

**PERÚ****Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego**

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

CUT: 184227-2023

INFORME TECNICO N° 0178-2023-ANA-DCERH/WQQ

A : **FLOR DE MARIA HUAMANI ALFARO**
DIRECTORA
DIRECCIÓN DE CALIDAD Y EVALUACIÓN DE RECURSOS
HÍDRICOS

ASUNTO : Observaciones al "Plan Dirigido a la Remediación - Refinería Conchán",
presentado por PETROLEOS DEL PERU S.A.– PETROPERU

REFERENCIA : a) Oficio N° 478-2023-MINEM/DGAAH/DEAH
b) Oficio N° 601-2023-MINEM/DGAAH/DEAH

FECHA : San Isidro, 30 de noviembre de 2023

Tengo el agrado de dirigirme a usted para informarle lo siguiente:

I. ANTECEDENTES

- 1.1. El 13 de setiembre de 2023, mediante Oficio N° 478-2023-MINEM/DGAAH/DEAH, la Dirección de Evaluación Ambiental de Hidrocarburos (DEAH) de la Dirección General de Asuntos Ambientales de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas (DGAAH del MINEM), remitió a la Dirección de Calidad y Evaluación de Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua (DCERH de la ANA) el Plan Dirigido a la Remediación (PDR) indicado en el asunto, a fin de que se emita la opinión técnica. El presente PDR fue elaborado por consultora TEMA LITOCLEAN S.A.C.
- 1.2. El 09 de noviembre de 2023, mediante Oficio N° 601-2023-MINEM/DGAAH/DEAH, la DEAH de la DGAAH del MINEM, reitera a la DCERH de la ANA la solicitud de opinión técnica al PDR del asunto.
- 1.3. El presente Instrumento de Gestión Ambiental fue evaluado por el Blgo. Alvaro Martín Martínez Vila (Profesional Especialista de la DCERH), por el Blgo. Rony Colque Granda (Profesional Especialista de la DCERH) y por el Ing. Uriel Nestor Marca Ventura (Especialista en Hidrogeología de la DCERH).
- 1.4. El 30 de noviembre del 2023, mediante Carta N° 0065 -2023-AMMV, vía SISGED se remitió el informe elaborado por el Blgo. Martín Martínez, con CBP N° 3747 con los aportes del Ing. Uriel Marca Ventura (Especialista en Evaluación Hidrogeológica) con CIP 166585, y del Ing. Rony Colque Granda, con CIP N° 110409, para su emisión.

II. MARCO LEGAL

- 2.1. Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos y su Reglamento, Decreto Supremo N° 001-2010-AG y sus modificatorias.
- 2.2. Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental y su reglamento, Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM.



BICENTENARIO
DEL PERÚ
2021 - 2024

- 2.3. Decreto Supremo N° 039-2014-EM, Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos.
- 2.4. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, Aprueban Estándares de Calidad Ambiental para agua y establecen disposiciones complementarias.
- 2.5. Decreto Supremo N° 018-2017-MINAGRI, Reglamento de Organización y Funciones de la ANA.
- 2.6. Resolución Jefatural N° 106-2011-ANA, Procedimiento para la emisión de opinión técnica de la Autoridad Nacional del Agua en los procedimientos de evaluación de los estudios de impacto ambiental relacionados con los recursos hídricos.
- 2.7. Resolución Jefatural N° 224-2013-ANA, Reglamento para el otorgamiento de autorización de vertimientos y reúso de aguas residuales tratadas.
- 2.8. Resolución Jefatural N° 007-2015-ANA. Reglamento de Procedimientos Administrativos para el Otorgamiento de Derechos de Uso de Agua y de Autorización de Ejecución de Obras en Fuentes Naturales de Agua.
- 2.9. Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.
- 2.10. Resolución Jefatural N° 056-2018-ANA, Clasificación de cuerpos de agua continentales superficiales.
- 2.11. Resolución Jefatural N° 319-2015-ANA, Guía para realizar inventarios de fuentes naturales de agua superficial.
- 2.12. Resolución Jefatural N° 030-2013-ANA, Reglamento para la Formulación y Actualización del Inventario de la Infraestructura Hidráulica Pública y Privada.
- 2.13. Resolución Jefatural N° 086-2020-ANA, Guía para realizar inventarios de fuentes de Agua Subterránea.

III. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

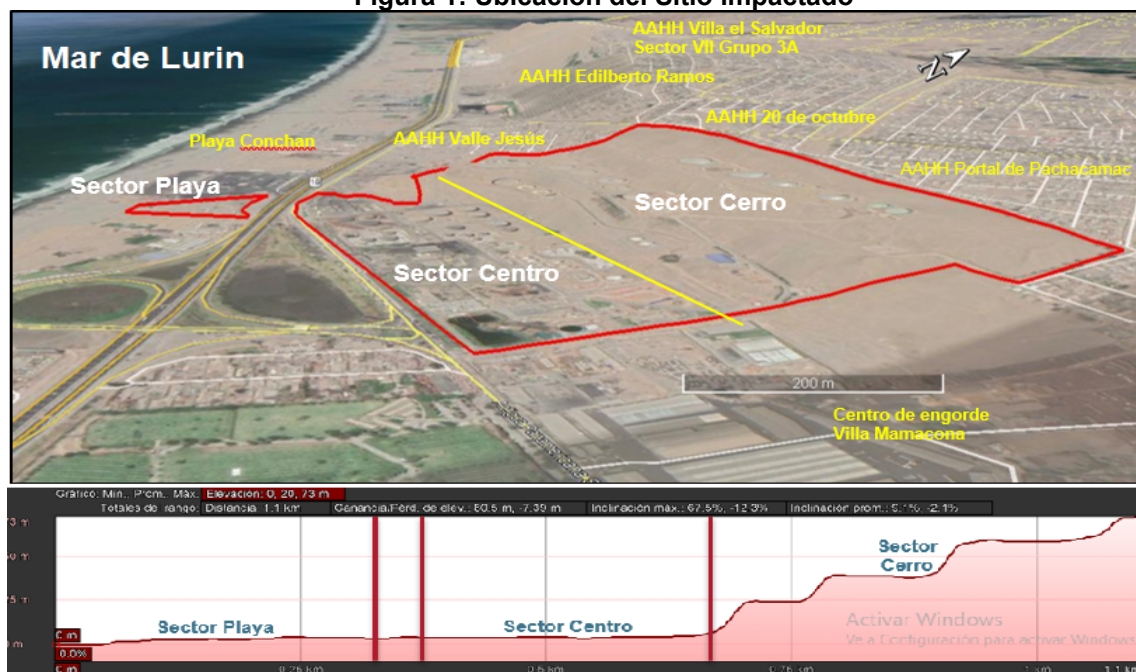
3.1 Ubicación

La REFINERÍA CONCHAN está ubicada al sur de la ciudad de Lima; políticamente, se ubica en el distrito de Lurín, provincia y departamento de Lima, en el km 26,5 de la Antigua Panamericana Sur. Tiene una superficie total de 50 ha, aproximadamente, y se ubica a una altitud de entre 3 msnm y 83 msnm, la Refinería se ubica en la margen izquierda del río Lurín, a 3 km de la ciudad de Lurín. Coordenadas UTM WGS 84, Zona 18L: 290 826E, 8 644 936N.

El área de la Refinería Conchán no se encuentra dentro de ningún Área Natural Protegida (ANP), Zona de Amortiguamiento o Área de Conservación Regional/Privada.

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

Figura 1: Ubicación del Sitio impactado



Fuente: apartado 5.1 (Ubicación) del Estudio de Caracterización, adjunto al PDR.

3.2 Descripción del proyecto

Las Unidades de las Operaciones de la Refinería Conchán comprenden un área de 55 ha y actualmente cumplen con la función de recepción, almacenamiento, refinación y despacho de comercialización de Hidrocarburos derivados del Petróleo. La Refinería Conchán está conformada por: i) La Refinería, ii) la Planta de Ventas y iii) Terminal Portuario.

El presente documento corresponde al Plan Dirigido a la Remediación de la Refinería Conchán, el cual incluye los resultados del Estudio de Caracterización, las conclusiones y recomendaciones del estudio Evaluación de Riesgos a la Salud y al Ambiente (ERSA) y el análisis y la planificación detallada de las propuestas de remediación más adecuadas para la afectación existente en Refinería Conchán. El cronograma tentativo de la propuesta de actividades de remediación seleccionadas para cada sector de la Refinería Conchán contempla una duración de seis (6) años para la etapa operativa.

a. Estudio de caracterización

Comprende la evaluación de cuatro (4) áreas de interés procedentes de la Fase de Identificación y de la Resolución de Aprobación de Informe de Identificación de Sitios Contaminados (Resolución Directoral N° 162-2020-MINEM/DGAAH): **AI 1** (Sector Playa), **AI 2** (Sector Centro Oeste), **AI 3** (Sector Centro Este) y **AI 4** (Sector Cerro).

b. Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente (ERSA)

Para la valoración de los riesgos se calculan los niveles de potencial riesgo toxicológico y cancerígeno para la salud humana en base a los escenarios, vías de exposición y receptores considerados como vulnerables; seguidamente se definen los Niveles de Remediación Específicos (NRE), que corresponden a las concentraciones que garantizarían una situación de riesgo admisible para la salud humana de los receptores asociados a los escenarios bajo estudio.



c. Propuesta de Actividades del Plan de Remediación

PETROPERU propone las alternativas de remediación seleccionadas para cada sector de la Refinería Conchán objeto de remediación, según sus fases: **AI 1** (Sector Playa), **AI 2** (Sector Centro Oeste), **AI 3** (Sector Centro Este) y **AI 4** (Sector Cerro).

- **Fase I:** excavación de los suelos afectados y el bombeo y tratamiento de la fase libre sobrenadante y del agua subterránea.
- **Fase II:** bombeo y tratamiento de agua subterránea.

3.3 Antecedentes

a. Certificaciones ambientales

- Oficio N° 136-95-EM / DGH, del 19 de junio de 1995, que aprueba el Plan de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) Refinería Conchán.
- Escrito N° 2489532, del 13 de abril de 2015, que aprueba Informe Preliminar de Identificación de Sitios Potencialmente Contaminados.
- Resolución Directoral N° 094-2018-MINEM/DGAAH, del 26 de noviembre de 2018, aprueba el "Plan de Abandono Parcial para el Desmantelamiento y Retiro Tanques 5Q al 12Q", otorgando un plazo de veinticuatro (24) meses para la presentación del PDR.
- Resolución Directoral N° 162-2020-MINEM/DGAAH, del 8 de julio de 2020, aprueba el "Informe de Identificación de Sitios Contaminados (IISC) en el marco del ECA suelo de la Refinería Conchán", otorgando un plazo de veinticuatro (24) meses para la presentación del PDR.

b. Eventos históricos referentes a derrames y contaminación en el área

La Refinería Conchán inició su actividad en el año 1958 como Cementos Derivados y Especiales, empresa que recibía petróleos residuales para transferirlos a la Planta de Cementos Lima. Desde el año 1958 en Conchán se trabaja con productos derivados del petróleo. Los eventos históricos más importantes identificados para Refinería Conchán fueron:

Cuadro 1: Eventos históricos identificados para Refinería Conchán

Año	Evento	Documento de Referencia
-	Antiguo Grifo en el Sector Playa (desmantelado) ¹	-
2011	Derrame de Asfalto MC-30 por rebose en el Tanque 36. Volumen derramado de 5,3 bbls.	Control y reporte de Derrames
2011	Derrame de Gasolina de 90 octanos por rebose del producto en el tanque 26. Volumen derramado de 0,95 bbls.	
2011	Derrame de Asfalto PEN 60-70 en el puente de despacho 13. Volumen de 8,42 bbls.	
2011	Derrame de Asfalto en el puente de despacho 13. Volumen de 4,5 bbls.	
2011	Derrame de petróleo industrial 6 por rebose en el tanque N.L.58. Volumen de 2,8 bbls.	
2012	Derrame de Gasolina 84 por rebose en el Tanque 16. Volumen 6,03 bbls.	Reporte público del Informe N° 1527-2013-OEFA/DS-HID
2013	Derrames puntuales en válvulas de retención de tanques y líneas de conducción (Tanques 74, 50, 57, 72, 33, 47, 67, 49, área contigua a los tanques 4 y 5), que impactan al suelo.	
2014	Derrame de Diésel B5 en la isla de despacho 6. El volumen fue de 46 Gal.	Control y reporte de derrames
2014	Derrame de producto residual 500 del Tanque 36. Volumen derramado de 3,5 bbls.	
2014	Derrame de Gasohol 90 en el puente de despacho 1. Volumen derramado de 262 Gal (6,2 bbls).	Reporte público del Informe N° 489-2014-OEFA/DS-HID
16 /05 /2014	Derrame de producto de una cisterna de asfalto en el Patio de Despacho de Productos Negros del Puente N° 13 de la Planta de Ventas del Departamento Comercial de la Refinería (Área de abastecimiento de Cisternas con Otros Productos Derivados de los Hidrocarburos - OPDH). Zona pavimentada, sin afectación al suelo y agua.	
2015	Derrame de gasolina por rotura en la línea de 10" dentro del cubeto del tanque 23. Volumen derramado 6,38 bbls.	Control y reporte de derrames

Fuente: Datos del PdR, Cuadro N° 8, elaborado por LITOCLEAN 2021

(1) Supervisor de PETROPERU desconoce el año de desmantelamiento del grifo (abril de 2021)

3.4. Objetivos

a. Objetivo general

Determinar los esfuerzos de remediación, mitigación, monitoreo y/o control institucional más adecuados para la afectación existente en Refinería Conchan.

b. Objetivos específicos

- Propuesta, análisis y desarrollo de alternativas de remediación:
 - Proponer alternativas de remediación para evaluación en el análisis de viabilidad.
 - Realizar el análisis de viabilidad y seleccionar las alternativas de remediación más apropiadas para el sitio.
 - Elaborar la propuesta detallada de las alternativas de remediación seleccionadas.
- Definir las medidas de gestión (monitoreo, seguimiento y/o control institucional).
- Establecer el cronograma de implementación de las medidas propuestas.

3.5. Actividades de la Refinería

a. Procesos desarrollados en la refinería (Numeral 4.2.2.2 del PDR)

- Recepción
- Almacenamiento: tanques de tipo vertical u horizontal, con capacidades que van desde los 2 MB hasta los 160 MB.
- Refinación:
 - Unidad de Destilación Primaria (UDP): precalentamiento (445° - 485°F), horneado, ebullición.
 - Unidad de Destilación Vacío (UDV) calentamiento 714°F
- Despacho de hidrocarburos derivados del petróleo y productos especiales.
 - Planta de Ventas de Productos Negros
 - Planta de Ventas de Productos Blancos
- Sistema de bombeo (bombas y tuberías, distribuidas en distintos puntos de la refinería para transportar el combustible desde el área de refinación hasta los tanques de almacenamiento y de allí a los puentes de despacho.
- Almacenes de materiales y sustancias (insumos químicos, herramientas, materiales, etc.)
- Sistema contraincendios
- Almacén de residuos sólidos peligrosos.

b. Gestión de efluentes (Numeral 4.2.2.4 del PDR)

- **Antes**, los efluentes industriales eran dispuestos en cuatro (4) pozas de percolación ubicadas en el Sector Playa. Las pozas existieron hasta el año 2010, cuando se retiró el producto y se rellenaron con material de préstamo.
- **Actualmente**
 - **Industriales** (drenaje oleoso, drenaje químico)
Son direccionados a la poza API, donde los hidrocarburos son recuperados y el agua residual tratada es derivada a la DAF y posteriormente a la Nueva PTARI. Las aguas libres de hidrocarburos son descargadas al mar por el emisario submarino, mientras que los lodos generados son dispuestos por una EO-RS.

- **Domésticos:** son derivados a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTARD).

3.6. Descripción del sitio contaminado

a. Sectores del terreno existentes

La caracterización ambiental de los sectores de la refinería en materia de recursos hídricos comprende la evaluación de cuatro (4) áreas de interés procedentes de la Fase de Identificación y de la Resolución de Aprobación del IISC (Resolución Directoral N° 162-2020- MINEM/DGAAH):

- **AI 1** (Sector Playa),
- **AI 2** (Sector Centro Oeste),
- **AI 3** (Sector Centro Este) y
- **AI 4** (Sector Cerro).

Figura 2. Áreas de interés en la Refinería Conchán



FUENTE: PDR presentado por PETROPERU, Cuadro N° 14.

b. Actividades que causaron contaminación de los sectores (Numeral 4.2.3 del PDR)

Indican que en la Refinería Conchán se ha evidenciado afectación del suelo, agua superficial y agua subterránea. Las áreas afectadas fueron por dos tipos de contaminante: hidrocarburos (en el componente suelo en un área aproximada de 102 740 m² (Cuadro N° 12 del PDR) y metales.

Las fuentes primarias de contaminación corresponden a las instalaciones, las actividades desarrolladas en la Refinería Conchán y los eventos ocurridos, desde el inicio de sus operaciones, que han resultado impactando el suelo del emplazamiento a profundidades variables. La Refinería Conchán se caracteriza por estar emplazada sobre tres sectores geográficamente diferenciados:

c. Áreas afectadas por hidrocarburos (Numeral 4.5.4.1 del PDR)

• **Sector Cerro**

Afectación solo por TPH (F3) en referencia a las antiguas pozas de borra líquida, hacia el este el almacén de residuos se tiene un área puntual afectada por TPH (F2 y F3), y en la ladera del cerro que colinda con el tanque T-30, se tiene afectación por TPH (F1, F2) y BTEX.

Se logró delimitar la superficie y volumen de suelo afectado en este sector, determinándose un área y un volumen aproximado de 5 250 m² y de 23 370 m³ respectivamente.

• **Sector Centro (Al 3 y Al 4)** que se encuentra sobre una llanura o planicie aluvial.

Agua superficial: En el caso de la laguna, unidad operacional que forma parte del sistema contra incendios y de la unidad de procesos, ubicada en la zona sureste del Sector Centro, se observó iridiscencia en el espejo de agua. La causa probable de la afectación que se evidenció es producto de las actividades que se realizan en el entorno a esta, principalmente de la Unidad de Procesos, ubicada hacia el oeste de la laguna. La ruta de migración de la afectación es a través del flujo subterráneo, que va en dirección a este hacia el cuerpo natural.

Agua subterránea: se detecta fase libre sobrenadante con espesores aparentes de 0,01m a 0,77 m en la planta de MMT, tanques T-44, T-45, al sureste de la unidad de procesos y al noreste del cubeto 3 aproximadamente. La extensión del área afectada por presencia de fase libre sobrenadante va desde el norte del cubeto 23, al oeste de la zona de servicios industriales, al sur de la unidad de procesos y, de manera puntual, hacia el sur de la planta de ventas de productos blancos y al noreste del cubeto 3 del emplazamiento.

Entorno al área con fase libre sobrenadante se detectaron concentraciones de hidrocarburos disueltos, las cuales disminuyen conforme se incrementa la distancia al área afectada con fase libre sobrenadante, permitiendo delimitar el área afectada hacia el norte, sur, este y oeste del Sector Centro 1 y 2 de la Refinería Conchán.

Espacialmente se tiene una pluma de afectación de 66 008 m² de agua subterránea afectada. En relación con la fase libre sobrenadante, considerando los espesores obtenidos y la porosidad del suelo, se estima un volumen de 7 894 m³. (Numeral 4.5.4.1 del PDR).

• **Sector Playa (Al 1)** que se encuentra sobre una terraza marina, sería el más propenso a inundación por estar situado a 150 metros del Océano Pacífico.

