Incidentes reportados por PCCMO.

Grupo Petronas, al que pertenece PCCMO, ha estado expandiendo sus proyectos de exploración y producción de recursos en el extranjero en diferentes partes del mundo, incluidas las Américas. La seguridad de los trabajadores y la protección y conservación del medio ambiente ocupan un lugar destacado en la lista de prioridades de Petronas, como lo demuestran sus políticas y su forma de hacer negocios. Petronas no ha registrado un evento importante de derrame durante sus proyectos y campañas de exploración y producción anteriores en las Américas.

4.4.1.3 Identificación de Peligros y de Escenarios de Riesgo.

El Análisis de Riesgo de Proceso para el proyecto denominado: “Perforación exploratoria de Naajal-1EXP, en el Área Contractual 4, Cuenca Salina, en el Golfo de México”, en su etapa de Perforación, está integrado por una serie de metodologías cuyo objeto es el identificar las principales desviaciones durante el proceso de operación, el cual está dividido en diferentes etapas como:

- Análisis de Riesgo Cualitativo.
- Análisis de Riesgo Cuantitativo.

Dentro de cada una de las etapas se emplean diferentes metodologías, de acuerdo con las necesidades del proyecto se seleccionarán las más adecuadas.

4.4.2 Análisis Cualitativo de Riesgo.

El proceso de realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos consiste en evaluar cuál es el impacto y la probabilidad de ocurrencia de cada uno de los riesgos identificados.

El nivel de riesgo se define como Cualitativo cuando se realiza una aproximación inicial que no refleja el rigor del análisis detallado objetivo. El nivel de riesgo se puede calificar como alto, medio o bajo, dependiendo del impacto que suponga para la consecución del proyecto y de la probabilidad de que el evento ocurra.

En función de las combinaciones entre impacto y probabilidad (Matriz de Impacto y Probabilidad) podremos determinar la importancia que debemos otorgar al riesgo evaluado. Además, nos permitirá planificar la realización del Análisis Cuantitativo.

Elección de la Metodología.

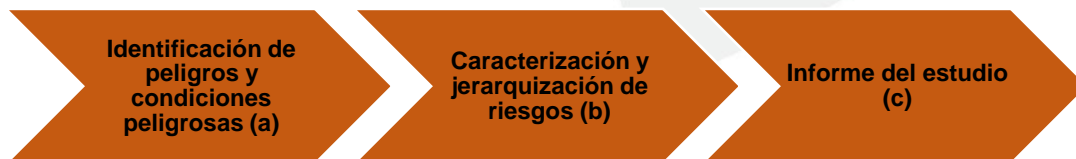
Los criterios bajo los cuales se desarrollaron las diferentes etapas que integran el presente documento, correspondiente al proyecto denominado: “Exploración del Área Contractual 4”, en su etapa de Perforación se desglosan a continuación:

- 1 El procedimiento de perforación fue usado para el desarrollo de la metodología HazOp, fueron los proporcionados por PETRONAS.
- 2 Para la estimación de valores de frecuencia y consecuencia se utilizaron las tablas propuestas por la Empresa Consultora Territorio y Medio Ambiente S.A. de C.V.

Lo antes descrito estará en apego a los siguientes lineamientos:

- 1 IEC 61882, Gestión de la confiabilidad - Estudios de peligro y operabilidad (HazOp).
- 2 Chemical Industries Association, Guía de Estudios de Peligros y Operabilidad, Reino Unido, 1987.

En la figura siguiente puede observarse las etapas a seguir para el desarrollo del presente estudio.



Del diagrama de bloques antes mostrado, se señala que la etapa de identificación de peligros y/o riesgos es la fase previa y decisiva de un Análisis de Riesgo cuyo propósito final es determinar una serie de eventos tipo denominado hipótesis accidentales que se pueden producir en una instalación.

Es importante señalar que, como alcance de este documento, se contempla el desarrollo y análisis de los incisos a), b), c), por lo que en este documento se hará mención de información resultante de la metodología de identificación de riesgos utilizada para el caso de estudio. El objetivo primordial para la utilización de esta metodología es el identificar la evolución del suceso iniciador (identificado a través de las sesiones de trabajo para la identificación de peligros HazOp) el cual dependerá de la naturaleza del escenario en el que

sucede y de las condiciones de ocurrencia.

La base primordial es que, una vez identificado el suceso iniciador a través de esta técnica, se procederá a estudiar su evolución, los cuales estarán en función de factores condicionantes y que se agruparán de manera lógica y obtener un listado de los accidentes o eventos finales más característicos de la instalación cuya ocurrencia podrá ser debida a varias secuencias de evolución de iniciadores.

Para la elaboración del presente documento, el grupo multidisciplinario de Análisis de Riesgo aplicó para la identificación de riesgos la metodología HazOp.

El presente informe fue elaborado por la empresa Territorio y Medio Ambiente, S.A. de C.V., con base a la información proporcionada por PETRONAS, la cual desarrolló el diseño de la ingeniería referente al proyecto denominado: “Exploración del Área Contractual 4”, así como de la información derivada de las sesiones HazOp llevado a cabo por el grupo multidisciplinario de trabajo para identificar los posibles riesgos del proceso.

4.4.2.1 Descripción y Desarrollo de la Metodología para la Identificación de Riesgos.

El Estudio de Riesgo y Operabilidad (HazOp) del proyecto denominado: “**Exploración del Área Contractual 4**”, está integrado por una serie de metodologías cuyo objeto es el identificar las principales desviaciones durante el proceso, los cuales son:

- Metodología HazOp.
- Jerarquización de Riesgos.

La descripción de la metodología se da a continuación:

Metodología HazOp.

La técnica de análisis de peligros y operabilidad “HazOp” se basa en el principio de que varios expertos con diferentes especialidades puedan interactuar de una manera creativa y sistemática para identificar más problemas trabajando juntos que trabajando separados. La técnica de análisis “HazOp” fue originalmente desarrollada por el Dr. Trevor Kletz en la década de 1970 en la compañía Imperial Chemical Industries, para evaluar la operación de sus instalaciones industriales, posteriormente esta técnica fue adaptada de manera colegiada por el American Institute of Chemical Engineers y difundida a partir de 1992 a través de las Guías editadas por el Center for Chemical Process Safety, y es recomendada

para identificar los problemas de seguridad y de operabilidad que se pudiesen presentar en una instalación durante su operación normal, arranque y paro, AICHE 1999.

Para desarrollar un estudio HazOp, se integra un grupo multidisciplinario de especialistas con experiencia y conocimiento en diseño, operación, mantenimiento y seguridad de instalaciones similares a la que se va a estudiar, encabezado por un líder con conocimiento profundo de la técnica. Se requiere que comprendan completamente el proceso y sus interrelaciones, a fin de poder cuestionar correctamente cada una de las secciones del proceso y sus componentes, identificando las desviaciones al propósito original que puedan ocurrir y así, determinar cuáles de esas desviaciones pudiesen dar lugar a riesgos para el personal y las instalaciones durante la operación de estas.

El HazOp (Hazard and Operability Study) es una técnica cualitativa que permite identificar postulados de accidentes que pudieran ocurrir en la instalación.

La metodología consiste en dividir la instalación en subsistemas que tengan una identidad funcional propia y en seleccionar una serie de nodos en cada subsistema donde se analizan las posibles desviaciones de las principales variables que caracterizan el proceso (presión, temperatura, caudal, etc.). Las desviaciones son establecidas de forma sistemática recurriendo a una lista de palabras guía que califican el tipo de desviación. Ejemplos de palabras guía más utilizadas se mencionan en la Tabla 9-32.

Tabla 9-32. Palabras Guía más Utilizadas en la Metodología HazOp.

Palabras Guía	
No/ninguna	Negación del intento de diseño
Más	Incremento cuantitativo
Menos	Decremento cuantitativo
Además de	Incremento cualitativo
Parte de	Decremento cualitativo
Inversa	Opuesto lógico del intento
Otro que	Sustitución completa

Como se mencionó anteriormente, cuando las palabras guía se combinan con las variables de proceso, sugieren desviaciones o problemas potenciales.

Para cada desviación identificada se debe incluir la siguiente información:

- 1 La lista de las posibles causas.
- 2 La lista de las consecuencias.

- 3 La respuesta automática del sistema ante la desviación.
- 4 El tipo de señalización (acústica/visual) que puede permitir la detección de la anomalía.
- 5 Recomendaciones para evitar las causas o limitar las consecuencias.
- 6 Comentarios: cualquier tipo de anotación para completar alguno de los puntos.

La aplicación de esta metodología implica la formación de un equipo multidisciplinario (seguridad, operación, ingeniería, mantenimiento, etc.). Las hojas de trabajo correspondiente a la aplicación de la metodología HazOp para el proyecto denominado: **“Exploración del Área Contractual 4”**.

Terminología Utilizada en el Estudio HazOp.

Durante el desarrollo de las sesiones de trabajo para la identificación de peligros y jerarquización de riesgos mediante la metodología HazOp, se utilizan varios términos con significado especial:

- **Nodo:** Son los puntos o secciones donde el proceso cumple con una función específica de diseño. Los nodos normalmente son secciones de tubería, recipientes u otro equipo (la amplitud del nodo depende de la experiencia del equipo de trabajo y de la experiencia que se tenga del proceso). La selección de nodos los define usualmente el líder del estudio antes de las reuniones de trabajo.
- **Parámetro:** Es un aspecto del proceso que lo describe físicamente, químicamente o en términos que digan que está sucediendo.
- **Intención:** La intención define como se espera que el sistema opere en el nodo. La intención provee un punto de referencia para desarrollar desviaciones.
- **Palabra Clave:** Esta es una palabra o frase utilizada para calificar o cuantificar la intención y asociada a parámetros para describir desviaciones.
- **Desviación:** Es la pérdida de la intención de diseño y es descubierta aplicando sistemáticamente las palabras guía a cada parámetro en cada nodo.

Los objetivos del HazOp son:

- Identificación de peligros, donde se identifican las características de los materiales de la planta, proceso, equipo, procedimiento, etc., que puedan representar accidentes potenciales.

- Identificación de problemas de operabilidad, donde se identifican los problemas potenciales, operativos, los cuales podrían ocasionar que se falle en alcanzar la productividad y metas de diseño.

Método de Árboles de Fallos.

Los árboles de fallos constituyen una técnica ampliamente utilizada en los análisis de riesgos en la medida que proporcionan resultados cualitativos y cuantitativos.

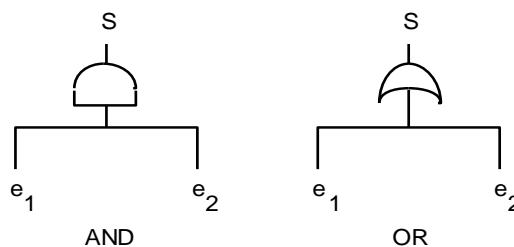
Esta técnica consiste en un proceso deductivo basado en las leyes del Algebra de Boole que permite determinar la expresión de un suceso estudiado en función de los fallos básicos de los elementos que intervienen en él.

El primer paso consiste en identificar el suceso "no deseado" o suceso TOP que ocupará la cúspide de la estructura gráfica representativa del árbol. De la definición clara y precisa del TOP depende todo el desarrollo del árbol.

Con este TOP se establecen de forma sistemática todas las causas inmediatas que contribuyen a su ocurrencia. Se han definido de esta forma los llamados sucesos intermedios que, a su vez, pueden ser descompuestos en sus causas directas. En la representación del árbol estos sucesos intermedios se reseñan en los recuadros rectangulares. La unión entre dos distintos sucesos se realiza mediante puertas lógicas.

Los dos tipos más elementales corresponden a las puertas AND y OR. La puerta OR se utiliza para indicar un "O" lógico. El símbolo es el indicado más abajo y significa que la salida lógica S ocurrirá siempre y cuando ocurra por lo menos una de las dos entradas lógicas e1, e2.

La puerta AND se utiliza para indicar un "Y" lógico. El símbolo es el indicado más abajo. Para que ocurra la salida lógica S es necesario que ocurran conjuntamente las dos entradas lógicas e1, e2.



Se suelen numerar las puertas del árbol para facilitar su identificación.

El proceso de descomposición de un suceso intermedio se repite sucesivas veces hasta llegar a los sucesos básicos o componentes del árbol. Estos son eventos que no requieren mayor desglose, bien porque su análisis no proporcionará información adicional, o bien porque su tasa de fallo se puede encontrar directamente en los bancos de datos de fiabilidad disponibles. Los sucesos básicos

representan indistintamente un fallo de un equipo, un error humano de operación o incluso la ocurrencia de un suceso externo (incendio, terremoto, etc.), en cuyo caso, el dato utilizado es una frecuencia de aparición. En la representación del árbol se suelen indicar en círculos y se numeran para mayor comodidad.

En el análisis cabe destacar dos fases bien diferenciadas. La primera consiste en la elaboración del árbol, y es donde se deben integrar todos los conocimientos sobre el funcionamiento y operación de la instalación.

La segunda fase consiste en cuantificar el árbol de fallos. Para ello se reduce la lógica del árbol hasta obtener las combinaciones mínimas de sucesos primarios cuya ocurrencia simultánea garantiza la ocurrencia del propio TOP. Cada una de estas combinaciones, también llamadas conjunto mínimo de fallos ("minimal cut-set" en la nomenclatura anglosajona), corresponde a la intersección lógica (en Algebra de Boole) de varios sucesos elementales. Como por hipótesis de los árboles de fallos se supone que los sucesos básicos son mutuamente independientes (es decir que la ocurrencia de uno de ellos no tiene influencia sobre la ocurrencia de otro), la probabilidad de un conjunto mínimo de fallos viene dada por el producto de las probabilidades de los sucesos elementales que los componen.

A su vez el suceso TOP viene representado por la unión lógica de todos los N conjuntos mínimos de fallos y se evalúa su probabilidad –P (TOP)- aplicando la fórmula correspondiente:

$$P(TOP) = \sum_{i=1}^N C_i - \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N C_i * C_j + \sum_{i=1}^{N-2} \sum_{j=i+1}^{N-1} \sum_{k=i+2}^N C_i * C_j * C_k + \dots$$

$$\dots + (-1)^{N-1} * C_i * C_j * \dots * C_N$$

Donde C_i designa la probabilidad de un conjunto mínimo de fallos:

$$C_i = \prod_{s=1}^P a_s$$

Siendo así la probabilidad de s-ésimo suceso básico del conjunto mínimo de P sucesos (o de orden P).

El cálculo de frecuencia obtenido de los árboles de fallos se ha basado en la bibliografía existente, concretamente se ha utilizado el SERH (Safety Equipment Reliability Handbook, 3ª edición; 2007) y

en OREDA (Offshore Reliability Data 4^a. Edición 2002) Los criterios utilizados para determinar las probabilidades de fallo de los instrumentos y válvulas, son los siguientes:

Para las válvulas se han utilizado tasas de fallo al operar medio (abierto o cerrado) y falla no detectada.

Por otra parte, el cálculo de frecuencias para un determinado evento se encuentra asociado al Tipo Ce elemento que origina el fallo, es decir, como criterio general para el desarrollo del mismo se considera lo siguiente:

Para el cálculo de frecuencia para una determinada válvula o cualquier otro Tipo Ce componente que está en stand-by y sólo opera en caso de demanda, se considera la obtención de PFD (Probabilidad de Falla a la Demanda) por medio de la obtención de λ (Tasa de Fallo) de las bases de datos SERH y OREDA, y multiplicándolo por el factor 8,769 para obtener la tasa de fallos por año.

Método de los Árboles de Eventos (o Sucesos).

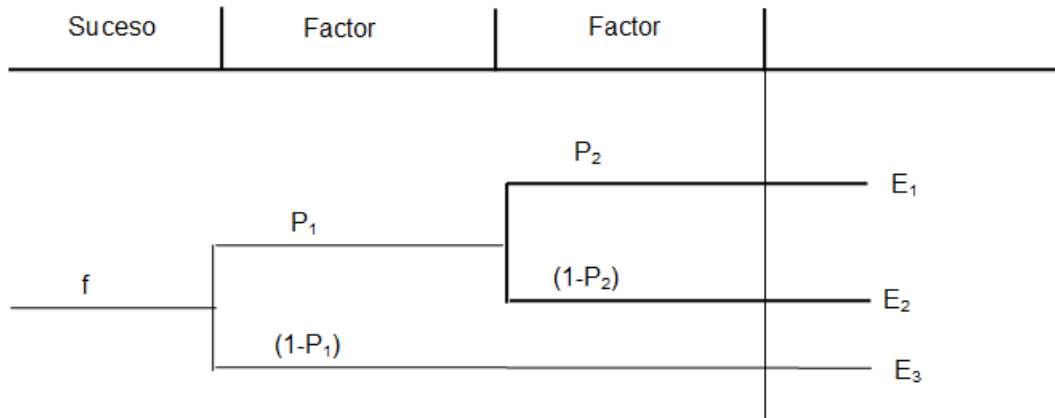
El árbol de eventos o análisis de secuencia de sucesos es un método inductivo que describe de forma cualitativa y cuantitativa la evaluación de un suceso iniciador hasta el accidente final en función de las características del iniciador, del entorno y de los sistemas de protección.

Partiendo del fallo inicial o iniciador y considerando los factores condicionantes involucrados, el árbol describe las secuencias accidentales que conducen a los posibles eventos. La construcción y evaluación del árbol comienza por la identificación de los factores condicionantes y sus probabilidades de ocurrencia (éxito/fallo) de cada uno de ellos (incluso, si es preciso, recurriendo a un árbol de fallos).

A continuación, se colocan cada uno de los N factores identificados como cabezales y partiendo del iniciador se plantea sistemáticamente para cada uno de ellos dos bifurcaciones: en la parte superior se refleja el éxito o la ocurrencia del suceso (con probabilidad P) y en la parte inferior se representa el fallo o no ocurrencia del suceso (probabilidad 1-P).

Se obtienen así 2N combinaciones o secuencias. Sin embargo, las dependencias entre los sucesos hacen que la ocurrencia o éxito de uno de ellos pueda eliminar la posibilidad de otros reduciéndose así el número total de secuencias.

La disposición horizontal de los "cabezales" se suele hacer por orden cronológico de evolución del accidente, si bien este criterio es difícil de aplicar en algunos casos. El árbol de sucesos representado a continuación pretende ilustrar su construcción y evaluación:



Dónde:

f = frecuencia del suceso iniciador

P_i = probabilidad de ocurrencia (éxito) del suceso i

1-P_i = probabilidad de no ocurrencia (fallo) del suceso i

fE_i = frecuencia del evento E_i, con

$$fE_1 = f \cdot P_1 \cdot P_2$$

$$fE_2 = f \cdot P_1 \cdot (1 - P_2)$$

$$fE_3 = f \cdot (1 - P_1)$$

Para un determinado evento se suman las frecuencias de las distintas secuencias que conducen a él.

Premisas y Criterios para el Desarrollo de la Metodología.

Los criterios bajo los cuales se desarrollaron las diferentes etapas que integran el presente documento correspondiente a la evaluación de consecuencias para el proyecto denominado:

“Exploración del Área Contractual 4”, se desglosan a continuación:

- 1 Los documentos como: Procedimientos de servicios y Planos de Localización, empleados para el desarrollo de las metodologías de identificación de riesgos.
- 2 Para la estimación de valores por consecuencia, se han considerado todos los eventos que representen mayores riesgos al personal y a las instalaciones. Dichos eventos son los que se encuentren dentro un riesgo No tolerable, Importante o Moderado, todos estos eventos serán modelados mediante el software PHAST, versión 8.4.

- 3 Los criterios técnicos considerados para la simulación de los eventos seleccionados (composición de la mezcla, comportamiento de fuga, etc.) están contenidos en la sección referente a la estimación de consecuencias de este documento (Capítulo 4.5.2.2).

Para lo antes descrito, se han considerado criterios y estándares nacionales e internacionales como:

- IEC-61882 "Hazard and operability studies, Application guide",
- TNO-CPR-16E Methods for the Determination of Possible Damage.
- Guideline for quantitative risk assessment, Purple book, CPR 18E, 2004.
- "Guidelines" books were the Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis (CPQRA Guidelines)), 2000.

En este apartado se enuncia el desarrollo de la metodología utilizada para la Identificación de riesgos del proyecto denominado: **"Exploración del Área Contractual 4"**.

Para el desarrollo de las sesiones de trabajo HazOp, se usará la matriz de PETRONAS.

Matriz de riesgo HSE de Petronas (HSERM).

La Matriz de riesgo del Grupo Petronas (Tabla 9-) se aplica para la evaluación cualitativa del riesgo de los peligros para determinar la Calificación del Riesgo. Los riesgos se evalúan en términos de la gravedad de las consecuencias (el peor de los casos) y la probabilidad (histórica) graficada en los ejes X e Y. La intersección de los valores de consecuencia y probabilidad indica la clasificación de riesgo del peligro; en otras palabras, **bajo, medio, alto o muy alto**. La matriz aparece a continuación.

Tabla 9-33. Matriz de Riesgos de PETRONAS.

	Menor		Mayor		
Severidad	1	2	3	4	5

Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.

Como se muestra en la Tabla 9-33, el eje vertical Y de la Matriz de Riesgo muestra la probabilidad de que la consecuencia potencial ocurra en el "peor de los casos" para el peligro identificado. La probabilidad se evalúa en una escala de A a la E (A: menos frecuente, E: más frecuente). La frecuencia de probabilidad se basa en la ocurrencia histórica real de una consecuencia similar al "peor caso" en la OPU (Unidad Operativa del Grupo Petronas), o PETRONAS, o la industria global. Por lo tanto, en ausencia de datos históricos de ocurrencia, pero donde no se puede descartar la posibilidad de tal ocurrencia, la probabilidad se considera A.

Del mismo modo, la posible consecuencia del peligro se mide, en términos de gravedad, como P, E, A, R. (Personas, Medio Ambiente, Activos, Reputación) Esto se hace seleccionando una gravedad en el eje horizontal X para el "peor - caso "consecuencia que el peligro podría tener en P, E, A, R. La escala " 1 "a" 5 "indica el nivel de gravedad incremental para la consecuencia.

Desarrollo de Sesiones.

Para la identificación de los riesgos en la instalación se utilizó la metodología cualitativa HazOp, aplicada por un grupo multidisciplinario, la cual tiene el objetivo principal el evaluar cualitativamente el número y cuales escenarios peligrosos o accidentales puedan producirse, identificando sus causas, consecuencias y posibles salvaguardas (sistemas de prevención o mitigación).

Los planos utilizados fueron proporcionados por PETRONAS, y estos son los más recientes con los que se cuentan.

Integrantes del Equipo Multidisciplinario.

El presente estudio se realizó con la participación de un equipo multidisciplinario formado por personal de PETRONAS y Territorio y Medio Ambiente Ver Anexo 4f-IV.

Desarrollo de las Metodologías.

El número de nodos y subsistemas identificados para la aplicación de las metodologías de identificación de riesgos para el proyecto denominado: "Exploración del Área Contractual 4" se muestra en la Tabla 9-34.

Tabla 9-34. Número de Identificación de Nodos por la Metodología HazOp.

Nodo	Parámetros diseño/operación	Intención de Diseño
<p>1. PISO DE PERFORACIÓN Y TORRE DE PERFORACIÓN.</p>	<p>Tipo: DPS 3</p> <p>Especificación (unidad/diseño/forma): Globetrotter / Clase ABS: Ice Class 1A / Drillship</p> <p>Peso muerto (barco ligero): mT 31.525 (sT 34.750)</p> <p>Desplazamiento cargado máximo: mT 51.426 (sT 56.688)</p> <p>Carga variable máxima sobre plataforma: mT 51 426 (sT 56 688)</p> <p>Calado en la línea de carga (más profundo): m 12 (pies 39)</p> <p>Longitud total de la unidad (incluidas las rejillas de anclaje): m 189 (pies 620)</p> <p>Longitud entre perpendiculares: m 173 (pies 568)</p> <p>Ancho total de la unidad (incluidos los bastidores de anclaje): m 32 (pies 106)</p> <p>Longitud de la cubierta principal: m 138 (pies 453)</p> <p>Elevación del piso de perforación por encima de la línea base: m 23,8 (pies 78)</p> <p>Elevación de la cubierta principal por encima de la línea de base: m 18,9 (pies 62)</p> <p>Calado de perforación/desplazamiento relacionado: m/mt 12/57,597 (pies/sT 39/63,489)</p> <p>Calado de tránsito/desplazamiento relacionado: m/mt 12/56,454 (pies/sT 39/62,229)</p> <p>Calado de supervivencia/desplazamiento relacionado: m/mt 12/57,566 (pies/sT 39/63,455)</p> <p>Espacio de aire asociado: m 12 (pies 39), Dimensiones de la piscina lunar: m x m 27,2 x 11,2 (pies x pies 89,2 x 36,7)</p> <p>Retiro Máximo: mt 950 (sT 1,047), Carga giratoria y de gancho: mt 907 (sT 1,000)</p> <p>Consumo de combustible (promedio de perforación): m³/día 35-45 (bbls. 220 – 283)</p>	
<p>2.SISTEMA DE LODO DE ALTA PRESIÓN</p>	<p>SISTEMA DE LODO DE ALTA PRESIÓN.</p> <p>Presión de trabajo del sistema: psi 7.500 / bar 517</p> <p>Bombas de lodo.</p> <p>Cantidad: 4, Marca: NOV, Modelo: 14-P-220</p> <p>Tipo: (Tríplex/Dúplex): Tríplex, Tamaños de liner disponibles: en 5 – 9</p> <p>Motores impulsores de bombas de lodo: No. 2</p>	

Nodo	Parámetros diseño/operación	Intención de Diseño
	<p>Tipo de motor: Eléctrico, Potencia nominal continua por motor: HP. 1,230</p> <p>Extremo fluido: tipo 14-P-220ML, Presión máxima de trabajo: psi 7500</p> <p>Contador de golpes de bomba: tipo Digital</p> <p>Bomba de sobrealimentación: tipo Forum Mud Hog</p> <p>Accionada por motor de potencia: HP. 70, ID de línea de descarga/ succión: in/in 5/10</p> <p>MP Amortiguador de pulsaciones: tipo Hydril (K20-7500)</p> <p>Válvula de alivio de restablecimiento: tipo Titan BX Válvula de alivio de restablecimiento automático</p> <p>Caudal de trabajo por bomba al 90 % de eficiencia mecánica y 100% eficiencia volumétrica: max spm: 105 en 5.5</p> <p>Velocidad de la bomba (100% del máx.): spm 105</p> <p>Presión de la bomba: psi 7500, Caudal de trabajo @ 100% volumétrico salida: gal EE.UU./min 540 con revestimientos de 6"</p>	
<p>3. SISTEMA DE LODO DE BAJA PRESIÓN</p>	<p>Bombas de transferencia/bombas mezcladoras</p> <p>Bombas de transferencia</p> <p>Cantidad: 2, Marca: Mission, Modelo: Magnum, Tipo: Centrifugo, Tipo de motor de accionamiento: Eléctrico. Potencia de salida: HP. 150</p> <p>Bombas mezcladoras.</p> <p>Cantidad: 2, Marca: Mission, Modelo: Magnum, Tipo: Centrifugo</p> <p>Tipo de motor de accionamiento: Eléctrico. Potencia de salida: HP. 150</p> <p>Bombas precargadas</p> <p>Cantidad: 4, Marca: Mission, Modelo: Magnum, Tipo: Centrifugo, Tipo de motor de accionamiento: Eléctrico</p> <p>Potencia de salida: HP. 150.</p>	
<p>4. ALMACENAMIENTO DE BARITA Y CEMENTO.</p>	<p>EQUIPOS DE CEMENTACIÓN</p> <p>Unidad de Cemento, Dueño: Halliburton</p> <p>Base de colocación libre: Sí/No N/A</p> <p>Marca/tipo: HCS RCM 111r Advantage Skid con PLC</p> <p>Nº de bombas triplex: 1, Presión máxima de trabajo: psi 15.000</p>	<p>Almacenamiento de cemento</p>

Nodo	Parámetros diseño/operación	Intención de Diseño
	<p>Caudal máximo (total): bbl./min 8</p> <p>Potencia de la unidad por (eléctrico/diésel): Eléctrico</p> <p>Sistema de mezcla recirculante: Sí, Capacidad: barriles. 25</p> <p>Potencia motor: cv. 240V, Sistema de aditivos líquidos: Sí</p> <p>Tanque de premezcla/lote: Sí, Cantidad: No. 2 x 75 bbl.</p> <p>Registrador de presión: Sí</p>	
5. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE DIESEL.	<p>SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN</p> <p>Central Eléctrica de Perforación. Motores Diésel, Cantidad: 8, Marca: Caterpillar</p> <p>Tipo: C280, Potencia continua máxima: kW 5.060</p> <p>A velocidad de rotación de: rpm 900, Equipado con parachispas: Sí Silenciadores instalados: Sí, Emisiones: IMO NOx Tier II – Control de emisiones de Nox.</p>	
6. SEPARADOR GAS-LODO	<p>Separador de lodo/gas (Poor Boy)</p> <p>Marca/tipo: Hampco / Separador de gas de lodo vertical de 48" OD</p> <p>Identificación de la línea de descarga de gas: en 12</p> <p>Ubicación de descarga de gas, primaria: línea de ventilación por encima de la corona</p> <p>Se puede vincular la descarga al sistema del quemador: Sí</p> <p>Altura del sello de lodo: ft 20, Rendimiento de gas calculado: MMSCF 28.21.</p>	
7. MANIFOLD DE ESTRANGULACIÓN.	<p>Manifold de estrangulación y desactivación.</p> <p>Marca: NOV / T3, Identificación mínima: en 2-1/16, Máximo WP: psi 15,000, Serv. H2S: Sí.</p> <p>Cantidad de estranguladores ajustables: 2 Marca: T3, Modelo: N/A, Tamaño (ID): en 2, Cantidad de estranguladores de potencia: 2, Marca: T3, Modelo: N/A, Tamaño (ID): en 2.</p> <p>Panel de control remoto del estrangulador de potencia: Sí, Marca: T3, Ubicación Cabina del perforador Inyección de glicol: No.</p>	

Con base en las premisas, consideraciones y la descripción de la metodología, en el anexo 4f se presenta el reporte completo de las hojas de trabajo HazOp del proyecto denominado: “**Exploración del Área Contractual 4**”.