En el Sector Playa, antiguamente se realizaba la disposición de los efluentes industriales de manera directa en cuatro (4) pozas de percolación, sin tratamiento previo y en suelo desnudo. Posteriormente, el material acumulado en las pozas de percolación fue retirado, debidamente dispuesto y las pozas fueron rellenadas con material de préstamo. Actualmente, la nueva PTARI permite el tratamiento de los efluentes industriales, antes de su vertido final en el Océano Pacífico. La afectación encontrada en estudios previos reportó presencia de fracciones media y pesada (F2 y F3) de Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH), además de hidrocarburos disueltos y/o fase libre sobrenadante en la zona sur.

Agua subterránea: se detectó fase libre sobrenadante en los puntos C1, S48 y C2 con espesores aparentes de entre 0,01 m y 0,16 m en el área de las antiguas pozas de percolación. Entorno a estos puntos, se detectaron concentraciones de hidrocarburos disueltos que disminuyen conforme los puntos se alejan del área afectada por producto sobrenadante, permitiendo delimitar su alcance hacia el sur, este, oeste y norte del emplazamiento. Especialmente se tiene una pluma de afectación de 7 300 m² de agua subterránea afectada. En relación con la fase libre sobrenadante, considerando los espesores obtenidos y la porosidad del suelo, se estima un volumen de 53 m³ (Numeral 4.5.4.1 del PDR).

d. Áreas afectadas por metales (Numeral 4.5.4.2 del PDR)

- **Sector Playa,** Se detecta una presunta excedencia de plomo disuelto en el agua subterránea, de acuerdo con el ECA para Agua categoría 4-E2 (ríos Costa).
- **Sector Centro**
 - **Zona Oeste,** en la zona este de la planta de ventas de productos blancos se detectó arsénico disuelto en el agua subterránea. Asimismo, se detectaron dos presuntas excedencias de plomo disuelto en el agua subterránea, de acuerdo con el ECA para Agua categoría 4-E2 (ríos Costa).
 - **Zona Este,** hacia el sur de la laguna se detectó una presunta excedencia de plomo disuelto en el agua subterránea, de acuerdo con el ECA para Agua categoría 4-E2 (ríos Costa).

3.7. Caracterización ambiental de la zona de remediación

La caracterización ambiental de los sectores de la refinería en materia de recursos hídricos abarca las cuatro (4) áreas de interés AI 1 (Sector Playa), AI 2 (Sector Centro Oeste), AI 3 (Sector Centro Este) y AI 4 (Sector Cerro).

a. Clima y Meteorología (Numeral 4.4 del PDR)

Para la descripción de los parámetros de temperatura, precipitación, humedad relativa, dirección y velocidad del viento tomaron la información de la estación meteorológica “Campo de Marte” (Coordenadas UTM WGS 84: 277 594E, 8 664 813N) del periodo setiembre del 2014 a julio del 2020.

b. Hidrología (Numeral 4.4 del PDR)

El curso hídrico más importante cerca de la zona de estudio es el río Lurín, ubicado a tres km hacia el este de la Refinería Conchán, y el Océano Pacífico, que se encuentra a menos de 200 metros al suroeste del Sector playa de la Refinería Conchán.

El caudal medio mensual del río Lurín en época de estiaje (meses de junio a noviembre) es de 0,9 m³/s a 1,1 m³/s, mientras que, en la época húmeda (meses de diciembre a mayo) el caudal es 2,2 m³/s a 16,1 m³/s.

PETROPERÚ S.A. señala la existencia de un espejo de agua (afloramiento del nivel freático que corresponde al río Lurín), la cual forma parte del sistema contra incendios. La extensión del espejo de aguas de 3 000 m² aproximadamente.



c. Geología

La Refinería Conchán se encuentra sobre un área donde destaca la Formación Pamplona (cretáceo inferior) y depósitos aluviales y eólicos consolidados y no consolidados de edad reciente.

Cuadro 2: Columna Estratigráfica de la Refinería Conchán

Era	Sistema	Serie	Unidad Estratigráfica	Símbolo	Descripción Litológica
Cenozoica	Cuaternario	Holocena	Depósitos marinos	Qh-m	Arenas, limos y cantos retrabajados por la acción erosiva de las olas
			Depósitos aluviales	Qh-al1	Depósitos de conglomerados y grava ubicados en el valle del río Lurín y quebradas tributarias.
			Depósito eólico	Qh-e	Arenas de cuarzo bien seleccionadas
		Pleistocena	Depósito eólico	Qpl-e	Arenas de cuarzo de borde redondeado y bien seleccionadas que se han preservado en dunas fósiles.

Fuente: PDR presentado por PETROPERU, Cuadro N° 11

d. Hidrogeología

La Refinería Conchán se localiza en la parte norte del acuífero del río Lurín, acuífero poroso no consolidado alta (APNCa), donde el depósito aluvial se pone en contacto con las rocas de la Formación Pamplona, provocando que el flujo del agua subterránea aflore o se halle a poca profundidad en determinadas zonas de la refinería, como en la laguna natural en el Sector Centro y el Sector Playa.

El acuífero del río Lurín se caracteriza por ser explotado por varios pozos, tanto a tajo abierto de poca profundidad como "tubulares" de mayor profundidad, con el fin de abastecer a las actividades agrícolas, comerciales e industriales en el entorno próximo.

En la medición de niveles realizada en los piezómetros instalados en las Fases de Identificación y Caracterización, el agua subterránea en el Sector Playa se encontró entre 2,39 m y 3,48 m de profundidad, en el Sector Centro se encontró entre 2,40 m y 5,20 m en la zona oeste y entre 2,46 m y 9,45 m de profundidad en la zona este. En el Sector Cerro no se detectó presencia de agua subterránea antes de alcanzar el zócalo rocoso.

Asimismo, se realizó el registro de la influencia mareal mediante medidores de nivel en continuo en cuatro (4) zonas del emplazamiento, los cuales se compararon los valores de pleamar y bajamar registrados para Lima en los días en los que se realizaron las mediciones. Se concluyó que en el Sector Playa y el Sector Centro existe influencia mareal.

Se desarrolla la **hidrogeología regional** considerando el Estudio Hidrogeológico de la Cuenca del Río Lurín, INGEMMET, 2021, donde se resume que el acuífero sobre el cual se encuentra emplazada la Refinería Conchán es un Acuífero continuo de extensión regional, de muy alta productividad, conformado de sedimentos cuaternarios no consolidados de ambiente aluvial, por lo cual se clasifica del tipo poroso no consolidado.

En un entorno de 2 km a la redonda desde el centro de la refinería Conchán se tiene un total de 35 pozos de agua subterránea, de los cuales 24 son de uso doméstico, 6 para uso agrícola, 3 para uso mixto, 1 para uso pecuario y 1 que no se indica el uso, las características de ellos son las siguientes:



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

Cuadro 3: Pozos en el entorno del emplazamiento de la refinería

Punto	Coordenadas UTM WGS 84 (Zona 18 Sur)		Cota (m.s.n.m.)	Nivel Estático (m)	Uso	Distancia al sitio (m)
	Este (m)	Norte (m)				
1	290683	8644428	0.87	1.06	Agrícola	270
2	290702	8644338	1	1.48	Agrícola	340
3	291282	8644598	4.13	1.86	Poblacional	135
4	291447	8644601	14	1.83	Mixto	300
5	291584	8644595	4.26	2.09	Agrícola	436
6	291431	8644803	4.78	7	Poblacional	239
7	291678	8644755	4.71	5.24	Poblacional	490
8	291695	8644758	5	4.69	Poblacional	520
9	291724	8644747	4.8	4.99	Poblacional	538
10	291846	8644647	5.55	4.89	Poblacional	675
11	291155	8644508	4.05	1.51	Poblacional	100
12	291182	8644551	4.09	1.6	Poblacional	60
13	291188	8644317	2.72	1.72	Poblacional	295
14	291119	8644343	3.75	1.59	Poblacional	270
15	291165	8644339	3.2	1.62	Poblacional	270
16	291177	8644378	3.08	1.68	-	235
17	291176	8644351	3.13	1.63	Poblacional	260
18	291121	8644383	3.05	1.52	Poblacional	233
19	291168	8644393	2.88	1.56	Poblacional	215
20	291188	8644410	3.4	1.76	Pecuario	200
21	291125	8644434	4.09	1.53	Poblacional	180
22	291130	8644445	4.23	1.69	Poblacional	170
23	291195	8644418	3.23	1.79	Poblacional	195
24	291202	8644432	4.05	1.6	Poblacional	180
25	291213	8644464	2.4	1.63	Poblacional	155
26	291198	8644451	2.41	1.61	Poblacional	160
27	291154	8644442	3.73	1.66	Poblacional	170
28	291587	8 644 277.	3.89	1.92	Agrícola	560
29	291252	8644308	3.06	1.47	Agrícola	345
30	291519	8644129	9	2.8	Mixto	625
31	291369	8644434	10	1.71	Mixto	280
32	290265	8644954	6.88	7.46	Poblacional	140
33	290346	8644850	7.36	4.73	Poblacional	115
34	290284	8644899	6.81	5.09	Poblacional	143
35	290326	8644927	6.75	7.63	Agrícola	90

Fuente: Estudio de Caracterización, Cuadro N° 31, Archivo digital: Carpeta Apéndice II IC, archivo 210_IC_R. Conchán_Rev.3

Se desarrolla la **hidrogeología local** considerando información de los piezómetros existentes en Refinería Conchán y se presenta la profundidad del nivel freático y del fondo de los piezómetros observada en diferentes fechas de monitoreo, tomando como referencia el nivel del suelo.

Así mismo, por la proximidad de la refinería con el océano hace pensar que podría existir variación local de niveles de agua subterránea por el efecto de las mareas, que pueden generar pequeñas oscilaciones diarias.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
 “Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

Cuadro N° 4 : Información de los Piezómetros Instalados en Refinería Conchán

Código Piezómetro	Coordenadas UTM WGS 84 (Zona 18L)		Profundidad del nivel freático (m)		Profundidad de la Fase Libre sobrenadante (m)		Profundidad del fondo del piezómetro (m)	
	Este (m)	Norte (m)	05/2019	02/07/2020	05/2019	02/07/2020	05/2019	02/07/2020
S4	290 705	8 644 906	3,520	ND	2,830	2,652	4,51	3,147
S5	290 695	8 644 823	2,440	2,423	ND	ND	4,36	4,433
S9	290517	8 644 717	2,630	ND	ND	ND	4,62	2,650
S16	290 992	8 644 788	5,160	ND	4,660	4,611	5,19	5,242
S18	290 981	8 644 778	4,560	4,400	3,800	3,745	5,59	5,541
S20	290 957	8 644 781	4,060	NE	3,310	NE	4,81	NE
S21	290 552	8 644 735	2,430	2,427	ND	ND	3,68	2,880
S23	290 492	8 644 763	2,530	2,585	ND	ND	4,18	2,770
S29	290 899	8 644 708	3,700	3,598	3,250	3,225	4,56	4,602
S30	290 909	8 644 742	3,690	3,480	3,160	3,110	5,33	5,297
S31	290 979	8 644 737	3,900	3,638	3,320	3,240	5,05	4,962
S32	290 971	8 644 683	3,710	3,539	3,250	3,191	4,40	4,650
S45	290 391	8 644 616	3,010	3,041	ND	ND	4,79	4,71
S46	290 458	8 644 572	2,930	2,930	ND	ND	4,89	4,236
S48	290 408	8 644 523	2,690	NE	2,440	NE	4,10	NE
S53*	290 366	8 644 496	ND	2,555	ND	ND	ND	3,429
S57	290 449	8 644 735	2,460	2,501	ND	ND	4,03	4,018

Fuente: Adenda al IISC (noviembre 2017) e información de la visita preliminar (1, 2 y 3 de julio)

Finalmente, se presenta en la Figura N°3. Hidroisohipsas de la Refinería Conchán, donde se muestra la piezometría realizada en el emplazamiento, donde se observa una dirección de flujo preferencial de norte a sur.



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

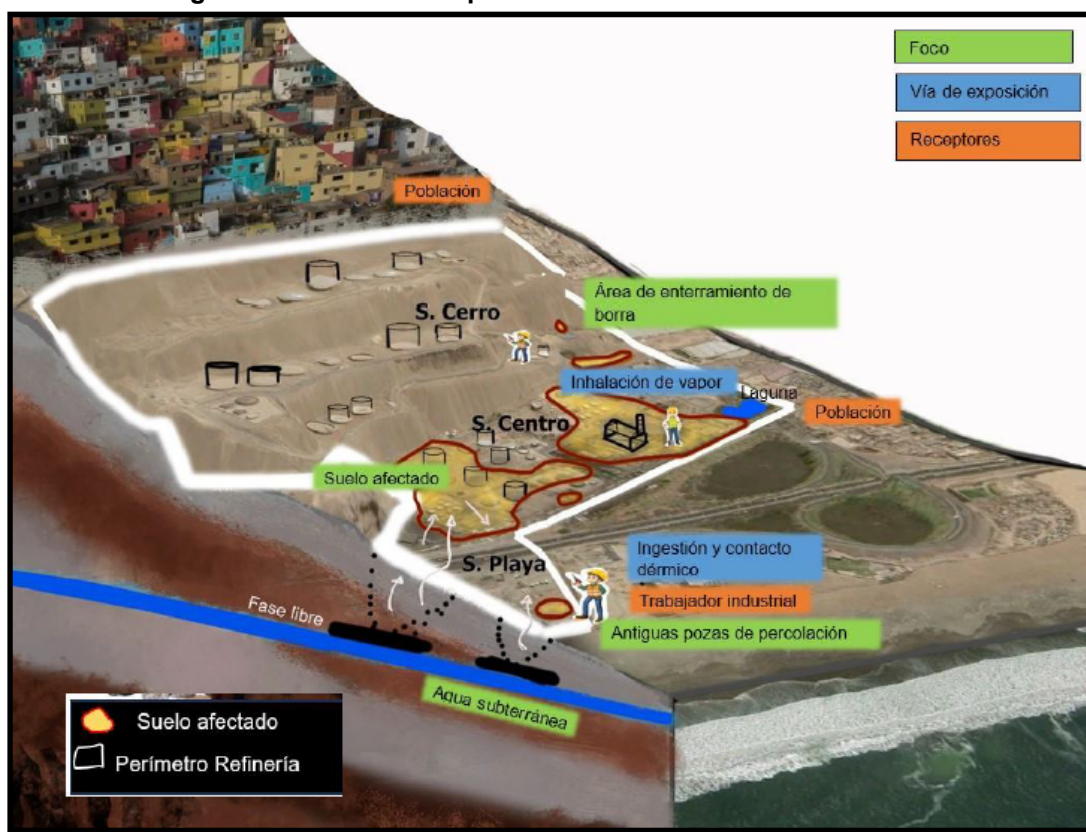
Cuadro 5: Modelo Conceptual detallado de Refinería Conchan

Sector	Escenario	Vía de exposición	Receptores sensibles
AI 1, AI 2, AI 3 y AI 4.	ON SITE instalaciones industriales de la Refinería Conchán	Inhalación de vapores y partículas en espacios abiertos	Trabajador de la Refinería Conchán (espacios abiertos)
		Inhalación de vapores en espacios cerrados	Trabajador de la Refinería Conchán (espacios cerrados)
		Contacto dérmico e ingestión de suelo	Trabajador de la construcción
AI 1	OFF SITE: alrededores de las instalaciones Sector Playa (AI 1) *	Inhalación de vapores y partículas en espacios abiertos	Paseante (usuario playa)
AI 3	OFF SITE: Industria ICCGSA (AI 3)-350 m	Inhalación de vapores en espacios cerrados.	Trabajador Industria ICCGSA
	OFF SITE: pozo del entorno (AI 3)-250 m	<u>Ingestión agua pozo</u>	Residente de la Asociación Mamacona

Fuente: PDR presentado por PETROPERU, Cuadro N° 13

El modelo establece que el escenario ON SITE, la principal vía de exposición es el contacto dérmico e ingestión de suelo y que el principal receptor es el trabajador de construcción.

Figura 4. Modelo Conceptual Detallado de la Refinería Conchan



Fuente: Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente, Figura N° 12



3.9. Calidad de agua subterránea y superficial (Estudio de Caracterización de Refinería Conchán, Documento digital, carpetas: Anexos / Apéndices, archivo: 210_IC_R.Conchán_Rev.3)

Los muestreos fueron realizados del 22 de setiembre al 30 de noviembre de 2020 en las cuatro (4) áreas de interés. Adicionalmente, entre el 31 de marzo y el 20 de abril de 2021 se amplió el muestreo de suelo y agua subterránea, se instalaron piezómetros, y realizaron ensayos hidráulicos. Durante los meses de abril a mayo del 2023 se realizó un muestreo complementario, el cual incluyó ejecución de sondeos e instalación de piezómetros. Así mismo también se procedió con la evaluación de la laguna, a través de los muestreos de calidad de agua superficial y sedimento.

Se ejecutaron un total de ciento diecisiete (117) sondeos con toma de muestra en las áreas de interés para el muestreo de detalle. La profundidad máxima alcanzada fue de trece (13) metros, detectándose la primera aparición de agua a profundidades variables, entre 1,80 m y 9 m.

a. Agua Superficial

Los resultados son comparados con la Categoría 4: conservación del ambiente acuático, Subcategoría E1: Lagunas y lagos del ECA agua vigente (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM) considerando sus usos (numeral 4.3.2 del Estudio de Caracterización).

La caracterización de la afectación involucró la toma de siete (7) muestras de agua superficial. Las muestras de agua superficial fueron tomadas de la laguna que se localiza en el extremo sureste de la refinería, en el sector definido para este estudio como Centro 2. PETROPERU indica que el agua de la laguna no es utilizada para riego, ni para consumo humano, sino es utilizada para el proceso industrial y para el sistema contra incendios (SCI) de la refinería.

Cuadro 6: Ubicación de los Puntos de Muestreo de Agua Superficial (Caracterización)

Punto de Muestreo	Descripción	Coordenadas UTM (WGS 84) Zona Sur	
		Este (m)	Norte (m)
Asup-01	Laguna natural / sector centro 2 de la Refinería Conchán.	291,094	8,644,650
AS1*	Laguna	291,098	8,644,645
AS2*	Laguna	291,126	8,644,641
AS3*	Laguna	291,095	8,644,672
RC-AS-07**	Laguna de Refinería Conchán – Agua Superficial	291,157	8,644,630
RC-AS-09**	Laguna de Refinería Conchán – Agua Superficial	291,165	8,644,650
RC-AS-10**	Laguna de Refinería Conchán – Agua Superficial	291,146	8,644,660

Fuente: Estudio de Caracterización de la Refinería, Cuadro N° 42

HIDROCARBUROS

Los parámetros de calidad de agua evaluados en los puntos ASUP-01, AS1, AS2, AS3, RC-AS-07, RC-AS-09 y RC-AS-10 (muestra de agua tomada de la laguna) presentan concentraciones que no superan el límite de detección del método de análisis, por lo que se encuentran por debajo de los valores de referencia establecidos en el ECA para Agua de cuerpos de Categoría 4, E1, a excepción de los hidrocarburos totales de petróleo (TPH) ubicados en los puntos ASUP-01 y AS3 registran concentraciones que superan el valor de referencia establecido en el ECA para Agua Superficial, Categoría 4, E1. (numeral 6.5.1.3 del Estudio de Caracterización).

La laguna natural está en la zona este del AI 3 del Sector Centro. El agua de esta laguna presentó concentraciones de Hidrocarburos Totales (TPH) de 13,07 mg/l y 17,24 mg/l

**PERÚ**Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

superiores al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Categoría 4, E lagunas y lagos y, atendiendo a la información recabada en el muestreo de detalle, se interpreta que esta afectación procede del agua subterránea, que está impactada en los puntos próximos y que aguas arriba, atendiendo a la dirección del flujo, presenta producto sobrenadante en la zona de la Unidad de Procesos. (numeral 6.5.2.2 del Estudio de Caracterización).

b. Agua Subterránea y de Agua Fase Libre Sobrenadante

Los resultados son comparados con la Categoría 4: conservación del ambiente acuático, Subcategoría E2: ríos costa y sierra, del ECA agua vigente (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM) considerando sus usos.