Resultados de la Identificación de Riesgos.

La siguiente información corresponde a los resultados obtenidos de las sesiones de trabajo del grupo multidisciplinario de trabajo para la identificación de riesgos del proyecto denominado: “**Exploración del Área Contractual 4**”.

En la Tabla 9-5, se puede observar un resumen general del análisis desarrollado para el proyecto. En dicha información podrá detectarse el nivel de análisis propuesto mismo que indica las diferentes causas identificadas por nodo y el número de consecuencias propuestos.

Tabla 9-35. Resumen General de la Aplicación de la Metodología HazOp.

Nodo	Desviación	Número de items analizados			
		Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones
1. Piso de perforación y torre de perforación.	1. Más Peso (carga en el gancho) en sarta de perforación.	6	9	12	9
	2. Menos Peso (carga en el gancho) en sarta de perforación.	2	5	5	2
	3. Más Velocidad (Ritmo de penetración) en sarta de perforación.	2	2	8	5
	4. Menos Velocidad (Ritmo de penetración en sarta de perforación).	2	4	4	0
	5. Mas Torque (de rotaria) en sarta de perforación.	7	25	19	3
	6. Menos torque (de rotaria) en sarta de perforación.	3	4	7	0
	7. Presencia de gas en el lodo en Línea de Flote.	3	5	31	9
	8. Presencia de gas Sulfhídrico (H2S) en el lodo. en Línea de Flote.	2	3	24	6
	9. Más Flujo de lodo a la salida en Línea de Flote.	3	4	27	7
	10. Menos Flujo de lodo a la salida en Línea de Flote.	5	19	13	3

Nodo	Desviación	Número de ítems analizados			
		Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones
	11. Alta Temperatura del lodo a la salida en Línea de Flote.	3	5	14	2
	12. Alta Densidad del lodo a la salida en Línea de Flote.	3	8	6	0
	13. Baja Densidad del lodo a la salida en Línea de Flote.	3	5	22	10
	14. Mas Flujo de lodo a la salida, al sacar la tubería. en Línea de Flote.	2	2	10	2
	15. Menos Flujo de lodo a la salida, al sacar la tubería. en Línea de Flote.	1	1	4	1
	16. Más flujo de lodo a la salida (con pozo en observación) en línea de flote.	1	1	11	1
	17. Más presión barrena de perforación.	1	4	1	0
	18. Menos presión barrena de perforación.	2	2	2	0
	19. (Caudal inverso). Barrena de perforación.	1	0	0	0
	20. Alta Presión (línea de stand-pipe).	2	6	4	0
	21. Baja Presión (línea de stand-pipe).	2	4	2	0
2. Sistema de lodo de alta presión.	1. Alta presión (bombas de lodos).	4	11	4	0
	2. Alta temperatura (bombas de lodos).	1	5	1	0
	3. Más emboladas por minuto (EPM) (bombas de lodos).	2	6	8	0
	4. Menos emboladas por minuto (EPM) (bombas de lodos).	1	5	1	0
3. Sistema de lodo de baja presión.	1. Alta temperatura (presas de lodos).	3	7	7	0
	2. Baja temperatura (presas de lodos).	1	0	0	0
	3. Alto nivel de lodos (presas de lodos).	4	10	4	7
	4. Bajo nivel de lodos (presas de lodos).	7	9	33	4
	5. Alta densidad de lodo (presas de lodos).	4	13	12	0

Nodo	Desviación	Número de ítems analizados			
		Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones
	6. Baja densidad de lodo (presas de lodos).	3	3	29	5
4. Almacenamiento de barita y cemento.	1. Más presión (Silos de Barita/Cemento).	5	20	17	0
	2. Menos presión (Silos de Barita/Cemento).	4	10	5	0
5. Sistema de distribución de diésel.	1. Más nivel.	1	2	2	0
	2. Menos nivel.	2	3	4	0
6. Separador gas - lodo	1. Más presión,	1	5	6	0
	2. Menos presión.	1	0	0	0
7. Manifold de estrangulación.	1. Más Presión.	2	6	14	0
	2. Menos presión.	1	1	6	1

Es importante señalar que la utilización de la metodología de jerarquización de riesgos durante el desarrollo del Análisis HazOp, tiene como base la experiencia del grupo multidisciplinario, dicha jerarquización es la pauta para el análisis cuantitativo a desarrollar, de igual forma como parte de este estudio será necesario el llevar a cabo la selección de los principales escenarios de riesgo, conforme a los resultados de la matriz de ponderación de riesgos tomando como base aquellos escenarios que se encuentren dentro de la zona intolerable o Tolerable si es tan bajo como razonablemente factible (de acuerdo a la matriz utilizada en el presente estudio).

Para mayor detalle de los resultados de las sesiones de trabajo, ver las hojas de trabajo HazOp en el Anexo 4F.

4.4.2.2 Jerarquización de Escenarios de Riesgos.

Un peligro a menudo puede tener más de una consecuencia en forma de consecuencias primarias, secundarias y terciarias. Por ejemplo, las consecuencias del procesamiento de incidentes de seguridad pueden incluir lesiones / fatalidades, daños ambientales, daños a los activos y/o pérdida de la reputación de la empresa. La gravedad de todas las posibles consecuencias se evaluará durante la evaluación del riesgo.

Las siguientes reglas se aplicarán al determinar el nivel de gravedad de la posible consecuencia:

- Suponiendo que no se hayan implementado barreras de control o recuperación:
- Se realizará una evaluación individual para cada una de las categorías P, E, A, R.
- El resultado plausible del "peor de los casos" se elegirá entre todas las posibles consecuencias.

Al mismo tiempo, para cada uno de los receptores (P, E, A, R), se consideran diferentes características de gravedad para definir el nivel de gravedad. La Tabla 9-166 y la Tabla 9-177 muestran los criterios utilizados para definir el nivel de severidad incremental para "Daño a las personas", "Daño a los activos" y "Efecto ambiental", respectivamente.

Tabla 9-166. Daño a las Personas: Características de Gravedad.

Clasificación	Rango	Descripción
Menor	1	<ul style="list-style-type: none"> • Casos "que no requieren atención" o primeros auxilios • Lesiones ocupacionales que resultan en molestias notables, irritación menor o efectos temporales después de la exposición.
	2	<ul style="list-style-type: none"> • Casos que no requieren atención médica • Casos de días laborables perdidos o trabajo restringido que duren 4 días calendario o menos. • Enfermedad ocupacional con efectos reversibles en la salud como intoxicación o dermatitis crónica • Resultado positivo de la vigilancia de los efectos biológicos sin efectos permanentes sobre la salud.
Mayor	3	<ul style="list-style-type: none"> • Casos de días laborables perdidos o trabajo restringido que duren más de 4 días calendario. • Enfermedad ocupacional con efectos irreversibles en la salud que resultan en una discapacidad parcial permanente, como la pérdida de audición causada por el ruido ocupacional, trastorno crónico de la espalda o lesiones debido al estrés repetitivo.
	4	<ul style="list-style-type: none"> • Fatalidad por lesiones o enfermedades profesionales. • Lesión que resulta en incapacidad total permanente • Enfermedad ocupacional con efectos irreversibles en la salud que resultan en una discapacidad total permanente, como asbestosis, silicosis o insuficiencia renal o cardíaca debido a la exposición a productos químicos.

Clasificación	Rango	Descripción
	5	<ul style="list-style-type: none"> Fatalidad por lesiones o enfermedades profesionales. Enfermedad ocupacional Nota1, incluido el cáncer con efectos irreversibles en la salud que resultan en una discapacidad total permanente, como asbestosis, silicosis o insuficiencia renal o cardíaca debido a la exposición a productos químicos.

Fuente: Procedimiento de identificación de riesgos y análisis de riesgos, Petronas, 2017

Notas: 1. Enfermedades profesionales, incluido el cáncer en trabajadores expuestos a peligros similares en la propia Unidad Operativa.

Tabla 9-177. Daño a los Activos: Características de Gravedad.

Clasificación	Rango	Descripción
Menor	1	Costo directo del daño inferior a 25,000 USD
	2	Costo directo del daño entre 25,000 USD y 99,999 USD
Mayor	3	Costo directo del daño entre 100,000 USD y 999,999 USD
	4	Costo directo del daño entre 1,000,000 USD y 9,999,999 USD
	5	Costo directo del daño mayor o igual a 10,000,000 USD

Fuente: Procedimiento de identificación de riesgos y análisis de riesgos, Petronas, 2017

La Tabla 9-188 anterior, Costo directo del daño se refiere al costo atribuido al accidente, como, por ejemplo, el costo de reemplazar el equipo perdido, la limpieza, la reparación ambiental y la respuesta de emergencia. Esto no incluye los costos indirectos, como la pérdida de oportunidades comerciales, la pérdida de materias primas / productos, etc. Tampoco incluye el costo de la falla del componente que causó el incidente si el componente no fue dañado por un incendio o una explosión.

Tabla 9-188. Efecto Ambiental: Características de Gravedad.

Clasificación	Rango	Descripción (satisface cualquiera de los criterios)
Menor	1	Ligero impacto <ul style="list-style-type: none"> Descarga^{Nota1} que entra en contacto con el suelo o el agua en el área donde tuvo lugar la descarga, pero con efectos adversos insignificantes en el medio ambiente.
	2	Impacto menor <ul style="list-style-type: none"> Descarga que entra en contacto con el suelo o el agua, desbordando el área donde tuvo lugar la descarga, pero aún en el sitio de la compañía Nota 2, lo que resulta en efectos ambientales temporales limitados. Este efecto no impide que otros usuarios aprovechen el entorno. Emisión o descarga de una fuente regulada / autorizada con una sola violación de los estándares de la compañía o los estándares de otros, pero sin exceder los estándares regulatorios.
Mayor	3	Impacto localizado

Clasificación	Rango	Descripción (satisface cualquiera de los criterios)
		<ul style="list-style-type: none"> • Descarga no limitada al sitio de la compañía, lo que resulta en una perturbación y efectos temporales en el uso beneficioso del medio ambiente. Evidencia del efecto fuera del sitio o daño ambiental, pero en un área limitada. • Emisión o descarga de una fuente regulada / autorizada que excede los estándares reglamentarios Nota3. • El derrame de petróleo / productos químicos en el drenaje público o en el agua cercana provoca la muerte de los peces, pero no una perturbación significativa o la pérdida del uso beneficioso del agua, o la pérdida de especies protegidas o sensibles. • La calidad del agua producida excede el límite regulatorio para aceites y grasas. • La calidad del efluente tratado del Sistema de tratamiento de efluentes excede el límite regulatorio de la demanda química de oxígeno (DQO). • La calidad de emisión NO excede los límites reglamentarios.
	4	<p>Mayor impacto</p> <ul style="list-style-type: none"> • Descarga al medio ambiente que resulta en una perturbación significativa o impide que se formen receptores públicos haciendo un uso beneficioso del medio ambiente. Evidencia de daño ambiental severo, como: <ul style="list-style-type: none"> - Efectos extendidos y discernibles de áreas más allá del sitio de la compañía; o - La operación se ha vuelto subestándar o inadecuada para uno o más de sus propósitos, incluido el sustento de las poblaciones de vida silvestre; o - Interfiere con otros usuarios, causando pérdida de ingresos, impactos en la salud pública o demandas judiciales. • Requiere medidas extensivas o esfuerzos a gran escala para restaurar el ambiente contaminado a su estado original o un nivel de riesgo aceptable. • Emisión o alta de una fuente regulada / autorizada que comete una violación grave o repetitiva de las normas regulatorias con posibles sanciones o procedimientos legales.
	5	<p>Impacto masivo</p> <ul style="list-style-type: none"> • La descarga alcanza áreas de importancia ecológica designada o un área exterminadora que resulta en: <ul style="list-style-type: none"> - Pérdida significativa del uso beneficioso del medio ambiente y / o pérdida de receptores públicos; o - Pérdida de especies raras, amenazadas o endémicas. • Daño irreparable a largo plazo o efectos ambientales prolongados. • Emisión o descarga de una fuente regulada / autorizada que comete una violación prolongada o repetitiva de las normas regulatorias con posibles sanciones legales o procedimientos con un posible cierre de instalaciones.

Fuente: Procedimiento de identificación de riesgos y análisis de riesgos, Petronas, 2017

Notas:

1. La descarga se refiere tanto a sólidos como a líquidos.
2. El sitio de la compañía incluye todas las áreas dentro del control de operación de la OPU.
3. Incumplimiento de los estándares / límites reglamentarios, incluidos, entre otros, las emisiones al aire y la descarga de efluentes. Cuando los requisitos reglamentarios del país anfitrión no estén disponibles, se aplicarán los límites / estándares de la compañía.
4. Las descargas en pozos o cuencas diseñadas para la retención de hidrocarburos o químicos no contarán como derrames.

El uso beneficioso significa los usos del medio ambiente o de cualquiera de sus elementos o segmentos que conducen a la salud pública, el bienestar o la seguridad y que requieren protección contra los efectos de los desechos, descargas, emisiones y depósitos.

Un área de importancia ecológica es un espacio geográficamente definido que es reconocido, dedicado y administrado, legalmente o no, para lograr la conservación a largo plazo de sus valores culturales y los elementos naturales que pertenecen a su ecosistema. Esto incluye parques nacionales y estatales, áreas con especies endémicas o migratorias, reservas de biosfera y patrimonio cultural de la UNESCO, etc.

Cuando se han evaluado los niveles de consecuencia (en el peor de los casos) y la probabilidad (histórica), se grafican en un gráfico utilizando los ejes X e Y en la matriz HSERM (Tabla 9-33). La intersección de los valores de consecuencia y probabilidad indica la clasificación de riesgo del peligro; en otras palabras, bajo, medio, alto o muy alto. La Tabla 9-199 define la calificación de riesgo correspondiente y establece las acciones de mitigación de riesgo y la respuesta a implementar.

Tabla 9-199. Definición de Calificación de Riesgo.

Calificación de riesgo	Tolerancia e Intervención
Bajo	<ul style="list-style-type: none"> • El riesgo es tolerable. • Monitorear a nivel operativo utilizando el procedimiento / control interno requerido por HSEMS. • Tomar medidas correctivas de acuerdo con la disponibilidad de recursos.
Medio	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar una evaluación de Barreras de control y recuperación. • El riesgo tolerable es respaldado por una demostración de nivel ALARP. • Monitoree usando el procedimiento / control interno requerido por HSEMS.

Calificación de riesgo	Tolerancia e Intervención
Alto	<ul style="list-style-type: none"> • Fomentar la reducción de riesgos mediante la aplicación de barreras de control y recuperación adecuadas. • El riesgo tolerable es respaldado por una demostración de nivel ALARP. • Revisión y aprobación de los criterios ALARP.
Muy Alto	<ul style="list-style-type: none"> • El riesgo no es tolerable • Mitigue el riesgo mediante el uso de barreras de control y recuperación para reducir el riesgo de tolerancia / ALARP • Revisión y aprobación de los criterios ALARP

Los objetivos de la Revisión de Riesgos de las Instalaciones son:

- Identificar, seleccionar, evaluar y clasificar los riesgos más importantes con el potencial de ocasionar daños al personal y/o a la población, el medio ambiente, el producto manejado y la instalación.
- Desarrollar recomendaciones para reducir los riesgos.
- Identificar los procesos y las áreas más importantes que requieren de una evaluación más detallada para determinar las medidas más efectivas destinadas a reducir el riesgo.

La Figura9-27, muestra las matrices y el número de escenarios resultantes de la jerarquización de riesgos por la aplicación de la metodología HazOp. Resaltando la zona donde se ubican clasificándolos como riesgos: Intolerable, Tolerable si es tan bajo como razonablemente factible y Aceptable en términos Generales.

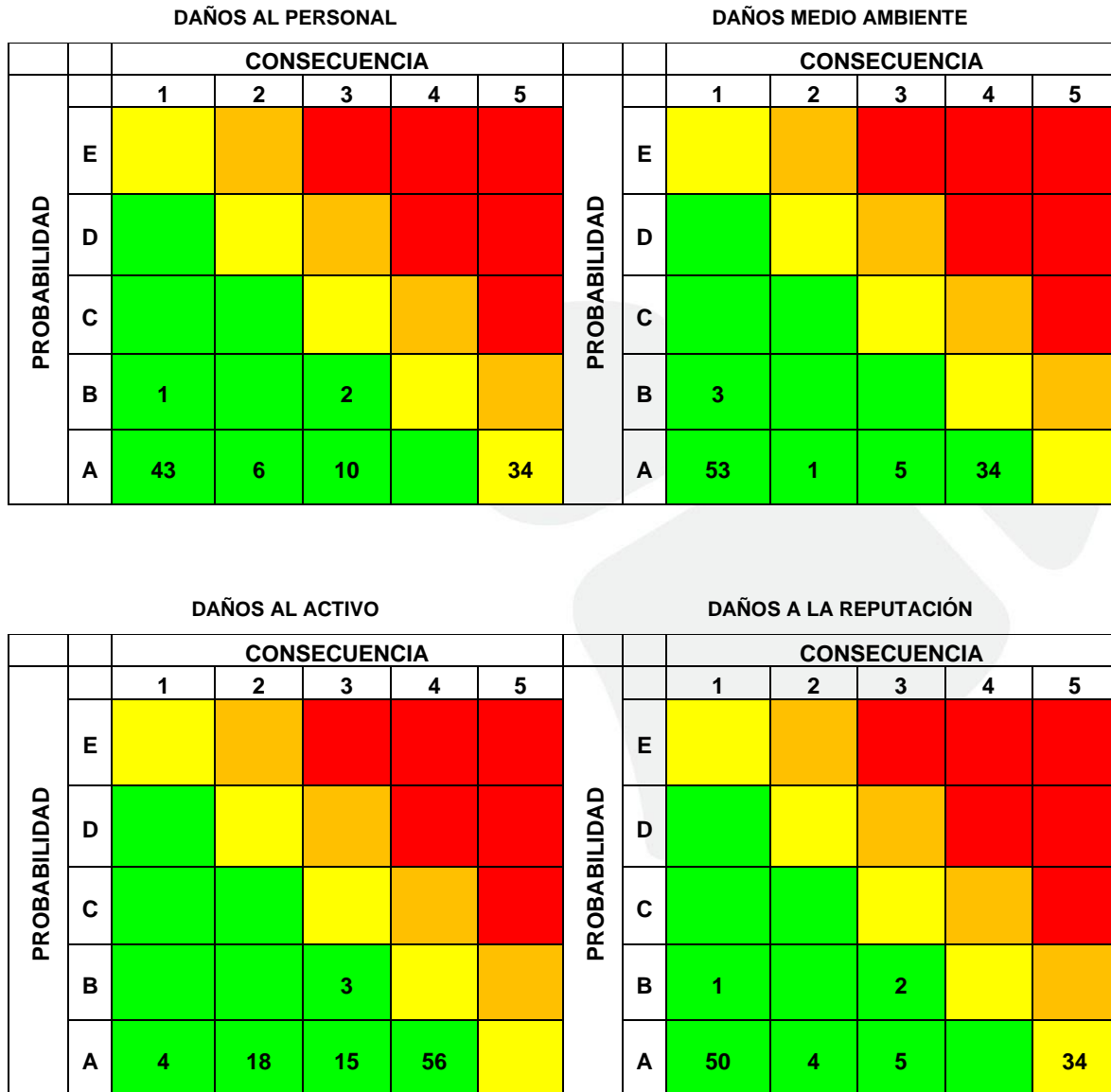


Figura 9-27. Matriz de Riesgos Identificados (Metodología HazOp, Re-jerarquizado).

Después de realizar la jerarquización de Riesgos, para el proyecto denominado: “Exploración del Área Contractual 4”, se observan 2 escenarios los cuales caen dentro de la región de riesgo Muy alto (considerando el Riesgo Residual que es sin salvaguardas), para lo cual se desarrollan los siguientes escenarios de Riesgo mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 9-40. Escenarios de Riesgo identificados en Hazop.

No	Clave del escenario identificado	Descripción del escenario identificado	Nivel de Riesgo (F x C)	Identificación del nodo o sistema	Nombre de la instalación	Instalación superficial	Sustancia involucrada
<p>Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.</p>							

De acuerdo con el listado de los Escenarios de Riesgo, se establece la tipificación de escenarios en casos más probables, los peores casos (liberación masiva de toda la sustancia manejada o ruptura total del ducto y/o recipiente) y de ser aplicable, los casos alternos, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 9-41. Escenarios de Riesgo Identificados.

No	Clave del escenario identificado	Descripción del escenario identificado	Tipo de Caso
Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.			

*En el Análisis HazId los peligros identificados de Alto riesgo por pérdida de control de pozo (**escenario 1** Tabla 9-) es considerado en los escenarios E.01 y E.02 de riesgo a simular.

En el Análisis HazId los peligros identificados de Alto riesgo por derrame de crudo en lecho marino (escenario 2** Tabla 9-40) es considerado escenario E.03 de riesgo a simular.

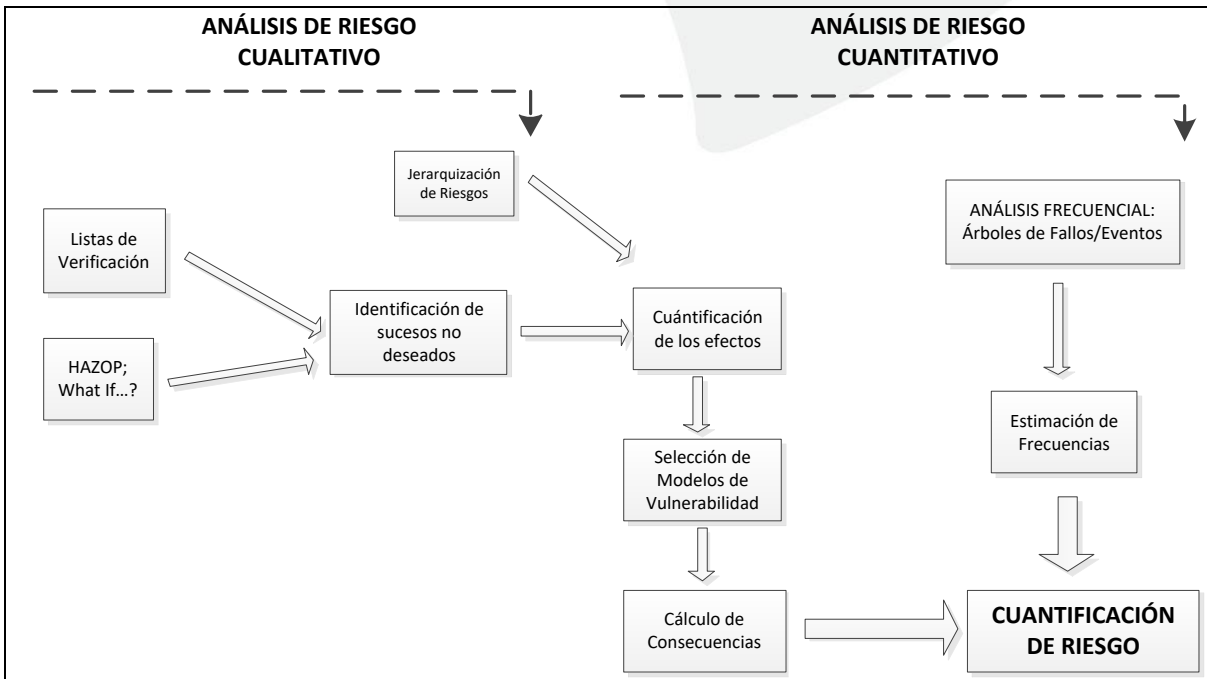
4.4.3 Análisis Cuantitativo de Riesgos.

En este apartado se tratan brevemente los métodos que permiten cuantificar la probabilidad de que tenga lugar un determinado tipo de accidente. No basta con identificar todos los posibles accidentes, sus causas y sus cadenas de evolución. Tampoco es suficiente poder predecir los efectos de un accidente supuesto y un determinado conjunto de circunstancias.

El Análisis Cuantitativo de Riesgos se realiza primero sobre los Riesgos definidos como prioritarios en el proceso. Analiza el efecto de esos Riesgos, y les asigna una cuantificación numérica. Lo que permite tomar decisiones en caso de incertidumbre.

A diferencia del análisis cualitativo o semi-cuantitativo, el valor numérico obtenido mediante un ACR (Análisis Cuantitativo de Riesgos) puede compararse numéricamente con criterios de aceptación, establecidos de forma reglamentaria o considerados como válidos en un contexto de buenas prácticas de actividades industriales. El Análisis Cuantitativo de Riesgo es una metodología que cuantifica la probabilidad esperada de ciertos eventos de mayor riesgo identificados mediante análisis HazOp en este estudio.

La metodología para elaborar un análisis cuantitativo de riesgo es la siguiente:



4.4.3.1 Análisis Detallado de Frecuencias.

El objetivo de esta metodología es el de cuantificar la frecuencia de ocurrencia para los eventos identificados en la Región ALARP o escenarios de pérdida de contención durante la aplicación de la metodología de identificación de riesgos HazOp utilizando datos bibliográficos, o bien la técnica de árbol de fallos. Asimismo, se definirán las posibles secuencias accidentales desencadenadas por un determinado suceso iniciador mediante el empleo de la técnica del árbol de eventos.

Árbol de Fallas y Eventos.

La memoria de cálculo de los árboles de fallas y la obtención de las frecuencias directas para los escenarios hipotéticos planteados, se presentan en el Anexo 4h.

Los resultados del análisis de frecuencias después de aplicar las técnicas de árbol de eventos se presentan en la Tabla 9-42, la cual resume la frecuencia de ocurrencia de la totalidad de los escenarios accidentales planteados, es decir la probabilidad de que ocurran los diferentes sucesos que pudieran suscitarse en caso de presentarse una fuga en los nodos analizados.

Tabla 9-202. Frecuencia de Ocurrencia Resultantes del Análisis Frecuencial de los Eventos Identificados.

Escenario	Hipótesis del escenario	Frecuencia de ocurrencia
		(Eventos / año)
Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.		

Para calcular la frecuencia de ocurrencia del evento final, se multiplica el valor calculado en el árbol de fallas por la probabilidad de cada uno de los eventos o capas de protección presentes en la instalación que se pudieran ocasionar en cada hipótesis, por ejemplo: Los resultados del análisis de frecuencias después de aplicar las técnicas de árbol de eventos se presentan en la Tabla 9-43, la cual resume la frecuencia de ocurrencia de la totalidad de los escenarios accidentales planteados, es decir la probabilidad de que ocurran los diferentes sucesos que pudieran suscitarse en caso de presentarse una fuga en los nodos analizados.

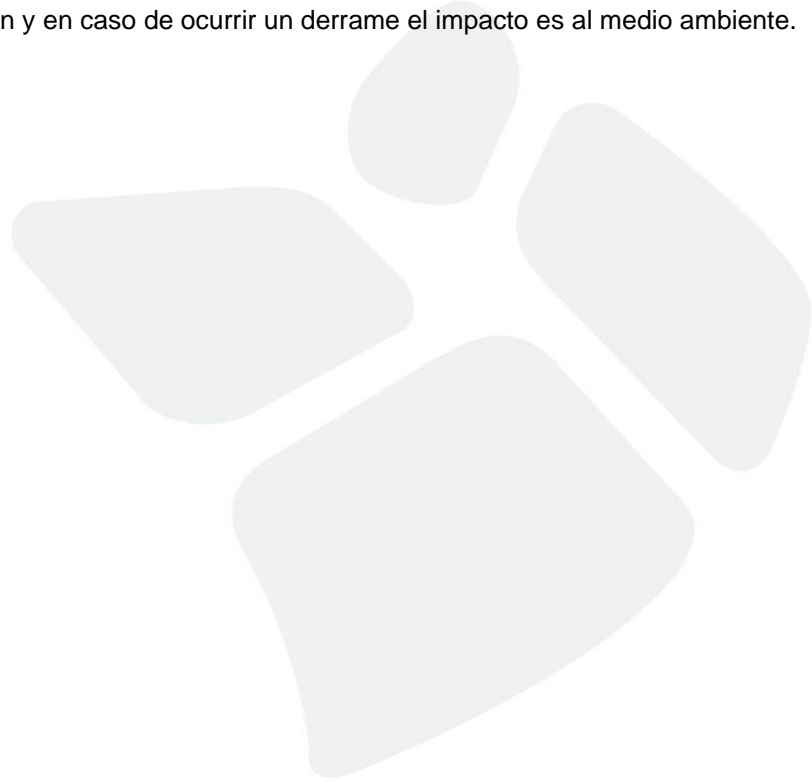
Tabla 9-213. Frecuencia de Ocurrencia de los Eventos Identificados.

Escenario	Hipótesis del escenario	Frecuencia de ocurrencia evento iniciador	Frecuencia de ocurrencia evento final (Árboles de eventos)
		(Eventos / año)	(Eventos / Año)
<p>Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.</p>			

A partir del **Análisis Frecuencial** se puede observar que los escenarios (evento final) resultaron ser de probabilidad muy baja (del orden de 5.05×10^{-09} a 1.06×10^{-14}) que corresponden al evento con mayor frecuencia de ocurrencia "Formación de nube inflamable con facilidad en el control" hasta la de menor probabilidad que corresponde a Jet fire (Incendio de chorro), problemas en el control del fuego. La totalidad de los eventos analizados su frecuencia de ocurrencia es Improbable o se pueden catalogar como de probabilidad extremadamente rara.

Para el análisis cuantitativo de Riesgo se han desarrollado árboles de fallas y de eventos, los cuales corresponden a los escenarios propuestos ponderado como No tolerables, la memoria de cálculo de los árboles de fallas y eventos se pueden visualizar en el Anexo 4h.

Para el **escenario 3** no se desarrolló un análisis frecuencial debido a que los daños identificados en el Hazid son hacia la instalación y en caso de ocurrir un derrame el impacto es al medio ambiente.



4.4.3.2 Análisis de Consecuencias.

El objetivo del análisis de consecuencias es cuantificar el impacto negativo de un evento potencialmente peligroso para las personas, el medio ambiente y los bienes materiales. Los diversos tipos de accidentes graves a considerar en las instalaciones en las que haya sustancias peligrosas pueden producir tres tipos de fenómenos, los cuales son:

- Fenómenos de tipo térmico: Radiación térmica.
- Fenómenos del tipo químico: Fuga o derrames incontrolados de sustancias tóxicas o contaminantes.
- Fenómenos del tipo mecánico: Ondas de presión y proyectiles.

El análisis de consecuencias evalúa los diferentes tipos de accidentes potenciales en establecimientos industriales que manejan sustancias peligrosas que pueden producir eventos peligrosos los cuales son:

- Fugas o derrames incontrolados de sustancias peligrosas: líquidos o gases en depósitos y conducciones.
- Evaporación de líquidos derramados.
- Dispersión de nubes de gases, vapores y aerosoles.
- Incendios de charco o "Pool Fire"
- Dardos de fuego o "Jet Fire"
- Deflagraciones no confinadas de nubes de gases inflamables o "UVCE"
- Estallido de depósitos o "BLEVE"
- Explosiones físicas y/o químicas.
- Vertido accidental al medio ambiente de sustancias contaminantes, procedente de fugas o derrames incontrolados.

Normalmente, un accidente de estas características se produce a partir de algún suceso menor que trae como consecuencia la pérdida de contención de algún recipiente, depósito o tubería que contiene alguna sustancia, lo que produce la fuga o derrame de esta sustancia al exterior. También es posible un incendio previo o simultáneo a una fuga o incluso, una explosión previa a la fuga o al incendio. No obstante, en la mayoría de los casos el primer suceso consiste en una fuga incontrolada de producto.

Los eventos por analizar dentro de este documento son los que hayan sido calificados en una zona ALARP o en su defecto como una pérdida de contención cerca de algún poblado o instalación.

Para el Análisis de Consecuencias de los accidentes identificados en el Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos para el proyecto denominado: “Exploración del Área Contractual 4”, se utilizó el software Phast® (Process Hazard Analysis Software Tool) 8.4 de DNV, que implementa diferentes algoritmos matemáticos y modelos de fuga, dispersión, incendio, explosión, etc.

El software Phast® es una herramienta para análisis de riesgos de procesos que permite predecir las consecuencias de inflamabilidad, explosividad y toxicidad a partir de:

- Descargas atmosféricas de diseño y rutinarias.
- Descargas atmosféricas accidentales y peligrosas.

Los modelos de descarga consideran:

- Flujos de líquidos, gases o de dos fases.
- Materiales individuales o mezclas.
- Comportamiento estable o dependiente del tiempo.
- Descargas en interiores de edificios.

Los modelos de dispersión predicen:

- Formación de aerosoles.
- Condensación y formación de charcos.
- Nubes densas.

Los modelos de inflamabilidad predicen:

- Niveles de radiación.
- Zonas de deflagración.
- Niveles de sobrepresión.

Los modelos incluyen:

- BLEVE's y bolas de fuego.
- Dardos de fuego.
- Incendio de charcos.
- Deflagraciones.
- Explosiones de nubes de vapor.

Los modelos tóxicos predicen:

- Concentración en función de la distancia a favor del viento.

- Concentración en función del tiempo en cualquier punto dentro de la nube.
- Vistas superiores de la nube.

Dispersión de Nube Tóxica / Inflamable.

Los vapores y gases emitidos por la mezcla gas-aceite, pueden generar una dispersión la cual va rebajando la concentración de la sustancia emitida, al tiempo que la extiende sobre regiones cada vez mayores del espacio. Esta dispersión dependerá de la estabilidad atmosférica. Su afectación dependerá de la toxicidad de los vapores o gases emitidos (siendo en este caso la mayor afectación al personal cercano a la fuente de emisión), y de la cantidad de gas entre los límites de inflamabilidad que puedan encontrar un punto de ignición (ver flash Fire y jet Fire).

La Tabla 9-4 muestra el índice de mortalidad y las lesiones presentadas en un evento de dispersión de nube tóxica cuando un porcentaje de la población está expuesta a concentraciones letales (LC).

Tabla 9-44. Índices de mortalidad y lesiones presentadas por dispersión tóxica.

Índice de Mortalidad	Lesiones
El personal ubicado en esta zona presenta un índice de mortalidad bajo (1 %)	Daños a la epidermis: Inflamaciones leves y reacciones alérgicas ligeras. Daño a los ojos: Conjuntivitis.
El personal ubicado en esta zona presenta un índice de mortalidad medio (50 %)	Daños a la epidermis: Inflamaciones crónicas o agudas, reacciones alérgicas, neoplasia y ulceraciones diversas. Daño a los ojos: Daño permanente con resultado de ceguera. Daño a vías respiratorias: Bloqueo físico de alvéolos (polvos insolubles) o reacción con la pared del alvéolo para producir sustancias tóxicas.
El personal ubicado en esta zona presenta un índice de mortalidad alto (99 %) debido a la alta concentración de sustancias tóxica.	Lesiones irreversibles. Bloqueo físico permanente de alvéolos. Muerte en un corto tiempo.

La Tabla 9-225 presenta los umbrales olfativos y de seguridad en un evento de dispersión de nube tóxica para el Sulfuro de Hidrógeno, considerado sustancia química peligrosa de acuerdo con su TLV-TWA e I.P.V.S. (IDLH).

Tabla 9-225. Umbrales Olfativos y de Seguridad para Sustancias Químicas Peligrosas.

Nombre y Fórmula	Umbral Olfativo (ppm)	TLV-TWA (ppm)	TLV-STEL (ppm)	I.D.L.H. (ppm)
------------------	-----------------------	---------------	----------------	----------------

Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.

* Substancias con un nivel de seguridad por el umbral olfativo aceptable, pues más del 50 % de los individuos olerán la sustancia antes de alcanzar unos niveles de concentración que puedan suponer riesgos agudos o crónicos, datos tomados de NIOSH 2003.

Flamazo (Flash Fire).

Cuando se trata de líquidos inflamables que se vaporizan o de fugas de gases más densos que el aire, la nube de gas se diluye en el aire existente, haciendo que en determinados instantes y zonas existan mezclas de combustible y comburente en condiciones de efectuar la combustión. Si en una de estas zonas se encuentra un punto de ignición puede desprenderse la cantidad de calor necesaria para acelerar la velocidad de combustión de forma que se produzca una explosión, denominada o UVCE en su acrónimo inglés.

También es posible si la cantidad premezclada es muy grande, que se produzca una llamarada o "flash fire", sin efectos explosivos, pero con una intensa radiación.

Los efectos por radiación térmica se muestran en la Tabla 9-236.

Tabla 9-236. Efectos Presentados a Diferentes Niveles de Radiación Térmica.

Intensidad de Radiación kW/m ²	Descripción
Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.	

La Tabla 9-7 muestra los valores umbrales para la vulnerabilidad de los materiales, cuando se presenta un evento de radiación térmica.

Tabla 9-47. Vulnerabilidad de Materiales.

Radiación (kW/m ²)	Material
Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.	

Así mismo, la Tabla 9-248 muestra los efectos producidos a personas y objetos durante el evento denominado “Flash Fire”.

Tabla 9-248. Efectos del Flash Fire.

Personas u objetos	Descripción
Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.	

Explosión de Nube de Gas No Confinada (UVCE) y Confinada (VCE).

La explosión de nube de vapor no confinada se presenta cuando la sustancia ha sido dispersada y se incendia a una distancia del lugar de descarga. La magnitud de la explosión depende del tamaño de la nube y de las propiedades químicas de la sustancia. Se pueden ocasionar ondas de sobrepresión y los efectos térmicos suelen ser menos importantes que los anteriores. Asimismo, las explosiones confinadas pueden dar lugar a deflagraciones y los efectos adversos que pueden provocar son: ondas de presión, formación de proyectiles y radiación térmica.

Dardo de Fuego (Jet Fire).

Ocurre cuando un material inflamable ha sido liberado a alta presión y se incendia a una distancia del punto de la descarga. La nube formada produce el incendio (Jet Fire) en cualquier momento, siempre y cuando esté por encima de su límite inferior de inflamabilidad y por debajo del superior, esta zona de la nube es la que se considera para determinar los efectos de radiación térmica. Este evento es poco probable que pueda ocurrir para una línea de conducción de crudo, sin embargo, si el crudo contiene dentro de su composición un alto porcentaje de gas, provocaría la ocurrencia de este evento. Para este evento ver lo descrito en radiación térmica.

Cuando un gas presurizado escapa a la atmósfera a través de un orificio o estrechamiento, se produce una típica descarga en tobera del chorro gaseoso (jet), con un máximo de velocidad en la garganta, que puede igualar a la velocidad del sonido si el cociente entre la presión atmosférica y la presión dentro del recipiente es inferior al valor crítico. Tras el orificio tiene lugar la disminución de la velocidad del gas, al ensancharse la sección de paso. Si una descarga de gas combustible entra en ignición se produce el dardo de fuego

Los efectos perniciosos de estos accidentes son fundamentalmente los siguientes:

- La radiación térmica generada por los incendios.
- Los efectos de los posibles gases tóxicos generados en la combustión.
- Las ondas de sobrepresión generadas por una explosión de nube inflamable.

El modelo utilizado, PHAST versión 8.4, permite calcular la velocidad de combustión y la radiación térmica que sufre un receptor sometido a un determinado incendio. El modelo calcula la forma y la intensidad de la flama, y se obtiene un amplio intervalo de resultados de radiación. El software considera para el dardo de fuego el modelo cónico.

Explosión de Nube de Vapor.

El término “explosión de nube de vapor” (en inglés VCE, de “Vapour Cloud Explosión”) es usado para definir la combustión de la mezcla combustible-aire formada por la fuga y dispersión de una sustancia combustible en la atmósfera, dando lugar a temperaturas muy elevadas, y generando una onda de presión.

En general, la mayoría de los combustibles tienen pesos moleculares mayores que el aire y, por consiguiente, se comportan como nubes pesadas que se mueven a ras de suelo y pueden encontrar fácilmente una fuente de ignición.

Para que tenga lugar la explosión de la nube, debe producirse la mezcla entre el combustible y el aire dentro de los límites de inflamabilidad. Si el punto de ignición está muy cerca del origen de la fuga el resultado será un incendio de chorro o de charco, según las características de la fuga.

Se considera que la máxima probabilidad de formación de una nube explosiva ocurre cuando el periodo de tiempo entre el inicio de la fuga y la ignición está comprendido entre 1 y 15 minutos, si bien se encuentran documentados accidentes en los que se estima que dicho período fue de menos de un minuto, en unos casos, y entre 16 y 30 minutos, en otros (Lees, 1996).

Por otro lado, la magnitud de la onda de sobrepresión generada depende de la velocidad de propagación de la llama (frente de reacción). Cuanto mayor sea ésta, mayor será la sobrepresión alcanzada. La velocidad de propagación de la llama depende, a su vez, de la forma en que se inicie y progrese la combustión. Según ocurra ésta, el resultado puede ser una deflagración o, en condiciones más especiales, una detonación.

Para cumplir con los objetivos de este documento se considera el llevar a cabo como parte del análisis de consecuencias la evaluación de las posibles distintas afectaciones por la explosión de nube de vapor a través del método Multi energía (TNO, 1997).

Dicho método se utiliza para la determinación de las magnitudes peligrosas de las ondas de presión procedentes de la explosión de nubes de vapor, teniendo en cuenta que, cuando éstas se inflaman, las mayores sobrepresiones se generan en regiones congestionadas o confinadas de la nube.

Método Multi Energía.

La secuencia de aplicación del método Multi energía es la siguiente:

- Selección del nivel de la explosión de 1 (deflagración más débil) a 10 (detonación) en función de la reactividad del combustible, ubicación de la nube, cantidad y dimensiones de los obstáculos y energía de la fuente de ignición, entre otros.
- Determinación de la energía de la explosión a partir de la cantidad de sustancia combustible en la nube que se encuentra entre los límites de explosividad y de su entalpía de combustión.

- Cálculo de la “distancia escalada” (R' , adimensional), que depende de la energía de la explosión y de la distancia (z , metros) a la que se desean conocer las magnitudes peligrosas de la onda de presión.

Para lo anterior, la experimentación en este campo presenta grandes dificultades técnicas y económicas, lo que justifica la escasa bibliografía publicada sobre explosiones de Modelo Multi energía.

Criterios para Seleccionar el Nivel de Explosión Apropriado.

La principal dificultad del procedimiento radica en la selección del nivel de explosión apropiado para cada caso, dada la diversidad de parámetros que influyen en el proceso.

La intensidad de la explosión depende de la masa y reactividad del combustible, de la congestión y/o confinamiento de la nube, de la intensidad de la fuente de ignición y de parámetros relacionados con la geometría de la zona obstruida.

Los criterios aportados por algunos autores pueden constituir una ayuda para seleccionar el nivel adecuado. El criterio más simple es el propuesto por TNO en el caso de ausencia de información sobre los factores mencionados anteriormente, consiste en seleccionar el nivel 7 cuando la explosión se produzca en una región obstruida, y el 3 en una zona sin obstáculos.

Dependiendo de la cantidad de información disponible y del grado de precisión requerido se pueden seguir otros criterios, destacando los de Kinsella (1993) y Baker (1996), recomendables cuando sólo se dispone de información cualitativa, y especialmente las de las guías GAME (1998) y GAMES (1998), que son las que se utilizan en este trabajo, en los casos que se disponga de información más amplia.

Kinsella (1993) tiene en cuenta el nivel de obstrucción de la nube, clasificándolo en alto, bajo y nulo; la existencia o no de confinamiento entre paredes paralelas y la energía de la fuente de ignición, distinguiendo entre fuerte (si es debida al venteo de una explosión en el interior de una conducción o situación análoga), y débil (si es debida a una llama, chispa o superficie caliente).

La Tabla 9-9 contiene los criterios que serán utilizados para el desarrollo de este documento, considerando para este análisis como el criterio más desfavorable en caso de ocurrir un escenario de pérdida de contención en la plataforma.

Tabla 9-49. Criterios para Seleccionar el Nivel de la Explosión más Idóneo, Según Kinsella.

Obstrucción		Energía de la fuente de ignición	
-------------	--	----------------------------------	--

Alta	Baja	Nula	Confinamiento entre planos paralelos	Débil	Alta	Datos ingresados al Phast
Sí	-	-	Sí	-	Sí	7-10
Sí	-	-	-	-	Sí	7-10
Sí	-	-	Sí	Sí	-	5-7
-	Sí	-	Sí	-	Sí	5-7
-	Sí	-	-	-	Sí	4-6
-	-	Sí	Sí	-	Sí	4-6
Sí	-	-	-	Sí	-	4-5
-	-	Sí	-	-	Sí	4-5
-	Sí	-	Sí	Sí	-	3-5
-	Sí	-	-	Sí	-	2-3
-	-	Sí	Sí	Sí	-	1-2
-	-	Sí	-	Sí	-	1

El modelo matemático de simulación PHAST para el caso de evaluar en evento de explosión de nube de vapor a través del modelo multi energía utiliza los siguientes parámetros:

Resistencia No Confinada.

El programa puede realizar el modelado de explosión de las partes de la nube que no cubren un área de confinamiento fuerte, y marcar la casilla si desea llevar a cabo este modelo.

Si usted marca la casilla, debe establecer el grado de confinamiento de las partes libres de la nube. Los valores típicos son 1 (totalmente confinados, espacios cerrados, cuartos, por ejemplo) y 2 (confinamiento ligero, por ejemplo, cercas, muros de contención, o setos).

Para el caso de este estudio se consideró el utilizar como criterio un confinamiento ligero utilizando el valor 2 en PHAST.

Fuentes Confinados por Onda Expansiva.

En PHAST se puede modelar hasta siete fuentes de explosión confinados.

Para este caso solo se consideró un espacio semi confinado. Marcando la casilla de una fuente en particular para incluir en el cálculo:

Para este caso y para cada una de las simulaciones realizadas se procedió a proporcionar la siguiente información para la fuente utilizada:

Fuerza de Confinamiento.

Es el grado de confinamiento en la zona o de la fuente. Este es un valor entre 3 (mínimo) y 10 (más alto). Los valores de 8 y 9 se utilizan normalmente para las unidades de proceso.

Aunque hay poca información disponible sobre la elección de la concentración apropiada, algunas características pueden estar relacionadas con los fenómenos de explosión, y su presencia aumentará la fuerza de confinamiento.

Potencia de Emisión de la Radiación Térmica.

Cualquier cuerpo a temperatura T emite radiación térmica que se determina mediante la ley de Stefan-Boltzmann; la potencia neta (emitida-recibida) por unidad de superficie, E, puede expresarse mediante:

$$E = \varepsilon\sigma(T_e^4 - T_r^4)$$

Dónde:

ε : Coeficiente de emisión, adimensional.

σ : Constante de Stefan-Boltzmann, W/m² K.

T_e : Temperatura del emisor, K.

T_r : Temperatura del receptor, K.

En los incendios, la radiación térmica procede de dos fuentes: de los gases generados en la combustión (principalmente del dióxido de carbono y del vapor de agua) y del humo (producido como consecuencia de la descomposición térmica y oxidación parcial del combustible). Desafortunadamente la ecuación no es útil para determinar la potencia emisiva, dado que los parámetros ε y T_e (en este caso T_e es la temperatura de la llama) no son generalmente conocidos. En primer lugar, no parece probable que las llamas se comporten como cuerpos negros ($\varepsilon = 1$), dado que si lo fueran se obtendrían valores de E muy superiores a los experimentales.

Por otro lado, la temperatura de la llama no es uniforme en toda la superficie, de manera que puede considerarse la existencia de dos emisores: los destellos, que se producen cuando la combustión es completa, provocando un elevado nivel de radiación, y el humo que origina un efecto “pantalla” a la emisión de los destellos interiores. Por todo ello, desde el punto de vista práctico, se plantea el cálculo de la potencia emisiva como una fracción de la potencia calorífica térmica máxima desarrollada en el incendio:

La ecuación antes señalada será utilizada para estimar el valor de T_e (temperatura de la llama) tomando como referencia el resultado obtenido del poder emisivo resultante a través de la utilización del modelo matemático de simulación Phast, para lo cual se tomará como referencia los siguientes criterios:

T_r : temperatura del receptor, para este caso se toma como consideración la temperatura ambiente de 22.3 °C.

σ : 5.67×10^{-8}

E: Poder emisor de flama (resultado obtenido a través del modelo Phast).

ϵ : Coeficiente de emisión, adimensional igual a 1.

Para el caso de este estudio y tomando en consideración la necesidad de valorar la temperatura de llama (T_e) en caso de un incendio de dardo, la ecuación planteada anteriormente se modifica quedando de la siguiente manera:

$$T_e = \sqrt[4]{\frac{E}{\epsilon \sigma}} + T_R$$

Donde σ es la constante de proporcionalidad y se denomina constante de Stefan-Boltzman, que tiene un valor de $5.67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$, la ecuación antes referida se denomina Ley de Stefan-Boltzman de la radiación y se aplica exclusivamente a cuerpos negros. Es importante señalar que esta ecuación es válida sólo para la radiación térmica.

Básicamente este simulador se utiliza para estimar la magnitud de las consecuencias, determinar modificaciones, preparar planes de contingencia, así como cumplir con la legislación, promover la conciencia de la seguridad e iniciar un estudio cuantitativo de riesgo.

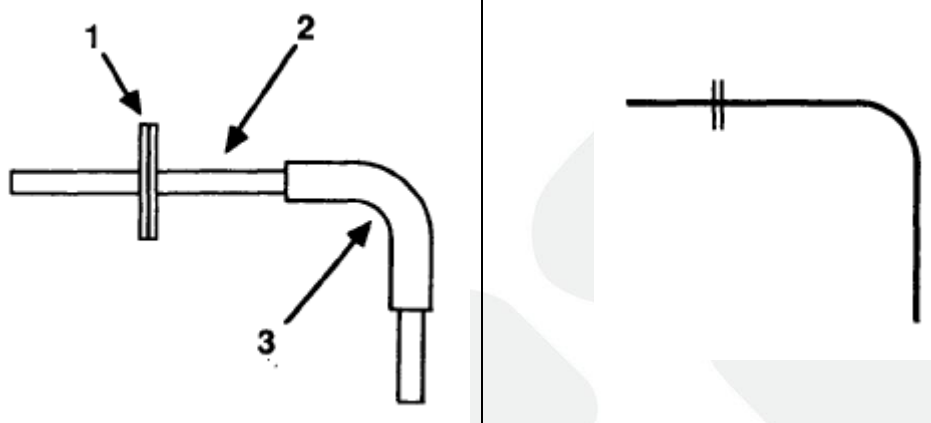
Los criterios y datos que se consideraron para la estimación de consecuencias y que fueron alimentadas al simulador, así como los resultados de las consecuencias obtenidas a partir de la simulación con el software, se presentan en las siguientes secciones, en tanto que los resultados arrojados por el programa de simulación Phast® 8.4 correspondientes a los escenarios identificados para el sistema de Gas Natural se muestran en el Anexo 4i.IV.

Criterios Utilizados para Determinar Diámetro de Orificio y Tiempos de Fuga, así como la descripción de los escenarios.

El siguiente paso para establecer un conjunto de casos de liberación es elegir fallas representativas para cada componente. La Tabla 9-50 sugiere modos típicos de falla; para una tubería típica, los modos de falla son fugas en la tubería, fugas en la brida y fallas en la soldadura. La figura también da tamaños de falla representativos para cada modo de falla, para una fuga de tubería, los tamaños sugeridos son 20% y 100% del diámetro de la tubería, así como las fallas en los tanques de almacenamiento donde se menciona la ruptura total de este, o en caso de sus conexiones al igual que las tuberías se sugiere un 20% y 100% del diámetro. Se debe considerar si los modos y tamaños de falla son apropiados para la planta.

Tal como lo indica el documento Techniques for Assessing Industrial Hazards, The World Bank, 1988. Para determinar los diámetros de fugas se seguirá el siguiente criterio:

Tabla 9-50. Tamaños de fuga sugeridos para tuberías.