Así mismo, han adoptado como referencia la Normativa Holandesa, Soil Remediation Circular 2013 (Version of 1 July 2013 (Netherlands Government Gazette, N° 39 de 04/02/2000).

Los parámetros de interés a analizar en el componente agua subterránea son los asociados a la actividad desarrollada: TPH (F1, F2 y F3), BTEX, naftaleno y benzo(a) pireno; adicionalmente, se analizarán metales disueltos (As, Ba, Cd, Cr, Cr VI, Hg y Pb). Asimismo, se propone recabar información sobre el desglose de cadenas alifáticas y aromáticas, como mínimo en las muestras más afectadas. (numeral 4.3.3 del Estudio de Caracterización)

Para la caracterización de la afectación se tomó en cuenta las muestras de agua subterránea y/o producto sobrenadante, así como la instalación de 63 nuevos piezómetros de manera adicional a los 17 piezómetros ya existentes en el emplazamiento, así como cuatro (4) piezómetros temporales en los cuales se procedió a la toma de muestras de agua subterránea y/o de producto sobrenadante. (Numeral 6.3.3.2 del Informe de Caracterización).

Cuadro 7: Muestreo de agua subterránea en pozos y piezómetros existentes

Área de Interés	Código de Punto de Instalación	Profundidad Piezómetro (m)	Diámetro entubado (mm)	Tramo ciego y tramo ranurado	Coordenadas UTM (WGS 84) 18 Sur	
					Este (m)	Norte (m)
AI1: Sector Playa	S45	4.79	2"	0,95 / 4,05	290391	8644616
	S46	5.01	2"	0,85 / 4,35	290458	8644572
	S48	4.51	2"	0,75 / 4,05	290408	8644523
	S53*	2.30	2"	1,00 / 2,15	290,366	8,644,496
AI2: Sector Centro 1	S4	4.52	2"	0,75 / 3,75	290,705	8,644,906
	S5	4.38	2"	0,75 / 3,65	290,695	8,644,823
	S9	4.63	2"	0,95 / 3,95	290,517	8,644,717
	S21	4.10	2"	0,75 / 3,35	290,552	8,644,735
	S57	4.49	2"	0,99 / 3,83	290,552	8,644,735
	S23*	2.52	2"	0,60 / 3,95	290,403	8,644,772
AI3: Sector Centro 2	S16	4.50	2"	0,95 / 4,55	290,992	8,644,788
	S18	5.95	2"	1,05 / 4,90	290,981	8,644,778
	S20	4.90	2"	0,85 / 4,05	290,957	8,644,781
	S29	4.80	2"	0,75 / 4,05	290,899	8,644,708
	S30	5.35	2"	0,65 / 5,15	290,909	8,644,742
	S31	5.09	2"	0,85 / 4,35	290,979	8,644,737
	S32	4.40	2"	0,65 / 3,75	290,971	8,644,683

Fuente: Estudio de Caracterización de la Refinería, Cuadro N° 41

BICENTENARIO
DEL PERÚ
2021 - 2024

**PERÚ**Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

Los resultados analíticos para los parámetros evaluados en las muestras de agua subterránea se presentan los Cuadros N° 63, 64, 65 y 66. Por otro lado, el desglose analítico de cadenas alifáticas y aromáticas se presentan en el Cuadro N°67.

Los puntos de muestreo que registraron concentraciones mayores a la normativa de referencia (Norma Holandesa, 2013), se muestran en el Apéndice I del PDR, en los Planos N° 4.1; 4.2 y 4.3.

• **AI1: Sector Playa:**

HIDROCARBUROS

Las muestras de los piezómetros C1, C2, C3, C4, C5, P7, S46 y S48 registran concentraciones de TPH superiores a las normativas de referencia: normativa holandesa y el ECA para Agua Categoría4 E2. Las concentraciones registradas en las muestras C2 y S46 serían indicadores de saturación y presencia de producto libre, siendo la concentración en C4 y S48 también relevante. La suma de las fracciones F1, F2 y F3 para cada uno de estos puntos de muestreo indicaría un valor superior a lo establecido en la normativa de referencia para el parámetro "mineral oil". De las ocho (8) muestras que sobrepasaron las normativas de referencia, cuatro de estas se ubican al este y sureste de la antigua poza de percolación (C2, C4 y S-48), una de ellas (P7) hacia el lado noroeste, y al lado sur de tanques de sedimentación (S-46). Presencia de xilenos en las muestras C1, C3, C4 y C5 ubicadas en la antigua poza de percolación con valores que superan lo establecido en la normativa holandesa (Soil Remediation Circular, 2013). Mientras, en el lado sur de tanques de sedimentación (S-46) detecta concentraciones xilenos y etilbenceno que superan la normativa. Adicionalmente, se ha procedido a la discriminación de cadenas de hidrocarburos alifáticos y aromáticos en la muestra del piezómetro C4. El resultado analítico indica que las cadenas alifáticas tienen una mayor distribución que las aromáticas, lo cual denotaría cierto envejecimiento de la muestra, dado que los enlaces de las cadenas alifáticas son menos degradables que los de las cadenas aromáticas.

• **AI2: Sector Centro 1**

HIDROCARBUROS

Se detectó producto sobrenadante al sureste del cubeto 2 (C20), al sur del cubeto 3 y norte del cubeto 2 (C11), en la esquina sureste del cubeto 2 cerca del cubeto 1 (C18), al oeste del cubeto 14 donde se ubica el tanque de aditivos y al norte del puente de despacho #4, (C7), al pie del cerro, en el límite oeste de refinería cerca del puente de despacho de etanol (C8), en la planta de venta de productos (S9), así como al norte de los cubetos 3 y 4 (S4 y C13). No se ha podido tomar muestra de producto ninguno de estos puntos, debido a que el espesor de producto sobrenadante en algunos casos no resultaba suficiente, por lo que en los puntos C7 y C8 se ha procedido a la toma de muestras de agua para la caracterización de la fracción disuelta, de forma adicional.

Predominando la fracción F1 en las muestras C7, C13, C18, C20 y S9. La muestra C11, ubicada en la calle que separa el cubeto 2 del cubeto 3, presenta una composición predominante de la fracción F2, y en el caso de punto S4, ubicado al norte del cubeto 4, se presenta una mezcla de F1 y F2, predominando la fracción F2. Las determinaciones analíticas realizadas en las muestras de agua indican que los piezómetros C7 (que presenta 7 cm de producto sobrenadante), C8 (que presenta 0,01 m de producto sobrenadante), C9, C12, C14, C17, C23, C24, C25, C69, C78, C80, S-5



BICENTENARIO
DEL PERÚ
2021 - 2024

**PERÚ**Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

y S-21 evaluados, reportaron concentraciones de TPH que superan los valores de referencia internacional utilizados para la comparación (normativa holandesa) y el ECA nacional para aguas superficiales. Según la evaluación realizada, la composición del hidrocarburo indica lo siguiente:

- La distribución del hidrocarburo disuelto detectado en piezómetro C12 (al lado este del cubeto 3), es principalmente de tipo F2, con una fracción relevante de F1, también se detectan hidrocarburos pesados, F3.
- Las muestras de los piezómetros C7, C9, C17, C24, C25, C80, S-5 y S-21, manifiestan presencia de fracción ligera y mediana (F1 y F2), lo cual representa más o menos el 80 % de la composición, presentando también fracción F3.

Adicionalmente, en los piezómetros C4 y C7 se ha realizado una discriminación de cadenas alifáticas y aromáticas de hidrocarburos. Los resultados indican que existe mayor distribución relativa de cadenas aromáticas en el punto C7.

BTEX

Se detectó presencia de BTEX en los piezómetros C7, C8, C23, C24, C79 y S-21 que superaron los valores de referencia establecida en la normativa asumida.

METALES

No se evidencia presencia de metales totales en los piezómetros, a excepción del arsénico que registra concentraciones que supera el valor de referencia establecida en la normativa holandesa, en el piezómetro S-21.

• A13: Sector Centro 2

HIDROCARBUROS

Se detectó producto sobrenadante en la zona de unidad de procesos (C31, C34, C35, C36, C37, C38, C85, S30, S31 y S32), en la planta de venta de productos negros (C28), en el área de servicios industriales (S20, C29, C30 y C32), en el área de tuberías (C39), en el almacén de sustancias químicas (C40), en el cubeto 23 (C41, C45 y C48), en el cubeto 12 (C46 y C47), en la zona de casa de bomba (C58), al sureste del laboratorio (C60), en el cubeto 13 (C83 y S16), en la zona tanque de soda cáustica (S18) y en la zona del cubeto 8 (C95).

En los puntos entorno a la unidad de procesos existe mezcla de producto ligero e intermedio (F1 y F2), existiendo algunos puntos en los que predomina la fracción ligera (F1), mientras que en el área de servicios industriales y al pie del cubeto 12, el producto es mayoritariamente de fracción intermedia (F2). Por otro lado, el producto detectado en C17 y C83 es mayoritariamente ligero (F1). En todos los casos la fracción F3 es poco relevante.

En relación con la fase libre sobrenadante, esta alcanza espesores aparentes de más de 2,0 m correspondiendo al área con mayor espesor aparente a la zona noreste del área de Servicios Industriales, donde el piezómetro C30 detectó 2,13 m de producto sobrenadante. Se observa que el espesor va disminuyendo gradualmente hacia el oeste de los Servicios Industriales, en donde se detectan espesores de entre 0,31 m y 0,34 m, así como hacia la zona sur oeste de la unidad de procesos, donde se detectan espesores aparentes de entre 0,36 m y 0,52 m.

En los piezómetros C26, C29, C61 y C66, arrojaron concentraciones de fracción de hidrocarburos totales (TPH) mayores a la referencia establecida en la normativa internacional y el ECA para Agua. Se trata de puntos que rodean las áreas con



BICENTENARIO
DEL PERÚ
2021 - 2024



producto sobrenadante.

BTEX

En el punto C66 (hacia el lado este de la laguna) se detectó presencia de BTEX, pudiendo destacar las concentraciones de benceno y de xilenos que superan los estándares de referencia.

METALES

En los piezómetros evaluados no se detectó presencia de metales pesados (solo As disuelto, de acuerdo con la norma de referencia holandesa), ni de hidrocarburos poliaromáticos (HAP).

c. Sedimentos

Utilizaron normativas internacionales para la comparativa, los valores PEL para sedimentos de aguas continentales propuestos por las Guías Canadienses Calidad Ambiental (CCME Canadian Council of Ministers of the Environment) y los valores de intervención propuestos en la Guía para Evaluación de Sedimentos de los Países Bajos (Guidance Document for Sediment Assessment. Dutch Ministry of Infrastructure and Water Management. Gobierno de los Países Bajos. 2010).

Los parámetros de interés a analizar en el componente sedimento son los asociados a la actividad desarrollada: TPH (F1, F2 y F3), BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y xileno), naftaleno y benzo(a)pireno; adicionalmente, mercurio y metales pesados (arsénico, bario, cadmio, cromo, cromo hexavalente y plomo) (numeral 4.3.4 del Estudio de Caracterización).

La ubicación y el detalle de los puntos en los cuales se tomaron las muestras de sedimentos en la laguna:

Cuadro 8: Ubicación de los puntos de muestreo de sedimentos

Punto de Muestreo	Descripción	Coordenadas UTM (WGS 84) Zona 18	
		Este (m)	Norte (m)
SED 1*	Laguna	291,098	8,644,645
SED 2*	Laguna	291,126	8,644,641
SED 3*	Laguna	291,095	8,644,672
RC-SED-08*	Laguna	291,124	8,644,637
RC-SED-09*	Laguna	291,165	8,644,650
RC-SED-10*	Laguna	291,146	8,644,660

Fuente: Estudio de Caracterización de la Refinería, Cuadro N° 41

Los parámetros de sedimentos evaluados en los puntos SED1, SED2, SED3, RC-SED-08, RC-SED-09 y RC-SED-10 registran concentraciones de TPH (F1, F2 y F3), así como metales pesados por debajo de los valores de referencia internacional para los Sedimentos (Cuadro N°71 del Informe de Caracterización, numeral 6.5.1.4)

3.10. Evaluación e interpretación de los resultados (Estudio de Caracterización de Refinería Conchán, Documento digital, carpetas: Anexos / Apéndices, archivo: 210_IC_R.Conchán_Rev.3)

a. Fuentes primarias y secundarias de contaminación

- **Primaria:** En el área de la unidad de procesos (UDP), donde el sistema de drenaje recoge las fugas que se puedan dar en dicha instalación, y en este drenaje se podría generar la infiltración del producto al subsuelo.

• **Secundaria:** se ha detectado una afectación relevante en:

- Zona de antiguos enterramientos de borra líquida, a la espalda del almacén 3 en el área noreste del sector centro-2; donde antiguamente se enterraban los lodos del separador API y tierras contaminadas de derrame o fugas de procesos.
- Zona de enterramiento de material de limpieza de las pozas de percolación en el Sector Playa.
- Fase libre o producto sobrenadante al agua subterránea. El producto puede migrar a través del flujo de agua subterránea hacia otros componentes ambientales.

b. Tipos de Contaminante

Han evidenciado presencia de hidrocarburos sobre la película de agua. Asimismo, los resultados analíticos de suelo y agua subterránea evaluados al oeste de la laguna, evidenció afectación en el suelo y agua subterránea entorno la laguna, lo cual se ratifica que la afectación proviene del área de la UDP que está ubicada al oeste de la laguna.

• **Sector playa:** AI 1

En el agua subterránea se ha encontrado fracción de hidrocarburos totales (TPH), etilbenceno y xilenos.

• **Sector Centro 1:** AI 2

En el agua subterránea reportó presencia de TPH, BTEX y producto libre sobrenadante. Adicionalmente, se ha encontrado arsénico en el agua, de forma puntual en la planta de ventas de productos negro

• **Sector Centro 2:** AI 3

En el **agua subterránea** presenta hidrocarburos totales disueltos (TPH) y producto libre sobrenadante en el agua subterránea.

El **agua superficial** de la laguna ha registrado afectación por hidrocarburos totales (TPH) disueltos.

• **Sector Cerro:** AI 4

No detectan afectación en el agua.

c. Extensión de la contaminación

HIDROCARBUROS

Cuadro 9: Estimación de la Superficie y Volumen de Fase Libre sobrenadante y Agua Afectada

Área		Superficie Afectada (m ²)	Agua y Fase Libre Sobrenadante Afectado	
			Espesor medio (m)	Volumen (m ³)
AI1	Agua Subterránea Afectada	7,300	1 ⁽³⁾	1 217 ⁽¹⁾
AI2 y AI3	Agua Subterránea Afectada	66,008	1 ⁽³⁾	19 343 ⁽¹⁾
TOTAL		73,308	-	73,308
AI1	Fase Libre Sobrenadante	1060	0.16	53 ⁽¹⁾
AI2 y AI3	Fase Libre Sobrenadante	106 – 25 303 ⁽²⁾	0,20-0,72	7 894 ⁽¹⁾
TOTAL		-	-	7.947

Fuente: Estudio de Caracterización de la Refinería, Cuadro N° 76

(1) Se considera un factor de porosidad de 50% para suelos arenosos

(2) La presencia de Fase Libre Sobrenadante en el Sector Centro, no es continua y homogénea, por lo cual se tienen áreas con extensiones diversas pequeñas desde 106 m² hasta muy extensas de 25 303 m². Así mismo los espesores reportados no son variables, los cuales van desde 0,20 m hasta 0,72 m.

(3) Se considera un valor estimado, considerando el contacto con la fase libre sobrenadante y la profundidad mínima para la colocación de bombas sumergibles para fines de remediación.

METALES

- **Sector Playa.** Se detecta una presunta excedencia de Pb disuelto, de acuerdo con el estándar de referencia para agua superficial (ECA aguas Perú).
- **Sector Centro 1,** hacia la zona este de la planta de ventas de productos blancos, en la que se detecta arsénico disuelto en el agua subterránea. Se detectan dos presuntas excedencias de Pb disuelto, de acuerdo con el estándar de referencia para agua superficial (ECA aguas Perú).
- **Sector Centro 2,** al sur de la laguna, se detecta una presunta excedencia de Pb disuelto, de acuerdo con el estándar de referencia (ECA aguas Perú) para agua superficial.

3.11 Plan Dirigido a la Remediación (PDR) en relación a los Recursos Hídricos.-

El PDR contempla la evaluación y selección de las alternativas de remediación más viables de acuerdo con los escenarios de contaminación en aquellas áreas de la que presentan afectación, así como con los riesgos asociados a cada una de estas, lo cual fue determinado en análisis previos, REFINERÍA CONCHAN de acuerdo con los lineamientos de la Guía PDS aprobada por el MINAM.

Contempla, de manera específica, lo siguiente:

- La propuesta de alternativas de remediación de las áreas afectadas por hidrocarburos definidas en los resultados del Estudio de Caracterización, correspondientes al Sector Playa, Sector Centro y Sector Cerro.
- El análisis de las alternativas de remediación y la selección de la alternativa viable de acuerdo con el escenario de contaminación y los niveles de remediación que aseguren un riesgo admisible, para las áreas afectadas referidas en el párrafo anterior.
- El desarrollo de las etapas para la implementación de la propuesta de remediación.
- Estimación del costo y del cronograma de ejecución para la propuesta de remediación.

Cabe mencionar que se tiene contemplado que, durante los trabajos de remediación, el uso de agua doméstica e industrial, corresponderán a las mismas fuentes manejadas por Petroperú a la fecha:

- **Uso Industrial:** corresponde al sistema de bombeo de la Laguna, el cual cuenta con autorización.
- **Uso doméstico** se considera fuentes externas, como la compra de agua por cisternas, el uso de agua embotelladas, etc.



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

A. Evaluación de Riesgo para la Salud y el Ambiente (ERSA)

Objetivo:

Llevar a cabo una valoración del riesgo asociado a la afectación detectada en las diferentes Áreas de Interés (AI) identificadas en la evaluación efectuada dentro de las instalaciones de la Refinería Conchán.

Las conclusiones que se deriven de la presente ERSA son valoraciones profesionales orientadas a:

- La evaluación de los riesgos potenciales asociados a la afectación detectada en el suelo y agua subterránea del sitio objeto de evaluación.
- Establecer, si fuera necesario, niveles de remediación específicos (NRE) en la matriz de suelo y agua subterránea que garanticen niveles de potencial riesgo aceptables para los receptores y las vías de exposición considerados.

Metodología:

Siguen los principales criterios establecidos en la Guía para la elaboración de estudios de evaluación de riesgos a la salud y el ambiente (ERSA) en sitios contaminados (MINAM, 2015), y mediante la aplicación de la metodología de la evaluación de las acciones correctivas basadas en el riesgo (del inglés *RBCA Risk Based Corrective Action*) desarrollada por la *American Society for Testing and Materials (ASTM)*, se llevó a cabo la valoración del riesgo a la salud y el ambiente para la Refinería Conchán.

Para la valoración del riesgo al ambiente, además, se desarrolló una metodología de evaluación del riesgo ecológico (MERE) que adapta los lineamientos recomendados en el documento *Ecological Risk Assessment of Contaminated Land. Decision support for site specific*, publicado por RIVM (*Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu* - Instituto Nacional Holandés para la Salud Pública y el Medio Ambiente), en marzo 2006 con el número de informe 711701047.

Valoración del Riesgo a la Salud Humana

Se calcularon los niveles de potencial riesgo toxicológico y cancerígeno para la salud humana para las vías de exposición y receptores considerados como vulnerables: esto incluye el estudio de la inhalación de vapores en espacios cerrados, inhalación de vapores en espacios abiertos e inhalación de partículas en espacios abiertos para los trabajadores de la Refinería Conchán (en las cuatro AI definidas: AI 1 (Sector Playa), AI 2 (Sector Centro – Zona Oeste), AI 3 (Sector Centro – Zona Este) y AI 4 (Sector Cerro).