	
Incluye: Tubos, Bridas, Soldaduras, Codos.	
Fallas Típicas	Tamaños de fuga sugeridos
1. Fuga de Brida	20% del diámetro de tubería
2. Fuga de Tubería	100% y 20% del diámetro de tubería
3. Fuga en soldaduras y codos	100% y 20% del diámetro de tubería

Referencia: Failure Rate and Event Data for use within Risk Assessments (28/06/2012) / HSE, pág. 21

Tabla 9-51. Criterios para Asignar Tiempos de Fuga.

Sistemas automáticos	Tiempo de control	Tiempo de fuga	Fuente
Detección de fuga con sistema automático de bloqueo (totalmente automático).	El tiempo de cierre de válvulas de bloqueo es de 2 minutos.	2 minutos	Guideline for quantitative risk assessment, Purple book, CPR 18E, 2004, pág. 4.5.
Sistema de bloqueo a control remoto y detección de fuga automático. Detección directa a cuarto de control. El operador valida la señal y el cierre se realiza por un switch en el cuarto de control.	El tiempo de cierre de válvulas de bloqueo es de 10 minutos.	10 minutos	
Sistema de bloqueo operado manualmente con detección automática de fuga. El operador valida la señal y realiza el cierre de válvulas de bloqueo de manera local y manual.	El tiempo de cierre de válvulas de bloqueo es de 30 minutos.	30 minutos	

Los criterios de la Tabla 9-52 son internos de TEMA para las simulaciones.

Tabla 9-52. Criterios para Realizar el Análisis de Consecuencias.

Referencia	Escenario	Tipo de caso
DCO-GDOESSSPA-CT-001 de PEMEX	Fuga debido a materiales fuera de especificaciones o falla en uniones bridadas o soldadas, con posible incendio y/o explosión en caso de encontrar una fuente de ignición (20% del diámetro de la línea).	Caso más probable
Guía para la Elaboración de Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos	Fuga por rotura total de la línea.	Peor Caso

Condiciones Meteorológicas al Momento de la Fuga del Material o Sustancia Peligrosa.

Asimismo, se utilizará la velocidad de viento de 1.5 m/s y estabilidad categoría A-B (para el día) y F (para la noche), conforme a la clasificación de Pasquill (Tabla 9-53). Cuando sea posible demostrar, mediante datos meteorológicos de los 10 últimos años, que la velocidad promedio del viento en el sitio es mayor que 1.5 m/s y que la estabilidad atmosférica es diferente a las categorías A-B y F, se podrán emplear dicho dato en las simulaciones. Para todas las simulaciones se sugiere considerar las condiciones meteorológicas más críticas del sitio, con base en la información de los últimos 10 años.

Tabla 9-53. Estabilidad Atmosférica de Pasquill.

Velocidad del viento U_{10} (m/s)	Radiación solar			Horas de noche	
	Fuerte	Moderado	Débil	Fracción cubierta de nubes	
				$\geq 1/2$	$\leq 1/2$
< 2	A	A – B	B	E	F
2 – 3	A – B	B	C	E	F
3 – 5	B	B – C	C	D	E
5 – 6	C	C – D	D	D	D
6	C	D	D	D	D

Este documento hace referencia a las condiciones ambientales que imperan en la zona donde se desarrollará el proyecto denominado: “Exploración del Área Contractual 4”, por lo que en apego a tal información se dará validez respecto a las condiciones climatológicas del sitio para llevar a cabo la evaluación de consecuencias a través del software PHAST 8.4. Así mismo se considera necesario el tomar como base el realizar la evaluación de consecuencias bajo las condiciones más críticas de velocidad del viento y estabilidad (1.5 m/seg./F) señaladas como condiciones más desfavorables.

Condiciones Ambientales y Tipo de Área de Localización de la Instalación.

El criterio a seguir para este apartado es tomar como base el punto 4.3 de este documento, en donde se puede encontrar las condiciones climatológicas del sitio, esto se resume en la siguiente tabla:

Tabla 9-54. Criterios Ambientales para Simular.

Temperatura Ambiente	Humedad Relativa	Velocidad del viento promedio	Presión Atmosférica
Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.			

Tipos de Área de Localización de la Instalación.

Este factor, en función de los obstáculos (árboles, edificios, densidad de instalaciones industriales), influye en cuanto a la probabilidad de confinamiento de nubes tóxicas o nubes inflamables – explosivas.

Los criterios se pueden observar en la Tabla 4-55 a continuación:

Tabla 9-55. Criterios de Localización de los Eventos.

Costa adentro	Costa afuera
Área rural. No hay construcciones en el área inmediata y el terreno generalmente es plano y con pocos árboles.	Área marítima.
Área urbana. Implica muchos obstáculos en el área inmediata, incluidas las construcciones y los árboles.	-
Área industrial	-
Otra	-

Para el caso del presente proyecto se encuentra en un área Marítima.

De igual manera para efectos de este estudio en la tabla siguiente se puede observar los principales niveles de radiación o sobrepresión que serán estimados a través del modelo matemático de simulación PHAST 8.4, con el objeto de verificar los niveles de afectación hacia la instalación (estructuras, equipos, etc.) que se encuentren cercanos al área de los sistemas derivado de las hipótesis o escenarios identificados.

Tabla 9-56. Parámetros a utilizar para la determinación de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento para el Análisis de Riesgo.

Definición de zona	Zona de Alto Riesgo por daño a equipos	Zona de Alto Riesgo	Zona de Amortiguamiento
--------------------	--	---------------------	-------------------------

Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.

Inventario de Fuga.

Para determinar los inventarios de fuga que pudieran participar en los escenarios previamente identificados se tomará en cuenta los diversos sistemas de mitigación y control con que se cuenta en la Plataforma, así como el equipo que forma parte del alcance del proyecto y con esto limitar la asignación de los tiempos previamente señalados para el control del evento para el cual se asignó un tiempo máximo de 600 segundos (10 min).

Para obtener el cálculo del inventario en la línea de proceso se calcula con base en los datos de composición de la mezcla, presión a las condiciones de fuga, temperatura a las condiciones de fuga, lo anterior mediante el uso del programa de simulación PHAST Ver. 8.4, asimismo se considera el tiempo de fuga previamente definido.

Para el caso de la evaluación de consecuencias y en consideración del producto se estima la utilización de la mezcla representativa del Crudo ligero, asimismo se señala que las condiciones representativas y de operación utilizada son las que se encontrará operando de manera normal el pozo exploratorio.

La composición del Crudo Ligero para un pozo exploratorio la cual fue aprobada por PETRONAS, es la siguiente:

Tabla 9-257. Composición del Crudo.

Componente	MW	SG	Flashed Gas	Flashed Liquid		Recomb Fluid	
	g/mol		mole%	wt%	mole%	wt%	mole%

Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.

Componente	MW	SG	Flashed Gas	Flashed Liquid		Recomb Fluid	
	g/mol		mole%	wt%	mole%	wt%	mole%
Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.							

En Tabla 9-268 se muestran los datos alimentados al simulador, para la determinación del inventario y la tasa de descarga.

Tabla 9-268. Datos para el Inventario y la Tasa de Descarga.

Tipo de caso	Identificación de escenarios		Diámetro (in)		Flujo Vol.	Flujo másico	Presión	Temp	Duración fuga	Inventario	Tasa de descarga
	Clave	Descripción	Línea / Equipo	Fuga	MMPCSD	Kg/s	Kg/cm ²	°C	min	Kg o m ³	Kg/s

Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.

Nota1: Es un pozo exploratorio.

Para los Escenarios 01 y 02 propuestos de acuerdo con los lineamientos previamente mencionados, se les realizó un análisis de consecuencias, mismo que incluye un Análisis Cuantitativo mediante el simulador Phast 8.4. Los inventarios (kg) y las tasas de descarga (kg/s) presentados en las siguientes tablas, fueron calculados a través del simulador Phast 8.4.

Para el **Escenario 03** propuesto se analizó cuantitativamente con el simulador OSCAR, considerando los siguientes criterios para la evaluación del mismo.

Con la finalidad detallar el SAR, en caso de existir un derrame de petróleo, se desarrolló una modelación utilizando un software de Contingencia y Respuesta Ante Derrames de Petróleo (OSCAR), el cual es un sistema de modelo tridimensional que calcula y registra la distribución (como masa y concentraciones) de contaminantes en la superficie del agua, en tierra, en la columna de agua y en sedimentos.

El modelo permite múltiples sitios de lanzamiento, cada uno con un determinado principio y fin del lanzamiento. Además, calcula la dispersión de la superficie, el transporte, el arrastre hacia la columna de agua, la evaporación, emulsificación e interacciones en tierra para determinar la deriva del petróleo y el destino en la superficie. Mientras que en la columna de agua se simula el transporte horizontal y vertical por corrientes, disolución, adsorción, sedimentación y degradación.

Para el presente Proyecto, se simularon un número específico de escenarios de derrames estocásticos con diferentes tiempos. La Tabla 9-59 muestra la información de los parámetros considerados para la simulación del Área Contractual 4.

Tabla 9-279. Parámetros de simulación de derrame del Área Contractual 4.

Sitio de lanzamiento: Bloque 4
<p>Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.</p>

Sitio de lanzamiento: Bloque 4

Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.

Características del aceite.

Los datos de ensayo crudo para el aceite de Polok se utilizan en las simulaciones para el Bloque 4, no había datos de laboratorio de meteorización disponibles para el aceite. El cliente proporcionó todos los parámetros necesarios junto con la composición del aceite para Polok Oil. Los datos de ensayo de crudo recibidos para el petróleo Polok muestran que se trata de un petróleo pesado con un alto contenido de asfaltenos (Tabla 9-60).

Tabla 9-60. Características del aceite para Polok utilizado en el modelado en el Bloque 4

Propiedades del fluido	Aceite Polok Bloque 4
<p>Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.</p>	

El aceite crudo Polok es un aceite parafínico ligero que se distingue por ser un aceite fresco con un alto contenido de asfaltenos. Su punto inicial de fusión (PF) es muy bajo (-30°C), además con su alto grado de evaporación de volátiles, el contenido relativo parafínico aumenta y por lo tanto el punto de fluidez su respectivo incremento.

EI.01.- Fuga de Gas y crudo ligero debido a una manifestación y descontrol del pozo en tubería de 9 5/8", con posible incendio y/o explosión con daño al personal, instalación y medio ambiente.

I. DATOS GENERALES

Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.

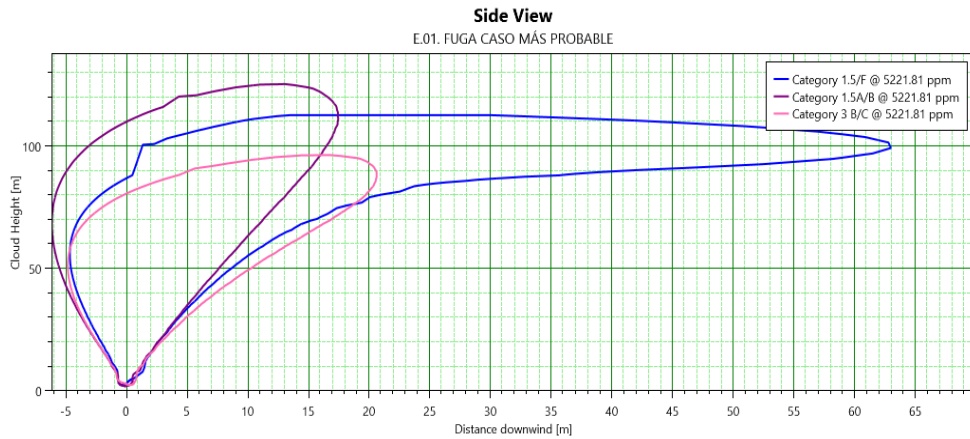
V.CONDICIONES ATMOSFÉRICAS Y TIPO DE SUELO

Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.

*Los resultados mostrados son a 1.5 m/seg y estabilidad F.
El punto de ignición se consideró como probable a 10 metros a partir del punto de fuga.*

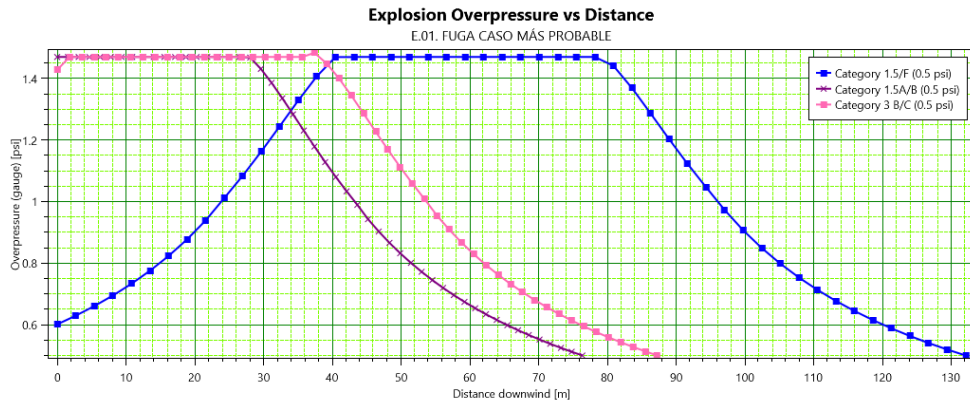
A continuación, se muestra la gráfica de Jet Fire

Audit Number	895
Averaging time	Flammable (18.75 s)
Equipment	E.01
Spacing parameter for the grid in the x dimension	0.1
Material	CRUDO
Material to track	CRUDO
Offset from Centerline	0 m
Program	Phast 8.4
Scenario	E.01. FUGA CASO MÁS PROBABLE
View Time	599.998 s
Weather	Multiple Weather
Workspace	EXPLORACIÓN DEL ÁREA CONTRACTUAL 4



En la siguiente gráfica se muestra la sobrepresión con un punto de ignición a 10 m.

Audit Number	895
Equipment	E.01
Material	CRUDO
Program	Phast 8.4
Scenario	E.01. FUGA CASO MÁS PROBABLE
Workspace	EXPLORACIÓN DEL ÁREA CONTRACTUAL 4, POZO NAAJAL



EI.02.- Fuga de Gas y derrame de crudo ligero debido a una manifestación y descontrol del pozo en tubería de 9 5/8", con posible incendio y/o explosión con daño al personal, instalación y medio ambiente.

I. DATOS GENERALES

Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.

V.CONDICIONES ATMOSFÉRICAS Y TIPO DE SUELO

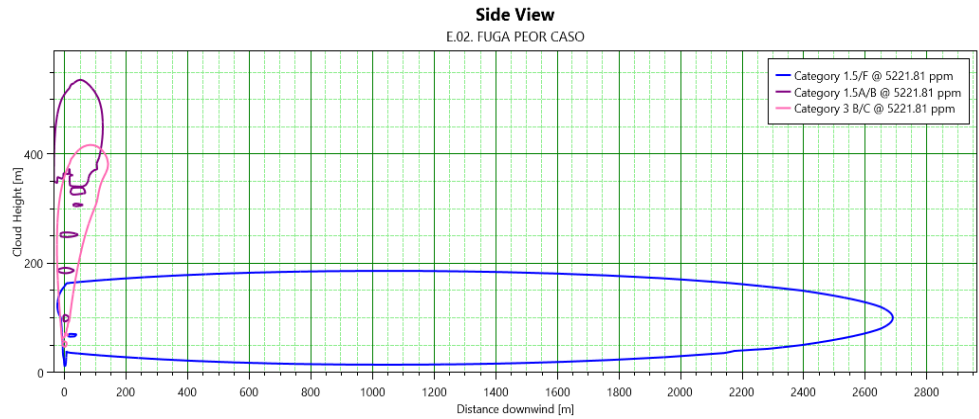
Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.

Los resultados mostrados son a 1.5 m/seg y estabilidad F.

El punto de ignición se consideró como probable a 10 metros a partir del punto de fuga.

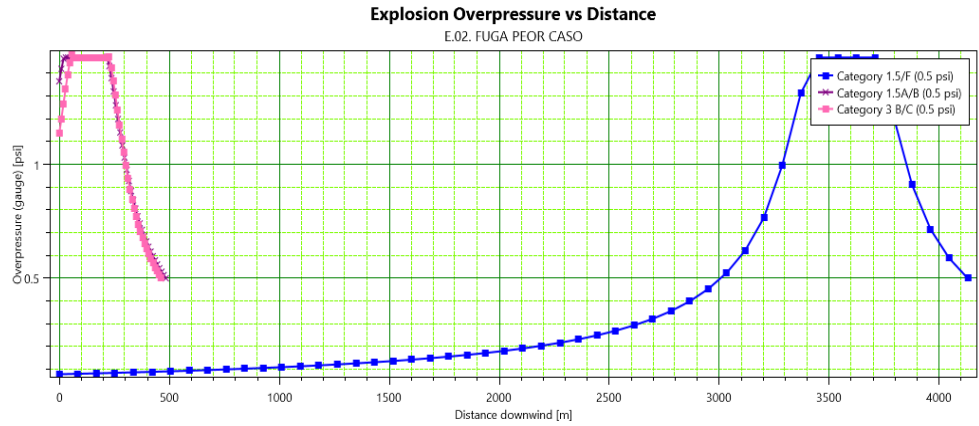
A continuación, se muestra la gráfica de Jet Fire

Audit Number	895
Averaging time	Flammable (18.75 s)
Equipment	E.02
Spacing parameter for the grid in the x dimension	0.1
Material	CRUDO
Material to track	CRUDO
Offset from Centerline	0 m
Program	Phast 8.4
Scenario	E.02. FUGA PEOR CASO
View Time	599.999 s
Weather	Multiple Weather
Workspace	EXPLORACIÓN DEL ÁREA



En la siguiente gráfica se muestra la sobrepresión con un punto de ignición a 10 m.

Audit Number	895
Equipment	E.02
Material	CRUDO
Program	Phast 8.4
Scenario	E.02. FUGA PEOR CASO
Workspace	EXPLORACIÓN DEL ÁREA CONTRACTUAL 4, POZO NAAJAL



EI.03. Derrame de crudo en lecho marino durante la perforación, debido a una pérdida de control del pozo/integridad de pozo con daño al medio ambiente.

Datos Generales	Escenario	Temporada	Valor	Columna de Agua	Superficie	Evaporado	Costa
				(Toneladas)	(Toneladas)	(Toneladas)	(Toneladas)

Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.

Resultados con el modelo OSCAR (Oil Spill Contingency and Response).

El modelo SINTEF de contingencia y respuesta ante derrames de petróleo (OSCAR) es un sistema de modelo tridimensional que calcula y registra la distribución (como masa y concentraciones) de contaminantes en la superficie del agua, en la costa, en la columna de agua y en los sedimentos.

El modelo permite múltiples sitios de lanzamiento, cada uno con un comienzo y un final específicos para el lanzamiento. Esto permite lanzamientos variables en el tiempo en una ubicación determinada, así como en

toda el área de estudio. Para liberaciones del subsuelo (p. Ej., Reventones o fugas en la tubería), la parte del campo cercano.

La simulación se calcula con un modelo de pluma integral multifase (Johansen, 2000, 2003) integrado en OSCAR. El modelo de campo cercano tiene en cuenta los efectos de flotabilidad del petróleo y el gas, la disolución de hidrocarburos, la formación de hidratos y la expansión de gases, así como los efectos de la estratificación ambiental y el flujo cruzado sobre la dilución y el tiempo de elevación de la pluma.

Simulación Estocástica.

La Figura 8 muestra el tiempo de llegada estadística del petróleo a la costa. Todas las simulaciones se han ordenado para mostrar la tendencia en las probabilidades del tiempo de llegada más corto al más largo. El tiempo de llegada y la masa total correspondiente en tierra para las simulaciones con el tiempo de llegada más corto y más largo a la costa se muestran en la Tabla 9-61, y las simulaciones con la mayor y menor masa en tierra se muestran en la Tabla 9-62. El tiempo de llegada a tierra oscila entre 3,7 y 41,8 días, y la masa total en tierra oscila entre 93 384 toneladas y 289 000 toneladas. No hubo simulación sin contaminación de la costa.

Tabla 9-61. Simulaciones con tiempo de llegada más corto y más largo a la costa con la masa total correspondiente en tierra.

No. de simulación	Tiempo de inicio de la simulación	Tiempo de llegada	Masa total en tierra
Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.			

Tabla 9-62. Simulaciones con mayor y menor masa total en tierra con tiempo de llegada correspondiente a tierra.

No. de simulación	Tiempo de inicio de la simulación	Tiempo de llegada	Masa total en tierra
Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.			

La Figura 9-29 muestra la masa total de petróleo acumulada en la costa 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 125 y 150 días después del inicio de la liberación con la probabilidad acumulada correspondiente de aceite en la costa.

Las cifras muestran que la probabilidad de que el petróleo llegue a la costa aumenta con el número de días desde el lanzamiento. Cuanto más largo sea el período de tiempo desde el lanzamiento, más tiempo tiene el petróleo para llegar potencialmente a la costa. Además, la masa máxima acumulada de petróleo total en la costa también aumenta con el número de días desde el lanzamiento.

Las estadísticas de la costa para el escenario de liberación de superficie del Bloque 04 se da en la Figura 9-31 muestra la probabilidad de contaminación.

La masa máxima de petróleo acumulada en la costa se muestra en la Figura 9-35.

Las estadísticas de superficie se dan en la Figura9-32 y la Figura9-33. La probabilidad de contaminación se da en la primera figura, mientras que el espesor máximo promedio de la emulsión se muestra en la segunda. El tiempo mínimo de llegada del aceite superficial y el tiempo de exposición (número de días expuestos) del aceite superficial se muestran en la Figura9-34. Estas cifras se pueden combinar con la capacidad de respuesta disponible para garantizar que el equipo se ubique y se implemente de manera eficiente.

Las estadísticas para la columna de agua se muestran en la Figura9-36 y Figura9-37. La probabilidad de contaminación se da en la Figura9-36, mientras que la Figura9-37 muestra la concentración total de aceite promediada en el tiempo (aceite sumergido en forma de gota, también conocida como dispersada, y la fracción disuelta) en el aceite de la columna de agua dentro de 150 días.

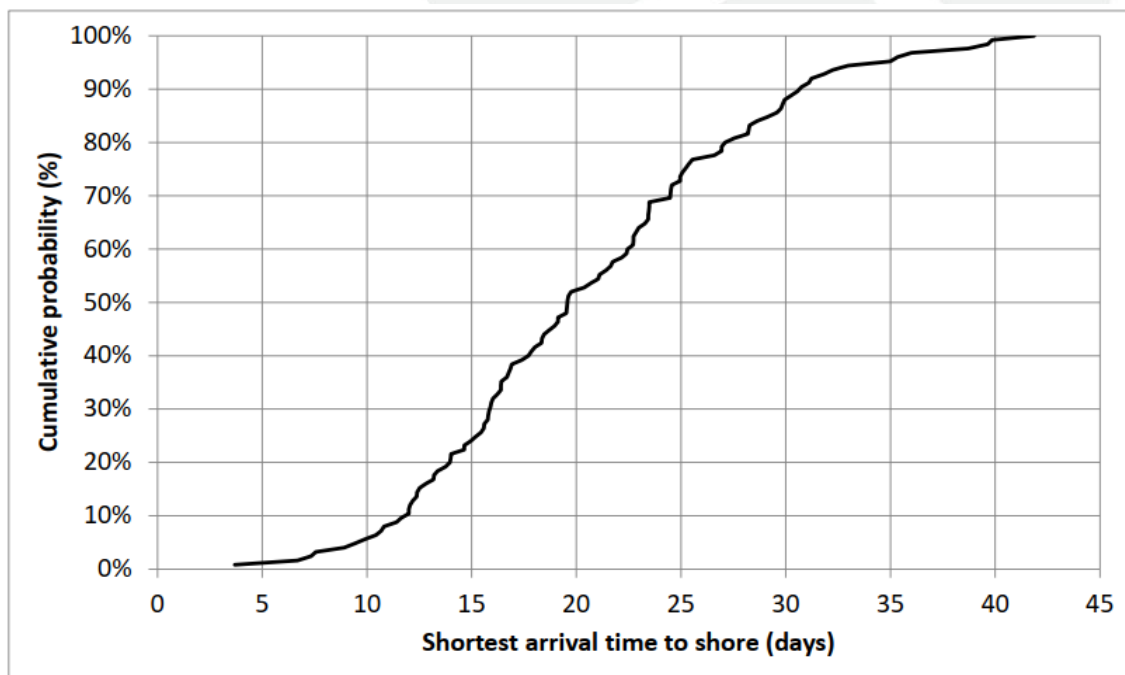


Figura 9-28. Tiempo de llegada más corto de hidrocarburos a la costa con porcentaje de simulaciones que tienen un tiempo de llegada más largo.

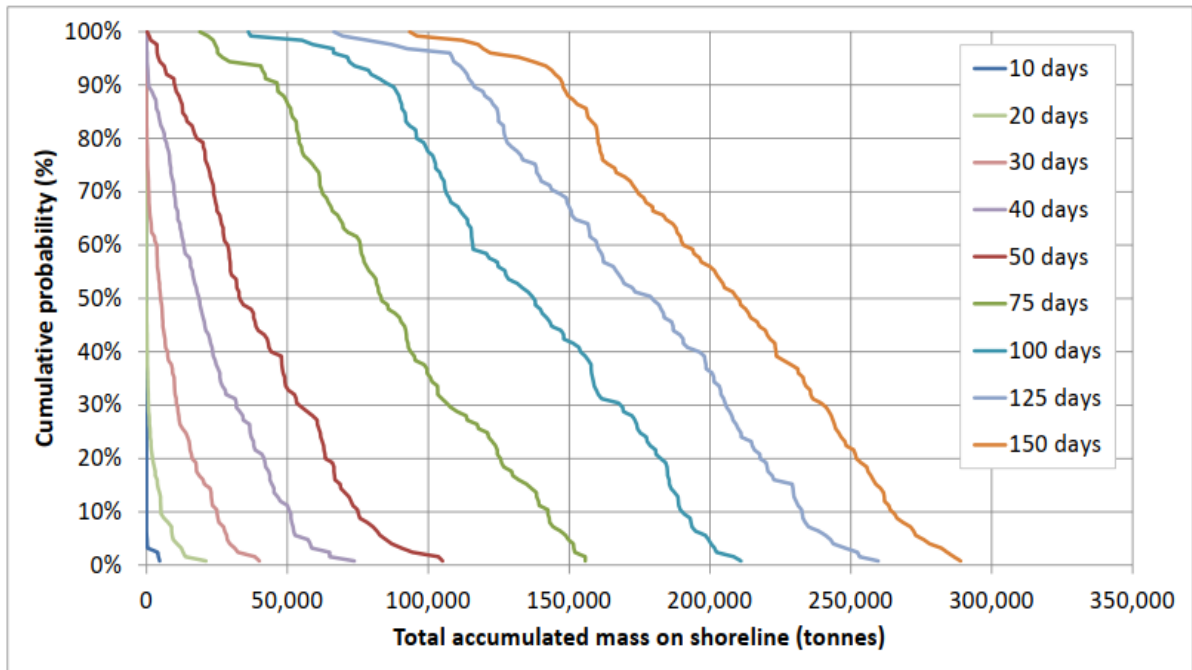


Figura 9-29. Masa de hidrocarburos acumulados en la costa como función del tiempo después del inicio de la liberación con porcentaje de simulaciones que tienen más hidrocarburos en la costa.