Adicionalmente, se incorporó la valoración del entorno próximo situado al este del AI 1, incluyendo el estudio de la exposición a la inhalación de vapores y partículas por parte de paseantes en la playa, y al este y sureste del AI 3, en donde se valora la inhalación de vapores en espacios cerrados por parte de los trabajadores de la Industria ICCGSA, y de la **potencial ingesta de agua de pozos de los residentes de la Asociación Mamacona situadas al sureste de la Refinería Conchán.**

Los resultados indican una condición de **riesgo inadmisibles para los escenarios evaluados en las cuatro áreas de interés estudiadas y su entorno próximo, con excepción del caso de los alrededores de las instalaciones en el Sector Playa (AI 1)**, en donde el riesgo resulta admisible. En función de lo indicado, se calcularon los



BICENTENARIO
DEL PERÚ
2021 - 2024

**PERÚ****Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego**

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

niveles de remediación específicos (NRE), que corresponden a las concentraciones que garantizarían una situación de riesgo admisible para la salud humana de los receptores asociados a los escenarios bajo estudio. En el Cuadro N°14 del PDR se resumen los NRE resultantes para las vías más restrictivas según cada caso estudiado.

Valoración del Riesgo al Ambiente

Señalan que a partir de los resultados de la Etapa I de la metodología de evaluación del riesgo ecológico (MERE), se concluye la no necesidad de avanzar a una etapa de estudio más exhaustivo. La Caracterización del Riesgo al Ambiente se presenta en el Capítulo 7 y del ERSa (ver Apéndice III).

Por otro lado, indican que no se consideran los recursos naturales abióticos como impactados, por lo que no aplica proceder a la determinación de niveles de remediación para los mismos.

Al respecto, se completará el presente capítulo una vez absuelta la observación planteada sobre los NRE.

B. Análisis de las Alternativas de Remediación.-

Señalan que las medidas de remediación y protección de la salud y el ambiente frente a los riesgos asociados a la contaminación consideran medidas de remediación y/u otras medidas de gestión, a fin de que el emplazamiento quede en condiciones aceptables y seguras, considerando el uso actual y previsto del sitio. Ello, ya sea eliminando o reduciendo los riesgos para la salud de las personas o para el ambiente asociados a la contaminación en el sitio.

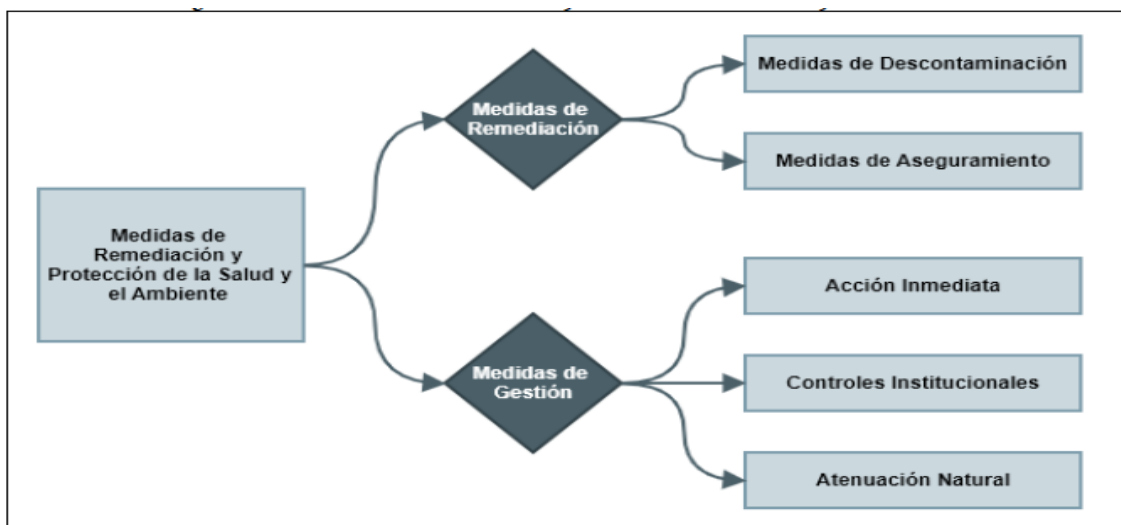
Cuando se implementan acciones de remediación se pueden aplicar medidas de descontaminación o de aseguramiento; la descontaminación implica la eliminación o reducción de los contaminantes, mientras que el aseguramiento se aplica para evitar la dispersión de los contaminantes o disminuir la exposición de los receptores a niveles que no impliquen riesgos para la salud y el ambiente.

Asimismo, para proteger a las personas y al ambiente ante los riesgos generados por la contaminación, se pueden aplicar otras medidas de gestión, las cuales comprenden medidas de acción inmediata, controles institucionales o atenuación natural monitoreada.



**BICENTENARIO
DEL PERÚ
2021 - 2024**

Figura 5: Medidas de Remediación y Protección de la Salud y el Ambiente



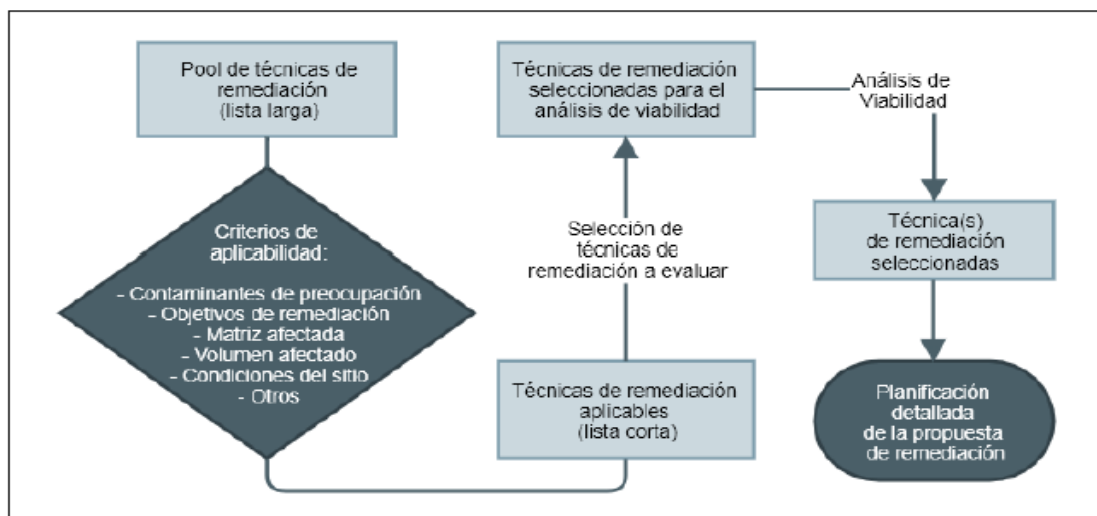
Fuente: PDR- Refinería Conchán- PDR- Figura N° 16

Señalan que en función de las conclusiones del estudio ERSA, existe una condición de riesgo inadmisibles para los escenarios evaluados en las cuatro áreas de interés estudiadas (AI 1, AI 2, AI 3 y AI 4) y el entorno próximo de la Refinería Conchán, con excepción del área afectada AA-2, ubicada en el Sector Playa (AI 1), en donde el riesgo resulta admisible para Cr VI y TPH (F2), por lo cual no es considerada como un área a remediar. En relación con la situación de riesgo al ambiente, esta se considera aceptable para las áreas de interés evaluadas, no habiendo indicios que promuevan la necesidad de avanzar a una etapa desarrollada del estudio del eventual impacto al ambiente.

De acuerdo con lo indicado, **se requiere la implementación de medidas de remediación, tendientes a la reducción de las concentraciones de los contaminantes de preocupación señalados en el estudio ERSA y/o a la eliminación de la exposición de los receptores potenciales, además de las consideradas para la contención y/o eliminación de la fase libre sobrenadante registrada en el Sector Playa (AI 1) y el Sector Centro (AI 2 y AI 3).**

Se presenta la esquematización del proceso de selección de las alternativas de remediación que se consideran aplicables a cada escenario de contaminación, para las cuales posteriormente se evalúa la viabilidad en función a las mejoras técnicas disponibles, la sostenibilidad de alternativas, el análisis de ecoeficiencia y el costo asociado.

Figura 6: Proceso para la Selección de las Alternativas de Remediación



Fuente: PDR- Refinería Conchán- PDR- Figura N° 17

B.1. Objetivos de Remediación. -

No se presentó en el PDR el cuadro N° 13 sobre los objetivos de remediación.

B.2. Alternativas de remediación para el sitio contaminado. –

Las alternativas de remediación van encaminadas hacia la reducción o eliminación de los contaminantes del sitio, así como a evitar su dispersión. También, se pueden contemplar acciones para el control del uso del suelo y para el monitoreo del sitio contaminado.

Las tecnologías de remediación pueden clasificarse de diferentes maneras, con base en los siguientes principios:

- Estrategia de Remediación.
- Lugar en que se realiza el proceso de remediación.
- Tipo de tratamiento.

En el caso de la Refinería Conchán, se ha evidenciado afectación del suelo con concentraciones que representan una condición de riesgo inadmisibles en las cuatro áreas de interés evaluadas (AI 1, AI 2, AI 3 y AI 4), así como **presencia de fase libre sobrenadante y afectación del agua subterránea en el Sector Playa (AI 1) y el Sector Centro (AI 2 y AI 3).**

**PERÚ****Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego**

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

Cuadro N° 10: Estimación de la Superficie y Volumen de Suelo a Remediar

Área		Superficie Que Remediar (m ²)	Suelo A Remediar		Suelo No Afectado sobre Suelo Afectado		Supera los NRE (sí/no)	Presenta Producto Sobrenadante (sí/no)
			Espesor medio (m)	Volumen (m ³)	Espesor medio (m)	Volumen (m ³)		
AI1	Antiguas pozas de percolación (AA-2).	1 180	1,20	1 416	1,80	2 125	Sí, TPH (F3)	Sí
AI2 (Sector Centro Zona Oeste)	Cubeto 14 (norte y sur). Cubetos 3, 4 y 5 Tanque de aditivos (oeste) PV Productos blancos	40 405	5,5 ⁽¹⁾	222 227	0 ⁽²⁾	0	Sí, TPH (F1, F2 y F3) BTEX, naftaleno	Sí
	Sureste de Cubeto 2 y suroeste de cubeto 1 (AA-4)	690	4	2 760	0	0	Sí, TPH F1, etilbenceno y xileno	Sí
AI3 (Sector Centro Zona Este)	PV negros. Área de almacenamiento. Unidades de procesos Área de tuberías, casa de bomba del SCI. Subestación eléctrica, Servicios Industriales, Cubeto 8,9,12, 13 y 25 (AA-3)	47 980	5,5 ⁽¹⁾	263 890	0	0	Sí, TPH (F1, F2 y F3) BTEX, naftaleno	Sí
AI4	Al sur de zona de compostaje, hacia el norte del cubeto 13 y almacén 3, ladera del cerro que colinda con Tanque T-30 (AA-5)	2 600	5	13 000	0	0	Sí, TPH (F1 y F2), BTEX	No
	Antigua poza de borra (zonas norte y sur del almacén de residuos peligrosos) (AA-6)	450	0,6	270	0	0	Sí, TPH F3)	No
TOTAL		93 305	-	503 563	-	2 125	-	-

Nota: Los volúmenes y extensiones, son considerados en número enteros y redondeados al alza.

(1) La afectación identificada en el área evaluada no es homogénea, bajo un escenario conservador se considera el estrato máximo, el cual corresponde a 5,50 metros.

(2) La afectación identificada en el área evaluada no es homogénea, en algunos casos se tiene afectación desde la superficie (0,00) y en otros a mayor profundidad (7,40 m), bajo un escenario conservador se considera el valor mínimo, en este caso desde la superficie.

Fuente: PDR- Refinería Conchán- PDR- Cuadro N° 15

Cuadro N° 11: Estimación de la Superficie y Volumen de Fase Libre sobrenadante y Agua Afectada

Área		Superficie Afectada (m ²)	Agua y Fase Libre Sobrenadante Afectado	
			Espesor medio (m)	Volumen (m ³)
AI1-Playa	Agua Subterránea Afectada	5 250	1 ⁽³⁾	875 ⁽¹⁾
AI2 y AI3-Centro	Agua Subterránea Afectada	66 008	1 ⁽³⁾	19 343 ⁽¹⁾
TOTAL		73 308	-	73 308
AI1-Playa	Fase Libre Sobrenadante	1060	0,16	53 ⁽¹⁾
AI2 y AI3-Centro	Fase Libre Sobrenadante	106 – 25 303 ⁽²⁾	0,20-0,72	7 894 ⁽¹⁾
TOTAL		-	-	7,947

Nota:

(1) Se considera un factor de porosidad de 50% para suelos arenosos¹⁵.

(2) La presencia de Fase Libre Sobrenadante en el Sector Centro, no es continua y homogénea, por lo cual se tienen áreas con extensiones diversas, pequeñas desde 106 m² hasta muy extensas de 25 303 m². Así mismo los espesores reportados son variables, los cuales van desde 0,20 m hasta 0,72 m.

(3) Se considera un valor estimado, considerando el contacto con la fase libre sobrenadante y la profundidad mínima para la colocación de bombas sumergibles para fines de remediación.

Fuente: PDR- Refinería Conchán- PDR- Cuadro N° 16

Para la selección de las técnicas de remediación aplicables en Refinería Conchán se tomaron en consideración criterios de aplicabilidad que pudieran condicionar su implementación. Estos incluyen las matrices afectadas, la naturaleza y el alcance de la contaminación y las condiciones propias del sitio, sobre la base de los cuales se evalúan las técnicas:



BICENTENARIO
DEL PERÚ
2021 - 2024

**PERÚ**Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

Cuadro N° 12: Criterios de Aplicabilidad de la Refinería Conchán

Ál / Matriz Afectada		Parámetros que Superan los NRE	Extensión y Volumen Afectado	Condiciones Propias del Sector/Área de Interés
Condiciones propias a toda la Refinería Conchán: <ul style="list-style-type: none"> • Escasa precipitación. • Textura predominante del suelo: arena y arena limosa. • Área industrial delimitada con muro/reja perimetral, acceso restringido. • Fácil accesibilidad y acceso mediante vía asfaltada. • Servicios básicos (agua potable y energía eléctrica) por red pública. 				
AI 1	Sector Playa	<u>Agua subterránea</u> con fase libre sobrenadante. <u>Suelos:</u> <ul style="list-style-type: none"> • F3 de TPH 	<ul style="list-style-type: none"> • Área: 1 180m². • Vol: 1 416 m³ 	<ul style="list-style-type: none"> • Área de relieve plano. • Fase libre sobrenadante muy viscosa.
AI 2	Poza API entre cubetos 1 y 2	<u>Agua subterránea</u> con fase libre sobrenadante. <ul style="list-style-type: none"> • TPH disueltos <u>Suelos:</u> <ul style="list-style-type: none"> • F1 de TPH • Etilbenceno • Xilenos 	<ul style="list-style-type: none"> • Área: 690 m². • Vol: 2 760 m³ 	<ul style="list-style-type: none"> • Área de relieve plano. • Presencia de fase libre sobrenadante. • Área operativa y de almacenamiento. • Nivel freático somero.
	PV Productos Blancos, plataforma despacho B-100/etanol, cubetos 1, 2, 3 y 14	<u>Agua subterránea</u> con fase libre sobrenadante. <ul style="list-style-type: none"> • TPH disueltos <u>Suelos:</u> <ul style="list-style-type: none"> • F1, F2 y F3 de TPH • Etilbenceno • Xilenos • Naftaleno 	<ul style="list-style-type: none"> • Área: 40 455 m². • Vol: 222 227 m³ 	
AI 3 Sector Centro Este		<u>Agua subterránea</u> con fase libre sobrenadante. <ul style="list-style-type: none"> • TPH disueltos <u>Suelos:</u> <ul style="list-style-type: none"> • F1 y F2 de TPH • BTEX • Naftaleno 	<ul style="list-style-type: none"> • Área: 47 980 m². • Vol: 263 890 m³ 	<ul style="list-style-type: none"> • Área de relieve plano. • Presencia de fase libre sobrenadante. • Área operativa y de almacenamiento. • Nivel freático somero.
AI 4 Sector Cerro	Ladera del Cerro	<u>Suelos:</u> <ul style="list-style-type: none"> • F3 de TPH 	<ul style="list-style-type: none"> • Área: 2 600 m². • Vol: 13 000 m³ 	<ul style="list-style-type: none"> • Área de relieve moderadamente inclinado. • Áreas disponibles para procesos de remediación. • Nivel freático a más de 10 m de profundidad.
	Antiguas Pozas Borra	<u>Suelos:</u> <ul style="list-style-type: none"> • F3 de TPH 	<ul style="list-style-type: none"> • Área: 450 m². • Vol: 270 m³ 	

Fuente: PDR- Refinería Conchán- PDR- Cuadro N° 17

Técnicas de remediación aplicables.-

En :

BICENTENARIO
DEL PERÚ
2021 - 2024

**PERÚ****Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego**

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

Zona No Saturada

- Confinamiento
- Solidificación/Estabilización
- Lavado de suelos
- Oxidación Química
- Tratamiento térmico
- Extracción de Vapores por Alto Vacío (SVE)
- Biorremediación
- Excavación y gestión

Zona Saturada

- Bombeo y tratamiento (P&T)
- Extracción Multifase por Alto Vacío (MPE)
- Oxidación Química *in situ* (ISCO)

Tratamiento de agua subterránea extraída

- Separación de Fases
- Filtro de Carbón Activado
- Oxidación Química
- Stripping
- Gestión Off Site

Gestión del Efluente Generado

En el caso de las metodologías expuestas en anteriormente que implican la extracción del agua subterránea afectada, luego de pasar por el correspondiente tratamiento, el efluente generado debe ser debidamente gestionado. Exponen las posibles metodologías para la gestión de estos efluentes que no presentan carga contaminante que refiera un riesgo a la salud o al ambiente:

Incorporación a Procesos en la Refinería

Luego del tratamiento del agua subterránea, estas pudieran ser incorporadas en algunos de los procesos de la Refinería Conchán.

Vertimiento a la Poza API

Señalan que en caso de que la Poza API tuviera la capacidad de tratamiento y pueda recibir los efluentes de manera directa no será necesario el tratamiento de las aguas extraídas, esto estará condicionado a la validación mediante pruebas de laboratorio en la etapa de ingeniería detallada para la aplicación de la técnica.



**BICENTENARIO
DEL PERÚ
2021 - 2024**



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

B.3. Alternativas de remediación seleccionadas para el análisis de viabilidad

Zona No Saturada

- Confinamiento
- Solidificación/Estabilización
- Extracción de Vapores por Alto Vacío (SVE)
- Excavación y gestión

Zona Saturada

- Bombeo y tratamiento (P&T)
- Extracción Multifase por Alto Vacío
- Oxidación Química *in situ*

Señalan que las alternativas se proponen sobre la base de los más de 20 años de experiencia de LITOCLEAN remediando episodios de contaminación por hidrocarburos en distintos países y contextos industriales y naturales, los lineamientos establecidos por la EPA sobre el tema en diferentes publicaciones y los lineamientos de las guías aprobadas por el Ministerio del Ambiente.

Para el **AI 1 - Sector Playa**, se han seleccionado **tres (3) alternativas** de remediación para su evaluación:

- **Alternativa I:** Excavación Selectiva y Estabilización/Solidificación combinado con Bombeo y Tratamiento en el vaso de la excavación, seguido de Bombeo y Tratamiento.
- **Alternativa II:** Bombeo y Tratamiento combinado con Lavado de Suelos.
- **Alternativa III:** Bombeo y Tratamiento combinado con Oxidación Química In Situ.

Para el **AI 2 y AI 3 - Sector Centro**, se han seleccionado **tres (3) alternativas** de remediación para su evaluación:

- **Alternativa II:** Bombeo y Tratamiento combinado con Oxidación Química.
- **Alternativa II:** Bombeo y Tratamiento combinado con Lavado de Suelos.
- **Alternativa I:** Bombeo y Tratamiento combinado con Extracción de Vapores/Multifase por Alto Vacío, seguido de Oxidación Química.

Para el **AI 4 - Sector Cerro**, se han seleccionado **tres (3) alternativas** de remediación para su evaluación:

- **Alternativa I:** Confinamiento.
- **Alternativa II:** Estabilización y Solidificación.
- **Alternativa IV:** Tratamiento Térmico *in situ*.



BICENTENARIO
DEL PERÚ
2021 - 2024

B.4. Análisis de Viabilidad de las Alternativas de Remediación

Al existir más de una alternativa de remediación para cada área afectada, para la selección de la(s) mejor(es) alternativa(s) de remediación en cada una estas, se desarrolló una matriz de determinación de acuerdo con los lineamientos y recomendaciones señalados en la **"Guía para la Elaboración de Planes de Descontaminación de Suelos", aprobada por el MINAM en el año 2014.**

Para cada uno de los criterios de evaluación, la guía establece porcentajes de decisión; la alternativa de remediación más viable o preferida será aquella que obtenga la mayor suma ponderada.

Criterios de viabilidad: La matriz se evalúa en base a los criterios (con valor ponderado) que se indican a continuación:

- | | | |
|---|---|-----|
| • | Criterio 1: Análisis de Mejores Técnicas Disponibles | 60% |
| • | Criterio 2: Análisis de la Sostenibilidad de las Alternativas | 20% |
| • | Criterio 3: Análisis de Ecoeficiencia de las Medidas Propuestas | 20% |

Subcriterios de viabilidad:

Cada criterio de viabilidad se divide en subcriterios para darle un mayor análisis a la matriz, para los cuales se establece una escala de puntuación y porcentajes de decisión (puntos ponderados).

En relación con la ponderación y la escala de puntuación para cada uno de los subcriterios de viabilidad, se han considerado los establecidos del Anexo 7 (Matriz de determinación para el análisis de alternativas de remediación) de la Guía PDS (MINAM, 2014), adaptándose sobre la base de experiencia propia de LITOCLEAN.

Matriz de Determinación para el Análisis de las Alternativa(s) de Remediación

Se presentan las matrices de determinación de las alternativas de remediación seleccionada para cada una de las áreas objeto de remediación.

Matriz Área de Interés 1 - Sector Playa



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

Cuadro N° 13 : Matriz de Determinación para el Análisis de Alternativas de Remediación del Área de Interés 1 - Sector Playa

Criterio	Ponderación	Máx.	Puntos según escala			Puntos Ponderados		
			Excavación + E/S + P&T	P&T + Lavado de Suelo	P&T + ISCO	Excavación + E/S + P&T	P&T + Lavado de Suelo	P&T + ISCO
Criterio 1: Análisis de Mejores Técnicas Disponibles (60 %)								
1.1. Aptitud de la técnica con respecto a los contaminantes, tipo de suelos, materiales, y características del suelo.	10%	4	4	2	2	10,0	5,0	5,0
1.2. Eficacia con respecto al objetivo de remediación	25%	2	2	0	0	25,0	0,0	0,0
1.3. Impactos en las personas que se encuentran en el área de influencia	5%	2	1	2	2	2,5	5,0	5,0
1.4. Requerimiento de autorizaciones relacionadas a la implementación de las acciones de remediación	2%	2	1	2	2	1,0	2,0	2,0
1.5. Requerimientos de medidas de higiene y seguridad ocupacional	8%	2	1	1	1	4,0	4,0	4,0
1.6. Opciones de acciones complementarias (después de la remediación)	10%	2	2	2	2	10,0	10,0	10,0
Suma Parcial						52,5	26,0	26,0
Criterio 2: Análisis de la sostenibilidad de las alternativas (20 %)								
2.1. Necesidad de seguimiento de acciones implementadas después de la remediación	5%	2	2	1	1	5,0	2,5	2,5
2.2. Capacidad de vigilancia /monitoreo del sitio remediado (de ser necesario)	5%	2	2	2	2	5,0	5,0	5,0
2.3. Duración de las medidas, con respecto a la alternativa más eficiente	10%	2	2	0	1	10,0	0,0	5,0
Suma Parcial						20,0	7,5	12,5
Criterio 3: Análisis de Ecoeficiencia de las medidas propuestas (20 %)								
3.1. Generación y eliminación de residuos (durante la remediación)	2%	2	1	1	1	0,0	1,0	1,0
3.2. Aprovechamiento de residuos (durante la remediación)	3%	2	0	0	0	0,0	0,0	0,0
3.3. Consumo de energía	5%	2	2	0	0	5,0	0,0	0,0
3.4. Generación de gases de efecto invernadero (GEI): CO ₂ y CH ₄	5%	2	1	2	2	0,0	5,0	5,0
3.5. Consumo de recursos naturales: por ejemplo, agua, suelo.	5%	2	0	2	2	0,0	5,0	5,0
Suma Parcial						5,0	11,0	11,0
Ponderación Total						77,5	44,5	49,5

Notas: E/S: estabilización/solidificación de suelos afectados; P&T: bombeo y tratamiento de agua subterránea; ISCO: oxidación química in situ.

Fuente: PDR- Refinería Conchán- PDR- Cuadro N° 18

Matriz Áreas de Interés 2 y 3 - Sector Centro:

Cuadro N° 14 : Matriz de Determinación para el Análisis de Alternativas de Remediación del Áreas de Interés 2 y 3 - Sector Centro

Criterio	Ponde- ración	Máx.	Puntos según escala			Puntos Ponderados		
			P&T + ISCO	P&T + Lavado Suelo	P&T + SVE/ MPE + ISCO	P&T + ISCO	P&T + Lavado Suelo	P&T + SVE/ MPE + ISCO
Criterio 1: Análisis de Mejores Técnicas Disponibles (60 %)								
1.1. Aptitud de la técnica con respecto a los contaminantes, tipo de suelos, materiales, y características del suelo.	10%	4	2	2	3	5,0	5,0	7,5
1.2. Eficacia con respecto al objetivo de remediación	25%	2	1	1	2	12,5	12,5	25,0
1.3. Impactos en las personas que se encuentran en el área de influencia	5%	2	1	1	1	2,5	2,5	2,5
1.4. Requerimiento de autorizaciones relacionadas a la implementación de las acciones de remediación	2%	2	2	2	2	2,0	2,0	2,0
1.5. Requerimientos de medidas de higiene y seguridad ocupacional	8%	2	1	1	1	4,0	4,0	4,0
1.6. Opciones de acciones complementarias (después de la remediación)	10%	2	2	2	2	10,0	10,0	10,0
Suma Parcial						36,0	36,0	51,0
Criterio 2: Análisis de la sostenibilidad de las alternativas (20 %)								
2.1. Necesidad de seguimiento de acciones implementadas después de la remediación	5%	2	2	1	2	5,0	2,5	5,0
2.2. Capacidad de vigilancia /monitoreo del sitio remediado (de ser necesario)	5%	2	2	2	2	5,0	5,0	5,0
2.3. Duración de las medidas, con respecto a la alternativa más eficiente	10%	2	1	0	2	5,0	0,0	10,0
Suma Parcial						15,0	7,5	20,0
Criterio 3: Análisis de Ecoeficiencia de las medidas propuestas (20 %)								
3.1. Generación y eliminación de residuos (durante la remediación)	2%	2	2	2	1	2,0	2,0	1,0
3.2. Aprovechamiento de residuos (durante la remediación)	3%	2	2	2	2	3,0	3,0	3,0
3.3. Consumo de energía	5%	2	1	1	0	2,5	2,5	0,0
3.4. Generación de gases de efecto invernadero (GEI): CO ₂ y CH ₄	5%	2	2	2	2	5,0	5,0	5,0
3.5. Consumo de recursos naturales: por ejemplo, agua, suelo.	5%	2	2	2	2	5,0	5,0	5,0
Suma Parcial						17,5	17,5	14,0
Ponderación Total						68,5	61,0	85,0

Notas: P&T: bombeo y tratamiento de agua subterránea; ISCO: oxidación química in situ; SVE: extracción de vapores por alto vacío; MPE: extracción multifase por alto vacío.

Fuente: PDR- Refinería Conchán- PDR- Cuadro N° 19



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

Matriz Área de Interés 4 - Sector Cerro:

Cuadro N° 15 : Matriz de Determinación para el Análisis de Alternativas de Remediación del Área de Interés 4 - Sector Cerro

Criterio	Ponde- ración	Máx.	Puntos según escala			Puntos Ponderados		
			Confinamiento	Estabilización y Solidificación	Tratamiento Térmico	Confinamiento	Estabilización y Solidificación	Tratamiento Térmico
Criterio 1: Análisis de Mejores Técnicas Disponibles (60 %)								
1.1. Aptitud de la técnica con respecto a los contaminantes, tipo de suelos, materiales, y características del suelo.	10%	4	4	3	4	10,0	7,5	10,0
1.2. Eficacia con respecto al objetivo de remediación	25%	2	0	1	1	0,0	12,5	12,5
1.3. Impactos en las personas que se encuentran en el área de influencia	5%	2	1	1	1	2,5	2,5	2,5
1.4. Requerimiento de autorizaciones relacionadas a la implementación de las acciones de remediación	2%	2	2	2	2	2,0	2,0	2,0
1.5. Requerimientos de medidas de higiene y seguridad ocupacional	8%	2	1	1	1	4,0	4,0	4,0
1.6. Opciones de acciones complementarias (después de la remediación)	10%	2	2	2	2	10,0	10,0	10,0
Suma Parcial						28,5	38,5	41,0
Criterio 2: Análisis de la sostenibilidad de las alternativas (20 %)								
2.1. Necesidad de seguimiento de acciones implementadas después de la remediación	5%	2	0	1	1	0,0	2,5	2,5
2.2. Capacidad de vigilancia /monitoreo del sitio remediado (de ser necesario)	5%	2	2	2	2	5,0	5,0	5,0
2.3. Duración de las medidas, con respecto a la alternativa más eficiente	10%	2	2	1	0	10,0	5,0	0,0
Suma Parcial						15,0	12,5	7,5
Criterio 3: Análisis de Ecoeficiencia de las medidas propuestas (20 %)								
3.1. Generación y eliminación de residuos (durante la remediación)	2%	2	2	0	1	2,0	0,0	1,0
3.2. Aprovechamiento de residuos (durante la remediación)	3%	2	2	1	2	3,0	1,5	3,0
3.3. Consumo de energía	5%	2	2	2	0	5,0	5,0	0,0
3.4. Generación de gases de efecto invernadero (GEI): CO ₂ y CH ₄	5%	2	2	0	2	5,0	0,0	5,0
3.5. Consumo de recursos naturales: por ejemplo, agua, suelo.	5%	2	2	0	2	5,0	0,0	5,0
Suma Parcial						20,0	6,5	14,0
Ponderación Total						63,5	57,5	62,5

Fuente: PDR- Refinería Conchán- PDR- Cuadro N° 20

A partir de la evaluación mediante las matrices de determinación, las alternativas que presentan mayor ponderación para los distintos sectores se detallan, a continuación:

- **AI 1 - Sector Playa, Alternativa I:** Excavación Selectiva y Estabilización/Solidificación combinado con Bombeo y Tratamiento en el vaso de la excavación, seguido de Bombeo y Tratamiento.
- **AI 2 y 3 - Sector Centro, Alternativa III:** Bombeo y Tratamiento combinado con Extracción de Vapores por Alto Vacío/Multifase, seguido de Oxidación Química.
- **AI 4 - Sector Cerro, Alternativa I:** Confinamiento.

El titular señala lo siguiente en relación al **análisis de Viabilidad por Matriz de Pesos Ponderados para los resultados de Pruebas de Laboratorio o Ensayos Piloto:**

En el caso de las alternativas de remediación que se consideran para Refinería Conchán, **se requiere realizar ensayos piloto de campo de manera previa a la implementación a escala completa y puesta en marcha de las técnicas de remediación.**

Los ensayos piloto por realizar deberían comprender ensayos hidráulicos (bombeo de agua subterránea), ensayos de alto vacío y ensayos de solidificación/estabilización. Los resultados de estos ensayos piloto permitirán ajustar el diseño y la escalabilidad de las propuestas de remediación para su implementación a escala completa en campo.

B.5. Propuesta de remediación seleccionada. –

Sobre la base del análisis de viabilidad realizado para, a continuación, se listan las alternativas de remediación seleccionadas para cada sector de la Refinería Conchán REFINERÍA CONCHAN objeto de remediación.

- **AI 1 – Sector Playa:** La alternativa seleccionada es la Excavación Selectiva y Estabilización/Solidificación combinada con el Bombeo y Tratamiento de la fase libre y el agua subterránea en el vaso de la excavación.
- **AI 2 y AI 3 – Sector Centro:** La alternativa seleccionada es el Bombeo y Tratamiento combinado con la Extracción de Vapores / Extracción Multifase mediante Alto Vacío seguido de Oxidación Química *In Situ*.
- **AI 4 – Sector Cerro:** La alternativa seleccionada es el Confinamiento mediante colocación de barrera física.

Las ventajas más destacables de las alternativas de remediación seleccionadas, en relación con las otras alternativas, se listan en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 16 : Ventajas de las Alternativas de Remediación Seleccionadas por Sector

Sector Playa	Sector Centro	Sector Cerro
<ul style="list-style-type: none"> • Existen muchas experiencias positivas en la remediación de sitios mediante la excavación y gestión de los suelos afectados. • Técnica fiable al ser independiente de las características específicas del sitio. • Fácil ejecución y buen resultado. • Elimina los contaminantes de preocupación del sitio. • No requiere de acciones complementarias después de la remediación o de medidas de seguimiento o vigilancia. • Rápida ejecución. • Bajo consumo relativo de energía. 	<ul style="list-style-type: none"> • Existen muchas experiencias positivas en la remediación de sitios mediante el bombeo y tratamiento del agua subterránea y la aplicación de alto vacío. • Permite atender la afectación por etapas, optimizar tiempos, costos y alcanzar los objetivos de remediación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Existen muchas experiencias positivas en la gestión del riesgo de sitios contaminados mediante el confinamiento de los suelos afectados con una barrera física en superficie. • Técnica fiable al ser independiente de las características específicas del sitio. • Fácil ejecución y buen resultado. • Elimina las vías de exposición de los receptores potenciales de manera inmediata. • No requiere de acciones complementarias después de la remediación, en tanto, requiere de medidas de seguimiento. • Rápida ejecución. • Bajo impacto al no generar cambios fisicoquímicos en el subsuelo. • Bajo consumo relativo de energía y baja generación de gases de efecto invernadero. • Costo bajo, en comparación a otras técnicas.

Fuente: PDR- Refinería Conchán- PDR- Cuadro N° 21

C. PLANIFICACIÓN DETALLADA DE LA PROPUESTA DE REMEDIACIÓN

Se presenta la planificación detallada de las alternativas de remediación seleccionadas para cada sector de la Refinería Conchán objeto de remediación, las cuales se señalan, a continuación.:

- **AI 1 – Sector Playa:** medida de descontaminación - Excavación Selectiva y Estabilización/Solidificación combinada con el Bombeo y Tratamiento de la fase libre y el agua subterránea en el vaso de la excavación, seguido de Bombeo y Tratamiento en caso sea requerido.



- **AI 2 y AI 3 – Sector Centro:** medida de descontaminación - Bombeo y Tratamiento combinado con Extracción de Vapores / Multifase mediante Alto Vacío, seguido de Oxidación Química *in situ* en caso sea requerido.
- **AI 4 – Sector Cerro:** medida de aseguramiento - Confinamiento mediante colocación de barrera física.

a) Objetivos específicos:

Sector Playa y Sector Centro:

- Reducir el 95% del total de fase libre sobrenadante y garantizar una situación de riesgo admisible para la salud humana.
- Reducir las concentraciones de los contaminantes de preocupación hasta valores que cumplan con los niveles de remediación (NRE) determinados para cada sector y componente evaluado. A fin de eliminar los mecanismos de transporte y las vías de exposición a los receptores potenciales de la Refinería Conchán, logrando una situación de riesgo admisible para la salud humana.

Sector Cerro:

- Eliminar las vías de exposición de los receptores sensibles (trabajadores de la Refinería Conchán), de manera que se tenga una situación de riesgo admisible para la salud humana.

Mencionan que los valores que garantizan una situación de riesgo admisible para la salud humana corresponden inicialmente a los NRE establecidos en el ERSa para los diferentes sectores de la Refinería Conchán se presentan en el Cuadro N°14 - Niveles de Remediación Específicos. En tanto, en el caso particular del Sector Centro, la situación de riesgo irá variando a lo largo del proceso de remediación, por lo que se requerirá ir determinando los NRE residuales y realizar un análisis de riesgo residual sobre la base del cual se evalúe la evolución del proceso de remediación.

b) Descripción de las medidas de Remediación.-

La descripción de las medidas de remediación a implementar en la Refinería Conchán se presenta, a continuación. En todos los casos, los trabajos serán desarrollados bajo el principio de actuación segura y con mínimos impactos y riesgos, costos controlados y aprovechamiento de las infraestructuras existentes.

Cabe mencionar que se tiene contemplado que, durante los trabajos de remediación, el uso de agua doméstica e industrial, corresponderán a las mismas fuentes manejadas por Petroperú a la fecha:

- Uso Industrial: corresponde al sistema de bombeo de la Laguna, el cual cuenta con autorización.
- Uso doméstico se considera fuentes externas, como la compra de agua por cisternas, el uso de agua embotelladas, etc.



b.1) Descripción de las Acciones Previas a la Remediación

Ensayos Pilotos de Campo y/o Laboratorio

El titular señala que durante la fase de caracterización se realizaron ensayos hidráulicos en los sectores Centro 1 y Centro 2, mediante bombas de 1 y 2 hp, por lo cual no se observó una depresión de los niveles en los piezómetros evaluados.

Los ensayos hidráulicos comprenden: **bombeo de agua subterránea**, con el objetivo de obtener información detallada (permeabilidad, conductividad, transmisividad, radios de influencia de bombeo para los ensayos hidráulicos, en la que se pueda ajustar el diseño de la ingeniería y su implementación a escala completa. Asimismo, comprenderán **ensayos de estabilización y solidificación** para determinar la proporción de insumos a emplear para inmovilizar los contaminantes del suelo, disminuyendo o eliminando la lixiviación de estos.

Trabajos Preliminares

Incluye: Ingeniería de detalle, la asignación de personal, Ubicación de áreas operativas, la movilización del personal y de los materiales, equipos, maquinarias e insumos hasta el sitio, así como su almacenamiento y preparación (ver Cuadro 22. Lista de equipos y materiales y Cuadro N° 23: Listado de insumos químicos y materiales en el PDR para el sector playa, sector centro 1 y 2, y sector Cerro).

Comprende también: Acondicionamiento de áreas operativas (instalación de equipos, gestión y logística, estacionamiento y almacenamiento), ensayos de laboratorio en caso corresponda y definición de los puntos de vertimiento y gestión de residuos.

b.2) Descripción de las Medidas de Remediación en el AI 1 – Sector Playa

Ámbito Geográfico de la Remediación:

El Sector Playa forma parte de la Refinería Conchán y se ubica hacia el sur de la carretera Panamericana Sur.

El área afectada corresponde a la zona de las antiguas pozas de percolación, donde se detectó fase libre sobrenadante y suelo que reporta superación de los NRE para la fracción F3 de TPH en la zona de oscilación del nivel freático.

La zona de las antiguas pozas de percolación se ubica hacia el sur del Sector Playa.