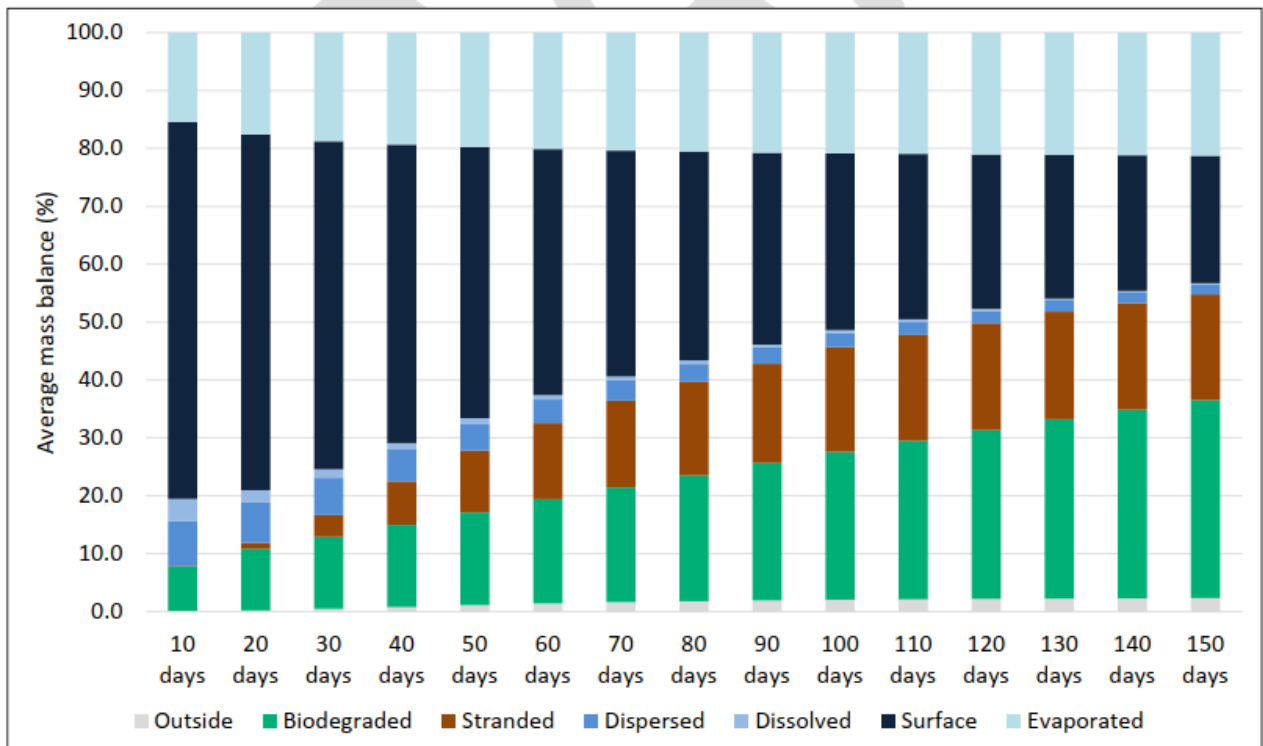


Figura 9-30. Balance de masa promedio sobre las 125 simulaciones individuales por cada 10 días durante el período de simulación de 150 días. Tenga en cuenta que la categoría "fuera" consta tanto de petróleo en el sedimento como de petróleo que sale del dominio del modelo.

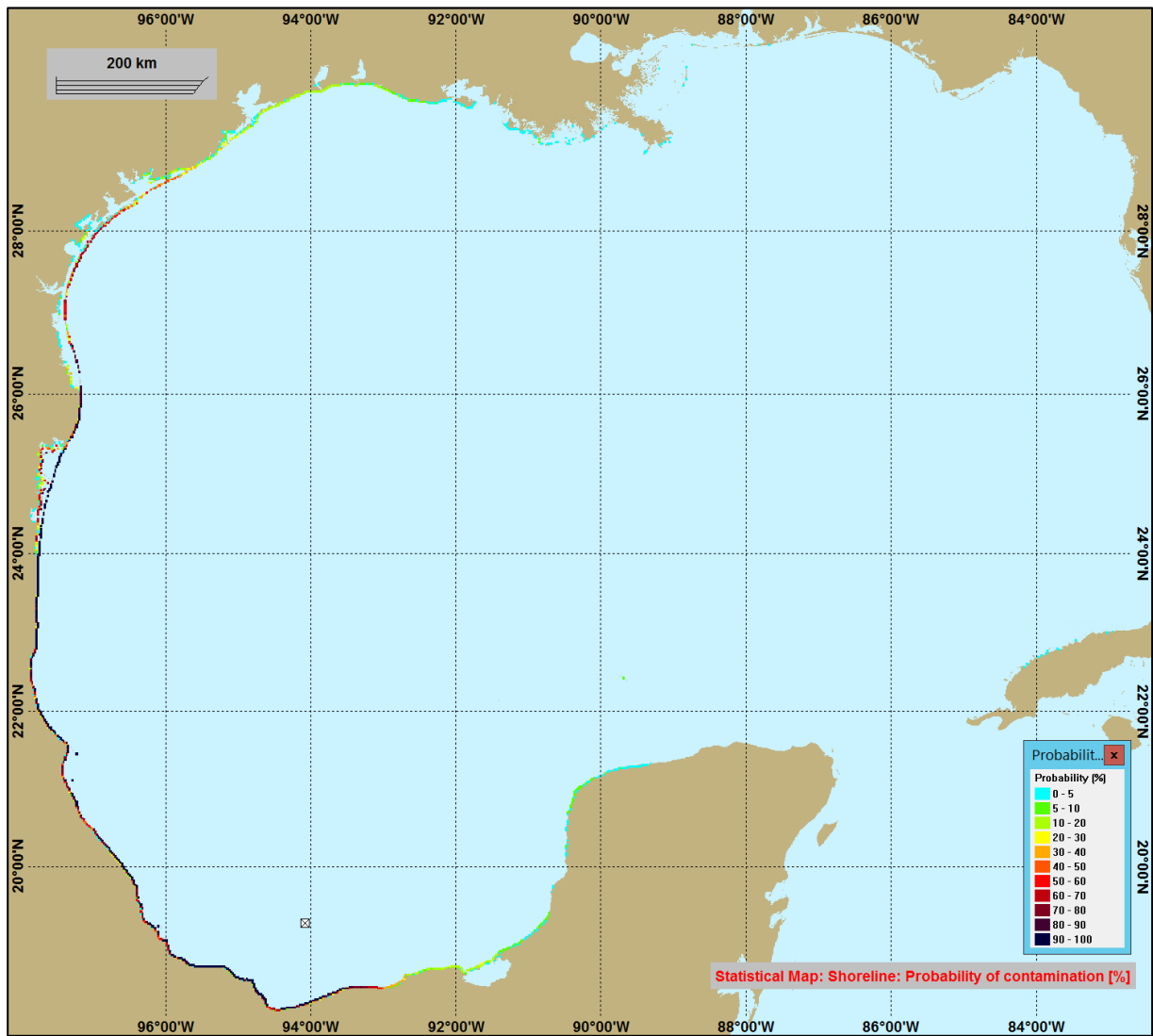


Figura 9-31. Mapa estadístico del Bloque 04, que muestra la probabilidad de que el petróleo llegue a tierra en 150 días.

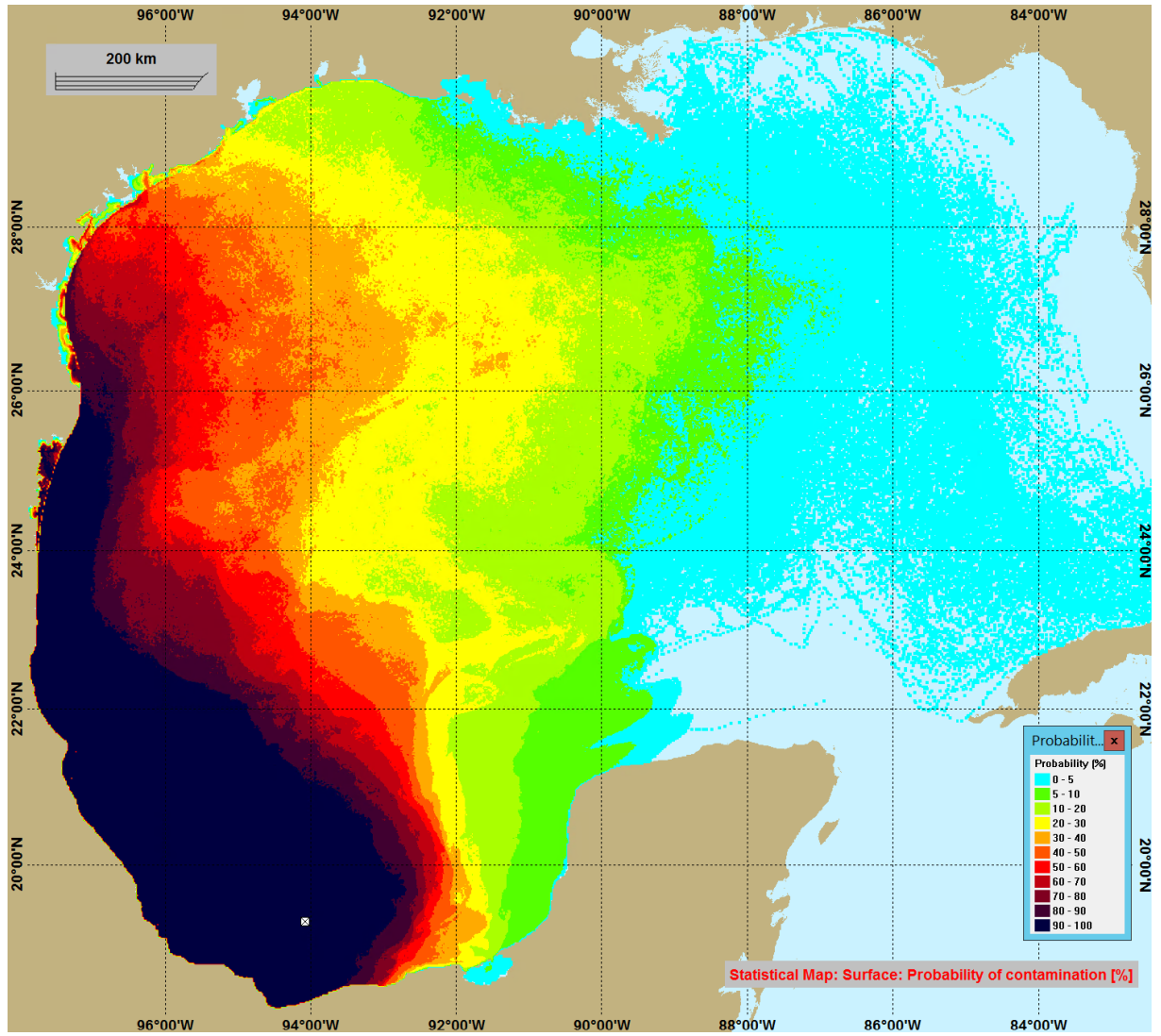


Figura 9-32. Mapa estadístico para el Bloque 04, que muestra la probabilidad de petróleo superficial dentro de 150 días.

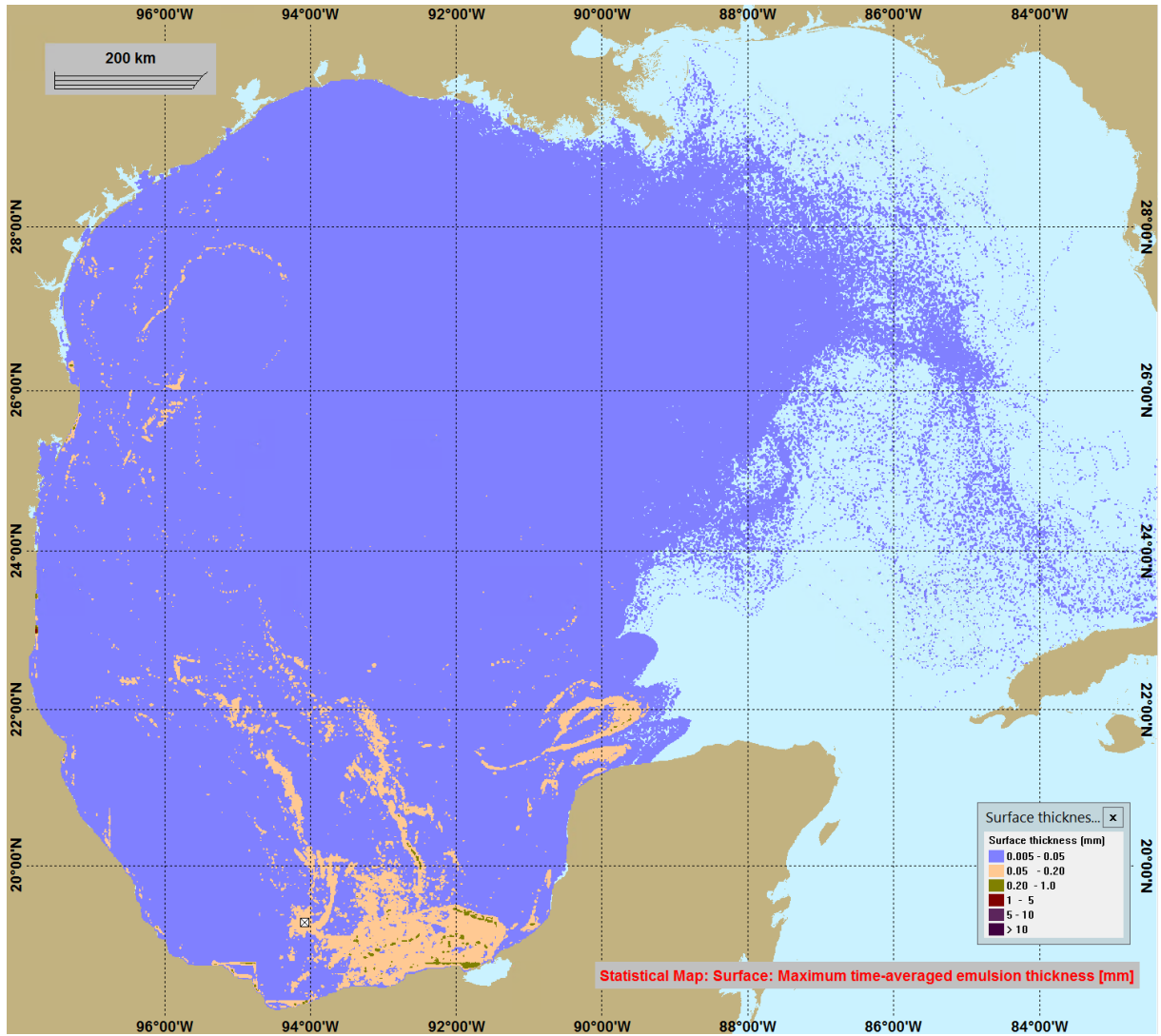


Figura 9-33. Mapa estadístico para el Bloque 04, que muestra el tiempo promedio máximo de espesor de emulsión de aceite superficial dentro de 150 días.

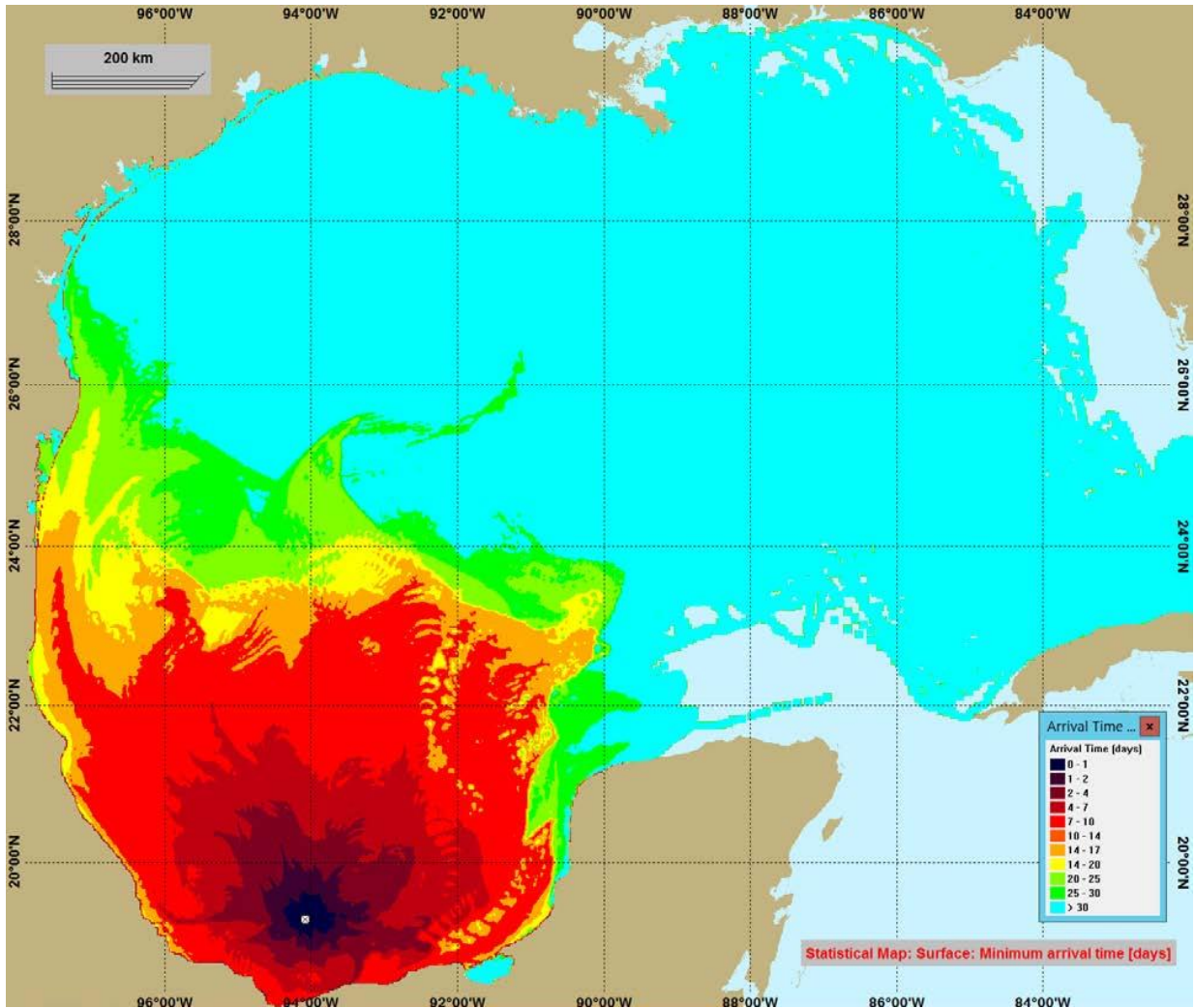


Figura 9-34. Mapa estadístico para el Bloque 04, que muestra el tiempo mínimo de llegada del petróleo superficial dentro de 150 días.

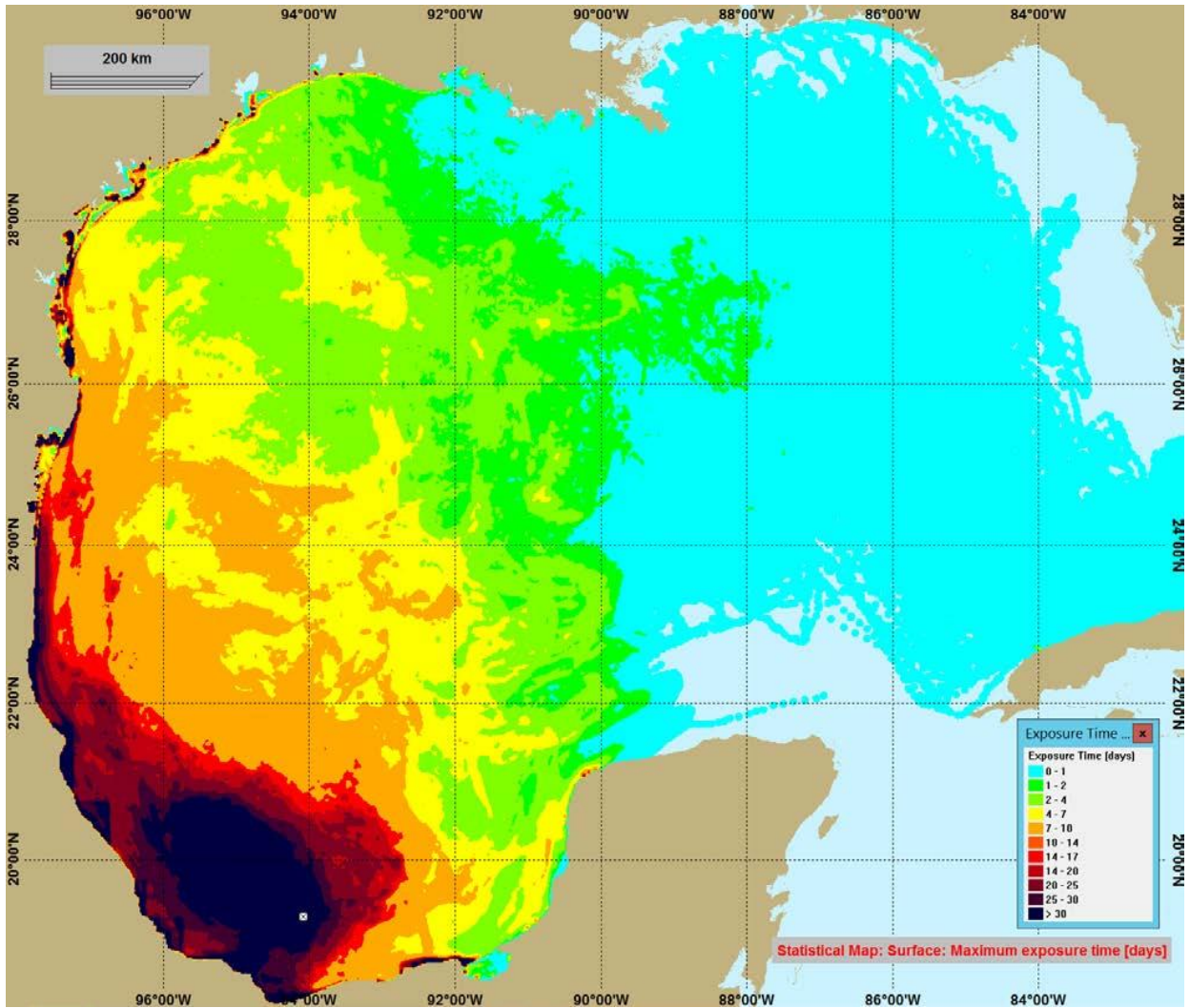


Figura 9-35. Mapa estadístico para el Bloque 04, que muestra el tiempo de exposición máximo con aceite de la superficie dentro de los 150 días.

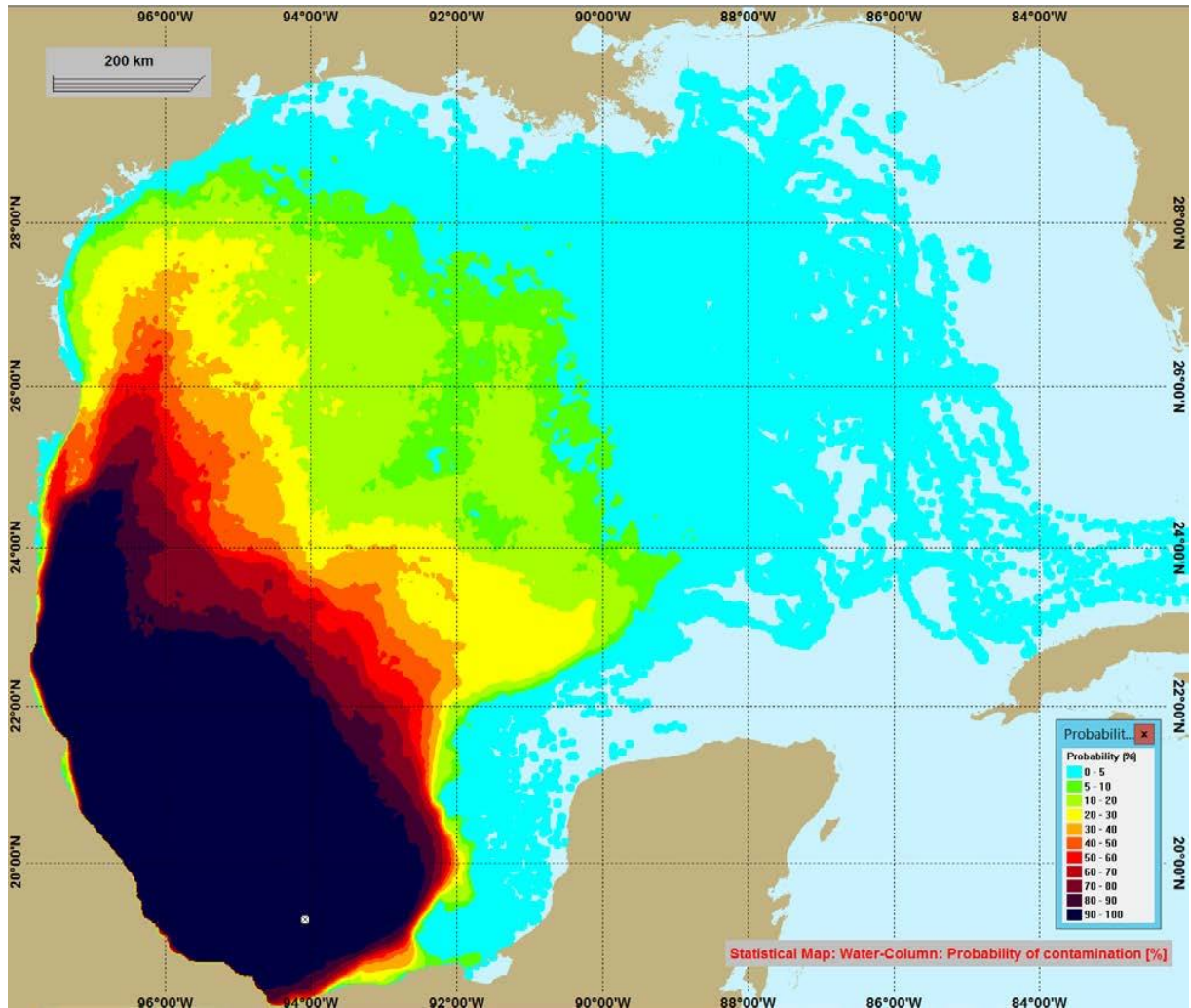


Figura 9-36. Mapa estadístico para el Bloque 04, que muestra la probabilidad de que el tiempo promedio de concentración total (disperso y disuelto) en la columna de agua para cualquier celda de la cuadrícula en la parte superior 100 m de columna de agua durante el período de simulación basado en todas las simulaciones.

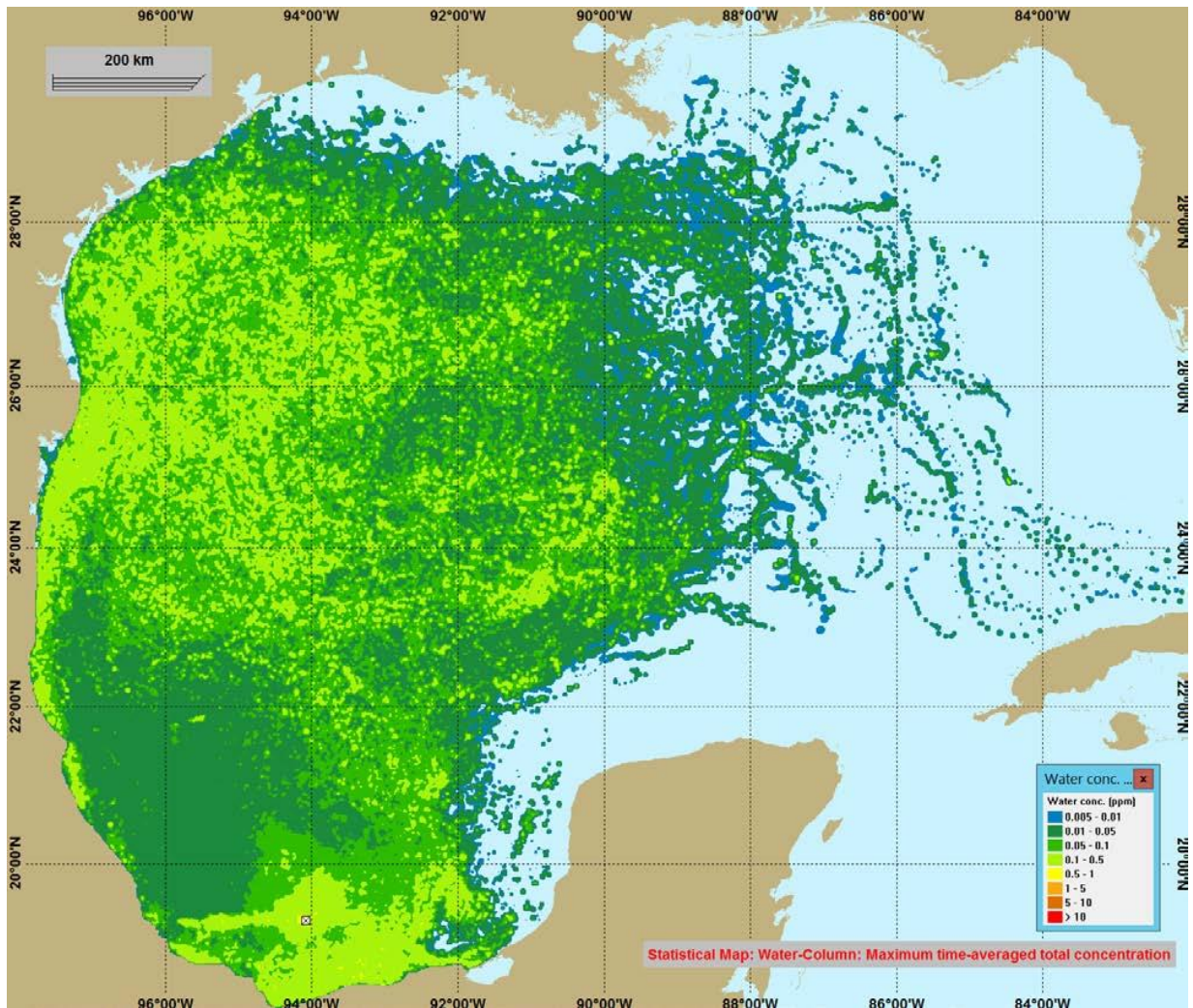


Figura 9-37. Mapa estadístico para el Bloque 04, que muestra el tiempo promedio máximo de concentración total de petróleo (disperso y disuelto) en la columna de agua para cualquier celda de rejilla en los 100 m superiores de la columna de agua durante el período de simulación basado en todas las simulaciones.

4.5 REPRESENTACIÓN EN PLANOS DE LOS RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN.

En el Anexo 4i.VI se muestran los diagramas de pétalos en donde se representan las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento (radiación térmica y derrame), en donde se pueden identificar los puntos de interés, así como otras áreas, equipos, ductos o instalaciones.

4.6 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD E INTERACCIONES DE RIESGO.

Para cada uno de los escenarios de riesgo simulados se realiza un análisis y evaluación de posibles interacciones de Riesgo, en caso de la materialización de estos, con otras áreas de interés o posiblemente afectadas, equipos, ductos o instalaciones, que se encuentren dentro de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento para el análisis de Riesgo, previamente determinadas, considerando la probabilidad de ocurrencia de un Efecto dominó. Considerando la descripción detallada de las posibles afectaciones respecto a los receptores de riesgo de interés (personas, población, medio ambiente, instalación/producción, entre otros)

Receptores de Riesgo.

A continuación, se describe los efectos que se tendrán sobre los equipos que conforman el Proyecto y/o Instalación, así como al ambiente, por lo que se identifican y describen a detalle las instalaciones, componentes ambientales (agua, suelo, flora, fauna, entre otros), las zonas habitacionales, escuelas, comunidades o asentamientos humanos que se encuentran inmersos en las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento para el Análisis de Riesgo determinadas.

Lo anterior, se integra mediante una tabla, en la que se indican todos los datos anteriores a detalle para cada uno de los escenarios simulados, así como los Sistemas de Seguridad y medidas para reducir la probabilidad de ocurrencia y/o consecuencia.

4.6.1 Análisis de Vulnerabilidad.

En la Tabla 9-63 se muestra la descripción de los posibles receptores de Riesgo.

Tabla 9-63. Descripción de los posibles receptores de Riesgo

Clave del Escenario	Receptor de Riesgo	Tipo de evento	Tipo de Zona	Descripción de la afectación	Descripción de Salvaguardas existentes
<p>Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.</p>					

Clave del Escenario	Receptor de Riesgo	Tipo de evento	Tipo de Zona	Descripción de la afectación	Descripción de Salvaguardas existentes
<p>Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.</p>					

Con base al Diagnóstico Ambiental realizado en el Capítulo IV de la MIA-R en la cual se identificaron las zonas de interés o de fragilidad ecológica que pudieran incidir con el Sistema Ambiental Regional y Área del Proyecto, y que pudieran verse afectadas por las actividades durante la perforación del Pozo Najaal.

Las capas ambientales utilizadas para hacer la sobre posición de los radios de los escenarios de riesgo son las siguientes:

1. Áreas Naturales Protegidas Federales.
2. Áreas Naturales Protegidas Estatales.
3. Áreas para la Importancia de la Conservación de las Aves.

4. Regiones Terrestres Protegidas.
5. Regiones Hidrológicas Protegidas.
6. Regiones Marinas Prioritarias.
7. Sitios RAMSAR.

A continuación, se muestra los resultados de los escenarios de riesgo.

La Figura9-38 muestra los resultados obtenidos para radios por radiación térmica del escenario EI.01, el cual muestra el radio para la zona de alto riesgo es de 110.47 m (5 KW/m²) y para la zona de amortiguamiento de 225.10 m (1.4 KW/m²).

Imagen con la ubicación de la instalación (información reservada). Información protegida bajo los Art. 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP.

Figura 9-38. Radiación térmica E.01

La Figura9-39 muestra los resultados obtenidos para radios por sobrepresión del escenario EI.01, el cual muestra que el radio para la zona de amortiguamiento de 74.72 m (0.5 psi) y alto riesgo 42.44 m (1.0 psi).

Imagen con la ubicación de la instalación (información reservada). Información protegida bajo los Art. 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP.

Figura 9-39. Sobrepresión E.01

La Figura 9-40 muestra los resultados obtenidos para radios por radiación térmica del escenario EI.02, el cual muestra que el radio para la zona de alto riesgo daños a equipos es de 223.78 (12.5 KW/m²); la de alto riesgo es de 535.94 m (5 KW/m²) y para la zona de amortiguamiento de 1,117 m (1.4 KW/m²).

Imagen con la ubicación de la instalación (información reservada). Información protegida bajo los Art. 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP.

Figura 9-40. Radiación térmica E.02

La Figura9-41 muestra los resultados obtenidos para radios por sobrepresión del escenario E1.02, el cual muestra que el radio para la zona de amortiguamiento de 312.19 m (0.5 psi) y alto riesgo 161.48 m (1.0 psi).

Imagen con la ubicación de la instalación (información reservada). Información protegida bajo los Art. 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP.

Figura 9-41. Sobrepresión E.02

Con base a las figuras anteriores en las cuales se hizo la sobre posición de los radios de afectación de los escenarios de riesgo; no se presenta ninguna incidencia con áreas de interés ecológico o de relevancia ecológica.

Escenario 03 Simulación estocástica del escenario por derrame incontrolado de crudo.

En los resultados del modelado estocástico se observan afectaciones a las costas del Golfo de México (Anexo 4i-IV), a continuación, se menciona la diversidad marina que podría ser afectada en caso de presentarse dicho escenario:

Vegetación.

Fitoplancton.

El muestreo de fitoplancton estuvo dirigido a la determinación de las especies más representativas del eslabón inicial de la cadena trófica marina, así como también a la identificación de microalgas consideradas potencialmente tóxicas por la Comisión Oceanográfica Internacional (COI) de la UNESCO y de aquellas

comúnmente involucradas en ciertos eventos de importancia ecológica: “mareas rojas”, “floraciones algales nocivas” o procesos de eutrofización.

Con base en los lineamientos de la Guía para el Diseño y Puesta en Marcha de un Plan de Seguimiento de Microalgas Productoras de Toxinas (COI, 2011), se implementaron dos metodologías diferentes de muestreo, aunque complementarias entre sí en las mismas estaciones de muestreo de calidad de agua de mar.

Muestreo Cualitativo.

El muestreo cualitativo de fitoplancton consistió en realizar arrastres verticales a velocidad constante a lo largo de la columna de agua con una red estándar cónica provista con malla colectora de 20 μm de abertura de poro desde una profundidad aproximada de 45 m (límite inferior de la zona fótica).

Se colectaron 10 muestras de fitoplancton de red, las cuales fueron debidamente rotuladas, acondicionadas en frascos de plástico herméticos de 500 ml de capacidad y luego preservadas con solución de formalina al 4% neutralizada con tetraborato de sodio.

El análisis de las muestras estuvo a cargo del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV), dependencia del Instituto Politécnico Nacional (IPN), se determinaron las microalgas presentes hasta el menor nivel taxonómico posible, agrupándolas en las categorías de diatomeas, dinoflagelados, cianofitas o fitoflagelados.

Muestreo Cuantitativo.

El muestreo de fitoplancton se realizó utilizando botellas de muestreo oceanográfico (botellas Van Dorn o Niskin) a dos profundidades de muestreo por estación de evaluación (-1 metro o superficie y profunda). La muestra es vertida en un frasco de vidrio ámbar de 250 ml conteniendo una solución preservante de lugol acético (2 ml).

El tratamiento y análisis de las muestras también se realizó en los laboratorios del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV).

Para la identificación y posterior conteo de microalgas fueron empleadas claves taxonómicas actualizadas. Se determinaron como principales grupos a las diatomeas, los dinoflagelados, las cianofitas y los fitoflagelados. Los resultados se expresaron cuantitativamente en términos de “concentración celular” (n° células/litro). A partir de estos registros se calcularon los índices de estructura comunitaria: diversidad de Shannon-Wiener (H'), dominancia de Simpson (D) y equidad de Pielou (J').

4.6.2 Interacciones de Riesgo.

A continuación, se describe los efectos que se tendrán sobre los equipos que conforman el Proyecto y/o Instalación, así como al ambiente, por lo que se identifican y describen a detalle las instalaciones, componentes ambientales (agua, suelo, flora, fauna, entre otros), que se encuentran inmersos en las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento para el Análisis de Riesgo determinadas.

Lo anterior, se integra mediante una tabla, en la que se indican todos los datos anteriores a detalle para cada uno de los escenarios simulados, así como los Sistemas de Seguridad y medidas para reducir la probabilidad de ocurrencia y/o consecuencia.

Tabla 9-64. Interacciones de riesgos y descripción de los posibles receptores de Riesgo

Clave del Escenario	Equipo/sitio de la Planta	Sustancia peligrosa involucrada en el escenario de riesgo	Tipo de zona	Tipo de evento	Radio de afectación (m)	Sitios o equipos aledaños que pueden ser afectados	Distancias de los sitios o equipos al punto de fuga (m)	Sistemas de seguridad y medidas preventivas (identificadas en sesiones de trabajo)
<p>Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.</p>								

Clave del Escenario	Equipo/sitio de la Planta	Sustancia peligrosa involucrada en el escenario de riesgo	Tipo de zona	Tipo de evento	Radio de afectación (m)	Sitios o equipos aledaños que pueden ser afectados	Distancias de los sitios o equipos al punto de fuga (m)	Sistemas de seguridad y medidas preventivas (identificadas en sesiones de trabajo)
---------------------	---------------------------	---	--------------	----------------	-------------------------	--	---	--

Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.

Clave del Escenario	Equipo/sitio de la Planta	Sustancia peligrosa involucrada en el escenario de riesgo	Tipo de zona	Tipo de evento	Radio de afectación (m)	Sitios o equipos aledaños que pueden ser afectados	Distancias de los sitios o equipos al punto de fuga (m)	Sistemas de seguridad y medidas preventivas (identificadas en sesiones de trabajo)
---------------------	---------------------------	---	--------------	----------------	-------------------------	--	---	--

Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.

4.7 REPOSICIONAMIENTO DE ESCENARIOS DE RIESGO.

Durante el desarrollo de las sesiones de trabajo para identificación de riesgos, se realizó la ponderación cualitativa de las desviaciones (peligros) encontrados determinando la Magnitud de Riesgo (MR) de cada desviación. De esta determinación de la MR, se señalaron todos los eventos ponderados como riesgo indeseable en donde se involucra descontrol en pozo y derrame.

Una vez obtenidos los resultados de las simulaciones de estos eventos, se determinó el reposicionamiento, por lo cual quedaron como lo indica la Tabla 9-5.

Tabla 9-65. Resultados del Análisis Cualitativo para los escenarios riesgosos.

Ponderación realizada por el Grupo Multidisciplinario						Reposicionamiento Análisis Cuantitativo											
Sin Protecciones (Riego Inherente)				Con Protecciones (Riesgo Residual)		Personal			Población			Medio Ambiente			Producción / Instalación		
Escenario	Descripción del escenario	NR	Clasificación del Riesgo	NR	Clasificación del Riesgo	F	C	NR	F	C	NR	F	C	NR	F	C	NR
Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.																	

El reposicionamiento de la frecuencia se realizó en base al valor del evento iniciador del que parten los Árboles de Eventos, estaban dentro del margen de 5.05×10^{-09} a 1.06×10^{-14} , por lo tanto, podemos decir que son extremadamente raros, aun cuando algunos de los valores de consecuencias para cada grupo fueron reposicionados con una mayor afectación, la reducción de la frecuencia nos lleva a considerar el escenario como Riesgo Aceptable.

4.8 SISTEMAS DE SEGURIDAD Y MEDIDAS PARA ADMINISTRAR LOS ESCENARIOS DE RIESGO.

4.8.1 Sistemas de Seguridad.

EQUIPO DE SEGURIDAD.

Equipos generales de seguridad.

<p>Equipo de protección personal general. Sombreros de seguridad (Solo terceros/todos/no suministrado): Botas de seguridad (Solo terceros/todos/no suministrado): Ropa de seguridad (Solo terceros/todos/no suministrado): Protección para los oídos (Solo terceros/todos/no suministrado): Guantes de goma (Solo terceros/todos/no suministrado): delantales de goma (Solo terceros/todos/no suministrado): Viseras integrales (Solo terceros/todos/no suministrado): Protectores oculares (para rectificadoras, etc.) (Solo terceros/todos/no suministrado): Mascarillas antipolvo: (Solo terceros/todos/no suministrado): Guantes de goma (hasta el codo para manipulación de productos químicos) (Solo terceros/todos/no suministrado): Linternas manuales a prueba de explosiones c/w baterías (Solo terceros/todos/no suministrado): Cinturones de seguridad c/w líneas (Solo terceros/todos/no suministrado)</p>		<p>Solo contratista Solo contratista Solo contratista Todos Solo contratista Solo contratista Todos Solo contratista Todos Solo contratista Solo contratista</p>
<p>Estaciones de lavado de ojos. Cantidad: Ubicado en: Ubicado en: Ubicado en: Ubicado en: Ubicado en: Ubicado en: Ubicado en: Ubicado en: Ubicado en: Ubicado en:</p>	<p>Nº</p>	<p>15 (1) Sack Room - ducha (2) Sack Room (1) Piso Agitador (1) Avance de la bomba de lodo (1) bomba de lodo en popa (1) Shale Shaker (1) Piso de perforación de construcción (1) Piso de Perforación (1) ECR (1) Taquilla de pintura (1) cubierta principal estándar (por ROV) (1) espacio vacío del tanque P (puerto)</p>

Detectores de gas (portátiles) Cantidad: Hacer: Tipo Prueba	Nº	6 BW Alerta de gas Max XTII niveles de oxígeno/atmósfera explosiva
Explosímetros (Portátiles) Cantidad: Marca: Tipo Prueba:	Nº	6 Gas Alert Max XTII Niveles de oxígeno/Atmósfera explosiva Niveles de oxígeno/atmósfera explosiva
Alojamiento de detectores de humo/incendios Marca: Modelo: Detección de incendios: Detección de humo: Central de alarmas: Ubicación:	Sí/No Sí/No Sí/No	Productos de seguridad TYCO 801PHEX Sí Sí Sí Puente de Navegación Copia de seguridad en la sala de control de motores Pantalla en la cabina del perforador (lado principal y auxiliar)

Equipo contra incendios.

Bombas Contra Incendio Cantidad: Marca/modelo: Tipo: Salida (cada una): Ubicación de las bombas: El suministro de agua contra incendios cumple con Especificaciones MODU de la OMI:	Nº us galones /min Sí/No	4 Harmworthy MD Vert. centrífugo con autocebado 2025 (2) Adelante 360 m ³ /hr 460m ³ /h Sí
Hidrantes y Mangueras Hidrantes colocados de manera que se pueda llegar a cualquier punto con una sola longitud de manguera desde dos hidrantes separados: Cantidad de hidrantes: Conexiones de manguera / hidrante: Diámetro máximo de la manguera: Longitud:	Sí/No Nº No. en m	Sí 124 1 2 15 y 20 – Dependiendo de la ubicación.

<p>Extintores de Incendio Portátiles Cantidad (total): CO₂: Espuma: Producto químico seco: Montado junto a las vías de acceso y vías de escape:</p>	<p>N° N°./kg N°/kg No./kg Sí/No</p>	<p>164 59 x 5kg – En Servicio 1 x 18 kg – En servicio 81 x 9LI 4 x 45,5LI – en servicio 2x152LI 10 x 5 kg 4x9kg 1x13,5 kg 2x45kg Sí</p>
<p>Mantas ignífugas Cantidad: Ubicación:</p>	<p>N°</p>	<p>5 1 x cocina, 1 x cuarto de lavado #1, 2 estaciones de bomberos para helicópteros. 1 puente.</p>
<p>Sistema fijo de extinción de incendios con espuma.</p>		<p>N/A</p>
<p>Sistema fijo contra incendios. Ubicación: Marca: Tipo: Alarmas (audibles, visuales o ambas): Cierre automático de ventilación mecánica en espacios protegidos: Ubicación de liberación manual:</p>	<p>Sí/No</p>	<p>cubierta de interpolación superior, cubierta principal, cubierta de castillo de proa, cubierta A, Cubierta B, cubierta C, cubierta de navegación y cubierta superior Tyco Cuarto de Máquinas – CO2 Casillero de pintura – Niebla de agua Generador de Emergencia – CO2 MPT-Novec 1230 Sala de cabrestantes submarinos – Novec 1230 Ambas Sí cubierta de interpolación superior cubierta de navegación</p>
<p>Sistema de espuma para helipuerto. Sistema dedicado adecuado para al menos 10 minutos de extinción de incendios a la tasa indicada en el código IMO MODU: Versiones del código MODU de la IMO: Marca/tipo: Cantidad de monitores: Tipo de espuma: Tasa:</p>	<p>Sí/No N° Galones / min</p>	<p>Sí 9.17.4.3 Silvani / MSS08-AU4 3 AFFF 3% 1056</p>
<p>Sistema manual de diluvio de agua. Espacios protegidos: Suministro de agua desde la línea principal contra incendios:</p>	<p>Sí/No</p>	<p>Suelo de Perforación Piscina de Luna Sí</p>

Sistema de Rociadores de Agua en Alojamiento		
Automático:	Si/No	Si
Presión de trabajo:	psi	120
Capacidad del tanque presurizado:	L	2800

Aparato de respiración.

Conjuntos Generales. Cantidad: Marca/tipo: Duración de la botella: Ubicado en:	N° min cant./ ubica.	4 juegos de SCBA y 8 botellas de repuesto KOSCO / RHZK6/30 50-60 2 x Casillero contra incendios # 1 2 x Casillero contra incendios # 2
Conjuntos de escape. Cantidad: Marca: Tipo Duración de la botella: Ubicado en:	N° min	50 Equipos marinos Nanton Haizhou / MSA Tipo de campana 10 min Espacios mecánicos
Estaciones en cascada		N/A
Compresor de recarga de aire respirable. cantidad: Marca/tipo: Situado en:	N°	MAKO SCFS2
Unidad de carro del aparato de respiración de aire comprimido. Ubicación en:		Sala de compresores de aire de popa
Equipo de prueba de pureza del aire Cantidad: Fabricante: Tipo	N°	6 BW Technologies por Honeywell / GasAlert / Max XT11

Equipo de primeros auxilios de emergencia.

Botiquines de primeros auxilios Cantidad:	N°	1
Equipos para quemados Cantidad:	N°	8
Reanimadores Cantidad: Cilindros de oxígeno cargados (de repuesto):	N° N°	5 3
Camillas Cantidad: Tipo: Situado en: Cantidad: Tipo:	N° N°	1 Sistema básico CMC Rescue Sked Taquilla de fuego de cubierta de helicóptero 1 Ferno (3) correas de sujeción Cuchara de aluminio

Situado en: Cantidad: Tipo: Situado en:	N°	Casillero de fuego 1 Sistema Básico CMC Rescue Sked Hospital
--	----	---

Tienda de seguridad de plataforma

Equipos para reparar, recargar y reabastecer equipos de seguridad como se indica a continuación:		
Concentrado de espuma:	Sí/No	Sí
Cargas químicas secas:	Sí/No	No
Cargas de CO2 para productos químicos secos extintores:	Sí/No	N/A
Cargos de CO2 para extintores de agua:	Sí/No	N/A
Cargas de CO2 para extintores de espuma:	Sí/No	No
Mangueras de descarga, boquillas de control y bocinas y arandelas para extintores DP:	Sí/No	No
Mantas ignífugas:	Sí/No	Sí
Guantes ignífugos:	Sí/No	Si
Guantes de goma hasta el codo:	Sí/No	Sí
Delantales de goma:	Sí/No	Sí
Botas de goma:	Sí/No	Sí
Viseras integrales:	Sí/No	Sí
Protectores oculares (para rectificadoras, etc.):	Sí/No	Sí
Mascarillas antipolvo:	Sí/No	Sí
Cascos, botas y monos de seguridad de repuesto:	Sí/No	Sí
Guantes, linternas de mano, pilas, etc.:	Sí/No	Sí
Aros salvavidas de repuesto:	Sí/No	Sí
Luces de salvavidas de repuesto:	Sí/No	Sí
Sopladores/inductores de aire fresco para ventilar espacios cerrados:	Sí/No	Sí
Chalecos salvavidas de repuesto:	Sí/No	Sí
Cinturones de seguridad c/w linea:	Sí/No	Si
Arneses de seguridad completos:	Sí/No	Si
Cinturones de seguridad de repuesto para el operario de la torre:	Sí/No	N/A
Botellas SCBA de repuesto, cargadas:	Sí/No	Sí

Alarmas de advertencia de emergencia.

Sistema homologado para dar aviso de diferentes emergencias:	Si/No	Si
--	-------	----

Equipo de supervivencia.

<p>Botes salvavidas. Marca: Tipo: Modelo: Cantidad: Capacidad: Ubicaciones (proa, popa, babor, stbd): Protección contra incendios: Radios: Bengalas: Comida: Agua: Botiquines de primeros auxilios: Autoridad de certificación:</p>	<p>Nº persona/ embarcación</p> <p>Sí/No Sí/No Sí/No Sí/No Sí/No Sí/No</p>	<p>FASSMER Reforzado con fibra de vidrio, totalmente cerrado CL-T 10.7 4 90 2 x babor y 2 x stbd de los alojamientos Sí Sí Sí Sí Sí Sí ABS</p>
<p>Bote salvavidas Marca: cantidad: Capacidad: Pescante lanzado: Ubicaciones (proa, popa, babor, stbd): Protección contra incendios: Radios: Bengalas: Alimentación: Botiquines de primeros auxilios: Autoridad de certificación:</p>	<p>Nº persona/ embarcación</p> <p>Sí/No</p> <p>Sí/No Sí/No Sí/No Sí/No Sí/No</p>	<p>VIKING 25DK+ y Viking 6DK+ 18 en total (16 25DK+ y 2 6DK+) 25 Sí 8 x lado de babor de los alojamientos C-Deck 8 x Stbd lado de alojamiento C-Deck No No Sí Sí Sí ABS</p>
<p>Bote de rescate Marca: Modelo: Longitud: Capacidad: Potencia del motor: Velocidad: Alcance:</p>	<p>M / ft</p> <p>HP</p>	<p>Schat Harding AS Stringer630 6,3 / 20,7 6 140 25kts con 3 personas / 8kts con 6 personas 4 horas a 20 nudos con 3 personas</p>
<p>Chalecos salvavidas. Marca: Tipo: Cantidad:</p>	<p>Nº</p>	<p>Kosco LI 30 383</p>
<p>Boyas salvavidas. Cantidad total: Cantidad con generador de humo: Cantidad con luz de agua: Cantidad con 50m de línea: Anillo de vida:</p>	<p>No. No. No. No. No.</p>	<p>19 2 7 3 7</p>
<p>Trajes de supervivencia.</p>		<p>N/A</p>
<p>Chaleco de trabajo. Marca: Tipo:</p>		<p>Billy Pugh WVO-50S</p>

Cantidad:	Nº	10
Escaleras de escape. Cantidad: Ubicaciones:	Nº	4 Escaleras de embarque en los lados babor y stbd de los alojamientos.
Señales de socorro Tipo: Cantidad/Ubicación:		Bengalas de paracaídas, bengalas de mano, humo naranja, línea. Aparatos de lanzamiento, EPIRB y SART. 2 x plataforma de navegación EPIRB. 6 plataformas de navegación SART. 12 x cubierta de navegación de bengalas de paracaídas. 2 x cubierta de navegación de humo naranja. 4 x cubierta de navegación de dispositivos de lanzamiento de línea. 4 bengalas de paracaídas por cada bote salvavidas. 6 x bengalas de mano por cada bote salvavidas. 2 señales de humo naranja por cada bote salvavidas.

Fuente: NGTI-IADC Equipment List, Rev.0.

4.8.1.1 Sistema de extinción de incendios del proyecto.

Sistema de agua contra incendios.

Visión de conjunto.

El anillo principal contra incendios es una red integral de tuberías que van desde la descarga de las bombas contra incendios hasta los hidrantes ubicados en todo el barco.

La presión constante en el anillo principal se mantiene mediante el uso de bombas jockey contra incendios delanteras (FWD) y posteriores (AFT) con un tanque hidróforo cada una, que se instalan en las salas de bombas FWD y AFT.

Las tuberías principales del anillo de fuego (Ø 300 mm) están dispuestas en la entrecubierta superior y alimentan varios consumidores de agua contra incendios de la siguiente manera:

- Servicios de agua contra incendios en cubierta y bocas de incendio
- Alojamiento principal contra incendios y bocas de incendio

- Servicios de agua contra incendios en cubierta y bocas de incendio
- Suministro de agua contra incendios al sistema de extinción de incendios en cubierta de helicópteros

Las salas de máquinas del generador, incluidas las salas de propulsores, reciben agua contra incendios del ramal aguas abajo de las bombas de agua contra incendios.

La cadera de perforación está provista del sistema de diluvio de agua de mar permanente para las siguientes áreas,

- Zona de botavara de quemadores (babor y estribor)
- Área de la piscina de la luna

Además, la cubierta de helicópteros está provista de un sistema independiente de extinción de incendios de agua/espuma.

Se toman medidas para conectar el agua contra incendios al sistema abriendo una válvula de aislamiento manual ubicada en el lado de estribor de la cubierta superior.

Todos los hidrantes contra incendios están equipados con una válvula reductora de presión y la manguera contra incendios está equipada con un acoplamiento.

Bomba contra incendios.

Nave delantera.

Bombas contra incendio N°1 y N°2 FWD - (capacidad cada una: 360 [m³/h] x 110 [MWH]), ubicadas en cuartos de bombas FWD. Las bombas están equipadas con arranque manual local y remoto, así como indicación de presión local y remota. La bomba contra incendios N.º 1 FWD está designada como bomba contra incendios de emergencia y está conectada al tablero de distribución de emergencia. Bomba jockey FWD Fire - (capacidad: 35 [m³/hr] x 110 [MWH]), está ubicada en la sala de bombas No.2 FWD. La bomba está equipada con instalaciones de arranque/parada automáticas y remotas e indicación de presión local.

Barco de popa.

- Las bombas contra incendios AFT No.1 y No.2 (capacidad cada una: 360 [m³/h] x 110 [MWH]) están ubicadas en la sala de bombas No.1 AFT. Las bombas están equipadas con arranque manual local y remoto, así como indicación de presión local y remota.
- Bomba jockey AFT Fire - (capacidad: 35 [m³/hr] x 110 [MWH]), ubicada en el cuarto de bombas No.1 AFT. La bomba está equipada con instalaciones de arranque/parada automáticas y remotas e indicación de presión local.

Las bombas de agua contra incendios se alimentan desde la línea de cruce SW y descargan en una tubería de \varnothing 300 [mm], que está conectada al anillo principal contra incendios en la cubierta intermedia superior. Los ramales, \varnothing 80 [mm], distribuyen agua contra incendios a la sala de máquinas del generador, consumidores y consumidores varios.

Las bombas de agua contra incendios se activan automáticamente mediante la lógica del sistema Fire & Gas (F&G) y se inician ante la pérdida de presión en el anillo principal de agua contra incendios por debajo de un nivel preestablecido o cuando se confirma un incendio. El panel F&G generará un comando de inicio para el tablero de distribución de la bomba de incendio o el arrancador de la bomba de incendio según la lógica.

La bomba de agua contra incendios se iniciará automáticamente siempre que se solicite según el diagrama de causa y efecto (C&E) y las bombas se controlan automáticamente desde FGS cuando se configuran en funcionamiento automático.

El sistema de agua contra incendios está provisto de dos bombas jockey automáticas (AFT y FWD), que mantienen continuamente la presión en el anillo principal de agua contra incendios. Las bombas jockey se activan ante una caída de presión preestablecida en el anillo principal de agua contra incendios, detectada en la unidad de hidróforo. Además, el sistema F&G monitorea la presión del anillo principal de agua contra incendios y puede activar la bomba contra incendios para mantener la presión.

Las bombas jockey contra incendios AFT y FWD toman succión del S.W. línea de cruce y descarga al tanque hidróforo de bomberos dedicado (cada capacidad: 0,5 [m³]). La descarga de este tanque de hidróforo luego se conduce al anillo principal de incendios. De esta forma, en todo momento se mantiene una presión constante sobre el anillo principal de incendios.

Bocas de incendio de cubierta meteorológica.

Los hidrantes contra incendios de la cubierta de barlovento están ubicados en la cubierta principal, que se conduce desde la línea principal del anillo contra incendios que pasa por el paso de babor y estribor. Existe

una disposición para cruzar el anillo principal de fuego de babor y estribor mediante la apertura de la válvula FF172 ubicada en la cubierta intermedia superior hacia adelante.

Cada boca de incendios está conectada al anillo principal contra incendios mediante un tubo de derivación de \varnothing 50 [mm] de diámetro y está equipada con una caja de manguera contra incendios tipo soporte hecha de plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV). La caja de manguera contra incendios contiene una manguera contra incendios con una longitud de 20 [m] y una boquilla ajustable tipo chorro y rociador de niebla.

La boca de incendios con una caja de manguera contra incendios está dispuesta cada 30 [m] en la cubierta principal, babor y estribor (P & S). Además, la boca de incendios con una caja de manguera contra incendios se proporciona en la cubierta de popa (P & S) y otros espacios según sea necesario.

Hidrantes de alojamiento.

El área de alojamiento está provista de cuatro tuberías de alimentación de agua contra incendios (una tubería de \varnothing 200 [mm] y tres tuberías de \varnothing 80 [mm]) que pasan por babor y estribor, que se ramifican desde la tubería principal del anillo de fuego de la cubierta superior. Estas tuberías de agua contra incendios alimentan los hidrantes de \varnothing 25 [mm] en el área de alojamiento y reducen a \varnothing 50 [mm].

Se instalan cuatro bocas de incendio en cada cubierta del alojamiento y dos bocas de incendio de \varnothing 25 [mm] en cada lado de babor y estribor del alojamiento.

Cada boca de incendios en el área de alojamiento está equipada con un gabinete de manguera contra incendios de PRFV, que contiene un carrete de manguera contra incendios de \varnothing 25 [mm] (15 [m] de longitud) equipado con una boquilla tipo chorro ajustable y rociador de niebla.

El colector de incendios AFT de estribor en el sistema de extinción de incendios de la cubierta de helicópteros de alimentación de alojamiento a través de una línea de alimentación de \varnothing 150 [mm]. Además, se proporcionan dos conexiones internacionales en tierra adyacentes al alojamiento.

Salas de máquinas de generadores y otros espacios.

Las bombas contra incendios en las salas de bombas FWD y AFT descargan agua contra incendios a través de una tubería de derivación de \varnothing 50 [mm] a las bocas de incendio en las salas de máquinas del generador. Cada boca de incendios se proporciona con un soporte para manguera de acero, que contiene una manguera contra incendios de \varnothing 50 [mm] con 15 [m] de longitud. La boquilla es de tipo jet ajustable y spray de niebla.

Otros espacios, incluidas las salas de bombas y las salas de propulsores, cuentan con bocas de incendio, que contienen una manguera contra incendios de \varnothing 50 [mm] con 15 [m] de longitud.

Las salas de máquinas cuentan con un sistema independiente de lucha contra la espuma.

Sistema local de extinción de incendios.

Se proporciona un sistema local fijo de extinción de incendios a base de agua para proteger los espacios de la siguiente manera:

- Caldera auxiliar
- Incinerador
- Purificadores n°1
- Purificadores n°2
- Purificadores n°3
- Purificadores n°4
- Motor del generador principal No. 1 y 2 en la sala de máquinas del generador No. 1
- Motor del generador principal n.º 3 y 4 en la sala de máquinas del generador n.º 2
- Motor del generador principal No. 5 y 6 en la sala de máquinas del generador No. 3
- Motor del generador principal No. 7 y 8 en la sala de máquinas del generador No. 4

El sistema extingue incendios por enfriamiento, desplazamiento de oxígeno por vapor de agua y atenuación por calor radiante.

La unidad local de bombas contra incendios, que está ubicada en la sala de bombas N° 1 FWD, recibe agua del tanque de agua dulce del puerto y descarga el agua contra incendios al área protegida a través de la válvula de sección.

La unidad de bomba está equipada con una unidad de válvula de sección, que consta de una válvula de aislamiento manual y una válvula de solenoide, un manómetro local, un interruptor de presión y una bomba en línea de etapas múltiples.

El punto de succión de la bomba en el tanque FW se coloca más bajo que el otro punto de succión en el tanque para garantizar que haya agua fresca disponible para la bomba de extinción de incendios local en 20 minutos.

Sistema de diluvio de agua de mar para el área de la pluma del quemador y el área de Moonpool.

Se proporcionan sistemas permanentes de diluvio de agua de mar para las siguientes áreas,

- Zona de la pluma del quemador.
- Área de la piscina de la luna.

El agua de mar para el sistema de diluvio se suministra desde el anillo principal contra incendios que pasa a través del pasaje de babor y estribor. El agua de mar se suministra a las boquillas de diluvio a través de la válvula manual en la línea de suministro de agua contra incendios.

El sistema de diluvio de agua de mar para el área de la piscina lunar está equipado con una unidad de válvula de diluvio operada por presión, que es controlada por la presión del agua de mar.

Además, los sistemas de pulverización de accionamiento manual están instalados en el almacén de pintura. El agua contra incendios para el almacén de pintura se suministra desde el anillo principal contra incendios.

Sistema de espuma para cubierta de helicóptero.

La cubierta de helicópteros está provista de un sistema independiente contra incendios de espuma de baja expansión.

El agua contra incendios para el sistema se suministra desde el anillo principal contra incendios del área de alojamiento.

Sistema de espuma.

El sistema de espuma para helipuerto incluye tres monitores de espuma auto-oscilantes, cada uno con su tanque de espuma y tres gabinetes hidrantes de espuma/agua contra incendios.

Cada monitor de espuma autooscilante está provisto de una válvula de mariposa de \varnothing 4 [in], un premezclador en línea y un tanque de espuma (capacidad: 400 [l]) equipado con conexiones de vacío y llenado. El tanque está provisto de un indicador de nivel visual.

Cada monitor autooscilante tiene un caudal máximo de 400 [l/min] y se utiliza un 3 [%] de espuma formadora de película acuosa (AFFF) para el sistema. Se operarán dos monitores al mismo tiempo y estos monitores tienen una capacidad de operación por un período de 10 minutos.

El agua de mar se entrega al sistema mediante una válvula de mariposa de \varnothing 4 [in]. El premezclador en línea luego mezcla el líquido de espuma del tanque de espuma con el agua de mar. La solución de espuma se libera a través del monitor auto-oscilante.

La proporción de mezcla de concentrado de espuma y agua de mar es 3 [%] de espuma y 97 [%] de agua de mar. La solución de espuma se produce mezclando aire en esta solución de espuma al 3/97 [%]. La espuma extingue el fuego cubriendo y enfriando la superficie del combustible.

El sistema está provisto de tres cabinas de agua contra incendios/hidrante de espuma, que contienen una válvula de bola de \varnothing 1½ ["], un premezclador de espuma (caudal: 250 [l/min] @ 8 [bar]), tres tambores de espuma (26 [l]) y una manguera contra incendios (\varnothing 40 [mm] con 15 [m] de longitud) con boquilla de agua/niebla (caudal: 250 [l/min] @ 5 [bar]).

Sistema de CO₂.

El barco está equipado con una instalación fija de tipo sofocante de CO₂, que recibe CO₂ de cilindros de CO₂ de 45 [kg] ubicados en la sala de CO₂. La sala de CO₂ está situada en el nivel medio de la cubierta principal del barco.

Un total de dieciséis compartimentos separados en el barco están protegidos por un sistema de CO₂ de inundación central de tipo fijo de alta presión y cada compartimento se alimenta de un número designado de cilindros. Además, la sala de generadores de emergencia está equipada con un sistema independiente ubicado fuera de la sala de generadores de emergencia.

El CO₂ se puede liberar abriendo la válvula del cilindro de control respectivo y luego abriendo el piloto

Válvula de botella de CO₂ ubicada en la sala de CO₂ o en la sala central de emergencias.

Gabinetes de liberación.

Los gabinetes de liberación (Gabinetes de control de válvulas) se instalan en:

- Habitación CO₂
- Estación de Control de Incendios
- Generador de Emergencia Exterior

Cada gabinete de liberación contiene dos manijas de liberación, las cuales se deben jalar hacia abajo. También se proporcionan lámparas en los gabinetes de liberación para identificar la ubicación donde se liberará el CO₂.

Estas lámparas indicadoras se alimentan del sistema F&G y se activarán en caso de incendio confirmado en el espacio protegido. Las luces indicadoras en el gabinete de liberación se restablecen solo cuando se restablece la alarma contra incendios.

Alarmas y Retrasos de Tiempo.

Cuando se abre el gabinete de liberación de CO₂, se envía una señal a la caja de relés de CO₂, donde se activan las bocinas locales.

Cuando se abre la válvula principal, se cierra la ventilación del espacio protegido. Se activarán todos los ventiladores y enfriadores de unidades y se cerrarán las compuertas contra incendios.

La caja de relés de CO₂ está ubicada en la estación de control de incendios para recoger las señales del gabinete de liberación de CO₂ y las válvulas. El panel de relés de control de CO₂ está interconectado con el panel principal de parada de emergencia (ESD). De esta forma, el compartimento designado se cierra por completo y se transmite una alarma de CO₂ repetida a través del sistema de gestión de embarcaciones (VMS).

Un retraso de tiempo, integrado en el sistema de suministro de CO₂, garantiza un retraso mínimo de 30 segundos entre la activación de la bocina interna y el despliegue del CO₂. Esto permite al personal evacuar el lugar.

Funcionamiento del Sistema CO₂.

En caso de incendio en un compartimento específico, que no pueda extinguirse con equipos portátiles de extinción de incendios, el sistema de CO₂ debe activarse lo antes posible.

Esto se puede hacer determinando el gabinete de liberación que se abrirá en la estación de control de incendios o la sala de CO₂ y siguiendo las instrucciones de la siguiente manera, el CO₂ se libera en el compartimiento protegido hasta que se agota el número designado de botellas.

El Capitán o su designado son las únicas personas autorizadas para comandar la activación del sistema de CO₂.

La sala de generadores de emergencia está equipada con un sistema independiente situado fuera de la sala de generadores de emergencia y el sistema de CO₂ para la sala de generadores de emergencia se activa desde el gabinete de CO₂.

Operación de emergencia del sistema de CO₂.

La operación de emergencia del sistema de CO₂ es adecuada si los cilindros de suministro no abren la válvula de bola de descarga al espacio específico o no activan el actuador de la válvula del cilindro montado en las botellas de CO₂. Luego, la válvula debe abrirse manualmente y el actuador de la válvula del cilindro también debe activarse para permitir la descarga del CO₂ principal.

En caso de falla de activación del sistema desde el gabinete del cilindro de control, inicie una operación de emergencia en la sala de CO₂.

1. Abra manualmente la válvula principal correspondiente.
(Gire la manija de la válvula en el sentido contrario a las agujas del reloj o tire hacia arriba de la palanca de la válvula).
2. Retire el pasador de seguridad del actuador de la válvula montado en la válvula del cilindro de CO₂.
3. Tire hacia abajo de la palanca de operación del actuador de la válvula. Luego se descarga el gas CO₂.
4. Realice las mismas actividades para los cilindros de CO₂ requeridos
5. Ahora el sistema de CO₂ está activado.

Descarga de CO₂.

Después de la descarga de CO₂, se debe tomar suficiente tiempo para que el CO₂ extinga el fuego. Las comprobaciones se pueden realizar comprobando la temperatura, el humo, etc., para que el operador pueda

estar seguro de que el fuego en el espacio específico se ha extinguido. Una vez que el personal del barco esté convencido de que el fuego se ha extinguido, el espacio debe ventilarse completamente.

Una vez que se hayan tomado las precauciones razonables para estar seguros de que el fuego se ha extinguido y con el consentimiento del director de Ingeniería, se puede volver a ingresar al espacio para determinar el daño al área. El reingreso al área solo está permitido por personal que use un aparato de respiración de aire autónomo y siga los procedimientos y precauciones necesarios según lo establecido en el uso de este equipo. Siempre debe haber un equipo de personal desplegado, que esté familiarizado con este equipo y que esté completamente capacitado, organizado y controlado antes de ingresar al compartimiento.

La atmósfera debe probarse utilizando un equipo portátil de prueba de gases. Después de una serie de pruebas atmosféricas adecuadas, donde las lecturas consistentes son de un contenido de oxígeno de 21 [%] en el espacio, se permite retirar el aparato de respiración de aire autónomo. El número de pruebas lo decide el Máster. Entonces puede efectuarse el acceso normal hacia y desde el compartimiento.

Los detalles completos del diseño del sistema de CO₂ y su funcionamiento se pueden encontrar en el manual del fabricante.

Sistema de rociadores en alojamiento.

El barco de perforación está equipado con un sistema automático de rociadores de tubería húmeda, que cuenta con bulbos de rociadores activados por calor y un sistema de rociado fijo. El sistema se alimenta con agua dulce del tanque del aspersor (capacidad: 2,8 [m³] a 7,0 [bar]).

El sistema utiliza agua a baja presión y las boquillas de rociadores activadas por calor permiten que el agua ingrese al espacio en forma de gotas más grandes y con caudales elevados. Las gotas más grandes tienen un mayor impulso, lo que les permite penetrar hasta el núcleo del fuego a través de una corriente ascendente de gases calientes.

El sistema consta de los siguientes componentes principales:

- Bombas de aspersión No.1 y No.2 (cada capacidad: 80 [m³/h] x 110 [MWH]).
- Tanque de aspersión (capacidad: 2,8 [m³]) con transmisor de presión y presostatos.
- Paneles de inicio de rociadores locales conectados al panel mímico de rociadores en la estación de control de incendios.
- Tuberías de distribución.

- Válvulas de sección y válvulas check de alarma para monitorear el flujo de agua en las secciones.
- Rociadores para zonas de alojamiento.

El uso de agua dulce proporciona una corrosión y un mantenimiento mínimos.

Montaje de Bombas y Tanques de Aspersión.

El sistema está equipado con dos bombas aspersoras (capacidad cada una: 80 [m³/h] x 110 [MWH]) y tuberías, que son capaces de mantener la presión necesaria al nivel del aspersor más alto y brindan una cobertura de área mínima de 280 [m²] a una tasa de aplicación de 5 [l/m²min].

La presión del tanque del rociador (capacidad: 2.800 [m³]) se mantiene a 7,0 [bar] mediante el suministro de aire comprimido desde el sistema de la sala de máquinas. El suministro de aire comprimido es lo suficientemente alto para mantener la presión de trabajo del rociador en caso de que se descargue agua dulce en el tanque en llamas.

El tanque del rociador está equipado con un transmisor de presión y dos presostatos, configurados en 9 [bar] y 7,5 [bar]. Si la presión en el tanque cae por debajo de 9 [bar], el primer interruptor de presión activará una alarma visual y audible. Al descender aún más por debajo de 7,5 [bar], el segundo interruptor indica que se inicien las bombas de aspersión. Las bombas comienzan a suministrar agua de mar al aspersor según sea necesario.

La fuente de alimentación de las bombas de aspersión es proporcionada tanto por el generador principal como por el generador de emergencia. Una alimentación para el motor de la bomba se toma del cuadro principal y otra del cuadro de emergencia mediante alimentadores separados.

Válvulas de sección.

Las áreas protegidas del alojamiento se dividen en ocho secciones y cada sección está equipada con una válvula de sección para monitorear el flujo hacia la sección o para dividir el sistema de rociadores en diferentes secciones.

Cada válvula de sección cuenta con una válvula de control de alarma dedicada, que está conectada a la estación de control de incendios, para monitorear el flujo de la sección. La válvula de retención de alarma está diseñada para iniciar una alarma cuando se detecta un flujo de agua provocado por los rociadores activados.

En funcionamiento stand-by normal, las válvulas de sección están en posición abierta. La válvula está equipada con un interruptor de límite, conectado al tablero de control, para determinar su posición. La válvula se puede cerrar manualmente.

Operación de Rociadores.

La boquilla del aspersor es de tipo colgante y está equipada con un bulbo de vidrio lleno de un líquido coloreado con una relación de expansión muy alta y una pequeña burbuja de aire.

En caso de incendio, la temperatura aumenta y la presión del líquido rompe el vidrio a la temperatura de diseño (68 [°C] y 140 [°C]). La presión en el sistema fuerza el sellado del diafragma. A continuación, el agua es rociada por una placa dentada que se desvía hacia arriba.

El flujo de agua a través de la válvula de retención activa un interruptor de presión de alarma, que envía una señal al panel mímico del rociador en la estación de control de incendios. La caída de presión en el tanque del rociador es detectada por los interruptores de presión conectados al tanque y la bomba del rociador corta por debajo de 7,5 [bar] y suministra agua de mar al sistema. Una válvula de retención en la entrada del tanque del rociador evita que el agua de mar entre y contamine el tanque del rociador.

Cuando se extingue el fuego, tanto la bomba del rociador debe detenerse como la válvula de la sección correspondiente debe cerrarse manualmente para aislar la sección. El sistema de tuberías debe enjuagarse con agua dulce a través de la válvula de prueba y enjuague. Los rociadores deben ser reemplazados por rociadores con bombillas nuevas del mismo tipo y temperatura de operación.

Después de esto, la válvula de sección se puede volver a abrir y el sistema de tuberías y el tanque de presión se deben rellenar con agua dulce hasta el nivel correcto utilizando la línea de relleno del sistema FW. El tanque se presuriza usando una línea de aire comprimido del sistema de la sala de máquinas. Luego, las válvulas de aislamiento deben cerrarse.

El sistema debe ser examinado en busca de fugas. Las válvulas de prueba de sección deben abrirse durante 10 segundos para comprobar que se recibe la señal correspondiente en el panel de control. Finalmente, se debe revisar el arrancador del motor de la bomba contra incendios para asegurarse de que esté en modo automático.

Equipos portátiles contra incendios.

Los detalles de los equipos portátiles de extinción de incendios se muestran en el Plan de Control y Seguridad contra Incendios.

El Plan de Seguridad y Control de Incendios está montado en un marco de acero con una cubierta transparente y se muestra en el barco según sea necesario.

Armarios de seguridad.

El barco está equipado con un total de dos conjuntos de armarios de bombero, un casillero de bombero (para dos personas) en la estación de la sala de control de incendios y un casillero de bombero (para dos personas) en la tienda en la cubierta superior. Cada casillero contiene los siguientes elementos:

- Caja para guardar ropa de bombero
- Ropa de protección contra incendios: dos juegos
- Botas, guantes y casco: dos juegos
- Lámpara de seguridad eléctrica a prueba de explosiones: dos ea
- Hacha de fuego pequeña: dos c/u
- Equipo de respiración con dos botellas de repuesto: dos juegos
- Aparato de respiración autónomo: dos juegos
- Línea de vida a prueba de fuego: dos ea

Además, un compresor de aire de recarga para el cilindro de aire respirable se almacena en el almacén de la cubierta superior.

El equipo de rescate para el área de aterrizaje de helicópteros está dispuesto en el almacén de rescate de helicópteros. El casillero contiene el equipo de rescate requerido de la siguiente manera:

- Hacha de fuego (grande, aislada): dos c/u
- Linterna de seguridad (a prueba de explosión): dos c/u
- Cortapernos: uno c/u
- Palanca (grande): una c/u
- Gancho (con eje de 3 [m]): uno c/u
- Sierra para metales, servicio pesado: una c/u

- Cuchillas de repuesto: 6 cuchillas
- Escalera 3 [m]: una c/u
- Línea de vida: uno ea
- Alicates de corte lateral (tijeras de hojalatero): uno c/u
- Juego de destornilladores surtidos: un juego
- Cuchillo de arnés con funda (cuchillo de acero inoxidable): dos c/u
- Par de guantes ignífugos: dos juegos
- Aparato de respiración autónomo: dos juegos de máscaras
- Manta ignífuga: una c/u
- Jack por 0.5 [mt]: uno c/u
- Pareja de cizallas para chapa: un juego
- Martillo: uno ea
- Trajes de Bomberos
- Pares de Botas
- 2 Cascos
- 2 botellas de repuesto para SCBA's
- Línea de Rescate de 30m con gancho.

Clasificaciones de áreas peligrosas.

Definiciones de zona

Todas las áreas del buque se clasifican según la probabilidad de que se produzca una atmósfera inflamable o explosiva en condiciones normales o anormales. Estas áreas se dividen en zonas, que se definen de la siguiente manera:

Zona 0: Un área donde una atmósfera explosiva está continuamente presente o puede estar presente durante períodos prolongados.

Zona 1: Un área en la que es probable que se produzca una atmósfera peligrosa en condiciones normales de funcionamiento.

Zona 2: Un área en la que es probable que se produzca una atmósfera peligrosa durante períodos cortos de tiempo durante condiciones de funcionamiento anormales.

Las áreas no peligrosas son aquellas que no están clasificadas como Zona 0, 1 o 2 y se consideran no peligrosas con respecto a cualquier aparición de una atmósfera inflamable o explosiva.

Sistema de Fuego y Gas (F&G).

Introducción.

El Sistema de Detección de Incendios tiene como finalidad la protección de personas y materiales. Detecta un incendio en una etapa temprana y señala el peligro por medios visuales y audibles.

El Sistema de Detección de Gas detecta y mide la presencia de gas combustible y tóxico en varias áreas de la instalación y emite una alarma cuando el nivel de concentración de gas excede un límite preestablecido.

Topología del sistema F&G.

Descripción del sistema

El sistema F&G incluye los siguientes elementos:

- Gabinetes F&G, que contienen los paneles de control de incendios, los módulos de E/S, los controladores redundantes y la interfaz cableada/cableada a otros sistemas.
- Safety OS (común con la HMI del sistema ESD).
- Doble red de comunicaciones redundante.
- Paneles de matriz equipados con indicación F&G (en común con el sistema ESD)
- Detectores de Fuego y Gas incluyendo Puntos de Llamada Manual.

El sistema de detección de fuego y gas está interconectado con el IVMS y controlado y monitoreado a través de las estaciones SO.

El sistema de detección de incendios es del tipo automático que cubre alojamiento, espacios de máquinas, áreas de perforación, salas de control, etc. El sistema de detección de incendios es del tipo direccionable.

El sistema completo de detección de incendios se instala de acuerdo con las normas y reglamentos aplicables, con especial atención al cableado del bucle y los circuitos. Los sistemas de detección de incendios se dividen en bucles. Hay I.S. ramales para los lazos correspondientes a los detectores, ubicados en áreas peligrosas.

El sistema de detección de incendios se alimenta de un UPS con respaldo de batería de 30 minutos además de la fuente de alimentación normal. La falla de energía o la falla del sistema inicia una alarma en el panel de control de alarma contra incendios además de las consolas de seguridad.

También se proporciona un sistema fijo automático de detección y alarma de gas para monitorear continuamente todas las áreas abiertas o cerradas del barco de perforación en las que pueda ocurrir una acumulación o presencia de gases inflamables (HC y/o H₂S).

El sistema de detección de gas está diseñado y los cabezales detectores están posicionados para detectar rápidamente el inicio de cualquier presencia de gas en los espacios donde se colocan los cabezales detectores.

El sistema indica la presencia y ubicación de una concentración de HC (gas combustible) o H₂S (gas tóxico) en las siguientes áreas:

- Puente
- Cabina de control del perforador
- Cabina de control de popa
- Sala de control de motores
- Oficina de capitanes
- Sala 603
- Sala 608
- Sala de control de incendios
- Todas las áreas exteriores y de perforación

La presencia se indicará por medios audibles y visibles a través de PA/GA. Las alarmas están ubicadas de manera que sean visibles para cumplir con los estándares reconocidos.

El sistema de detección de gas se alimenta de un UPS con respaldo de batería de 30 minutos además del suministro de energía normal.

Espacios de Alojamiento.

Las áreas de alojamiento están cubiertas por el sistema automático de detección y alarma de incendios y gases.

Generalmente este sistema está dispuesto con detectores de humo, detectores de gas en las tomas de aire de ventilación, megafonía y pulsadores manuales.

Espacios de Maquinaria.

Los espacios de máquinas están cubiertos por el sistema automático de detección y alarma de incendios y gases.

Este sistema está equipado con detectores de humo ópticos y/o detectores de llama IR, así como detectores de gas en las tomas de aire de ventilación. Los ventiladores de la sala de máquinas se detienen y las compuertas se cierran automáticamente cuando se genera una alarma confirmada de incendio o de gas (acción realizada por el sistema ESD).

Los detectores ópticos de humo y los detectores de llama IR están instalados en las áreas de la sala de máquinas, donde el uso de detectores ópticos es especialmente apropiado.

Áreas superiores.

Para las áreas de Topsides, todos los dispositivos son del mismo modelo y fabricación que los seleccionados para los espacios de alojamiento.

Gabinetes F&G.

Hay dos gabinetes F&G que contienen controladores redundantes. Estos se encuentran en el puente y en la sala de control de máquinas, respectivamente.

El panel de control de incendios direccionable se comunica con los controladores a través de enlaces seriales separados.

El controlador del sistema de gas de F&G se comunica con IVMS y ESD a través de una red redundante.

Los detectores de gas están conectados a las E/S del controlador lógico programable (PLC) y los detectores de incendios (humo, llama, calor y pulsadores manuales) están conectados al panel de control de incendios direccionable (bucles direccionables).

Estaciones de Operador de Seguridad.

Dos sistemas operativos de seguridad están conectados a la red redundante dual de F&G para monitorear y controlar el sistema de F&G. Un sistema operativo de seguridad está ubicado en el puente, mientras que el otro está ubicado en la sala de control del motor.

Desde el OS de seguridad, el operador puede verificar el estado del sistema, inhibir y activar entradas y salidas.

Panel de control de incendios direccionable.

La detección de incendios consta de dos paneles de control de incendios direccionables, cada uno montado en el panel de control F&G respectivo.

En el frente del panel de control de incendios direccionable, una pantalla LCD y botones de navegación permiten al operador monitorear el estado de los detectores de incendios e inhibir detectores y/o zonas.

El panel también cuenta con una alarma visual y audible en caso de incendio y muestra el estado del sistema.

Paneles de matriz.

Los ocho paneles de matriz F&G / ESD están conectados al sistema F&G. Estos paneles de matriz tienen instalaciones relacionadas con el sistema F&G de la siguiente manera:

Tabla 9-66: Instalaciones del Panel Matrix.

Alarma	Lámpara
Alarma de incendios	lampara roja
Alarma de gas combustible (baja)	lámpara amarilla
Alarma de gas combustible (alta)	lampara azul
Alarma de gas tóxico (baja)	lámpara amarilla
Alarma de gas tóxico (alta)	lampara azul
Todas las alarmas	Sirena de alarma F&G

Detectores de fuego y gas.

Los detectores de incendios direccionables están equipados con una función de "autoprueba" para la prueba automática de los detectores. Esta función de "autoprueba" produce una salida por encima del umbral de alarma para indicar una condición de alarma, cuando lo solicita el controlador. El panel de control de incendios informará cualquier detector que funcione mal.

Se utilizan los siguientes tipos de detectores:

- Detectores de calor direccionables.
- Detectores de humo direccionables.
- Detectores de llama direccionables.
- Puntos de llamada de alarma manual direccionables.

Todos los detectores de incendios direccionables están aprobados por Clase. Los detectores de humo ópticos direccionables están instalados en camarotes y pasillos y, además, en todos los espacios en los que se puede esperar que se origine un incendio (área que no sea para dormir).

En las salas de máquinas se instalan detectores ópticos de humo, detectores de llama y pulsadores manuales.

El sistema F&G detecta la presencia de gas combustible y tóxico en las tomas de aire con los detectores de gas instalados.

Para los detectores de gas, los puntos de ajuste de alarma están de acuerdo con las reglas con referencia a las condiciones de ventilación dentro de las demandas del área.

Operación del sistema.

El sistema de detección de F&G monitorea los detectores de incendios y detectores de gas, genera alarmas y señales confirmadas para paradas, y alerta al personal a bordo de los peligros presentes.

Modos de funcionamiento.

El sistema F&G incorpora dos modos principales, que activan automáticamente acciones específicas:

- Apagar
- Alarma

Todas las demás acciones dependen de la intervención del operador.

Las acciones operadas automáticamente son:

- Apagado (parada de ventilador y cierre de compuerta) de HVAC para áreas generales de alojamiento, oficinas y espacios de maquinaria general no esencial en base a los siguientes criterios:
 - Gas combustible único detectado en la entrada de aire de suministro (40 [%] LEL)
 - Gas tóxico único detectado en la entrada de aire de suministro (20 [PPM])
 - Gas combustible confirmado (dos o más) detectado en la entrada de aire de suministro (20 [%] LEL)
 - Gas tóxico confirmado (dos o más) detectado en la entrada de aire de suministro (10 [PPM])
 - Fuego confirmado
- Activación automática de alarmas PA/GA (el retardo de tiempo ajustable no debe exceder los dos minutos), si el operador no lo reconoce, en caso de alarma de incendio único, gas combustible de nivel alto único o gas tóxico de nivel alto único

NOTA: La parada de la ventilación tras la liberación de CO₂ siempre se activará automáticamente, independientemente del modo de funcionamiento seleccionado.

Todas las demás acciones que deben tomarse ante una indicación de incendio o gas, confíe en el operador para tomar decisiones de apagado. Estas decisiones se basan en los aportes del personal en la escena o de los dispositivos ubicados en el área. El sistema de gráficos F&G/ESD proporciona todas las acciones de apagado posibles para permitir que el operador realice las acciones necesarias en la pantalla de gráficos aplicable.

El operador puede optar por activar cualquier función en cualquier momento independientemente del modo seleccionado.

Zonas de fuego.

La instalación está dividida en cuatro “áreas de incendio” principales, cada una de las cuales forma un área separada para detección de incendios y gases y sistemas de protección activa. La extensión de un área de incendio se determina como creada por los límites estructurales de la instalación y se designa como:

Tabla 9-67: Zonas de Incendio.

Zona	áreas de fuego
Zona 1xx	Los alojamientos, el castillo de proa y los espacios de máquinas bajo cubierta de proa.
Zona 2xx	El área entre el alojamiento y el área de la torre de perforación/moonpool.
Zona 3xx	La torre de perforación y el área de la piscina lunar del buque.
Zona 4xx	Todas las áreas a popa del área de la torre de perforación/piscina lunar.

Cada área de incendio se evalúa con respecto a la clasificación del área, la ubicación, la ventilación, la ocupación del personal, el riesgo potencial y los peligros de combustible que pueden estar presentes, como se indica en la Causa y los efectos de F&G.

El tipo de detector de fuego y/o gas utilizado, y las respuestas de los sistemas de protección activa para cada área, se desarrollan en las tablas de Causa y Efecto de Fuego y Gas.

4.8.2 Medidas Preventivas.

Las actividades de perforación son fuentes potenciales de derrames accidentales de hidrocarburos.

La extracción de crudo en el mar tiene un alto grado de dificultad, que demanda además de una tecnología avanzada para su realización, una actividad preventiva permanente para disminuir los riesgos de accidentes que pueden ocasionar derrames al mar y afectar el ecosistema marino.

Los derrames de hidrocarburos tienen comportamientos muy particulares, que dependen principalmente de la frecuencia de la fuente de emisión, el tipo y volumen del producto derramado y de las características de la zona donde ocurre el derrame.

Las principales fuentes de derrames de hidrocarburos en el mar se indican a continuación, así como las causas que pueden originar el derrame:

Causas:

- Descontrol durante la perforación de pozos.
- Descontrol de pozos en producción, ya sea en el buque o en el lecho marino.

Durante la perforación de pozos, para evitar un descontrol se cuenta con un **prevector (BOP, Blow Out Preventor)** instalado por abajo del buque de perforación.

El **BOP (Blow Out Preventor)** es un dispositivo que se suele utilizar a nivel del suelo (o del lecho marino) con el fin de prevenir el escape accidental de fluidos y/o gas del pozo durante la perforación.

La instalación y operación de los sistemas y equipos de control de pozos resultan ser actividades de vital importancia, ya que sus prácticas deben realizarse con el nivel de seguridad requerido, reduciendo al mínimo los riesgos de un accidente o de un impacto adverso al entorno.

El buque perforador Noble Globe Trotter proporciona un sistema de desconexión de emergencia para usar en caso de pérdida de la estación que mantiene el pozo. Este sistema está incorporado en el sistema de controles BOP Multiplexer (MUX) y cerrará el BOP y desconectará el paquete de elevador marino inferior después de la activación.

La secuencia de desconexión de emergencia controlada es un sistema automático diseñado para proporcionar protección antirretroceso para el tubo ascendente en una situación de desconexión de emergencia en la que se corta la tubería y se desconecta el paquete de tubo ascendente marino inferior (LMRP).

Para prevenir y mitigar los efectos causados al presentarse una contingencia que pudiera provocar un descontrol en una instalación que diera como resultado un derrame, se aplicará los planes y programas preventivos, de seguridad, de emergencia y de remediación desarrollados con respecto al entorno y apegados a la legislación ambiental vigente, que a continuación se enlistan:

- Convenio para la Protección y el Desarrollo del Medio Marino en la Región del Gran Caribe.
- Protocolo de Cooperación para Combatir los Derrames de Hidrocarburos en la Región del Gran Caribe.

- Convenio sobre la Prevención de la Contaminación del Mar por Vertimiento de Desechos y otras Materias y Plan Nacional de Contingencia para Derrames de Hidrocarburos y Sustancias Nocivas Potencialmente peligrosas en las Zonas Marinas Mexicanas.
- Plan de Respuestas a Emergencias de la empresa Petronas; revisión B, 28/01/2019.

Perforación y Control de Pozos.

Sistema de control de BOP.

El Noble Globetrotter 1 está equipado con tres paneles de control BOP totalmente funcionales. Con la excepción de cambiar las señales LOE y LOH al módulo EHBS y cambiar el desviador al "modo de prueba", se puede acceder a todas las funciones del BOP y del desviador desde cualquiera de los paneles de control del BOP. Los tres paneles de control son el panel de control del Perforador, designado como el panel de control principal, que está ubicado en la cabina del Perforador Principal. El panel de control del Rig Manager, designado como panel de control secundario, que se encuentra en la oficina del Rig Manager en la cubierta de navegación del barco. El panel de control del Subsea Engineer, designado como panel de control de mantenimiento, que se encuentra en la oficina de Subsea Engineers en la cubierta principal a popa del Moonpool. Los paneles del administrador de la plataforma y del ingeniero submarino a veces se denominan paneles de control auxiliares. Las señales de los paneles de control auxiliares y del perforador se envían a los controladores principales PLC donde se procesan de acuerdo con un conjunto predeterminado de instrucciones lógicas y luego se transmiten a través de los cables umbilicales submarinos al ensamblaje electrónico submarino (SEA) en la línea 112 azul y amarilla. Módulos MUX.

El sistema de control electrónico para la pila BOP es un MUX Shaffer de quinta generación. Un conjunto de unidad de alta presión (HPU) de Shaffer que consta de 3 bombas triples eléctricas, que carga botellas de acumulador de superficie de 94 a 15 galones, que proporciona fluido hidráulico desde la superficie a las botellas de acumulador submarino de 15 a 15 galones en el LMRP y 36 a 15 galones botellas de acumulador acústico submarino y botellas compensadas en profundidad (DCB) de corte automático/hombre muerto de 14-7,5 gal en la pila submarina inferior. El sistema de control MUX consta de un panel de control del perforador operado eléctricamente, ubicado en la cabina del perforador, el panel de control no tiene purga de aire, un panel de control del empujador de herramientas operado eléctricamente, ubicado en la oficina del OIM y un panel ubicado en la oficina submarina, una unidad de potencia hidráulica de superficie y una unidad acumuladora. Una señal eléctrica iniciada al presionar los botones (a través del "control de dos manos") en el panel de control del perforador o del empujador de herramientas se enruta a la Consola de control central (CCC) al módem, luego a través del cable MUX a través de fibra óptica al módem. en el pod bell, desde el modem hasta un bloque genesis transformando la señal en 24 volts DC a una CCSV (electroválvula de cámara compensada). La CCSV cambia donde el fluido piloto en espera cambia la válvula SPM (montada en placa secundaria). Luego, el fluido hidráulico se dirige a través de tuberías y mangueras de conexión a la pila LMRP o BOP que opera una función hidráulica.

4.8.2.1 Equipos de Salvamento

Equipo salvavidas.

Bote salvavidas y pescante.

El barco tiene cuatro botes salvavidas en la cubierta de embarque del barco hacia adelante.

Todos los componentes principales del bote salvavidas se moldean en moldes separados. El laminado reforzado con fibra de vidrio (FRP) se ha dimensionado, fabricado y probado cuidadosamente para garantizar un diseño capaz de resistir las tensiones que probablemente se encontrarán durante la vida útil del bote salvavidas. Un casco interior, que incluye bancos y tanques de flotación, se coloca dentro del casco principal y se une cuidadosamente para servir también como asientos.

Finalmente, la superestructura con su techo interior se une al casco. Los tanques de flotabilidad están dimensionados para proporcionar una flotabilidad más que suficiente para mantener el bote salvavidas a flote en una quilla nivelada con todas las personas a bordo en caso de que el bote salvavidas sufra daños en cualquier posición debajo de la línea de flotación. Se instala una torre de gobierno en el extremo de popa de la superestructura, que proporciona una vista de 360° para maniobrar el bote salvavidas.

Todas las escotillas se pueden abrir y cerrar tanto desde el interior como desde el exterior. Dos grandes escotillas con bisagras están instaladas en el lado de babor y estribor del mamparo de popa de la superestructura.

La disposición de los asientos está de acuerdo con las normas estipuladas por las normas internacionales. Para acomodar cómodamente a las personas para las que el barco está certificado, todas las posiciones de los asientos están marcadas con un marcador negro, que indica los lugares correctos. Los asientos están dispuestos de modo que cada persona se siente mirando hacia los costados del bote salvavidas. Cada asiento está provisto de un arnés de seguridad que se abrocha fácilmente con una sola hebilla y proporciona una buena protección al bajar el bote salvavidas, y también en caso de que el bote salvavidas vuelque.

El motor está ubicado a popa en un compartimiento separado. El bote salvavidas está propulsado por un motor refrigerado por agua dulce, que también acciona la bomba del aspersor. El agua refrigerante circula a través de un circuito de tuberías que corre externamente a lo largo de la quilla en la parte inferior del casco. El motor está equipado con un arrancador de resorte manual que proporciona un arranque seguro en todo momento. El motor está equipado con dos sistemas de batería separados. No se incluye un arrancador manual (opcional).

La salida de escape del motor en popa está provista de un cuello de ganso para evitar la entrada de agua.

Los dos ganchos de elevación del bote salvavidas se colocan en cada extremo y se atornillan al casco y la superestructura. En condiciones normales, los ganchos no pueden soltarse antes de que el bote salvavidas esté a flote. Esto se garantiza mediante el uso de un dispositivo hidrostático y un enclavamiento que bloquea el mecanismo de liberación del gancho cuando el bote salvavidas no nace en el agua y se abre cuando el bote salvavidas se sumerge en el agua. Los ganchos también están diseñados para que puedan soltarse a plena carga en caso de emergencia. Esto se logra tirando de un perno de seguridad especialmente marcado que se coloca debajo de una cubierta de plástico, que debe retirarse. Ambos ganchos se sueltan simultáneamente por medio de la palanca de liberación en el gancho de popa.

Bote de rescate y pescante.

En el lado de estribor de la cubierta principal se encuentra un bote de rescate fabricado con resina de poliéster ignífuga. El barco se utiliza específicamente para operaciones de búsqueda y rescate y para el remolque y clasificación de balsas salvavidas. El barco es autovacuante y está protegido por un guardabarros de espuma de celda cerrada cubierto con dos capas de revestimiento de PVC resistente.

En la consola central está montado un gancho de elevación de punto único sin carga para sujetar la caída desde un pescante. El combustible se llena en la proa del barco. El acceso al depósito de combustible se realiza a través de una escotilla en la cubierta frente a la consola. Dos baterías están ubicadas debajo del asiento y un cargador de batería está montado dentro de la consola. El cargador se alimenta con 42 [VAC] desde el barco a través de un enchufe en el lado frontal de la consola.

Bote salvavidas.

El barco cuenta con dieciséis balsas salvavidas (16 x 25 personas), que se estiban en cunas en la cubierta B de alojamiento, babor y estribor. Además, se proporcionan dos balsas salvavidas para seis personas en la cubierta principal, una a popa del barco y otra a estribor del barco. Estas balsas salvavidas están equipadas con cuna de cubierta estándar.

Todas las balsas salvavidas son del tipo que se arrojan por la borda y se almacenan en un contenedor rígido de fibra de vidrio para mayor durabilidad. La balsa salvavidas está provista de dos compartimentos de flotabilidad individuales. Si uno de los compartimentos está dañado, todavía habrá suficiente flotabilidad para transportar el número especificado de pasajeros. Las balsas salvavidas están equipadas con paquetes de emergencia y equipo salvavidas en popa de acuerdo con los requisitos de SOLAS y los requisitos de la bandera. Cada balsa salvavidas está equipada con un tubo de identificación a prueba de agua, que contiene el nombre de identificación del barco y los números de referencia.

Advertencia: asegúrese de que haya una herramienta de corte disponible en la estación de la balsa salvavidas para cortar la línea de boza cuando sea necesario.

4.8.3 Recomendaciones Técnico - Operativas.



Tabla 9-68. Recomendaciones de la Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos.

No	Recomendación	Identificación del nodo o sistema	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenarios de riesgo		Responsable	Nivel de riesgo
				No.	Descripción		
Recomendaciones Hazid							
<p>Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.</p>							

No	Recomendación	Identificación del nodo o sistema	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenarios de riesgo		Responsable	Nivel de riesgo
				No.	Descripción		
<p>Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.</p>							

No	Recomendación	Identificación del nodo o sistema	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenarios de riesgo		Responsable	Nivel de riesgo
				No.	Descripción		
<p>Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.</p>							

No	Recomendación	Identificación del nodo o sistema	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenarios de riesgo		Responsable	Nivel de riesgo
				No.	Descripción		

Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.

4.8.3.1 Listado de Recomendaciones (Medidas de Control) Emitidas en esta Etapa.

El diseño de una instalación nunca puede ser absolutamente seguro y/o completamente a prueba de errores humanos. La complejidad de las operaciones a llevar a cabo, la variedad de condiciones de trabajo, la adaptación a las condiciones de las materias primas y el siempre posible acontecimiento de un fallo no previsto son factores que hacen de la correcta operación un factor tan importante como el diseño inicial.

No se puede asegurar que una instalación bien diseñada con la mejor tecnología existente no pueda sufrir un accidente grave debido a un fallo de comunicación, a una operación de arranque realizada de manera incorrecta, a un control insuficiente sobre las modificaciones o procedimientos de mantenimientos inadecuados, etc.

Para controlar los procesos se recurre cada vez más a complejos sistemas automáticos de control, el manejo de estos requiere operarios calificados y entrenados. Los programas de formación y adiestramiento y las simulaciones dinámicas del funcionamiento son cada vez más elementos vitales para lograr un alto grado de seguridad.

Como parte de lo anterior y con el objetivo de mantener el grado de riesgo en niveles de aceptabilidad, como alcance de este documento es necesario el llevar a cabo la aplicación de las recomendaciones generales ya sea durante la etapa de operación o mantenimiento, y con esto poder administrar el nivel de riesgo identificado del proyecto denominado: “Perforación exploratoria de Naajal-1EXP, en el Área Contractual 4, Cuenca Salina, en el Golfo de México”, mismas que se enuncian a continuación:

Tabla 9-289. Recomendaciones Emitidas Aplicando la Metodología HazId (Perforación de pozos exploratorios)

Recomendaciones	Lugar(es) utilizado(s)	Tipo de Recomendación	Descripción de Actividad	Responsable	Fecha		Evidencia documental
					Inicio	Término	
<p>Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.</p>							

Tabla 9-70. Recomendaciones Emitidas Aplicando la Metodología HazOp (Perforación)

Recomendaciones	Lugar(es) utilizado(s)	Tipo de Recomendación	Descripción de Actividad	Responsable	Fecha		Evidencia documental
					Inicio	Término	
<p>Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.</p>							

Recomendaciones	Lugar(es) utilizado(s)	Tipo de Recomendación	Descripción de Actividad	Responsable	Fecha		Evidencia documental
					Inicio	Término	
<p>Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.</p>							

Recomendaciones	Lugar(es) utilizado(s)	Tipo de Recomendación	Descripción de Actividad	Responsable	Fecha		Evidencia documental
					Inicio	Término	
<p>Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.</p>							

Recomendaciones	Lugar(es) utilizado(s)	Tipo de Recomendación	Descripción de Actividad	Responsable	Fecha		Evidencia documental
					Inicio	Término	
<p>Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.</p>							

4.9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

El presente Estudio de Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos (ARSH), se ha elaborado conforme a la Guía para la Elaboración del Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos de la ASEA, en donde debe desarrollarse un análisis preliminar de riesgo, análisis cualitativo de riesgo, análisis cuantitativo de riesgo y análisis de consecuencias. El Análisis Preliminar de Riesgo consistió en realizar con un grupo multidisciplinario el estudio HAZID para el proyecto, acompañado de un histórico de accidentes plasmado en el apartado 4.4.1 de este estudio. El Análisis Cualitativo fue realizado por un grupo multidisciplinario de trabajo para la identificación de peligros mediante la metodología HazOp. Adicionalmente como parte del Análisis Cuantitativo de riesgo, se efectuó el análisis frecuencial y de acuerdo con las simulaciones obtenidas del software Phast 8.4 para los escenarios en donde se presentaba una manifestación del pozo, en donde se tiene un riesgo inherente Muy Alto.

Para la elaboración del presente ARSH, se realizó con la información Proporcionada por PETRONAS de los sistemas involucrados con la Exploración del **Área Contractual 4**, como: las condiciones esperadas del Pozo exploratorio, la información descriptiva del proceso y de los diversos servicios del proceso, así como de los planos de localización de la instalación.

Con respecto al análisis cuantitativo se obtuvieron 3 escenarios, los cuales se clasificaron como peor caso y como caso más probable. Dentro de este análisis se realizaron simulaciones con el software Phast en su versión 8.4 y OSCAR, como resultado se obtuvieron diferentes radios de afectación de acuerdo con cada tipo de escenario.

Como observación y como se mencionó anteriormente se tienen 2 escenarios tipificados como peor caso, estos escenarios contemplan la ruptura total de una línea del Pozo, por lo cual las afectaciones reflejadas en los diagramas de pétalos son catastróficas, como podemos observar en Anexo IX.4i.VI, en donde en el escenario 2 se tienen afectaciones de radiación térmica (Jet Fire) de alto riesgo (12.5 KW/m^2) con radio de afectación de 223.78 metros y el escenario 3 por derrame en el cual se muestra la dispersión del crudo ligero en el mar dentro de 150 días.

Sin embargo, una vez realizado el análisis frecuencial, se puede observar que los eventos de riesgo potenciales se encuentran con la probabilidad de ocurrencia Improbable (del orden de 5.05×10^{-09} a 1.06×10^{-14}) por lo que se encuentra en el rango de Riesgo Bajo, esto derivado a que la instalación cuenta los elementos de control y de seguridad necesarios para evitar, minimizar e incluso mitigar los eventos de riesgo identificados en el presente estudio, por lo que se considera que el proyecto del "Perforación exploratoria de Naajal-1EXP, en el Área Contractual 4, Cuenca Salina, en el Golfo de México" será una instalación segura, llevando a cabo el cumplimiento de las recomendaciones

presentadas así como, siguiendo los estándares y normas de diseño presentados en la ingeniería de diseño y una vez en la puesta en marcha y operación se lleven a cabo los programas de capacitación y de mantenimiento preventivo respectivos.



4.10 RESUMEN EJECUTIVO.

El Informe Resumen Ejecutivo e Informe Técnico del Análisis de Riesgos realizado se encuentra en el anexo 4I



5 ANÁLISIS DE CAPAS DE PROTECCIÓN (LOPA).

Tomando como referencia que la perforación exploratoria del pozo Najaal-1EXP, se realizará a través de un buque de perforación y que en dicha actividad participa activamente personal operativo, no se justifica la realización de un estudio de Determinación del SIL Objetivo y por ende la aplicación de un estudio LOPA.



6 REFERENCIAS.

- Directrices para evaluación cuantitativa de los riesgos (Guideline for quantitative risk assessment) "Purple Book" CPR, part one.
- Enrique González Ferradás, Francisco José Ruiz Boada, Agustín Miñana Aznar, Joaquín Navarro Gómez, José Ruiz Gimeno, Jesús Martínez Alonso. "Zonas de Planificación para Accidentes Graves de Tipo Térmico" Departamento de Ingeniería Química Universidad de Murcia.
- Fink, D.G., "Standard Handbook for Electrical Engineers", 10th Ed., p. 26-13 (1968)
- Guía Técnica, Métodos Cuantitativos para el análisis de riesgos, Protección Civil España, 1994.
- Human Reliability Handbook.
- IEC-61882 "Guía de Aplicación para Estudios de Peligro y Operabilidad"
- J.M. Santamaría, P.A. Braña Aisa "Análisis y Reducción de Riesgos en la Industria Química", Fundación Mapfre.
- Miller, M.J. "Reliability of Fire Protection", Chemical Engineering Progress, 70 (4):62 (April 1974)
- Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras, Tomo 1, J.M. Storch de Gracia.
- "OREDA" Offshore Reliability Data, 2ª. Edition.
- Process sensor, Control and safety equipment.
- OREDA-2002.Williams, Jeremy C., "Incorporating Human Performance Variability in Process Safety Assessment", (Publication source unknown)

7 PERSONAL QUE PARTICIPO EN LA ELABORACIÓN DEL ANÁLISIS DE RIESGO DE PROCESO.

En la siguiente tabla se muestra el personal que participó en la elaboración del Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos para la Exploración del área Contractual 4.

Tabla 9-71. Relación del Personal Participante.

Participantes	Cargo	Firma
Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.	D. T. de Proyecto	
	Coordinador de Proyecto	
	Ingeniero de proyecto	

8 ANEXOS.

Anexo 1. Planos.

Anexo 2. Fotografías

Anexo 3. Hojas de Datos de Seguridad.

Anexo 4. Otros Anexos.

- a) Documentos Legales.
- b) Cartografía Consultada.
- c) Información utilizada.
- d) Análisis de Riesgos por Contaminación.
- e) Análisis Preliminar de Riesgo.
- f) Hojas de trabajo del Análisis de Riesgo de Proceso.
- g) Catálogo de Escenarios de Riesgo.
- h) Análisis Detallado de Frecuencias.
- i) Análisis Detallado de Consecuencias.
- j) Listado de Recomendaciones.
- k) Autorizaciones Oficiales.
- l) Informe Técnico y Resumen Ejecutivo
- m) Análisis de Capas de Protección (LOPA)

Anexo 5. CV Participantes de elaboración de Estudio.