Técnicas y/o Procesos de Remediación Planteados

El área afectada en el Sector Playa tiene una extensión aproximada de 1180 m² y se encuentra entre 1,50 m y los 3 m bajo el nivel de la superficie, profundidad a la cual se encuentra la zona de oscilación del nivel freático, comprendiendo un volumen estimado de suelo afectado de 1 416 m³.

Las labores de descontaminación están compuestas por dos fases:

- **Fase I:** excavación de los suelos afectados y el bombeo y tratamiento de la fase libre sobrenadante y del agua subterránea en el vaso de la excavación.
- **Fase II:** bombeo y tratamiento de agua subterránea en caso se detecten concentraciones residuales de TPH disueltos en la zona de las antiguas pozas de percolación que reporten superación de los NRE.



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego

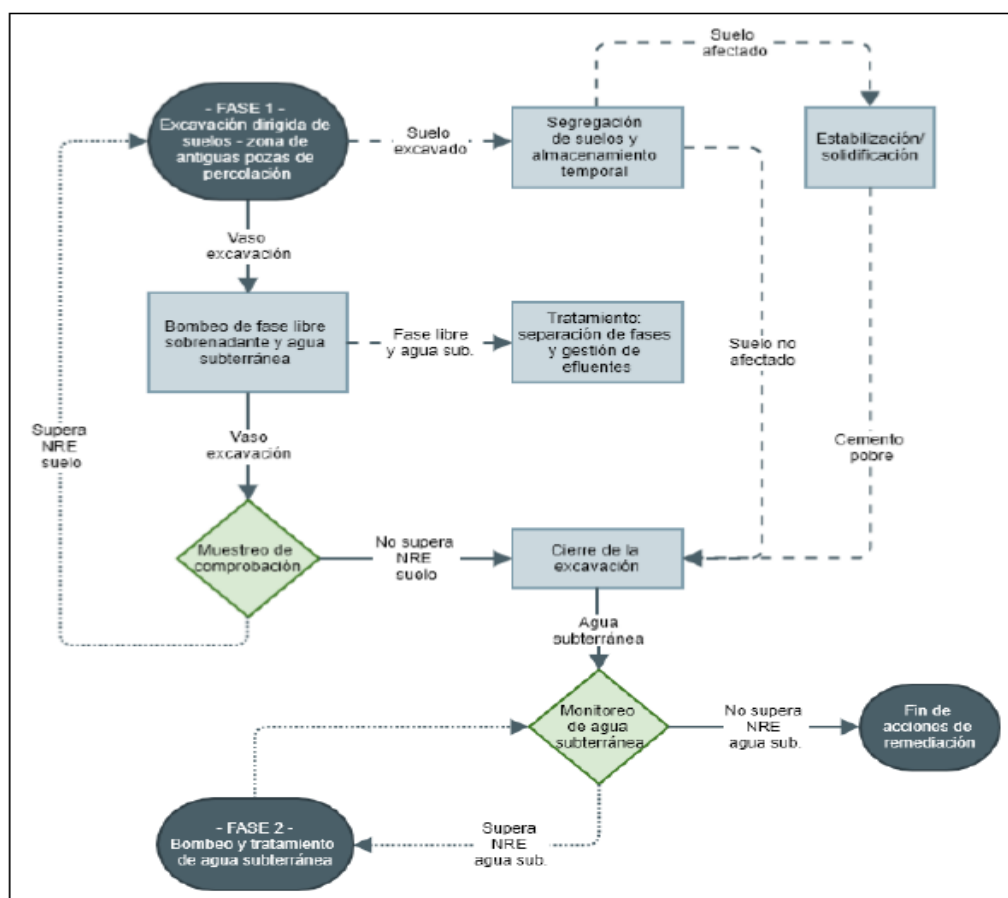
“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

Se implementará un Programa de monitoreo y seguimiento, a fin de vigilar la calidad del agua subterránea.

El suelo afectado será excavado y acopiado en un lugar de almacenamiento temporal y, posteriormente, pasará por un proceso de estabilización y solidificación, de manera que pueda retornar al área excavada para el acondicionamiento final de la superficie.

Etapas en la Ejecución de la Remediación

- Implantación de obras.
- **Fase I:** excavación de suelos y bombeo y tratamiento en el vaso de la excavación.
 - Excavación dirigida de suelos.
 - Segregación de suelos y almacenamiento temporal.
 - Bombeo y tratamiento en el vaso de la excavación.
 - Muestreo de comprobación en el vaso de la excavación.
 - Cierre de la excavación.
- Estabilización y solidificación de suelos afectados.
- Programa de monitoreo y seguimiento de calidad del agua subterránea.
- **Fase II:** bombeo y tratamiento del agua subterránea.





"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

Para el Sector Playa se ha determinado como primera fase de actuación la excavación de los suelos afectados para la gestión de la afectación tanto en la zona saturada como en la zona no saturada. Adicionalmente, se complementa dicha actuación con el bombeo y tratamiento (P&T) de la fase libre sobrenadante y el agua subterránea en el vaso de la excavación.

Actividades a realizar en Sector Playa:

- a) Implantación de Obras
- b) Fase 1: Excavación de Suelos y Bombeo y Tratamiento en el Vaso de la Excavación

Incluye:

Excavación Dirigida de Suelos

Segregación de Suelos y Traslado al Área de Almacenamiento Temporal

Bombeo y Tratamiento en el Vaso de la Excavación

Muestreo de Comprobación

Cierre de la Excavación

- c) Estabilización y Solidificación de Suelos Afectados
- d) Programa de Monitoreo y Seguimiento de Calidad del Agua Subterránea
- e) Bombeo y Tratamiento de Agua Subterránea:
 - Piezómetros de Actuación
 - Equipos de Bombeo y Tratamiento

b.3) Descripción de las Medidas de Remediación en el AI 2 y AI 3 – Sector Centro

Ámbito Geográfico de la Remediación

El Sector Centro forma parte de la Refinería Conchán y se ubica hacia el norte de la carretera Panamericana Sur, encontrándose delimitado con un muro/reja perimetral y cuenta con acceso restringido. Asimismo, el sitio corresponde a un área de relieve plano con una ligera inclinación en dirección al Océano Pacífico, es de fácil accesibilidad y cuenta con acceso mediante vía asfaltada.

En el caso del Sector Centro, en el lado este se detecta fase libre sobrenadante de manera extendida entorno a la UDP, mientras que en el lado oeste se detecta fase libre sobrenadante en áreas puntuales, con lo cual el agua subterránea estaría reportando concentraciones de hidrocarburos disueltos que superan los valores de los NRE. Asimismo, el suelo reporta superación de los NRE para las fracciones F1, F2 y F3 de TPH, compuestos volátiles (BTEX) y naftaleno. De acuerdo con lo indicado, se implementarán acciones de remediación de manera integral en el Sector Centro.

Técnicas y/o Procesos de Remediación Planteados

Las áreas por remediar en el Sector Centro comprenden la planta de ventas de productos blancos y los cubetos de los tanques de almacenamiento en el lado oeste, así como la planta de ventas de productos negros, el área de servicios industriales, la UDP y los cubetos de los tanques de almacenamiento hacia el norte de esta y el laboratorio en el lado este.



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

Presentan una extensión aproximada de 47 980 m² en el lado este, y de 40 405 m² en el lado oeste, donde alcanzan hasta 5,5 m de espesor promedio; cabe señalar que la mayor afectación se encuentra en la zona de oscilación del nivel freático, en tanto, en algunas áreas también se tiene afectación en los primeros metros de suelo. El nivel freático se encuentra entre los 2 m y los 5 metros de profundidad en promedio, alcanzando los 8 m de profundidad hacia el noreste del Sector Centro.

Se ha determinado que la alternativa de remediación más apropiada para el Sector Centro es una medida de descontaminación.

Ello, a fin de reducir la fase libre sobrenadante y eliminar o reducir las concentraciones de contaminantes de preocupación hasta los valores que garanticen una situación de riesgo admisible para la salud humana.

Las labores de descontaminación están compuestas por:

- Fase I: bombeo y tratamiento de agua subterránea y fase libre sobrenadante y extracción de vapores / multifase mediante alto vacío.
- Fase II: oxidación química *in situ*.

Etapas en la Ejecución de la Remediación

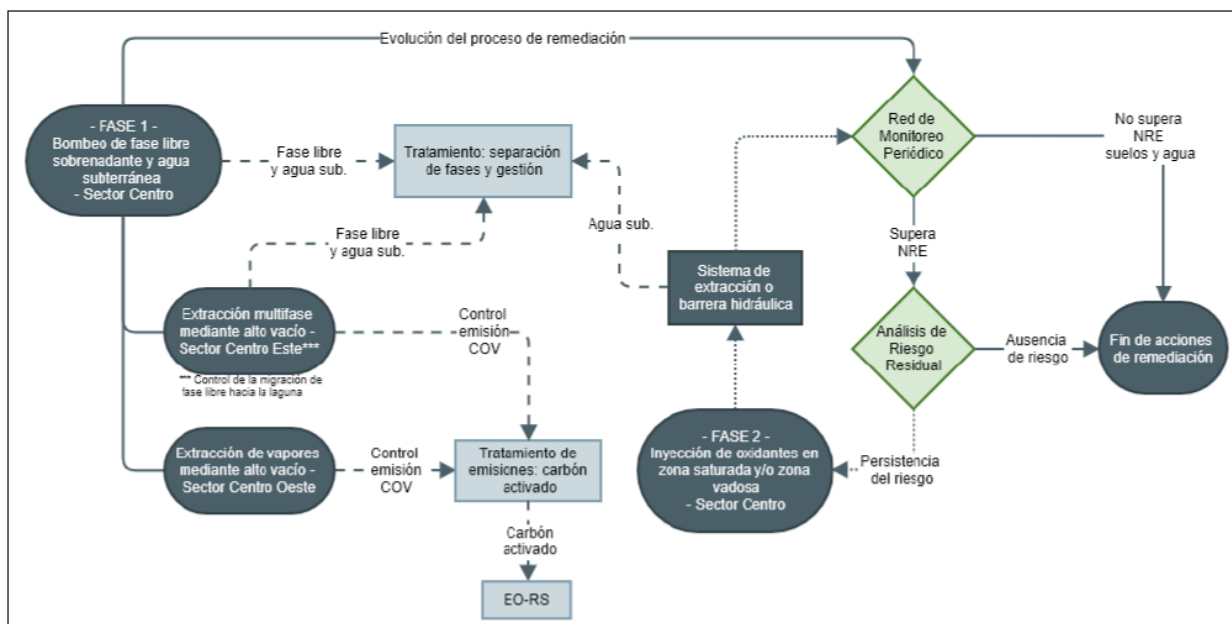
El procedimiento general de las labores a realizar en el Sector Centro considera el planteamiento de las siguientes actividades:

- Implantación de Obras.
- Fase I: bombeo y tratamiento y extracción de vapores/multifase mediante alto vacío.
- Bombeo y tratamiento de la fase libre sobrenadante y agua subterránea.
- Extracción de vapores/multifase mediante alto vacío.
- Programa de control, monitoreo y seguimiento
- Análisis de Riesgo Residual
- Fase II: oxidación química *in situ*.



BICENTENARIO
DEL PERÚ
2021 - 2024

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”



Para el Sector Centro se ha determinado como primera fase de actuación el bombeo y tratamiento para la gestión primaria de las aguas subterráneas en la zona saturada. Adicionalmente, se complementa dicha actuación con la implementación de una extracción de vapores y en doble fase mediante alto vacío en la zona no saturada (SVE y MPE). Dicha actuación conjunta permitirá reducir la mayor carga de afectación presente.

Descripción de las actividades a realizar en el Sector Centro:

Implantación de Obras:

Fase I: Bombeo y Tratamiento de Agua Subterránea y Fase Libre Sobrenadante

Fase I: Extracción de Vapores / Multifase Mediante Alto Vacío

Programa de Control, Monitoreo y Seguimiento

Análisis de Riesgo Residual

Fase II: Oxidación Química In Situ

Manejo de Aguas Hidrocarburadas y Fase Gaseosa con COV

A partir del bombeo y de la extracción mediante alto vacío, se extraerá un volumen de aguas hidrocarburadas que serán tratadas mediante un sistema de separación de fases, de manera que el producto libre y el agua puedan ser debidamente gestionados una vez tratados (ver apartado 6.2.5, Tratamiento y Gestión del Agua Subterránea Extraída). Asimismo, a partir de la extracción mediante alto vacío, se extraerán gases con COV que pasarán por un filtro de carbón activado para el control de los COV, el cual deberá ser gestionado por una EO-RS (ver apartado 6.2.6, Tratamiento de los Gases Extraídos).

De acuerdo con lo indicado, tanto el agua subterránea hidrocarburada y los gases con COV serán tratados y gestionados *in situ*, por lo que no serán tratados *ex situ*.

b.4) Descripción de las Medidas de Remediación en el AI 4 – Sector Cerro

Ámbito Geográfico de la Remediación

El Sector Cerro forma parte de la Refinería Conchán y se ubica hacia el norte de la carretera Panamericana Sur, se encuentra delimitado con un muro/reja perimetral y cuenta con acceso restringido. El sitio corresponde a un área de relieve moderadamente inclinado que cuenta con acceso mediante una vía asfaltada propia de la Refinería Conchán.

La zona de la ladera del cerro Figueroa se ubica hacia el suroeste del Sector Cerro y no cuenta con sellado superficial, presentando suelo desnudo. Colinda por el sur con el Sector Centro (cubetos 9 y 13 y almacén de materiales metálicos), por el norte con la zona de compostaje y el almacén de residuos sólidos peligrosos y por el oeste con la vía de acceso asfaltada que comunica el Sector Centro con el Sector Cerro.

En el Sector Cerro, la afectación comprende dos (2) áreas, la zona de las antiguas pozas de borra líquida y la ladera del cerro Figueroa, donde el suelo reporta superación de los NRE para la fracción F3 de TPH. De acuerdo con lo indicado, en el Sector Cerro las acciones de remediación se implementarán en la zona de las antiguas pozas de borra líquida y la ladera del cerro Figueroa.

Técnicas y/o Procesos de Remediación Planteados

En el Sector Cerro se tiene afectación en el suelo en dos áreas. En la zona de la ladera del cerro Figueroa, la afectación comprende un área estimada de 2 600 m² y se encuentra desde la superficie hasta los 5 m de profundidad, comprendiendo un volumen aproximado de 13 000 m³. En la zona de las antiguas pozas de borra líquida la afectación comprende un área estimada de 450 m² y se encuentra de manera superficial, hasta los 0,6 m de profundidad, comprendiendo un volumen estimado de 270 m³.

Se ha determinado que la alternativa de remediación más apropiada para el Sector Cerro es una medida de aseguramiento (confinamiento). Ello, a fin de eliminar los mecanismos de transporte y las vías de exposición a los receptores potenciales de la Refinería Conchán, de manera de lograr establecer una situación de riesgo admisible para la salud humana. Cabe señalar que también se considera una medida de descontaminación (excavación de suelos) de manera complementaria. En este caso las labores están compuestas por:



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

- Fase I: excavación de los suelos afectados en el área de las antiguas pozas de borra líquida.

Debido al reducido volumen de suelo afectado en la zona de las antiguas pozas de borra líquida, se considera la excavación de los suelos afectados y su traslado directo a la zona de la ladera del cerro Figueroa, donde se realizará el confinamiento.

- Fase II: confinamiento de los suelos afectados (*landfill cap*, EPA24) en la ladera del cerro Figueroa.

El confinamiento de los suelos afectados considera la colocación de una geomembrana en la superficie del área afectada, con el objetivo de que la ladera del cerro Figueroa cuente con un sellado superficial que evite la liberación de los contaminantes de preocupación al medio. Se tiene contemplado, cubrir el 100% de área indicada como área afectada en la ladera del cerro 2 610 m².

Etapas en la Ejecución de la Remediación

El procedimiento general de las labores a realizar en el Sector Cerro considera el planteamiento de las siguientes actividades generales:

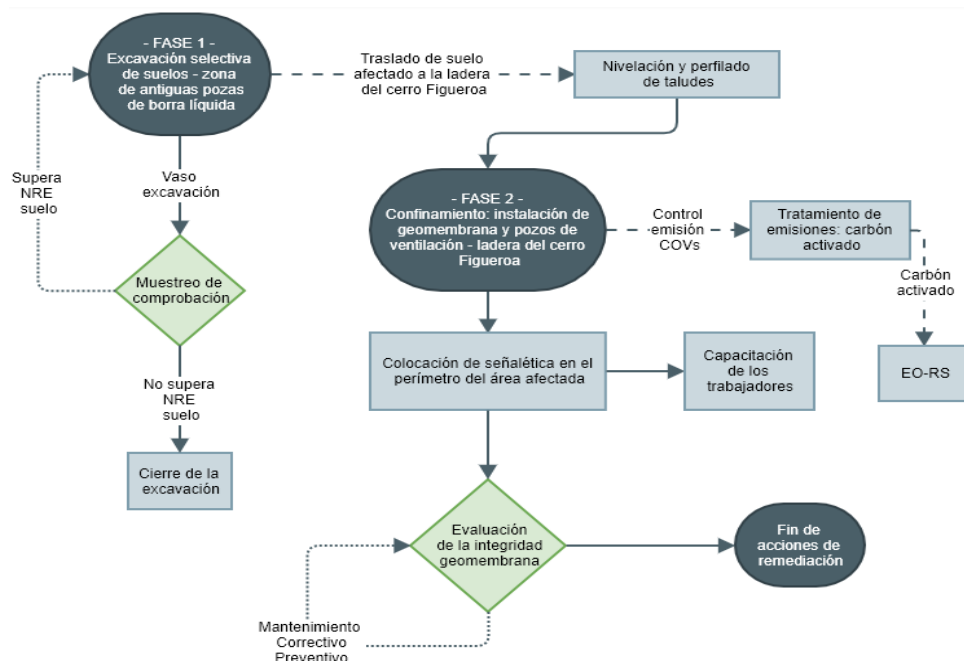
- Implantación de obras.
- Fase I: excavación de suelos - antiguas pozas de borra líquida
 - Excavación de los suelos afectados.
 - Muestreo de comprobación en el vaso de la excavación.
 - Cierre de la excavación.
- Fase II: confinamiento de suelos afectados - ladera del cerro Figueroa.
 - Nivelación del terreno y perfilado de taludes.
 - Instalación de geomembrana y pozos de ventilación
- Instalación de señalética.
- Programa de evaluación de la cobertura, geomembrana y señalética.



BICENTENARIO
DEL PERÚ
2021 - 2024

**PERÚ**Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"



Para el Sector Cerro, se ha determinado como primera fase de actuación la excavación de los suelos afectados en la zona de las antiguas pozas de borra líquida para la eliminación de la afectación en la zona no saturada. Dicha actuación se complementa con confinamiento de los suelos afectados mediante la colocación de una barrera física en la superficie de la ladera del cerro Figueroa, con el objetivo que se evite la liberación de los contaminantes de preocupación al medio.

Descripción de actividades:

Implantación de Obras

Fase I: Excavación de Suelos - Antiguas Pozas de Borra Líquida

Fase II: Confinamiento de Suelos Afectados - Ladera del Cerro Figueroa

Instalación de Señalética

Manejo de Suelos Afectados y Fase Gaseosa con COV

En el caso del Sector Cerro, la medida de remediación seleccionada corresponde a una medida de aseguramiento, por lo cual comprenderá el confinamiento de la afectación. Sin embargo, se tendrá una emisión de gases con COV a partir de los pozos de ventilación que se instalen en la ladera del cerro Figueroa. En tanto, estos pasarán por un filtro de carbón activado para el control de COV, el cual deberá ser gestionado por una EO-RS.

Los gases con COV serán tratados y gestionados *in situ*.



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

b.5) Tratamiento y Gestión del Agua Subterránea Extraída

El agua subterránea y la fase libre sobrenadante extraídas mediante los procesos de bombeo y extracción multifase mediante alto vacío pasarán inicialmente por un proceso de separación de fases, mediante decantación y separación. La separación de fases podrá realizarse en módulos de tratamiento instalados particularmente para la remediación o en instalaciones de la Refinería Conchán ya acondicionadas para ello.

Las aguas extraídas serán tratadas en el módulo hasta reducir las concentraciones a los niveles requeridos, y en único caso en la etapa inicial de las labores de remediación las aguas tratadas serán almacenadas temporalmente en un tanque de polietileno de alta densidad, con la finalidad de confirmar con la analítica que las concentraciones de TPH del agua tratada se encuentran por debajo del nivel de remediación específico, posterior a la confirmación de ello, las aguas extraídas podrán ser derivadas directamente a un punto de vertimiento previamente habilitado (Poza API) para tal efecto por el área operativa de la instalación, sin embargo, siempre se deberán tener en cuenta los caudales máximos que podrían ser vertidos.

En caso de que el API tuviera la capacidad de tratamiento y reciba los efluentes de manera directa podría no ser necesario el tratamiento de las aguas extraídas, esto estará condicionado al requerimiento analítico del cliente al momento de la realización de la técnica.

D. PLAN DE CONTROL Y MONITOREO DURANTE LA EJECUCIÓN

Comprende la ejecución estructurada y coordinada de una serie de acciones encaminadas a la supervisión de la ejecución de la remediación, para garantizar la calidad y la eficacia de las obras, así como las medidas de supervisión internas para garantizar la seguridad del personal durante estas.

Sectores Playa y Cerro

Durante las labores de excavación de los suelos y para la discriminación selectiva de los suelos, se realizarán lecturas de COV en continuo mediante *head space* con un fotoinizador portátil (PID) y se tomarán muestras de suelo para la determinación de TPH total en campo con un analizador portátil de campo – Petroflag.

Sector Centro

Las actividades a realizar comprenden una primera fase de bombeo y tratamiento de aguas hidrocarburadas y extracción de vapores / multifase mediante alto vacío, así como una segunda fase de oxidación química *in situ*, de evidenciarse necesario.

Control y monitoreo de Primera fase

El control y monitoreo en la primera fase busca evaluar la evolución del proceso de remediación, así como valorar la efectividad y el rendimiento del sistema:

El monitoreo de la zona saturada en régimen continuo (sistema de extracción en funcionamiento) se realizará de manera mensual y comprenderá las siguientes labores:



BICENTENARIO
DEL PERÚ
2021 - 2024



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

a) Medición de niveles en los piezómetros de la red de monitoreo:

- Nivel de fondo del piezómetro (m).
- Nivel del agua subterránea (m).
- Nivel de la fase libre sobrenadante (m), en caso se detecte.

b) Medición de parámetros de campo (temperatura, pH y conductividad eléctrica).

c) Control del volumen de agua extraída y tratada.

d) Volumen de producto recuperado, si lo hubiera.

e) Horas de funcionamiento e incidencias en el sistema de extracción.

f) Labores de limpieza de equipos

g) Ajuste de bombas.

h) Mantenimiento preventivo de equipos y bombas.

i) Control de operaciones de retirada de producto realizadas.

j) El monitoreo de la zona saturada en régimen estático (sistema de extracción parado) se realizará de manera trimestral y comprenderá el monitoreo de los piezómetros, la toma de muestras de agua subterránea o de producto sobrenadante, en caso sea detectado, así como una revisión preventiva de los equipos.

Las determinaciones analíticas por realizar en las muestras de agua subterránea deberán incluir las fracciones **F1, F2 y F3 de TPH, BTEX, PAH y metales totales (As, Ba, Cd, Hg, Cr VI y Pb)**, los cuales serán comparados con los NRE determinados para el Sector Centro, los cuales se presentan en el Cuadro N° 13 - Niveles de Remediación Específicos del apartado 4.7.1 (Valoración del Riesgo a la Salud Humana) del PDR.

En función de la forma de disposición del agua tratada, se realizará de manera trimestral el control analítico de las aguas tratadas previo a su vertido para controlar su calidad, así como su evolución durante la ejecución de la actuación. Las determinaciones analíticas por realizar en las muestras de agua tratada deberán incluir aquellos parámetros considerados en los Límites Máximos Permisibles con los cuales se contrastarán los resultados analíticos.

Control y monitoreo de segunda fase

Se procederá a definir la periodicidad del monitoreo que se establecerá durante de la segunda fase, en caso esta sea necesaria. Las particularidades del seguimiento y control se verán condicionadas al estado de la zona saturada y la zona no saturada cuando se proceda a su implementación.

Para el seguimiento de avances de proceso de descontaminación se prevé la entrega de informes en zona saturada y no saturada.

E. PROPUESTA DE MEDIDAS DE SEGUIMIENTO (POST REMEDIACIÓN).-

Luego de la culminación de las acciones de remediación se implementarán programas de monitoreo y seguimiento en cada sector de la Refinería Conchán para vigilar el estado ambiental de las diferentes matrices.



BICENTENARIO
DEL PERÚ
2021 - 2024



Medida de seguimiento en el Sector Playa. -

Las actividades a realizar comprenden una primera fase de excavación de los suelos afectados y el bombeo de la fase libre sobrenadante y el agua subterránea en el vaso de la excavación, por lo cual, una vez concluidas las labores de la primera fase, se considera la implementación de un programa de monitoreo de agua subterránea como medida de seguimiento. En caso se detecten concentraciones residuales de TPH disueltos que reporten superación de los NRE, comprende una segunda fase de bombeo y tratamiento de agua subterránea.

Programa de Monitoreo de Agua subterránea. -

El monitoreo se realizará en la zona de las antiguas pozas de percolación y comprenderá el **monitoreo de diez (10) piezómetros**, que conformarán la red piezométrica de monitoreo; cinco de ellos correspondientes a piezómetros ya existentes (S45 y S46 instalados en la Fase de Identificación y C3, C5 y P7 instalados en la Fase de Caracterización) y cinco (5) nuevos piezómetros a instalar (R1 a R5).

Distribución de nuevos piezómetros. -

- Un (1) piezómetro, R1, en la parte central del área a excavar, entre los actuales Tanques de Sedimentación y la PTARI.
- Cuatro (4) piezómetros perimetrales al área a excavar. Tres (3) de ellos dentro del Sector Playa: R2 hacia el noreste, R3 hacia el noroeste y R4 hacia el suroeste; y uno (1) fuera del Sector Playa: R5, hacia el sureste.

Cuadro N° 17 : Coordenadas de Ubicación de la Red Piezométrica en el Sector Playa

Código de Piezómetro		Coordenadas UTM (WGS 84 - Zona 18L)	
		Este (m)	Norte (m)
Piezómetros instalados en la Fase de Identificación y Caracterización	S45	290 391	8 644 616
	S46	290 458	8 644 571
	C3	290 378	8 644 502
	C5	290 396	8 644 489
	P7	290 393	8 644 566
Propuesta de piezómetros a instalar	R1	290 421	8 644 527
	R2	290 432	8 644 544
	R3	290 397	8 644 546
	R4	290 408	8 644 512
	R5	290 441	8 644 513

Fuente: PDR- Refinería Conchán- PDR- Cuadro N° 34

Instalación de piezómetros.-

Los piezómetros por instalar serán de 5" de diámetro y contarán con una profundidad estimada de 6 m a 7 m. La instalación se realizará de manera previa al relleno del vaso de la excavación.

Monitoreo:

El monitoreo deberá comprender la medición de niveles y el muestreo de agua subterránea o producto sobrenadante, de acuerdo con el siguiente detalle:



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

- *Medidas piezométricas:*
- Nivel de fondo del piezómetro (m).
- Nivel del agua subterránea (m).
- Nivel de la fase libre sobrenadante (m), en caso se detecte.
- *Medición de COV en los cabezales de los piezómetros.*
- *Purga.*
- *Medición de parámetros de campo (temperatura, pH y conductividad eléctrica).*
- *Toma de muestras de agua subterránea o de producto sobrenadante, en caso sea detectado y permita la toma de muestra para su caracterización.*

Las determinaciones analíticas por realizar en las muestras de agua subterránea deberán incluir los parámetros señalados en el siguiente Cuadro. En caso se tomen muestras de producto sobrenadante, se deberá proceder a la caracterización mediante la determinación analítica de las fracciones de TPH (F1, F2 y F3) y el cromatograma.

Cuadro N° 18 : Parámetros a Analizar en las Muestras de Agua Subterránea o Producto Sobrenadante

Tipo de Muestra	Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH) (fracciones F1, F2 y F3 y cromatograma)
Agua subterránea	X
Producto sobrenadante	X

Fuente: PDR- Refinería Conchán- PDR- Cuadro N° 35

Los resultados analíticos se compararán con los NRE determinados para el Sector Playa, los cuales se presentan en el Cuadro N°14 - Niveles de Remediación Específicos del apartado 4.7.1 (Valoración del Riesgo a la Salud Humana) del PDR.

Frecuencia:

El programa de monitoreo se realizará por un plazo inicial de cinco (5) años. Iniciará con una frecuencia de monitoreo semestral durante los primeros tres años (años 1, 2 y 3), la cual se cambiará a una frecuencia anual para los últimos dos años (años 4 y 5).

Ello, siempre y cuando en los monitoreos la medición de niveles en los piezómetros no reporte presencia de fase libre sobrenadante y los resultados analíticos del monitoreo no presenten una variación significativa de las concentraciones de hidrocarburos en el agua subterránea que haga que se superen los NRE empleados para la comparación.

En caso ello se cumpla en los monitoreos de los dos últimos años (años 4 y 5), se propondrá que la duración del programa culmine al término del plazo de cinco (5) años, caso contrario, se mantendrá el programa de monitoreo por un (1) año adicional y así sucesivamente.



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

Informes.-

A partir de la medición de niveles y de los resultados analíticos de las muestras de agua subterránea, se prevé la entrega de un Informe de Seguimiento.

Medida de seguimiento en el Sector Centro. -

Las actividades a realizar comprenden una primera fase de bombeo y tratamiento de agua subterránea y fase libre sobrenadante y extracción de vapores / multifase mediante alto vacío, así como una segunda fase de oxidación química in situ, de evidenciarse necesario.

Una vez culminadas las actuaciones de la primera fase, se implementará un programa de monitoreo de COV en la zona no saturada y del agua subterránea como medida de seguimiento en el Sector Centro, así como un programa de monitoreo particular para la laguna, que comprenda el monitoreo del agua superficial y de los sedimentos.

Programa de Monitoreo COV y de Agua Subterránea - Red de Monitoreo

Señalan que se establecerá un programa de monitoreo y seguimiento en la red piezométrica del Sector Centro, a fin de vigilar la calidad de la zona no saturada y de la zona saturada. Comprenderá el **monitoreo de treinta y ocho (38) piezómetros existentes** a la fecha, que conformarán la red piezométrica de monitoreo. Dichos piezómetros han sido seleccionados por corresponder a aquellos en los que se detecta mayor afectación y encontrarse debidamente distribuidos en la totalidad del área afectada, además de que representan más de la mitad de la red piezométrica instalada actualmente en el Sector Centro que ha permitido la caracterización de la afectación.

Las coordenadas de ubicación de los piezómetros existentes que conformarán la red piezométrica de monitoreo se detallan en el Apéndice V, y se presentan en el Plano N° 13.3 (*Ubicación de la Red Piezométrica en el Sector Centro*) del Apéndice I del presente PDR.

Monitoreo:

El monitoreo deberá comprender la medición de niveles y el muestreo de agua subterránea o producto sobrenadante, de acuerdo con el siguiente detalle:

- *Medidas piezométricas:*
 - Nivel de fondo del piezómetro (m).
 - Nivel del agua subterránea (m).
 - Nivel de la fase libre sobrenadante (m), en caso se detecte.
- *Medición de COV en los cabezales de los piezómetros.*
- *Medición de parámetros de campo (temperatura, pH y conductividad eléctrica).*
- *Toma de muestras de agua subterránea o de producto sobrenadante, en caso sea detectado y permita la toma de muestra para su caracterización.*

Las determinaciones analíticas por realizar en las muestras de agua subterránea deberán incluir los parámetros señalados en el siguiente Cuadro. En caso se tomen



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

muestras de producto sobrenadante, se deberá proceder a la caracterización mediante la determinación analítica de las fracciones de TPH (F1, F2 y F3) y el cromatograma.

Cuadro N°19 : Parámetros a Analizar en las Muestras de Agua Subterránea o Producto Sobrenadante

Tipo de Muestra	Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH) (fracciones F2, F2 y F3 y cromatograma)	Compuestos Monoaromáticos (BTX)	Naftaleno
Agua subterránea	X	X	X
Producto sobrenadante	X	-	-

Fuente: PDR- Refinería Conchán- PDR- Cuadro N° 36

Los resultados analíticos se compararán con los NRE determinados para el Sector Centro, los cuales se presentan en el Cuadro N°14 - Niveles de Remediación Específicos del apartado 4.7.1 (Valoración del Riesgo a la Salud Humana) de este PDR.

Frecuencia

El programa de monitoreo se realizará por un plazo inicial de cinco (5) años. Culminada la primera fase, iniciará con una frecuencia de monitoreo semestral durante los primeros tres años (años 1, 2 y 3), la cual se cambiará a una frecuencia anual para los últimos dos años (años 4 y 5).

Ello, siempre y cuando en los monitoreos la medición de niveles en los piezómetros no reporte presencia de fase libre sobrenadante y los resultados analíticos del monitoreo no presenten una variación significativa de las concentraciones de hidrocarburos en el agua subterránea que haga que se superen los NRE empleados para la comparación.

En caso ello se cumpla en los monitoreos de los dos últimos años (años 4 y 5), se propondrá que la duración del programa culmine al término del plazo de cinco (5) años, caso contrario, se mantendrá el programa de monitoreo por un (1) año adicional y así sucesivamente.

Informes.-

A partir de la medición de niveles y de los resultados analíticos de las muestras de agua subterránea, se prevé la entrega de un Informe de Seguimiento.

Programa de Monitoreo en la Laguna del Sector Centro.-

Programa de Monitoreo de Agua Superficial y Sedimentos - Red de Monitoreo

Se establecerá un programa de monitoreo y seguimiento en la laguna que se ubica hacia el sureste del Sector Centro, a fin de vigilar la calidad del agua superficial y de los sedimentos. Se realizará de manera posterior a la culminación de las actuaciones de la primera fase (eliminación de fase libre sobrenadante en el Sector Centro).

Comprenderá el monitoreo de **cuatro (4) puntos de muestreo de agua superficial y sedimentos**, que conformarán la red de monitoreo en la laguna.

**PERÚ**Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

Cuadro N° 20 : Coordenadas de Ubicación de la Red de Monitoreo en la Laguna

Punto de Monitoreo	Coordenadas UTM (WGS 84 - Zona 18L)	
	Este (m)	Norte (m)
AS1 / SED1	291 086	8 644 668
AS2 / SED2	291 089	8 644 643
AS3 / SED3	291 135	8 644 635
AS4 / SED4	291 169	8 644 663

Fuente: PDR- Refinería Conchán- PDR- Cuadro N° 37

Monitoreo:

Comprenderá el muestreo de agua superficial y de sedimentos, en puntos coincidentes.

Se determinará en **agua superficial:**

Temperatura, oxígeno disuelto, pH y conductividad, Fracciones F1, F2 y F3 de TPH, Hidrocarburos Totales de Petróleo, BTEX, PAH, aceites y grasas, fenoles, nitrógeno total, sólidos totales suspendidos, sulfuro, amoníaco y metales totales (As, Ba, Cd, Cr VI, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se y Zn).

En **sedimentos:**

Fracciones F1, F2 y F3 de TPH, TPH (C10-C40) BTEX, PAH (benzo(a)pireno y naftaleno) y metales pesados (As, Ba, Cd, Cr, Cr VI, Hg y Pb).

Los resultados se contrastarán con los valores del ECA para Agua Superficial categoría 4-E1 (lagos y lagunas), mientras que para sedimentos se contrastarán con los valores de referencia de la Guía Canadiense de Calidad Ambiental (CCME) y de la Guía para Evaluación de Sedimentos (Países Bajos).

Frecuencia:

El titular señala lo siguiente:

El programa de monitoreo se realizará por un plazo inicial de cinco (5) años.

Culminada la primera fase, iniciará con una frecuencia de monitoreo trimestral durante el primer año (año 1), semestral durante el segundo y tercer año (años 2 y 3) y anual para el cuarto y quinto año (años 4 y 5). Ello, siempre y cuando en los monitoreos no se perciba iridiscencia en el espejo de agua y los resultados analíticos del monitoreo no presenten una variación significativa de las concentraciones de hidrocarburos o metales disueltos en el agua superficial que haga que se supere el ECA para Agua Superficial empleado para la comparación. Igualmente, en caso ello se cumpla en los monitoreos de los dos últimos años (años 4 y 5), se propondrá que la duración del programa culmine al término del plazo de cinco (5) años, caso contrario, se mantendrá el programa de monitoreo por un (1) año adicional y así sucesivamente.

Informes:

A partir de los monitoreos realizados se prevé la entrega de un Informe de Seguimiento.

**BICENTENARIO
DEL PERÚ
2021 - 2024**



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

F. PLAN DE MUESTREO DE COMPROBACIÓN.-

Luego de la culminación de las acciones de remediación se realizará un muestreo de comprobación para demostrar que las matrices afectadas alcanzaron concentraciones menores o iguales a los NRE determinados en el ERSA o los objetivos de remediación establecidos en el PDR. Se aplicará para el Sector Playa, Sector Cerro y Sector Centro, según lo indicado en ítem 6.6 del PDR.

G. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES EN MATERIA DE RECURSOS HÍDRICOS

Para identificar y evaluar los impactos ambientales el administrado empleó la Metodología de Vicente Conesa Fernández-Vítora (2010), considerando los lineamientos de la Guía Metodológica para la evaluación de impacto ambiental (2010).

La importancia o nivel de significancia del impacto ambiental es la siguiente para el agua subterránea en el Sector Playa, Centro y Cerro:

Alteración de calidad de agua subterránea: No significativo.

En función del levantamiento de la observación de este capítulo por el titular del proyecto se completará la información correspondiente.

H. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES.-

A continuación se precisan las actividades prevista y su cronograma correspondiente



BICENTENARIO
DEL PERÚ
2021 - 2024

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

Cuadro N° 21: Cronograma de Trabajo – Actividades de Remediación en Refinería Conchán

N°	Partida	Año 0		Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5		Año 6							
		Trimestre																			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Trabajos Previos a la Remediación																				
1.1	Concurso y adjudicación de Ingeniería de Detalle	x	x	x																	
1.2	Ingeniería de detalle				x	x	x	x													
1.3	habilitación del personal							x	x												
1.4	Movilización, logística y desmovilización							x													
1.5	Permisos y/o autorizaciones							x	x												
1.6	Ensayos Piloto (bombeo hidráulico y estabilización)							x	x												
2	Actividades de Remediación																				
2.1	Sector Playa																				
2.1.1	Fase I: Excavación selectiva de suelos							x	x												
2.1.2	Bombeo y Tratamiento del Agua Subterránea							x	x												
2.1.3	Puesta en marcha (informe)							x	x												
2.1.4	Muestreo de suelo (TPH) <i>in situ</i> mediante petroflag							x	x												
2.1.5	Análisis de riesgo residual							x													
2.1.6	Estabilización y sodificación de suelos afectados							x													
2.1.7	Instalación de piezómetros de 5"							x													
2.1.8	Fase II: Bombeo y Tratamiento del Agua Subterránea (condicional)							x	x	x	x										
2.2	Sector Centro 1 y 2																				
2.2.1	Instalación de piezómetros de 5" (7 a 9 m de profundidad)							x	x												
2.2.2	Puesta en marcha (informe)							x	x												
2.2.3	Fase I: Bombeo y Tratamiento del Agua Subterránea							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
2.2.5	Extracción de vapor/ multifase mediante alto vacío							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
2.2.7	Análisis de riesgo residual																		x		
2.2.8	Fase II: Oxidación Química (condicional)																	x	x		
2.3	Sector Cerro																				
2.3.1	Fase I: Excavación de los suelos afectados.							x	x												
2.3.2	Muestreo de suelo para determinar TPH total in situ mediante Petroflag							x	x												
2.3.3	Fase II: Aislamiento: Nivelación del terreno y perfilado de taludes.							x	x												
2.3.4	Instalación de geomembrana							x	x												
2.3.5	Instalación de geotextil							x	x												
2.3.6	Instalación de pozos de ventilación							x	x												
2.3.7	Instalación de señalética									x	x										
3	Plan de Control y Monitoreo en la Ejecución																				
3.1	Sector Playa																				
3.1.1	Muestreo de suelo para verificar que superan los NRE							x													
3.1.2	Muestreo de comprobación de suelo en el vaso de la excavación							x													
3.1.3	Muestreo de calidad de suelo compuesta							x													
3.2	Sector Centro 1 y 2																				
3.2.1	Medición de Niveles							x		x		x		x		x		x			
3.2.2	Muestreo de agua subterránea en la red piezométrica							x		x		x		x		x		x			
3.3	Sector Cerro																				
3.3.1	Muestreo de suelo para verificar que superan los NRE							x	x												
3.3.2	Muestreo de comprobación de suelo en el vaso de la excavación							x	x												
3.3.3	Muestreo de calidad de suelo compuesta							x	x												
4	Propuesta de Medidas de Seguimiento Post-Remediación																				
4.1	Sector Playa																				
4.1.1	Medición de Niveles								x			x			x			x			x
4.1.2	Monitoreo y seguimiento de agua en la red piezométrica							x		x		x		x		x		x			x
4.2	Sector Centro 1 y 2																				
4.2.1	Monitoreo y seguimiento de agua o producto en la red piezométrica							x		x		x		x		x		x			x
4.2.2	Monitoreo de calidad de agua superficial en la laguna							x	x	x	x		x		x		x		x		x
4.2.3	Monitoreo de sedimentos en la laguna							x	x	x	x		x		x		x		x		x
4.2.4	Monitoreo de suelo														x						
4.3	Sector Cerro																				
4.3.1	Evaluación de la cobertura en corona y taludes y de la integridad de la geomembrana.							x		x		x		x		x		x		x	x
4.3.2	Evaluación de la integridad de la señalética. Inspección visual.							x		x		x		x		x		x		x	x
4.4	Informes																				
4.4.1	Informes de seguimiento (post-remediación)							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
4.4.2	Informe final																				

Fuente: PDR- Refinería Conchán- PDR- Cuadro N° 40

Costo total (IGV incluido): S/. 21 432 372.

4. OBSERVACIONES EN MATERIA DE RECURSOS HÍDRICOS

Luego de evaluar el Plan Dirigido a la Remediación - Refinería Conchán”, presentado por PETROLEOS DEL PERU S.A.– PETROPERU, se han identificado las siguientes observaciones, las mismas que deberán ser subsanadas:

4.1. Observación 01.-

En el numeral 4.2.3 (Motivo o causa de la contaminación de cada área afectada) del PDR, la empresa PETROPERU desarrolla las probables causas de la contaminación del suelo en los diferentes sectores: Cerro, Centro y Playa; sin embargo, la empresa no analiza los posibles impactos que pudieron desarrollarse en la napa freática, que según indican, se encuentra somera.

Asimismo, en el mismo ítem, indican que, en el agua de la laguna ubicada en la zona sureste del Sector Centro, forma parte del sistema contra incendios, y que esta presenta iridiscencia en el espejo de agua, que la ruta de migración de la afectación es a través del flujo subterráneo, que va en dirección al Este hacia el cuerpo natural (se entiende que a la laguna) desde la unidad de procesos.

Al respecto, se solicita a la empresa PETROPERU:

- a) Analizar la posibilidad o no de una afectación al agua subterránea (napa freática) en los sectores: Cerro, Centro y Playa, presentando el debido sustento de su conclusión. En caso de ser necesario, plantear estrategias ambientales para su manejo.
- b) Con respecto a la afectación de la laguna desde la unidad procesos, y el uso del agua en el sistema contra incendios. En el primer caso, la empresa deberá indicar las causas de impacto y las medidas de manejo para evitar la contaminación de la laguna; en el segundo caso, establecer la idoneidad del uso del agua probablemente contaminada para el control de incendios y/o manejo o tratamiento y disposición final que consideran.

4.2. Observación 02.-

En el numeral 4.4 del PDR, el titular señala la existencia de un espejo de agua (afloramiento del nivel freático que corresponde al río Lurín). La extensión del espejo de agua es de 3 000 m² aproximadamente.

Al respecto, deberán indicar cuál es la batimetría de la (las) laguna (s), especificando cual es el lugar de descarga de dicho cuerpo de agua.

Además, según indicaron, existe una probable contaminación de dichas lagunas, por lo cual deben precisar cuáles son sus estrategias ambientales de manejo para evitar la contaminación de cuerpos naturales de agua cercanos.

4.3. Observación 03.-

- a) En el Informe de Servicio de “Caracterización de Refinería Conchán” (Documento digital, carpetas: Apéndices, Apéndice II IC, archivo: 210_IC_R.Conchán_Rev.3), PETROPERU S.A. determinó los tipos de contaminantes presentes en los Sectores: Centro 1, Centro 2 y Playa, observándose que al describir sus resultados utilizan el término de “**Hidrocarburos disueltos**”; sin embargo, la normativa nacional e internacional consideran a los “Hidrocarburos Totales de Petróleo” como parámetro de contaminación tanto de agua como en sedimentos, asimismo los informes de ensayo adjuntados al estudio expresan sus resultados como hidrocarburos totales de petróleo.

Se solicita a la empresa aclarar al respecto, y en todo caso realizar las modificaciones necesarias en el Instrumento de Gestión Ambiental.

- b) Mediante el Cuadro N° 76 del Estudio de Caracterización de la Refinería, la empresa PETROPERU estima la superficie y volumen de la fase libre sobrenadante y agua afectada; la empresa utiliza ciertos valores para establecer el espesor medio (3: valor estimado, considerando el contacto con la fase libre sobrenadante y la profundidad mínima para la colocación de bombas sumergibles para fines de remediación) y factores para el volumen (factor de porosidad de 50% para suelos arenosos).

Al respecto, se solicita a la empresa presentar el debido sustento de como determinó que dichos valores y factor eran los más adecuados para establecer la extensión de la contaminación por hidrocarburos en las Áreas AI1, AI2 y AI3.

4.4. Observación 04.-

En el ítem 11.3 del ERSa (Apéndice III), se señala que: *"No se consideran los recursos naturales abióticos como impactados, por lo que no aplica proceder a la determinación de niveles de remediación para los mismos"*. Sin embargo, en ítem 8.2, se realiza la valoración del riesgo a la calidad del agua superficial, encontrándose en el cuadro N° 44 un **valor de riesgo medio** para la movilización de los contaminantes (migración), lo cual significa una posible movilización de agua subterránea con presencia de fase libre de sobrenadante hacia la Laguna del sistema contra incendios. Del mismo modo, en la valoración del riesgo a la calidad del agua subterránea, en el cuadro N° 45, determinan una **valoración de riesgo medio** en la movilidad de los contaminantes, puesto que: *"El tipo de suelo no facilita la retención de los contaminantes en el subsuelo y logran pasar al agua subterránea de acuerdo con su composición química. En este caso fracción F2 (no tan solubles) y BTEX (solubles en agua)"*.

Por otro lado, se evidencia que existe afectación de agua subterránea y superficial al superarse los ECA agua, y normativa internacional en fase de caracterización, especialmente del TPH.

Por tanto, además de los NRE para salud pública establecidos en este PDR, se debe establecer niveles de remediación específicos (NRE) para los recursos naturales abióticos (agua superficial y subterránea) y también tomando en cuenta los valores referenciales internacionales de ECA agua subterránea y ECA agua superficial, y considerarlos en las técnicas de remediación planteadas para el Sector Playa y Sector Centro 1 y 2., así como en el Programa de monitoreo de agua subterránea y superficial (laguna), enfatizándose que dichos valores deben estar bien definidos.

Así también, sustentar la no determinación de los NRE, justificando porque consideran un riesgo aceptable al ambiente en las áreas de interés evaluadas bajo la consideración de contaminación de agua subterránea y superficial y presentar las medidas idóneas para proteger los cuerpos de agua subterránea y superficial no contaminados de una alteración negativa en el futuro que podría causar la contaminación en el sitio o área de interés.

4.5. Observación 05.-

En el ítem 5.1 Objetivos de Remediación, folio 62 del PDR, se indica que los objetivos de remediación para suelos y agua subterránea son presentados en el cuadro N°13 "Niveles de Remediación Específicos", sin embargo, dicho cuadro no se presentó. Por tanto, adjuntar el mencionado cuadro.

4.6. Observación 06.-

En el ítem 5.2.4 **Gestión del Efluente Generado**, luego del tratamiento del agua subterránea, las aguas tratadas podrán ser derivadas a un punto de vertimiento (poza API de la Refinería Conchán) previamente habilitado para tal efecto por el área de operativa de la instalación. En ese sentido se debe presentar toda la información actualizada correspondiente, señalando:

a) En caso de vertimiento a la poza API, especificar el proyectado del caudal y volumen de efluente ($\text{m}^3/\text{día}$, m^3/mes y $\text{m}^3/\text{año}$) que ingresaría a la Poza, y **actualizar la información respecto a la disposición final del efluente tratado al mar a través del emisario submarino**, presentando lo siguiente:

a.1) Ubicación exacta del punto o puntos de vertimiento en el mar, en coordenadas geográficas.

a.2) Descripción del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales y disposición final, que incluya el diagrama de flujo indicando el caudal de diseño y de operación, periodo de retención, eficiencia del sistema de tratamiento. Adjuntar plano georreferenciado de la POZA API.

a.3) Indicar la cantidad en volumen y caudal proyectado de las aguas residuales industriales para su disposición final (l/s y $\text{m}^3/\text{día}$, m^3/mes , $\text{m}^3/\text{año}$) luego del tratamiento.

Por otro lado, establecer la diferencia existente entre el volumen aprobado con lo proyectado, y presentar una comparación del balance actual (aprobado) con el balance proyectado (propuesto) para el presente PDR.

a.4) Señalar el caudal máximo (Q_{AR}) y promedio, régimen de vertimiento (intermitente o continuo), información del dispositivo de descarga.

a.5) Presentar la evaluación del efecto del vertimiento **en el cuerpo receptor** actualizado (debido al aumento de volumen por agua subterránea tratada e incremento de contaminantes) y el cálculo de la longitud de la zona de mezcla en el escenario más crítico tomando en consideración lo señalado en la R.J N° 010-2016-ANA. Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, para ambas evaluaciones se puede aplicar la "Guía para la determinación de la zona de mezcla y la evaluación del impacto de un vertimiento de aguas residuales tratadas a un cuerpo natural de agua" aprobada mediante Resolución Jefatural N° 108-2017-ANA. Asimismo, deberá presentar la información actualizada de la caracterización de la calidad de agua del cuerpo receptor (mar), incluyendo análisis de sedimentos, adjuntando los informes de ensayo respectivo emitido por un laboratorio acreditado ante INACAL. Cumplir lo dispuesto por la Resolución Jefatural N° 224-2013-ANA. Incluir el Balance de masas actualizado.

a.6) Presentar la información de calidad proyectada de los efluentes a ser descargados al cuerpo receptor, respecto al cumplimiento de los LMP establecidos por la DS N° 037-2008-PCM Establecen límites máximos permisibles de efluentes líquidos para el subsector Hidrocarburos.

a.7) Presentar un plano y tabla de ubicación del punto de vertimiento y de los puntos de control en el cuerpo receptor para el monitoreo, que incluya: código del punto, descripción, coordenadas de ubicación geográfica, parámetros de monitoreo, normativa aplicada; adjuntar los archivos digitales (kmz, shp, cad, gis) para validar la información.

4.7. Observación 07.-

En el ítem 5.4. de Análisis de viabilidad de las alternativas de remediación, en subítem 5.4.1 Criterios para el análisis de viabilidad, el titular selecciona tres criterios, sin embargo, existe un posible criterio como es el caso de ensayos de laboratorio y/o ensayos piloto, que para el

caso de remediación del sitio contaminado, especialmente en agua subterránea, resulta importante su consideración, de acuerdo al ítem 4.2 Análisis de viabilidad de las propuestas de acciones de remediación, subítem 4.2.4. Resultados de ensayos de laboratorio y/o ensayo piloto (de ser el caso), *según* la Guía PDS (MINAM, 2014), con la finalidad de conocer si realmente la técnica de remediación funcionaria o resulta ser efectiva in "situ". Tomar en cuenta ese criterio en el análisis y explicar en todo caso y con fundamento porque no fue considerado en el presente PDR.

4.8. Observación 08.-

Dentro de los ensayos piloto, indicados en **ítem 5.4.4. Resultados de Pruebas de Laboratorio o Ensayos Piloto**, deberían incluir, además: La determinación de la eficiencia de remoción de los parámetros contaminantes del agua subterránea, de acuerdo a la alternativa de remediación seleccionada, con la finalidad de cumplir con los valores de referencia o los NRE y así determinar el nivel de eficiencia de la tecnología aplicable.

4.9. Observación 09.-

En el ítem 6.5.1.3, cuadro N° 35: Parámetros a Analizar en las Muestras de Agua Subterránea o Producto Sobrenadante, en las determinaciones analíticas del agua subterránea en el **Sector Playa**, deben justificar con sustento la no inclusión de los siguientes parámetros de acuerdo a sus actividades: BTEX, PAH, aceites y grasas, y metales totales (As, Ba, Cd, Cr, Cr VI, Hg y Pb). Caso contrario, incluirlos en los análisis, toda vez que su registro podrá determinar claramente el valor de inicio y progresión con relación a la remediación y método propuesto.

Además, en el ítem 6.5.2.1, cuadro N° 36: Parámetros a Analizar en las Muestras de Agua Subterránea o Producto Sobrenadante, en las determinaciones analíticas del agua subterránea en el **Sector Centro**, deben justificar con sustento la no inclusión de los siguientes parámetros de acuerdo a sus actividades: PAH, aceites y grasas, y metales totales (As, Ba, Cd, Cr, Cr VI, Hg y Pb). Caso contrario, incluirlos en los análisis.

En todos los casos especificar las normas de comparación de los parámetros a analizar, considerando lo indicado en la observación N° 02. Además de la comparación de la concentración de los parámetros con los NRE, el titular deberá comparar los resultados de los parámetros con ECA agua subterránea, señalando la norma referencial internacional empleada.

Incluir en un Cuadro Resumen, el Programa de monitoreo de agua subterránea o producto sobrenadante del Sector Playa y Sector Centro, que incluya durante la remediación (control) y post remediación a la frecuencia de monitoreo, cantidad de monitoreos y período, parámetros, coordenadas de ubicación UTM WGS 84 y normativa empleada.

4.10. Observación 10.-

En el ítem 6.5.2.2 sobre el **Programa de monitoreo de agua superficial y sedimentos** del Sector Centro:

- a) En la Laguna se debe incluir entre los parámetros de monitoreo a: Fósforo, DBO, DQO y caudal.
- b) En el programa de monitoreo, establecer en un cuadro resumen, durante la remediación (control) y post remediación a la frecuencia de monitoreo, cantidad de monitoreos y período, parámetros, coordenadas de ubicación UTM WGS 84 y normativa empleada.

4.11. Observación 11.-

En el ítem 6.6. Plan de muestreo de comprobación, subítem 6.6.1 Sector Playa, se debe explicar la razón por la que no se incluye el monitoreo de agua subterránea, en el caso de que se detecten concentraciones residuales de TPH totales que reporten superación de los NRE, y se comprenda una segunda fase de bombeo y tratamiento de agua subterránea, con la finalidad de comprobar la efectividad del tratamiento. En ese sentido, de no justificar, incluir el plan de muestreo para agua subterránea correspondiente, precisando el detalle del muestreo.

4.12. Observación 12.-

El titular deberá establecer un Plan de Bombeo del agua subterránea para las actividades de remediación en función de los caudales y volúmenes proyectados a remediar y en correspondencia con los ensayos hidráulicos a realizar en las acciones previas a la remediación. Asimismo, establecer un plan de contingencia en caso de que los volúmenes proyectados de bombeo no lleguen a los valores meta de la remediación en concentración y/o tiempo.

4.13. Observación 13.-

En el apéndice VI, Evaluación de Impactos ambientales y medidas de manejo, en el Cuadro N° 08. Matriz de evaluación de Impactos, el titular debe incluir el posible impacto ambiental en agua superficial por el incremento de volumen de vertimiento y variación de calidad de agua por los parámetros contaminantes debido a la derivación de aguas tratadas en la poza API luego del tratamiento de agua subterránea, lo cual generaría un impacto acumulado en el cuerpo receptor.

Incluir la evaluación de posibles impactos ambientales en la Laguna natural por las actividades de remediación.

Incluir la actualización de la descripción de impactos ambientales, en relación al agua superficial (mar y laguna) y la determinación del nivel de significancia de impacto ambiental en el cuerpo hídrico.

Incluir la evaluación del posible impacto ambiental por actividad de bombeo de agua subterránea que podría afectar a otros usuarios cercanos al área de remediación, así como el posible impacto en el recurso hídrico, afectando su calidad, por la posible generación de intrusión salina.

En relación a los cuadros 9 y 10. Descripción de medidas ambientales- Sector Playa y Centro, se debe actualizar las medidas en relación a la inclusión de agua superficial, en concordancia con la evaluación de impactos ambientales realizada.

4.14. Observación 14.-

El administrado desarrolla el Apéndice II Estudios de caracterización, donde en el apartado 5.4.5 Hidrogeología desarrolla la hidrogeología local, en el Cuadro N° 32.- Información de los Piezómetros Instalados en Refinería Conchán, existe la incongruencia de la información de profundidad y niveles de agua, debido a que contrastando con la información desarrollada en el apartado 6.3.2.1 Puntos de Muestreo de Suelo y Agua Subterránea, Cuadro N°41.- Ubicación de los Piezómetros Existentes de la Fase de Identificación, ya que las profundidades de piezómetros no son coherentes con la información del cuadro N° 32. Se deberá de realizar la aclaración de las citadas informaciones en los cuadros mencionados y de ser el caso las correcciones pertinentes.

5. CONCLUSIÓN

De la evaluación realizada al Plan Dirigido a la Remediación - Refinería Conchán", presentado por PETROLEOS DEL PERU S.A.- PETROPERU., se encuentran catorce (14) observaciones, según el ítem 4, las cuales deben ser absueltas para que la Autoridad Nacional del Agua pueda emitir opinión favorable de acuerdo al artículo 81 de la Ley de Recursos Hídricos Ley 29338.

6. RECOMENDACIONES

- 6.1.** La Dirección General de Asuntos Ambientales de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas (DGAAH del MINEM), remita las observaciones a PETROLEOS DEL PERU S.A.-PETROPERU, a fin de que el PDR del presente Proyecto, cumpla con el sustento técnico y la normativa en relación a los recursos hídricos.
- 6.2.** La subsanación de observaciones se deberá presentar en medio digital de formatos PDF y editable (Word), la misma que debe estar completa (planos, anexos, informes, figuras, gráficos, tablas, etc.).

Es todo cuanto informo a usted, para su conocimiento y fines.

Atentamente,

FIRMADO DIGITALMENTE

WILFREDO QUISPE QUISPE

PROFESIONAL

DIRECCIÓN DE CALIDAD Y EVALUACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS