



PERÚ

Ministerio  
de Salud

Viceministerio  
de Salud Pública

Dirección General  
de Salud Ambiental  
e Inocuidad Alimentaria



MINSA  
DIGESA  
DCEA

Firmado digitalmente por:  
VIVANCO QUINO Naren Takur  
FAU 20131373237 hard  
Motivo: Soy el autor del  
documento  
Fecha: 19/12/2022 17:19:53-0500

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”  
“Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú”

Lima, 19 de diciembre del 2022

**OFICIO N° 10051-2022/DCEA/DIGESA**

Señora

**IRMA BLANCO ARANDA**

Directora

**DIRECCION DE EVALUACION AMBIENTAL EN LAS ACTIVIDADES  
HIDROCARBUROS-MINEM**

Av. Las Artes del Sur 260

San Borja.-

Asunto: Opinión Técnica Favorable para la Evaluación de Riesgos a la Salud Humana y el Ambiente (ERSA) previa a la Aprobación del Plan de Descontaminación de Suelos (PDS) del "Plan Dirigido a la Remediación-Estación Mora", presentado por PETRÓLEOS DEL PERÚ - PETROPERÚ S.A.

Referencia: Oficio N° 768-2022-MINEM/DGAAH/DEAH  
Expediente N° 73731-2022-OTERSA de 18/10/2022



De mi consideración:

Tengo a bien dirigirme a usted, en atención al documento de la referencia, comunicarle que vista la solicitud de su representada, emitir la Opinión Técnica Favorable para la Evaluación del Riesgo a la Salud Humana y el Ambiente (ERSA) previa a la Aprobación del Plan de Descontaminación de Suelos (PDS) del "Plan Dirigido a la Remediación-Estación Mora", presentado por PETRÓLEOS DEL PERÚ - PETROPERÚ S.A., presentado por PETRÓLEOS DEL PERÚ - PETROPERÚ S.A, conforme lo establece en el Procedimiento Administrativo N° 52 del Tupa vigente del MINSA, y según lo expresado en el **informe N° 14730-2022/DCEA/DIGESA**, que adjunto al presente para su conocimiento y fines.

Atentamente,

DOCUMENTO FIRMADO DIGITALMENTE

**Abg. Naren Taku Vivanco Quino**

Director Ejecutivo

Dirección de Certificaciones y Autorizaciones

Correo electrónico: <http://ventanillavirtual.minem.gob.pe>  
[ventanillavirtual.minem.gob.pe](http://ventanillavirtual.minem.gob.pe)

NTVQ/LMBG

[www.digesa.minsa.gob.pe](http://www.digesa.minsa.gob.pe)  
Calle Las Amapolas N° 350  
Urb. San Eugenio, Lince-Lima 14, Perú  
TLF: (511) 631-4430



**BICENTENARIO  
DEL PERÚ  
2021 - 2024**

Firmado digitalmente por:  
BACA GUTIERREZ Luz Marina  
FAU 20131373237 hard  
Motivo: Doy V° B°  
Fecha: 19/12/2022 15:11:40-0500

**INFORME N° 14730-2022/DCEA/DIGESA**

**A :** **Abg. NAREN TAKUR VIVANCO QUINO**  
Director Ejecutivo  
Dirección de Certificaciones y Autorizaciones

**Asunto :** Opinión Técnica Favorable para la Evaluación de Riesgos a la Salud Humana y el Ambiente (ERSA) previa a la Aprobación del Plan de Descontaminación de Suelos (PDS) del "Plan Dirigido a la Remediación-Estación Mora", presentado por PETRÓLEOS DEL PERÚ - PETROPERÚ S.A.

**Referencia :** Oficio N° 768-2022-MINEM/DGAAH/DEAH  
Expediente N° 73731-2022-OTERSA de 18/10/2022

**Fecha :** Lima, 16 de diciembre del 2022

**1. ANTECEDENTE**

Con fecha 18 de octubre de 2022, se recepciona en la Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria – DIGESA, el expediente de la Dirección de Evaluación Ambiental de Hidrocarburos-MINEM, mediante el cual solicita; Opinión Técnica Favorable para la Evaluación de Riesgos a la Salud Humana y el Ambiente (ERSA) previa a la Aprobación del Plan de Descontaminación de Suelos (PDS) del "Plan Dirigido a la Remediación-Estación Mora", presentado por PETRÓLEOS DEL PERÚ - PETROPERÚ S.A., ubicada en el distrito de Morona, Provincia de Datem del Marañón, Departamento de Loreto.

**2. BASE LEGAL.**

La solicitud presentada por la empresa está sujeta a la siguiente legislación:

- Ley N°26842 - Ley General de Salud y Ley N°29712 que modifica la Ley General de Salud en los Art. 105, 106 y 122.
- Decreto Supremo N°007-2016-SA, que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Salud.
- D.S. N°004-2019-JUS - Decreto Supremo que aprueba el Texto Único Ordenado de la Ley N° 27444- Ley del Procedimiento Administrativo General.
- Procedimiento 52° de la Resolución Ministerial N°263-2016/MINSA que Modifica el Texto Único de Procedimientos Administrativos - TUPA del Ministerio de Salud, aprobado por Decreto Supremo N°001-2016-SA.
- Ley N° 28611 – Ley General del Ambiente.
- Decreto Supremo N°002-2013-MINAM–Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo.
- Decreto Supremo N°002-2014-MINAM – Aprueban disposiciones complementarias para la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo.
- Resolución Ministerial N°258-2011/MINSA de fecha 04.04.2011; que aprueba el Documento Técnico "Política Nacional de Salud Ambiental 2011 – 2020".
- Decreto Supremo N°012-2017-MINAM – Aprueban criterios para la gestión de sitios contaminados.
- Resolución Ministerial N° 034-2015, Guía para la Elaboración de Estudios de Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente (ERSA) en Sitios Contaminados.
- Decreto Supremo N° 039-2016-EM que aprueba el Reglamento de la Ley N° 30321, Ley que crea el Fondo de Contingencia para Remediación Ambiental.
- Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM - Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo.



### 3. ANALISIS DEL ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE RIESGOS A LA SALUD Y EL AMBIENTE (ERSA) EN SITIOS CONTAMINADOS

Para el análisis del estudio se ha tenido en cuenta los riesgos potenciales (asociado a la presencia de sustancias peligrosas) de acuerdo al enfoque establecido en la Guía para elaboración de Planes de Descontaminación de Suelos aprobada a través de la Resolución Ministerial N° 085-2014-MINAM (en adelante, Guía PDS) y la Guía ERSA aprobada mediante Resolución Ministerial N° 034-2015- MINAM. Para esto se busca analizar los siguientes aspectos: los posibles escenarios de peligro de sustancias relacionados al foco o la fuente del sitio impactado, los mecanismos de transporte y distribución de dichas sustancias, así como las rutas de exposición para los receptores potenciales.

#### 3.1. DATOS GENERALES DEL ESTUDIO.

##### 3.1.1 Datos generales

Cuadro N° 01: Datos generales

Datos	Descripción
Razón Social	Petróleos del Perú S.A. (PETROPERÚ)
Domicilio fiscal	Avenida Canaval y Moreyra N° 150, San Isidro, Lima.
R.U.C.	20100128218
Representante Legal	Juan del Carmen Gallarday Pretto
Teléfono	(511) 614-5000
E-mail	jcgallarday@petroperu.com.pe /mesadepartesvirtual@petroperu.com.pe

Fuente: página 14

#### 3.2. ANTECEDENTES GENERALES E INFORMACIÓN RELEVANTE DEL SITIO

##### 3.2.1 Resumen de los estudios disponibles del sitio contaminado

Cuadro N° 02: Documentación relativa de Estación Morona

Actos Administrativos	Referencia	Fecha
Plan de Adecuación y Manejo Ambiental	Oficio N° 136-95-EM/DGH	19 de junio de 1995
Informe de Identificación de Sitios Potencialmente Contaminados- Oleoducto Norperuano-ONP (TECONEC)	TECONEC	Abril de 2015
Informe de Identificación de Sitios Contaminados(TECONEC)	TECONEC	Octubre de 2017
Evaluación de Riesgo a la Salud y el Ambiente (ERSA) en la Zona Noroeste de la Estación Morona (Empresa TECONEC)	TECONEC	2018
Informe de Identificación de Sitios Contaminados (Consorcio TEMA)	R.D N° 010-2019- MEM/DGAAHH	10 de enero de 2019
Supervisiones de OEFA (a partir de 2016)	N° Expediente / N° CUC*	Fecha de Supervisión
Acta de Supervisión	N° 003528	30 de mayo de 2012
Acta de Supervisión	N° 003523	30 de junio de 2012
Acta de Supervisión Especial	N° 005-2018-DSEM-CHID	12 y 14 de marzo de 2018
Acta de Supervisión Regular	N° 0079-2019-DSEM-CHID	24 al 27 de abril de 2019
Estudios especializados		Fecha
Adenda al Informe de Identificación de Sitios Contaminados (Consorcio TEMA)		2017
Estudio Hidrológico (empresa SERV GOLD S.A.C)		2015
Informe de Levantamiento de Suelo Impregnado, Almacenamiento Temporal Tratamiento y Disposición Final (Empresa OASIS S.A.A )		Mayo y Junio de 2012
Informe de los trabajos de Remediación realizados y Disposición Final de la Tierracontaminada de la Estación Morona		31 de mayo de 2013
Plan de Manejo de Residuos Sólidos		2016
Servicio Técnico Especializado de Limpieza y Remediación Ambiental de la Expoza de Suelos Empetroados y Residuos de la Zona Industrial de Estación Morona (Empresa LAMOR PERÚ S.A.C)		2018-2019

Fuente: folio 1474

## ▪ Investigación histórica del sitio

La Estación Morona inició sus operaciones en el año 1997. Actualmente, está ubicada sobre parte de la llanura aluvial del río Morona y a 100 m al Noroeste está ubicado el poblado Fernando Rosas, en donde existe presencia de áreas de cultivo. Previo a la instalación de la Estación Morona, no se conoce ningún otro uso del predio, por lo que se estima que se trataba de terrenos sin ningún uso, aunque atendiendo a las características del entorno, podría haber tenido algún uso agrícola.

## Eventos Históricos Importantes Ocurridos en Los Sitios Evaluados

**Cuadro N° 03.- Eventos Históricos Importantes de la Estación Morona**

Año	Evento	Documento de Referencia
1976	Construcción del Oleoducto Norperuano	IISC – Oleoducto Norperuano
1977	PETROPERU inició operaciones del Gran Sistema del Oleoducto Norperuano, que tiene un recorrido de 856 kilómetros	IISC – Oleoducto Norperuano / web PETROPERU
1994	Aprobación del PAMA del Oleoducto Norperuano	Oficio N° 136-95-EM/DGH
8/03/12	PETROPERU detecta presencia de trazas de hidrocarburo en el terreno de la zona adyacente a la Estación Morona. Se presentó un derrame cerca de la poza de Quema y la Trampa Scaper	Informe de PETROPERU
30/05/12	Incidente en la Estación Morona. En la supervisión del OEFA realizada a oleoducto entre 12 y 23 de mayo de 2014, se realizó monitoreo de la zona donde se acumulaba tierra impregnada con hidrocarburos, según informe N° 84-2013-OEFA/DS-HID.	Acta Supervisión Directa OEFA (12-23 de mayo 2014)
2012	Ingresa al OEFA la Declaración de Manejo de Residuos Sólidos 2011 y el Plan de Manejo de Residuos Sólidos 2012, correspondiente al Terminal Bayovar y Estaciones 9, 8, 7, 6, 5, 1, Morona y Andoas.	Carta N° ADOL-USIPA-044-2012
2014	OEFA reporta la supervisión de las Unidades del Oleoducto: Terminal Bayóvar, Estación Morona, Estación 8, Estación 7, Estación 6, Estación 5, Estación Andoas, Estación Morona y Estación 1 (Saramuro).	Acta de Supervisión OEFA
11/05/17	Evento Ambiental. PETROPERU detecta la presencia de afloramiento de hidrocarburo en la quebrada Shifeco	Reporte de PETROPERU
2018	OEFA realizó una Visita de Supervisión Especial del 12 al 14 de marzo de 2018. Supervisó la zona materia de denuncia ambiental en la quebrada Shifeco.	Acta de Supervisión N° 0058201DSEM-CHID
2019	OEFA, realizó una visita de Supervisión Regular del 24 al 27 de abril de 2019. Evidenció afectación a lo largo de la quebrada Shifeco.	Acta de Supervisión N° 0079201DSEM-CHID
2021	Inicio de Procedimiento Administrativo Sancionador (PAS) contra Petroperú.	RSD N° 010664-2021-OEFA/DFAI-SFEM

Fuente: página 1477

## ▪ Descripción e información del sitio

### Ubicación Geográfica

La Estación Morona se encuentra ubicada en la cuenca alta del río Morona, está asentada sobre una terraza media, es de relieve plano, con una ligera pendiente natural hacia el río Morona, con una altitud de 150 msnm. En tanto, en el entorno a la Estación se evidencian terrazas bajas inundables, terrazas medias depresionadas y colinas bajas, con pendientes entre 0-4% y 8-15%.

**Cuadro N° 05.- Ubicación Referencial de Los Sitios Evaluados**

Instalación de Referencia	Tipo	Coordenadas UTM (WGS 84) Zona 17 Sur	
		Este	Norte
Zona Adyacente a la Batería 201	Entorno	472 602	9 490 487
Batería 210	Batería	469 729	9 490 910
Zona Adyacente a la Batería 210	Entorno	469 734	9 490 850
Ducto cercano a Batería 17 - Tramo III	Ducto	473 859	9 490 774

Fuente: folio 1482

### Área del predio y área contaminada

La Estación Morona tiene una superficie total de 6,6 ha, aproximadamente, y se ubica a una altitud aproximadamente de 153 msnm.

La estimación de la superficie (m<sup>2</sup>) de suelo afectado se presenta a continuación:

- Área afectada por hidrocarburos
  - 3 270m<sup>2</sup> en el AI 1 - Cubeto de tanques de alivio y diésel, tanque de agua TV-1310 y tanque sumidero T-1308.
  - 628 m<sup>2</sup> en el AI 2 - Tanque TK 1305 y al sur del área de Motobombas Principales.
  - 831 m<sup>2</sup> en el AI 3- Al noreste y suroeste de la Zona de Enterramiento de crudo y al lado sur de la ex-poza.

#### **Tipo de Uso del Suelo**

El uso actual del suelo de la Estación Morona es de tipo industrial y el entorno de esta instalación corresponde a un tipo de uso de suelo agrícola. Forma parte del Sistema de Bombeo del Oleoducto Norperuano y cumple con la función de recepción y almacenamiento de diésel para uso propio, que sirve para el funcionamiento de los motogeneradores operativos para la generación de energía eléctrica que abastece a la estación, así como a la Comunidad Fernando Rosas.

#### **Origen de la contaminación y proceso contaminante**

La Estación Morona inició operaciones en el año 1977, contando con más de 40 años de operación en el sitio; por lo que el motivo de la afectación de las diferentes áreas afectadas podría encontrarse asociado al deterioro de las instalaciones con el paso del tiempo.

Del conjunto de áreas evaluadas, se confirmó que las tres (3) áreas de interés presentan afectación; en el AI 1 y AI 2 se detectó afectación en la zona saturada y no saturada, mientras en el AI 3 se evidenció afectación en la zona no saturada del subsuelo.

- En el caso del AI 1, correspondiente al cubeto de Tanques de Almacenamiento de Diésel y Crudo, Tanque de Agua TV-1310 y Tanque sumidero T-1308; la afectación en los tanques almacenamiento pudiera encontrarse relacionado al deterioro de los tanques, mientras, la afectación en el Tanque de Agua TV-1310 se deba posiblemente a que antiguamente este fue utilizado para almacenar combustible turbo jet A1. En esta área se tiene afectación por hidrocarburos en suelos y agua subterránea.
- En el caso del AI 2, correspondiente al Tanque sumidero (T-1308), Tanque de diésel TK-1305, Tanque sumidero (T-1307) y Motobombas Principales, la afectación pudiera encontrarse relacionada a las actividades que se realiza en la Estación. En esta área se tiene afectación por hidrocarburos en suelos y agua subterránea.  
Se detectó suelo afectado por presencia de hidrocarburos en el suelo, fase libre sobrenadante y disueltos en el agua subterránea, la afectación puede volatilizarse en sentido ascendente hacia la superficie. En el caso de la afección registrada en aguas, además, movilizarse hacia el entorno en dirección del flujo de agua subterránea.
- En el caso del AI 3, correspondiente Área de Enterramiento de crudo y la quebrada Shifeco hacia el oeste de la zona industrial, la afectación se encuentra relacionada al evento ambiental ocurrido cerca de la poza de quema y trampa de scraper (2012). En esta área se tiene afectación en la matriz suelo, agua superficial y sedimentos por hidrocarburos en suelos y metales.  
Los hidrocarburos detectados en el suelo pueden vaporizarse en sentido ascendente hacia la superficie por encontrarse el contaminante en la superficie. Mientras, en la quebrada Shifeco el contaminante puede movilizarse por escorrentía de agua superficial en dirección hacia el río Morona.

### **Barreras de acceso**

La Estación Morona es accesible a través de la vía terrestre, fluvial y aérea: vía aérea, desde la ciudad de Lima hasta Jaén; luego por vía terrestre, ciudad de Bagua Chica-San Rosa (Estación)- Saramiriza; y finalmente, vía fluvial hasta la Estación Morona. La instalación se encuentra ubicada al margen derecho del río Morona.

## ▪ **Características generales naturales del sitio**

### **Geología**

La geología identificada en la Estación Morona corresponde a la formación holoceno, donde se encuentra una unidad geológica de depósitos aluviales recientes, conformada por la acumulación de materiales en el lecho de ríos y en las paredes laterales de las quebradas, estando estas constituidas por materiales polimícticos de tamaño variado desde arcillas hasta gravas moderadamente clasificadas.

La zona de estudio pertenece al subgrupo Arenic Hapludults, presenta una secuencia de horizontes A-AB-Bt1-Bt2-C, epipedón óchrico y horizonte subsuperficial argílico. El régimen de humedad es údico y el de temperatura isohipertérmico. Es un suelo de origen residual que se encuentra sobre colinas con pendientes entre 15 y 25 %.

### **Hidrogeología e Hidrología**

#### **a. Cuerpos de Agua Superficial**

La Estación Morona pertenece al Sector Oriente, se ubica en la cuenca de río Marañón. En el río Morona, la diferencia del nivel de agua entre las épocas de creciente y estiaje es de aproximadamente 3 metros, y el río Morona cuenta con un ancho promedio de 170 metros. Asimismo, la Estación se encuentra ubicada al Oeste de la margen derecha del río Morona. Las Instalaciones Portuarias de la Estación están ubicadas sobre el río Morona, y la Zona Industrial se ubica a más de 50 m del río. Al Oeste de la Estación está la quebrada Shifeco (drenaje) que desemboca en el río Morona.

De la evaluación realizada en campo, se conoce que la quebrada Shifeco es estacional, y se alimenta principalmente del agua proveniente de los dos manantiales que afloran en la cabecera de la quebrada y por las constantes lluvias que presenta esta zona.

#### **b. Cuerpos de Agua Subterránea**

La Estación Morona se encuentra emplazada sobre un Acuífero Poroso No Consolidado Media (APNCm) de Neogeno Cuaternario- Continental, conformado por formaciones detríticas permeables en general no consolidadas. Corresponde acuíferos locales o discontinuos productivos, o acuíferos extensos pero solo moderadamente productivos (permeabilidad media).

En la medición de niveles realizada en los piezómetros instalados, el agua subterránea se encontró entre los 0,6 m y los 2,1 m bajo el nivel de la superficie en la zona del AI 1 y de 0,5 m a 3,5 m bajo el nivel de la superficie en la zona del AI 2, donde en el AI 1 la dirección predominante del flujo del agua subterránea es hacia el noreste en dirección al río Morona, mientras, en el AI 2 el flujo es hacia el noroeste en dirección a la quebrada Shifeco y posterior al río Morona.

A partir de las mediciones de los parámetros de campo, se tiene que las aguas subterráneas son de pH neutro a ligeramente ácido y corresponden a aguas dulces.

Los resultados obtenidos durante el ensayo hidráulico indican que el subsuelo es poco permeable y una transmisibilidad de acuífero pobre.

Por otro lado, se detectó captaciones de agua para el consumo y riego en el entorno próximo (aguas arriba) a la Estación Morona; los manantiales más cercanos se encuentran a aproximadamente entre 30 y 40 m hacia el suroeste del emplazamiento, estos afloran al inicio de la quebrada Shifeco que discurre por el mismo hasta llegar a desembocar en el río Morona.

### Descripción de la topografía

La Estación Morona está asentada sobre una terraza media, de relieve plano, con una ligera pendiente natural hacia el río Morona, con una altitud aproximada de 150 msnm. En tanto, en el entorno a la Estación se evidencian terrazas bajas inundables, terrazas medias depresionadas y colinas bajas, con pendientes entre 0-4% y 8-15%.

### Datos climáticos

El clima en la región donde se ubican Los Sitios es cálido y desértico, debido al gran potencial térmico que almacenan las arenas, debido a la radiación solar con intensa evaporación en el día; sin embargo, las condiciones atmosféricas no tienen efecto predominante sobre las condiciones de mayor riesgo ambiental; a excepción de aquellas directamente relacionadas con el fenómeno El Niño, donde las precipitaciones pluviales, actúan como un agente erosivo sobre las quebradas normalmente secas.

**Cuadro N° 06.- Ubicación de las Estaciones Meteorológicas**

Estación Meteorológica	Ubicación política	Coordenadas UTM (WGS 84)			Elevación (msnm)	Parámetros y periodo de registro	Distancia de Estación Morona
		Este	Norte	Zona UTM			
Sargento Puño	Alto Amazonas- distrito de Morona	211 039	9 644 090	18M	150	Precipitación 1965- 1984	94 km* NW

Fuente: folio 1482

### Caracterización de la contaminación

Las Fases de Identificación y Caracterización comprendieron la ejecución tanto de trabajos de campo como de labores de gabinete. Los trabajos de campo incluyeron la realización de sondeos para la medición de compuestos orgánicos volátiles (COV) mediante la técnica head space y la toma de muestras de suelo, instalación de piezómetros para la toma de muestras de agua subterránea y la realización de ensayos hidráulicos, así como la toma de muestras de agua superficial y sedimentos.

### Fase de Identificación

Como parte de la Fase de Identificación, en la Estación Morona se realizaron veintiuno (21) puntos de muestreo de suelo en las áreas de potencial interés, en los cuales se tomaron un total de sesenta y tres (63) muestras de suelo para la cuantificación e identificación de las áreas afectadas. Asimismo, cuatro (4) puntos de muestreo incluyeron la instalación de piezómetros de control.

### A.Resultados Analíticos

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
 “Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”  
 “Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú”

**Cuadro N° 07.- Resultados Analíticos de las Muestras de Suelos – Fase de Identificación**

Área de Interés	Código de muestra	Punto de Muestreo	Concentración en mg/Kg																
			Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH)			Benceno	Tolueno	Etilbenceno	Xilenos	Naftaleno	Benzo(a)pireno	Cromo Hexavalente	Mercurio	Arsénico	Bario	Cadmio	Cromo	Plomo	PCB
			F1 (C6-C10)	F2 (>C10-C28)	F3 (>C28-C40)														
ECA para Suelo de Uso Comercial / Industrial / Extractivo			500	5000	6000	0,03	0,37	0,082	11	22	0,7	1,4	24	140	2 000	22	1 000	800	33
S/N	6598-518-P01-0,75	P01	< 0,6	129,8	135,7	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,12	< 3,5	178,7	< 0,5		11	-
S/N	6598-518-P01-1,50	P01	< 0,6	82,9	90,6	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,12	< 3,5	397,2	< 0,5		11	-
S/N	6598-518-P01-3,50	P01	< 0,6	< 0,9	< 0,9	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,04	< 3,5	23,7	< 0,5		< 2	-
S/N	6598-518-P02-0,25	P02	< 0,6	797,2	2563	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	< 0,01	< 3,5	77,3	< 0,5		8	-
S/N	6598-518-P02-2,50	P02	< 0,6	25,4	41,5	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,02	< 3,5	178,8	< 0,5		9	-
S/N	6598-518-P02-3,00	P02	< 0,6	23,7	529,9	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,06	7,5	188,2	< 0,5		15	-
S/N	6598-518-P03-0,25	P03	6,7	4095	719,9	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,02	< 3,5	75,8	< 0,5		11	-
S/N	6598-518-P03-1,50	P03	< 0,6	135,3	35,5	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,03	< 3,5	187,2	< 0,5		14	-
S/N	6598-518-P03-3,00	P03	< 0,6	615,1	1015	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,05	4,6	186	< 0,5		14	-
S/N	6598-518-P04-0,75	P04	< 0,6	72,7	23,4	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,08	< 3,5	356,1	< 0,5		14	-
S/N	6598-518-P04-1,75	P04	< 0,6	< 0,9	< 0,9	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,02	< 3,5	185,7	< 0,5		9	-
S/N	6598-518-P04-2,75	P04	< 0,6	53	856,7	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,13	< 3,5	557,2	< 0,5		17	-
S/N	6598-518-P05-0,50	P05	11,5	3638	5273	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,03	< 3,5	74,9	< 0,5		24	-
S/N	6598-518-P05-1,00	P05	< 0,6	87,3	176,8	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,04	< 3,5	873,8	< 0,5		12	-
S/N	6598-518-P05-2,75	P05	< 0,6	< 0,9	< 0,9	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,14	< 3,5	697,4	< 0,5		16	-
S/N	6598-518-P06-0,75	P06	< 0,6	24,6	99,3	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,17	< 3,5	577,5	< 0,5		19	-
S/N	6598-518-P06-1,50	P06	< 0,6	15,1	62,3	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,07	< 3,5	447,5	< 0,5		18	-
S/N	6598-518-P06-2,75	P06	< 0,6	< 0,9	< 0,9	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,08	< 3,5	298,7	< 0,5		15	-
S/N	6598-518-P07-0,25	P07	15,9	6 401	636,7	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,07	< 3,5	82,4	< 0,5		8	-
S/N	6598-518-P07-0,50	P07	< 0,6	96,1	22,8	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,05	< 3,5	237,8	< 0,5		20	-
S/N	6598-518-P07-2,75	P07	< 0,6	76,4	1606	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,11	12,5	246,8	< 0,5		13	-
S/N	6598-518-P08-0,75	P08	< 0,6	79,9	28,2	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,03	< 3,5	209,6	< 0,5		9	-
S/N	6598-518-P08-1,75	P08	< 0,6	< 0,9	< 0,9	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	< 0,01	< 3,5	138,2	< 0,5		7	-
S/N	6598-518-P08-2,75	P08	< 0,6	< 0,9	< 0,9	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	< 0,01	< 3,5	143,8	< 0,5		6	-
S/N	6598-518-P09-0,75	P09	27,4	7 201	389,4	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	< 0,01	< 3,5	63	< 0,5		10	-
S/N	6598-518-P09-1,50	P09	< 0,6	35,6	22	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,08	< 3,5	235,9	< 0,5		14	-
S/N	6598-518-P09-2,75	P09	< 0,6	83,7	< 0,9	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,02	< 3,5	204,9	< 0,5		4	-
S/N	6598-518-P10-0,00	P10	< 0,6	285,4	797,7	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,19	< 3,5	66,3	< 0,5		47	-
S/N	6598-518-P10-1,00	P10	< 0,6	45,8	13,1	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,18	< 3,5	404,3	< 0,5		18	-
S/N	6598-518-P10-3,00	P10	< 0,6	26,8	868	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,11	< 3,5	348,1	< 0,5		17	-
S/N	6598-518-P10-0,00	P10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,042
S/N	6598-518-P11-0,75	P11	< 0,6	< 0,9	< 0,9	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,12	< 3,5	508,5	< 0,5		14	-
S/N	6598-518-P11-1,50	P11	< 0,6	< 0,9	< 0,9	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,04	< 3,5	358,2	< 0,5		14	-
S/N	6598-518-P11-2,75	P11	< 0,6	< 0,9	< 0,9	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,04	< 3,5	175,6	< 0,5		13	-
S/N	6598-518-P11-0,00	P11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,042
S/N	6598-518-P12-0,25	P12	11	2 899	618	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,02	< 3,5	75,3	< 0,5		8	-
S/N	6598-518-P12-1,75	P12	< 0,6	< 0,9	< 0,9	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,02	4,4	223,4	< 0,5		9	-



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
 “Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”  
 “Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú”

**Cuadro N° 08.- Resultados Analíticos de las Muestras de Suelos – Fase de Identificación**

Área de Interés	Código de muestra	Punto de Muestreo	Concentración en mg/Kg																
			Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH)			Benceno	Tolueno	Etilbenceno	Xilenos	Naftaleno	Ben(a)pireno	Cromo Hexavalente	Mercurio	Arsénico	Bario	Cadmio	Cromo	Plomo	PCB
			F1	F2	F3														
			(C6-C10)	(>C10-C28)	(>C28-C40)														
<b>ECA para Suelo de Uso Comercial / Industrial / Extractivo</b>			<b>500</b>	<b>5000</b>	<b>6000</b>	<b>0,03</b>	<b>0,37</b>	<b>0,082</b>	<b>11</b>	<b>22</b>	<b>0,7</b>	<b>1,4</b>	<b>24</b>	<b>140</b>	<b>2 000</b>	<b>22</b>	<b>1 000</b>	<b>800</b>	<b>33</b>
S/N	6598-518-P12-3,25	P12	< 0,6	< 0,9	< 0,9	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,06	< 3,5	298,3	< 0,5		16	-
S/N	6598-518-P13-0,50	P13	< 0,6	< 0,9	< 0,9	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,04	< 3,5	347	< 0,5		13	-
S/N	6598-518-P13-1,75	P13	< 0,6	< 0,9	< 0,9	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,02	< 3,5	322,3	< 0,5		11	-
S/N	6598-518-P13-2,75	P13	< 0,6	< 0,9	< 0,9	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	< 0,01	< 3,5	165,1	< 0,5		6	-
S/N	6598-518-P14-0,50	P14	< 0,6	53,8	196,6	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,02	< 3,5	163,7	< 0,5		10	-
S/N	6598-518-P14-1,00	P14	< 0,6	< 0,9	< 0,9	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	< 0,01	< 3,5	110,6	< 0,5		6	-
S/N	6598-518-P14-3,00	P14	< 0,6	< 0,9	< 0,9	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,06	< 3,5	314,1	< 0,5		12	-
S/N	6598-518-P15-0,50	P15	< 0,6	74,7	74,3	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,09	< 3,5	288,6	< 0,5		14	-
S/N	6598-518-P15-1,00	P15	< 0,6	1390	2384	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,09	< 3,5	312,2	< 0,5		25	-
S/N	6598-518-P15-2,25	P15	< 0,6	116,9	132	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,03	< 3,5	427,4	< 0,5		8	-
S/N	6598-518-P16-0,75	P16	< 0,6	< 0,9	< 0,9	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,09	< 3,5	181,6	< 0,5		11	-
S/N	6598-518-P16-1,75	P16	< 0,6	< 0,9	< 0,9	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,03	< 3,5	139,2	< 0,5		9	-
S/N	6598-518-P16-2,75	P16	< 0,6	< 0,9	< 0,9	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,13	< 3,5	577,8	< 0,5		17	-
S/N	6598-518-P16-0,00	P16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,042
S/N	6598-518-P17-0,75	P17	< 0,6	< 0,9	< 0,9	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,18	< 3,5	317,7	< 0,5		12	-
S/N	6598-518-P17-1,75	P17	< 0,6	< 0,9	< 0,9	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,06	< 3,5	595,4	< 0,5		7	-
S/N	6598-518-P17-2,75	P17	< 0,6	< 0,9	< 0,9	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,05	< 3,5	296,5	< 0,5		9	-
S/N	6598-518-P18-0,75	P18	< 0,6	43,3	78,3	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,04	< 3,5	166,3	< 0,5		8	-
S/N	6598-518-P18-2,25	P18	< 0,6	< 0,9	15	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,04	< 3,5	374	< 0,5		7	-
S/N	6598-518-P18-2,75	P18	< 0,6	26,9	46,3	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,07	< 3,5	289,8	< 0,5		13	-
S/N	6598-518-P19-0,75	P19	< 0,6	< 0,9	< 0,9	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,02	< 3,5	67,5	< 0,5		9	-
S/N	6598-518-P19-1,50	P19	15,1	391,7	58,1	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,06	< 3,5	152,9	< 0,5		13	-
S/N	6598-518-P19-2,75	P19	< 0,6	29,6	< 0,9	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,06	< 3,5	103,5	< 0,5		14	-
S/N	6598-518-P20-0,00	P20	< 0,6	231,7	933	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,03	< 3,5	330,1	< 0,5		9	-
S/N	6598-518-P20-1,00	P20	< 0,6	< 0,9	< 0,9	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,02	< 3,5	150,4	< 0,5		5	-
S/N	6598-518-P20-2,75	P20	< 0,6	< 0,9	23,2	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,03	< 3,5	181,2	< 0,5		12	-
S/N	6598-518-P21-0,75	P21	15,3	3690	263,4	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	< 0,01	< 3,5	65,1	< 0,5		5	-
S/N	6598-518-P21-2,25	P21	5,4	874,6	88,8	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,02	< 3,5	190,6	< 0,5		9	-

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
 “Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”  
 “Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú”

Área de Interés	Código de muestra	Punto de Muestreo	Concentración en mg/Kg																
			Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH)			Benceno	Tolueno	Etilbenceno	Xilenos	Naftaleno	Beno(a)pireno	Cromo Hexavalente	Mercurio	Arsénico	Bario	Cadmio	Cromo	Plomo	PCB
			F1	F2	F3														
			(C6-C10)	(>C10-C28)	(>C28-C40)														
<b>ECA para Suelo de Uso Comercial / Industrial / Extractivo</b>			<b>500</b>	<b>5000</b>	<b>6000</b>	<b>0,03</b>	<b>0,37</b>	<b>0,082</b>	<b>11</b>	<b>22</b>	<b>0,7</b>	<b>1,4</b>	<b>24</b>	<b>140</b>	<b>2 000</b>	<b>22</b>	<b>1 000</b>	<b>800</b>	<b>33</b>
S/N	6598-518-P21-3,25	P21	< 0,6	29,8	< 0,9	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 0,2	0,1	< 3,5	415,9	< 0,5		13	-

Fuente: Folio 1486

**Cuadro N° 08.- Control de Calidad – Duplicados de los Resultados Analíticos de las Muestras de Suelos - Identificación**

Código de Muestra	Laboratorio	Concentración en (mg/Kg) MS														
		F1	F2	F3	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	Xilenos	Benzo (a) Pireno	Naftaleno	As	Ba	Cd	Pb	Hg	Cr VI
6598-518-P19-1.50	CORPLAB	15,1	391,7	58,1	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 3,5	152,9	< 0,5	13	0,06	< 0,2
6598-518-P19-1.50	SGS	165,89	171	41	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,016	<0,01	2,369	140,51	0,44	14,276	0,0473	<0,11
6598-518-P03-0.25	CORPLAB	6,7	4 095	719,9	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 3,5	75,8	< 0,5	11	0,02	< 0,2
6598-518-P03-0.25	SGS	2,17	3 289	467	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,016	<0,01	1,026	70,8	0,182	6,837	0,0215	<0,11
6598-518-P18-0.75	CORPLAB	< 0,6	43,3	78,3	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 3,5	166,3	< 0,5	8	0,04	< 0,2
6598-518-P18-0.75	SGS	3,92	31	64	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,016	<0,01	1,638	189,02	0,32	11,461	0,038	<0,11
6598-518-P02-2.50	CORPLAB	< 0,6	25,4	41,5	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 3,5	178,8	< 0,5	9	0,02	< 0,2
6598-518-P02-0.25	SGS	< 0,6	139	439	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,016	<0,01	1,1318	116,91	0,237	7,394	0,0296	<0,11
6598-518-P09-0.75	CORPLAB	27,4	7 201	389,4	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 3,5	63,0	< 0,5	10	< 0,01	< 0,2
6598-518-P09-0.75	SGS	32,87	8 032	825	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,016	<0,01	< 0,897	54,63	0,167	5,656	0,0275	<0,11
6598-518-P21-0.75	CORPLAB	15,3	3690	263,4	< 0,004	< 0,012	< 0,008	< 0,019	< 0,002	< 0,002	< 3,5	65,1	< 0,5	5	< 0,01	< 0,2
6598-518-P21-0.75	SGS	0,67	2 798	505	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,016	<0,01	< 0,897	59,73	0,159	6,078	0,0238	<0,11

Fuente: folio 1486

## Resultados de las Muestras de Agua Subterránea

**Cuadro N° 09.- Mediciones de Dispositivos de Control (noviembre de 2021)**

Piezómetro	fecha	Profundidad del piezómetro (m)	Profundidad de producto (m)	Profundidad del nivel freático (m)
P05	30/09/2016	2,65	ND	0,470
P12	30/09/2016	2,43	ND	1,910
P14 <sup>1</sup>	30/09/2016	2,36	ND	1,310
P15 <sup>2</sup>	30/09/2016	2,65	ND	1,210

Fuente: Folio 1488

**Cuadro N° 10.- Resultados Analíticos de las Muestras de Agua Subterránea - Identificación**

D.S. N° 004-2017-MINAM (Categoría 4, ríos selva)	0,5	0,15	1	0,00025	0,0025	0,0001	0,011	
Normativa Holandesa (Soil Remediation Circular 2013)	-	0,6	0,06	0,625	0,006	0,075	0,0003	NR
Límite de Detección-Laboratorio	0,21	0,04	0,02	0,0006	0,002	0,02	0,00005	0,002
Muestra	Concentración en (mg/L)							
	MS							
	TPH (C5-C10)	TPH (C10-C40)	As	Ba	Cd	Pb	Hg	Cr VI
6598-518-P05	< 0,21	<b>10,06</b>	< 0,02	<b>1,476</b>	< 0,002	<b>0,02</b>	<b>0,00011</b>	< 0,002
6598-518-P12	< 0,21	<b>0,51</b>	< 0,02	<b>0,7684</b>	< 0,002	< 0,02	<b>0,00013</b>	< 0,002
6598-518-P14	< 0,21	< 0,04	< 0,02	0,5267	< 0,002	< 0,02	< 0,00005	< 0,002
6598-518-P15	< 0,21	<b>1,26</b>	< 0,02	<b>1,425</b>	< 0,002	<b>0,03</b>	<b>0,00011</b>	< 0,002

Fuente: Folio 1488

### B. Conclusiones del IISC

El Informe de Identificación de Sitios Contaminados (IISC) de Estación Morona indica que se detectaron indicios de afectación por presencia de hidrocarburos en suelo y agua subterránea, por lo que se debe proceder a la fase Caracterización del ECA para Suelo. El IISC de Estación Morona fue aprobado el 10 de enero de 2019 mediante Resolución Directoral N°010-2019- MINEM/DGAAH. A continuación, se presenta el resumen de la afectación identificada en el IISC:

- El AI 1, corresponde al Oeste del cubeto del Tanque TV-1302 (P07) y alrededor del Tanque TV1310 (P09). En la Fase de Identificación se reportó dos (2) puntos (P07 y P09) de muestreo con afectación por presencia de fracción F2 de TPH (6 401- 7 201 mg/kg), desde la superficie hasta 1,0 m, tanto en la zona no saturada como en la zona saturada del suelo. La primera aparición de agua se detectó entre 0,5 m y 1,0 m de profundidad. Asimismo, en el piezómetro P12 se detectó superación de los valores de referencia para TPH, bario y mercurio total en el agua subterránea.
- En el AI 2, ubicada en el centro de las Motobombas Principales, los resultados de la muestra P05 muestran presencia de hidrocarburos TPH (C10-C40) disuelto, bario total y plomo total, con concentraciones que superan los valores de referencia de la categoría 4 del ECA para Agua y la Normativa Holandesa. En esta muestra también se detecta una concentración de mercurio total superior a la categoría 4 del ECA para Agua.
- El AI 3, al lado este de la ex-poza, en el piezómetro P15 se muestran presencia de hidrocarburos TPH (C10-C40) disuelto y bario total, con concentraciones que superan el valor de referencia de la categoría 4 del ECA para Agua y de la Normativa Holandesa. En esta muestra también se detecta una concentración de plomo y mercurio total superior a la categoría 4 del ECA para Agua.

### 3.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

#### 3.3.1 Determinación de los contaminantes de preocupación

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
 “Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”  
 “Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú”

**Cuadro N° 11.- Compuestos de Preocupación y Concentraciones Representativas**

Compuesto de preocupación <sup>1,2,3</sup>		AI 1						AI 2						AI 3								
		Suelos		Suelo superficial		Aguas		Suelos		Suelo superficial		Aguas		Suelos		Aguas		Sedimentos		Aguas superficiales		
		Concentración (mg/kg)	PDM	Concentración (mg/kg)	PDM	Concentración (mg/l)	PDM	Concentración (mg/kg)	PDM	Concentración (mg/kg)	PDM	Concentración (mg/l)	PDM	Concentración (mg/kg)	PDM	Concentración (mg/l)	PDM	Concentración (mg/kg)	PDM	Concentración (mg/l)	PDM	
TPH	F1 (C6-C10)	35,90	C7(0,6-0,9)	35,90	C7(0,6-0,9)	-	-	50,5	C24(0,4-0,6)	50,5	C24(0,4-0,6)	-	-	1369	A1 (0-0,3)	-	-	0,7	SED5	-	-	
	F2 (C10- C28)	7269,00	C13(0,6-0,9)	7269,00	C13(0,6-0,9)	12,62	P12	17502	C24(0,4-0,6)	17502	C24(0,4-0,6)	9,221	C16	24593	A1 (0-0,3)	-	-	6940	SED5	0,582	AS3	
	F3 (C28- C40)	1606	P07(2,75-3,0)			2,376	P12	6498	C16(0,6-0,9)	6498	C16(0,6-0,9)	10,06	P05	34586	A1 (0-0,3)	1,26	P15	26999	148,7,SHI-2	0,916	AS3	
BTEX	Xilenos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02919	SED1	-	-	
PAH	Naftaleno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,142	A1 (0-0,3)	-	-	-	-	-	-	
Metales	Cromo Hexavalente	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4879	C27(0-0,3)	-	-	-	-	-	-	
	Mercurio	0,19	P10 (0-0,25)	0,19	P10 (0-0,25)	0,00013	P12	0,18	5(2,75-3,0)	0,17	P06 (0,75)	0,00011	P05	0,09	P15 (0,5-0,75)	0,00011	P15	0,05	SED1	-	-	
	Arsénico	12,5	P07(2,75-3)	-	-	0,0055	P12	7,5	P02(3-3,25)	-	-	0,0214	P05	-	-	-	-	3,005	SED2	0,0109	148,3a,ESP-1	
	Bario	557,2	P04(2,75-3)	404,3	P10 (1,0)	0,7684	P12	873,8	P05(1-1,25)	577,5	P06 (0,75)	1,476	P05	641	A4 (0-0,3)	1,425	P15	590,8	SED4	1,347	148,3a,ESP-1	
	Cadmio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,61	SED2	0,00391	148,3a,ESP-1	
	Cromo	-	-	-	-	-	-	23,6	C19(0-0,3)	23,6	C19(0-0,3)	0	-	80,3	A4 (0-0,3)	-	-	74,8	SED4	0,0972	148,3a,ESP-1	
	Plomo	47	P10 (0-0,25)	47	P10 (0-0,25)	0,0092	P12	30,7	C15 (0-0,30)	30,7	C15 (0-0,30)	0,02	P05	25	P15 (1-1,25)	0,03	P15	30,3	SED4	0,1777	148,3a,ESP-1	
	Aluminio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	62,72	148,3a,ESP-1
	Antimonio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00385	148,3a,ESP-1
	Berilio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00237	148,3a,ESP-1
	Cobre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,27068	148,3a,ESP-1
	Manganeso	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,677	148,3a,ESP-1
	Níquel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,0551	AS9
	Talio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00071	148,3a,ESP-1
Zinc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,816	148,3a,ESP-2	

Fuente: folio 1520

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
 “Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”  
 “Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú”

**Cuadro N° 12.- Características del Subsuelo de cada Sector**

Parámetro	AI1	AI2	AI3
Tipo de suelo <sup>15</sup>	Arenas	Arenas limosas	Arenas
Carbono orgánico total <sup>16</sup>	0,011774	0,00986	0,011774
Longitud del suelo afectado paralelo a la dirección de los vientos.	47 m. Correspondiente a la máxima distancia entre puntos de máxima afección ensuelos (P07 y C7).	8 m. Correspondiente a la distancia entre los puntos con máxima afección en suelos (C16 y C24).	37 m. De manera conservadora se toma la máxima distancia entre el punto A1 (máximo en compuestos volátiles) y P15 (siendo este el punto más alejado con concentración de metales).
Ubicación de afección zona no saturada <sup>17</sup>	Entre 0,6 y 3,0 m. Correspondiente a la mínima y máxima profundidad de máxima afección por compuestos volátiles (C7 y P07)	Entre 0,4 y 0,9 m. Correspondiente a la mínima y máxima profundidad de máxima afección por compuestos volátiles (C24 y C16)	Entre 0,0 y 0,3 m. Correspondiente a la mínima y máxima profundidad de máxima afección (A1)
Profundidad de las aguas <sup>18</sup>	1,619 m	1,811 m	1,210
pH <sup>19</sup>	6,26	5,79	6,8
Ancho de pluma	47 m. De manera conservadora se contempla el mismo ancho de pluma que longitud de suelo afectado aunque la máxima afección detectada para todos los parámetros se identifica en el punto P12.	14 m. Correspondiente a la distancia entre P05 y C16, puntos con máxima afección en aguas.	37 m. De manera conservadora se contempla el mismo ancho de pluma que longitud de suelo afectado aunque la máxima afección detectada para todos los parámetros se identifica en el punto P15.

Fuente: Folio 1521

### 3.3.2. Modelo conceptual inicial del sitio

Durante la evaluación del sitio, el MCS se retroalimenta con la nueva información obtenida para complementar los conocimientos sobre su contaminación, los receptores, las rutas de migración de los contaminantes y las vías de exposición supuestos inicialmente.

#### ▪ Escenarios de Evaluación de Ecosistemas

**Cuadro N° 13.- Modelo Conceptual Inicial (Revisado) del Sitio**

Focos	Sustancias de potencial Interés (para cada matriz evaluada)	Posibles Vías de Propagación	Posibles Vías de Exposición	Receptores Potenciales
AI 1 y AI 2:	<b>Suelos y aguas subterráneas:</b> TPH (F1, F2 y F3) y metales	Volatilización desde el subsuelo hacia la superficie (suelo y aguas subterráneas)	Inhalación de vapores espacios abiertos	Trabajadores de la Estación Morona
		Emisión de partículas por acción del viento (suelo superficial)	Sector AI2: Inhalación de vapores espacios cerrados Inhalación de partículas espacios abiertos	
AI 3:	<b>Suelo:</b> TPH (F1, F2 y F3), naftaleno y metales <b>Aguas subterráneas:</b> TPH (F3) y metales	Volatilización desde el subsuelo (suelo y aguas subterráneas) hacia la superficie	Inhalación de vapores en espacios abiertos	Trabajadores de la Estación Morona
		Emisión de partículas por acción del viento suelo superficial	Inhalación de partículas espacios abiertos	
	<b>Agua superficial:</b> TPH (F2, F3) y metales <b>Sedimento:</b> TPH (F1, F2 y F3), xilenos y metales	Vías directas	Contacto e ingestión accidental con agua superficial y sedimentos de la quebrada Shifeco	Hipotético transeúnte (uso recreativo)

Fuente: Folio 1523

#### ▪ Escenarios de Evaluación de Ecosistemas

En el caso de la evaluación de ecosistemas, la situación de riesgo ecológico no se considera relevante para las áreas de interés evaluadas en la Estación Morona y su entorno próximo.

### 3.4 EVALUACIÓN DE LA TOXICIDAD

#### 3.4.1. Evaluación de la toxicidad para seres humano

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
 “Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”  
 “Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú”

**Cuadro N° 14.- Propiedades Físico-Químicas de Contaminantes de Preocupación**

Compuestos de preocupación		Nº CAS	Peso molecular	Solubilidad	Límite de saturación en suelo	Presión de vapor	Constante de Henry	log (Koc) o log (Kd)
Unidades		-	[g/mol]	[mg/L]	[mg/kg]	[mm Hg]	-	log[L/kg]
Hidrocarburos totales del petróleo Cadenas alifáticas	<b>C5-C6</b>	T-al0506	81	36	8,48E+01	2,66E+02	3,25E+01	2,90E+00
	<b>C6-C8*</b>	T-al0608	<b>100</b>	<b>5,4</b>	1,67E+02	2,66E+02	3,25E+01	2,90E+00
	<b>C8-C10</b>	T-al0810	130	0,43	1,01E+02	4,79E+00	7,85E+01	4,50E+00
	<b>C10-C12</b>	T-al1012	160	0,034	4,49E+01	4,79E-01	1,22E+02	5,40E+00
	<b>C12-C16</b>	T-al1216	200	0,00076	1,86E+01	3,65E-02	5,21E+02	6,70E+00
	<b>C16-C21</b>	T-al1621	270	0,0000025	1,86E+01	8,36E-04	4,90E+03	8,80E+00
	<b>C21-C34</b>	T-al2134	400	0,0000025	8,48E+01	3,34E-07	7,26E+03	8,80E+00
Hidrocarburos totales del petróleo Cadenas aromáticas	<b>C7-C8</b>	T-ar0708	92	520	7,56E+03	2,89E+01	2,77E-01	2,40E+00
	<b>C8-C10</b>	T-ar0810	120	65	1,22E+03	4,79E+00	4,80E-01	3,20E+00
	<b>C10-C12</b>	T-ar1012	130	25	7,41E+02	4,79E-01	1,35E-01	3,40E+00
	<b>C12-C16</b>	T-ar1216	150	5,8	3,43E+02	3,65E-02	5,12E-02	3,70E+00
	<b>C16-C21</b>	T-ar1621	190	0,65	1,21E+02	8,36E-04	1,33E-02	4,20E+00
	<b>C21-C35</b>	T-ar2134	240	0,0066	9,78E+00	3,34E-07	6,60E-04	5,10E+00
Metales	<b>Arsénico</b>	7440-38-2	74,9216	0	1,00E+06	0,00E+00	0,00E+00	f(pH)
	<b>Bario</b>	7440-39-3	137,33	0	1,00E+06	0,00E+00	0,00E+00	f(pH)
	<b>Cadmio</b>	7440-43-9	112,41	0	1,00E+06	0,00E+00	0,00E+00	f(pH)
	<b>Cromo</b>	16065-83-1	51,9961	0	1,00E+06	0,00E+00	0,00E+00	f(pH)
	<b>Mercurio</b>	7439-97-6	200,59	0,03	1,00E+06	1,30E-03	4,74E-01	f(pH)
	<b>Plomo</b>	7439-92-1	207,2	0	1,00E+06	0,00E+00	0,00E+00	1,00E+00
	Aluminio	7429-90-5	26,98154	0	1,00E+06	0,00E+00	0,00E+00	2,55E+00
	Antimonio	7440-36-0	121,75	0	1,00E+06	0,00E+00	0,00E+00	1,65E+00
	Berilio	7440-41-7	9,01218	0	1,00E+06	0,00E+00	0,00E+00	f(pH)
	Cobre	7440-50-8	63,546	0	1,00E+06	0,00E+00	0,00E+00	1,60E+00
	Manganeso	7439-96-5	54,938	0	1,00E+06	0,00E+00	0,00E+00	1,70E+00
	Níquel	7440-02-0	58,69	0	1,00E+06	0,00E+00	0,00E+00	f(pH)
	Talio	7440-28-0	239,836	2900	1,00E+06	0,00E+00	0,00E+00	f(pH)
	Zinc	7440-66-6	65,39	0	1,00E+06	0,00E+00	0,00E+00	f(pH)
<b>Hidrocarburos poliaromáticos</b>	<b>Naftaleno</b>	91-20-3	128,17352	31,4	5,74E+02	8,89E-02	2,00E-02	3,19E+00
<b>Hidrocarburos monoaromáticos</b>	<b>Xilenos</b>	1330-20-7	106,1674	198	2,75E+03	8,06E+00	2,93E-01	2,38E+00

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
 “Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”  
 “Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú”

**Cuadro N° 15.- Propiedades Toxicológicas de Contaminates de Preocupación**

Compuestos de interés <sup>1,2,3</sup>	RfD oral o TDSI (mg/kg/día)	Fuente	RfD dérmico o TDSI (mg/kg/día)	Fuente	RfC (concentración de referencia equivalente para inhalación) o TCA (mg/m3)	Fuente	Factor de pendiente equivalente para vía oral 1/(mg/kg/día)	Fuente	Factor de pendiente equivalente para contacto dérmico 1/(mg/kg/día)	Fuente	Factor de unidad de riesgo equivalente por inhalación 1(µg/m3)	Fuente	
Hidrocarburos totales del petróleo Cadenas alifáticas	C5-C6	0,06	TX11	0,06	D2	18	TX11	-	-	-	-	-	
	C6-C8	0,06	TX11	0,06	D2	18	TX11	-	-	-	-	-	
	C8-C10	0,1	TX11	0,1	D2	1	TPH CWG	-	-	-	-	-	
	C10-C12	0,1	TX11	0,1	D2	1	TPH CWG	-	-	-	-	-	
	C12-C16	0,1	TX11	0,1	D2	1	TPH CWG	-	-	-	-	-	
	C16-C21	2	TX11	2	D2	-	-	-	-	-	-	-	
Hidrocarburos totales del petróleo Cadenas aromáticas	C21-C34	1,6	TX11	1,6	D2	-	-	-	-	-	-	-	
	C7-C8	0,1	TX11	0,1	D2	1,9	TX11	-	-	-	-	-	
	C8-C10	0,04	TX11	0,04	D2	0,2	TX11	-	-	-	-	-	
	C10-C12	0,04	TPH	0,04	D2	0,2	TX11	-	-	-	-	-	
	C12-C16	0,04	TPH	0,04	D2	0,2	TX11	-	-	-	-	-	
	C16-C21	0,03	TPH	0,03	D2	-	-	-	-	-	-	-	
Metales	C21-C35	0,03	TPH	0,03	D2	-	-	-	-	-	-	-	
	Arsénico	0,0003	EPA-I	0,0003	D2	0,000015	RAIS	1,5	EPA-I	1,5	D2	0,0043	EPA-I
	Bario	0,2	EPA-I	0,2	D2	-	-	-	-	-	-	-	
	Cadmio	0,0005	RAIS	0,0005	RAIS	0,00001	RAIS	-	-	-	0,0018	EPA-I	
	Cromo	1,5	EPA-I	1,5	D2	0,00014	TX11	-	-	-	-	-	
	Mercurio	0,00016	RAIS	0,00016	RAIS	0,0003	EPA-I	-	-	-	-	-	
	Plomo	-	-	-	-	-	-	0,0085	RAIS	0,0085	RAIS	0,000012	RAIS
	Aluminio	1	TX11	1	D2	0,005	TX11	-	-	-	-	-	
	Antimonio	0,0004	EPA-I	0,0004	D2	-	-	-	-	-	-	-	
	Berilio	0,002	EPA-I	0,002	D2	0,00002	EPA-I	-	-	-	0,0024	EPA-I	
	Cobre	0,04	TX11	0,04	D2	-	-	-	-	-	-	-	
	Manganeso	0,14	EPA-I	0,14	D2	0,00005	EPA-I	-	-	-	-	-	
	Níquel	0,02	EPA-I	0,02	D2	0,00009	A	-	-	-	0,00048	EPA-I	
Talio	0,00008	EPA-I	0,00008	D2	-	-	-	-	-	-	-		
Zinc	0,3	EPA-I	0,3	D2	-	-	-	-	-	-	-		
Hidrocarburos poliaromáticos	Naftaleno	0,02	EPA-I	0,02	D2	0,003	EPA-I	0,12	RAIS	0,12	RAIS	0,000034	RAIS
Hidrocarburos monoaromáticos	Xilenos	0,2	EPA-I	0,2	D2	0,1	RAIS	-	-	-	-	-	

### 3.4.2. Evaluación de la toxicidad para ecosistemas

En el presente estudio, y dado que se lleva a cabo el estudio únicamente hasta una Etapa II no se requiere el uso de fuentes de consulta más avanzadas.

## 3.5 EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

### 3.5.1. Identificación de las rutas y vías de exposición

Estiman como principales rutas de migración, las que se detallan a continuación:

- Volatilización de compuestos nocivos hacia la superficie (suelos y aguas subterráneas).
- Dispersión de partículas en espacios abiertos (suelos superficiales).
- Vías directas: contacto e ingestión de suelo, aguas superficiales y sedimentos

Asociadas a las rutas de migración, las potenciales vías de exposición a valorar son las que se listan a continuación:

Inhalación de vapores y partículas en espacios abiertos. Inhalación de vapores en espacios cerrados.

Exposición directa a suelos, aguas superficiales y sedimentos (contacto e ingestión).

### 3.5.2. Caracterización de los receptores y escenarios de exposición

Para cada uno de los sectores (AI 1, AI 2 y AI3), se evalúa el siguiente escenario:

- Escenario ON SITE: instalaciones industriales de la Estación Morona

En este ámbito se valoran los espacios relacionados con las actividades desarrolladas en las instalaciones de la Estación Morona

En este escenario se estudia al siguiente receptor sensible:

- Trabajador del Estación Morona (espacios abiertos): se considera a un trabajador que pudiera realizar diferentes tipos de labores en espacios exteriores de las instalaciones, y que, por lo tanto, pudiera estar expuesto durante el desarrollo de su jornada laboral a la inhalación de vapores e inhalación de partículas en espacios abiertos.

Adicionalmente, en el sector AI2, se evalúa el siguiente receptor sensible:

- Trabajador del Estación Morona (espacios cerrados): se considera a un trabajador que pudiera realizar su jornada laboral dentro de espacios interiores de las instalaciones como por ejemplo salas de control/oficinas, y que, por lo tanto, pudiera estar expuesto a la inhalación de vapores en espacios cerrados. Para este escenario se tienen en cuenta las características de un edificio industrial según ASTM (70 m<sup>2</sup>, 34 m de perímetro, 3 m de altura y solera de 0,15 m).

Adicionalmente en el sector AI3, se evalúa al siguiente receptor sensible:

- Hipotético transeúnte Quebrada Shifeco (uso recreativo): se considera a un posible transeúnte que pudiera hacer un uso recreativo de la Quebrada Shifeco, estando expuesto al contacto e ingestión ocasional con las aguas superficiales y los sedimentos de este curso de agua. Para este receptor se tienen en cuenta los factores de exposición aportados por la herramienta de cálculo para un uso recreativo.

La valoración de estas vías de exposición se considera suficientemente adecuada para abarcar los casos más descriptivos y representativos esperables según las actividades cotidianas desarrolladas por los trabajadores de la Estación Morona y los receptores del entorno próximo.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
 “Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”  
 “Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú”

### 3.5.3. Modelo conceptual detallado del sitio

**Cuadro N° 16: Resumen Modelo Conceptual del Sitio**

Sector	Escenario	Vía de exposición	Receptores sensibles
AI 1, AI 2, AI 3	Escenario <i>ON SITE</i>	Inhalación de vapores (suelos y aguas) y partículas (suelo superficial) en espacios abiertos	Trabajador de la Estación Morona
AI 2		Inhalación de vapores (suelos y aguas) en espacios cerrados <sup>1</sup>	
AI 3		Contacto e ingestión ocasional (uso recreativo) con aguas superficiales y sedimentos de la Quebrada Shifeco.	Hipotético transeúnte

Fuente: Página 1533

**Cuadro N° 17.- Modelo Conceptual Detallado del Sitio. Estudio Adicional. Gestión del Riesgo**

Sector	Escenario	Vía de exposición	Receptores sensibles
AI 1, AI 2 y AI 3	Escenario <i>ON SITE</i>	Contacto dérmico e ingestión de suelo, inhalación de vapores y partículas	Trabajador de la construcción

Fuente: Folio 1534

### 3.5.4. Cálculo de la dosis de exposición en seres humanos (para las vías de exposición relevantes).

Los parámetros considerados para las exposiciones de cada receptor evaluado se basan en valores publicados en la Guía para la elaboración de estudios de Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente (Ministerio del Ambiente, 2015), Perú.

- Peso corporal (kg): USEPA 1991 (adaptado a la realidad peruana)
- Esperanza de vida (años): INEI Perú 2012 (esperanza promedio hombres)
- Duración de la exposición (escenario industrial).

Los parámetros considerados para las exposiciones de cada receptor evaluado se basan en

valores publicados en la Guía para la elaboración de estudios de Evaluación de Riesgos a la

Salud y el Ambiente (Ministerio del Ambiente, 2015), Perú.

- Peso corporal (kg): USEPA 1991 (adaptado a la realidad peruana)
- Esperanza de vida (años): INEI Perú 2012 (esperanza promedio hombres)
- Duración de la exposición (escenario industrial).

## 3.6 CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO PARA SERES HUMANOS

### 3.6.1. Caracterización del riesgo cancerígeno

**Cuadro N° 18: Caracterización del Riesgo Cancerígeno**

Contaminante de preocupación		AI 1				AI 2					AI 3				
		Trabajador Estación Morona espacios abiertos		Estudio adicional. Gestión riesgo. Obras		Trabajador Estación Morona espacios abiertos		Trabajador Estación Morona espacios cerrados	Estudio adicional. Gestión riesgo. Obras		Trabajador Estación Morona espacios abiertos	Estudio adicional. Gestión riesgo. Obras		Hipotético transeúnte uso recreativo sedimentos Quebrada Shifeco	Hipotético transeúnte uso recreativo aguas superficiales Quebrada Shifeco
		Inhalación	Inhalación partículas	Inhalación vapores y partículas	Contacto e ingestión	Inhalación vapores	Inhalación partículas	Inhalación de vapores	Inhalación vapores y partículas	Contacto e ingestión	Inhalación vapores y partículas	Inhalación vapores y partículas	Contacto e ingestión	Contacto e ingestión sedimentos	Contacto e ingestión aguas superficiales
Riesgo cancerígeno vapores															
Metales	Arsénico	-	N.A	3,6E-12	6,1E-7	-	N.A	-	3,6E-13	3,7E-7	N.A	N.A	N.A	1,98E-8	1,4E-8
	Cadmio	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	-	-
	Plomo	-	8,13E-13	3,7E-14	1,6E-8	-	9,2E-14	-	4,2E-15	1,0E-8	3,5E-13	1,6E-14	8,5E-9	-	-
Hydrocarburos poliaromáticos	Naftaleno	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	2,8E-7	1,3E-8	8,1E-8	N.A	N.A
Hydrocarburos aromáticos	Xilenos	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	-	N.A
Riesgo cancerígeno total		8,3E-13		3,6E-12	6,3E-7	9,2E-14		-	8,7E-13	3,8E-7	2,8E-7	1,3E-8	8,9E-8	1,98E-8	1,4E-8

Fuente: folio 1539

<sup>1</sup> Se considera un escenario bastante conservador o el peor escenario de ocurrencia.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
 “Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”  
 “Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú”

**Cuadro N° 19: Caracterización del Riesgo Cancerígeno**

Sectores	Medio	Receptor y vías de exposición	Riesgo cancerígeno	¿Inferior al umbral de aceptabilidad 1,0E-5?
AI 1	Suelos superficiales, suelos y aguas	Trabajador Estación Morona. Inhalación de vapores y partículas en espacios abiertos	8,3E-13	Sí
AI2*	Suelos superficiales, suelos y aguas	Trabajador Estación Morona. Inhalación de vapores y partículas en espacios abiertos	9,2E-14	Sí
	Suelos y aguas	Trabajador Estación Morona. Inhalación de vapores espacios cerrados	-	Sí
AI 3	Suelos superficiales, suelos y aguas	Trabajador Estación Morona. Inhalación de vapores y partículas en espacios abiertos	2,8E-7	Sí
	Sedimentos	Transeúnte uso recreativo contacto e ingestión	1,98E-8	Sí
	Aguas superficiales	Transeúnte uso recreativo contacto e ingestión	1,4E-8	Sí

Fuente: Folio 1540

**Cuadro N° 20.- Caracterización del Riesgo Cancerígeno (Estudio adicional. Gestión del riesgo)**

Sectores	Medio	Receptor y vía de exposición	Riesgo cancerígeno	¿Inferior al umbral de aceptabilidad 1,0E-5?
AI 1	Suelos	Trabajador de la construcción. Inhalación de vapores y partículas	3,6E-13	Sí
		Trabajador de la construcción. Contacto dérmico e ingestión suelo	6,3E-7	Sí
AI 2	Suelos	Trabajador de la construcción. Inhalación de vapores y partículas	3,7E-13	Sí
		Trabajador de la construcción. Contacto dérmico e ingestión suelo	3,8E-7	Sí
AI 3	Suelos	Trabajador de la construcción. Inhalación de vapores y partículas	1,3E-8	Sí
		Trabajador de la construcción. Contacto dérmico e ingestión suelo	8,9E-8	Sí

Fuente: Folio 1540

**Los resultados de la valoración del riesgo cancerígeno indican:**

Niveles de potencial riesgo cancerígeno admisibles para la salud humana para todos los escenarios y receptores planteados en todos los sectores. Los niveles de riesgo obtenidos resultan varios órdenes de magnitud inferiores al umbral de aceptabilidad.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
 “Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”  
 “Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú”

**Cuadro N° 21.- Caracterización del Riesgo Cancerígeno (Estudio adicional. Gestión del riesgo)**

Sectores	Medio	Receptor y vía de exposición	Riesgo cancerígeno	¿Inferior al umbral de aceptabilidad 1,0E-5?
AI 1	Suelos	Trabajador de la construcción. Inhalación de vapores y partículas	3,6E-13	Sí
		Trabajador de la construcción. Contacto dérmico e ingestión suelo	6,3E-7	Sí
AI 2	Suelos	Trabajador de la construcción. Inhalación de vapores y partículas	3,7E-13	Sí
		Trabajador de la construcción. Contacto dérmico e ingestión suelo	3,8E-7	Sí
AI 3	Suelos	Trabajador de la construcción. Inhalación de vapores y partículas	1,3E-8	Sí
		Trabajador de la construcción. Contacto dérmico e ingestión suelo	8,9E-8	Sí

Fuente: Folio 1541

**3.6.2. Caracterización del riesgo no cancerígeno**
**Cuadro N° 22: Caracterización del Riesgo Toxicológico**

Contaminante de preocupación	AI 1				AI 2					AI 3					
	Trabajador Estación Morona espacios abiertos		Estudio adicional. Gestión riesgo. Obras		Trabajador Estación Morona espacios abiertos		Trabajador Estación Morona espacios cerrados	Estudio adicional. Gestión riesgo. Obras		Trabajador Estación Morona espacios abiertos		Estudio adicional. Gestión riesgo. Obras		Hipotético transeúnte uso recreativo sedimentos Quebrada Shifeco	Hipotético transeúnte uso recreativo aguas superficiales Quebrada Shifeco
	Inhalación vapores	Inhalación partículas	Inhalación vapores y partículas	Contacto e ingestión	Inhalación vapores	Inhalación partículas	Inhalación de vapores	Inhalación vapores y partículas	Contacto e ingestión	Inhalación vapores y partículas	Inhalación vapores y partículas	Contacto e ingestión	Contacto e ingestión sedimentos	Contacto e ingestión aguas superficiales	
<b>Riesgo cancerígeno</b>															
Hidrocarburos totales del petróleo Cadenas alifáticas	C6-C8	5,8E-6	2,2E-12	6,5E-6	4,8E-4	6,8E-7	5,2E-13	5,5E-4	7,7E-7	6,8E-4	5,1E-5	5,8E-5	1,8E-2	2,8E-08	0,0E+00
	C8-C10	1,0E-4	3,9E-11	1,2E-4	2,9E-4	1,2E-5	9,4E-12	2,8E-3	1,4E-5	4,1E-4	9,2E-4	1,0E-3	1,1E-2	1,4E-06	0,0E+00
	C10-C12	3,4E-2	4,0E-9	1,2E-2	5,7E-2	2,3E-3	1,6E-9	1,2E-1	2,4E-3	1,4E-1	8,2E-3	9,3E-3	1,9E-1	6,8E-03	4,7E-06
	C12-C16	1,4E-1	4,0E-9	1,2E-2	5,7E-2	1,0E-2	1,6E-9	5,1E-1	2,4E-3	1,4E-1	8,2E-3	9,3E-3	1,9E-1	6,8E-03	4,7E-06
	C16-C21	-	-	-	2,9E-3	-	-	-	-	6,9E-3	-	-	9,7E-3	6,0E-03	2,0E-06
	C21-C34	-	-	-	6,8E-3	-	-	-	-	2,1E-2	-	-	8,0E-2	3,4E-06	0,0E+00
Hidrocarburos totales del petróleo Cadenas aromáticas	C8-C10	5,2E-4	2,0E-10	5,9E-4	7,2E-4	6,1E-5	4,7E-11	1,7E-3	6,9E-5	1,0E-3	4,6E-3	5,2E-3	2,8E-2	1,7E-02	1,2E-05
	C10-C12	5,3E-2	2,0E-8	6,0E-2	1,4E-1	1,1E-2	8,1E-9	5,4E-2	1,2E-2	3,5E-1	4,1E-2	4,7E-2	4,9E-1	1,7E-02	1,2E-05
	C12-C16	4,9E-2	2,0E-8	5,6E-2	1,4E-1	1,1E-2	8,1E-9	1,0E-2	1,2E-2	3,5E-1	4,1E-2	4,7E-2	4,9E-1	2,3E-02	1,6E-05
	C16-C21	-	-	-	1,7E-1	-	-	-	-	4,0E-1	-	-	5,6E-1	3,8E-01	1,2E-04
	C21-C35	-	-	-	3,1E-1	-	-	-	-	9,9E-1	-	-	3,7E+0	1,1E-07	0,0E+00
Metales	Arsénico	0,0E+0	N.A	4,1E-6	1,0E-1	0,0E+0	N.A	-	4,2E-7	6,1E-2	N.A	N.A	N.A	3,3E-4	2,4E-04
	Bario	-	-	-	1,5E-2	-	-	-	-	2,4E-2	-	-	1,7E-2	2,3E-03	4,4E-05
	Cadmio	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	1,56E-6	5,1E-05
	Cromo	N.A	N.A	N.A	N.A	-	1,3E-7	-	1,4E-7	2,4E-4	2,0E-6	2,2E-6	8,1E-4	3,9E-05	4,2E-07
	Plomo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,49E-4	3,2E-04
	Mercurio	7,3E-3	2,8E-9	8,3E-3	6,5E-3	5,8E-4	4,2E-10	9,0E-3	6,6E-4	6,1E-3	8,0E-4	9,1E-4	3,1E-3	1,3E-04	N.A
	Aluminio	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	4,1E-04
	Antimonio	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	6,2E-05
	Berilio	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	7,7E-06
	Cobre	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	4,4E-05
	Manganeso	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	4,5E-04
	Níquel	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	3,3E-03
	Zinc	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	3,9E-05

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
 “Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”  
 “Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú”

Contaminante de preocupación	AI 1				AI 2				AI 3							
	Trabajador Estación Morona espacios abiertos		Estudio adicional. Gestión riesgo. Obras		Trabajador Estación Morona espacios abiertos		Trabajador Estación Morona espacios cerrados		Estudio adicional. Gestión riesgo. Obras		Trabajador Estación Morona espacios abiertos		Estudio adicional. Gestión riesgo. Obras		Hipotético transeúnte uso recreativo sedimentos Quebrada Shifeco	Hipotético transeúnte uso recreativo aguas superficiales Quebrada Shifeco
	Inhalación vapores	Inhalación partículas	Inhalación vapores y partículas	Contacto e ingestión	Inhalación vapores	Inhalación partículas	Inhalación de vapores	Inhalación vapores y partículas	Contacto e ingestión	Inhalación vapores y partículas	Inhalación vapores y partículas	Contacto e ingestión	Contacto e ingestión sedimentos	Contacto e ingestión aguas superficiales		
	<b>Riesgo cancerígeno</b>															
	Talio	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	7,0E-05
Hidrocarburos poliaromáticos	Naftaleno	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	8,2E-3	9,3E-3	2,5E-3	N.A	N.A	
Hidrocarburos aromáticos	Xilenos	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	1,11E-7	N.A	
<b>Riesgo cancerígeno total</b>		2,9E-1		1,5E-1	1,0E+0	3,4E-2		7,1E-1	2,9E-2	2,5E+0	1,1E-1	1,3E-1	5,8E+0	4,55E-1	5,2E-3	

Fuente: Folio 1543

**Cuadro N° 23: Caracterización del Riesgo No Cancerígeno**

Sectores	Medio	Receptor y vías de exposición	Índice de riesgo toxicológico	¿Inferior al umbral de aceptabilidad 1?
AI 1	Suelos superficiales, suelos y aguas	Trabajador Estación Morona. Inhalación de vapores y partículas en espacios abiertos	2,9E-1	Si
AI 2*	Suelos superficiales, suelos y aguas	Trabajador Estación Morona. Inhalación de vapores y partículas en espacios abiertos	3,4E-2	Si
	Suelos y aguas	Trabajador Estación Morona. Inhalación de vapores espacios cerrados	7,1E-1	Si
AI 3	Suelos superficiales, suelos y aguas	Trabajador Estación Morona. Inhalación de vapores y partículas en espacios abiertos	1,1E-1	Si
	Sedimentos	Transeúnte uso recreativo contacto e ingestión	4,55E-1	Si
	Aguas superficiales	Transeúnte uso Recreativo contacto e ingestión	5,2E-3	Si

Fuente: Folio 1544

Los resultados de la valoración del riesgo no cancerígeno indican:

Niveles de potencial riesgo toxicológico admisibles para la salud humana para los escenarios y receptores planteados en todos los sectores. La presencia de TPH (principalmente la correspondiente a la F2) representaría el caso más crítico para los escenarios evaluados. No obstante, los niveles de riesgo obtenidos resultan inferiores al umbral de aceptabilidad.

**Cuadro N° 24: Caracterización del Riesgo No Cancerígeno (Estudio adicional. Gestión del riesgo)**

Sectores	Medio	Receptor y vía de exposición	Índice de riesgo toxicológico	¿Inferior al umbral de aceptabilidad 1?
AI 1	Suelos	Trabajador de la construcción. Inhalación de vapores y partículas	1,5E-1	Si
		Trabajador de la construcción. Contacto dérmico e ingestión suelo	1,0E+0	No
AI 2	Suelos	Trabajador de la construcción. Inhalación de vapores y partículas	2,9E-2	Si
		Trabajador de la construcción. Contacto dérmico e ingestión suelo	2,5E+0	No

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
 “Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”  
 “Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú”

Sectores	Medio	Receptor y vía de exposición	Índice de riesgo toxicológico	¿Inferior al umbral de aceptabilidad 1?
Al 3	Suelos	Trabajador de la construcción. Inhalación de vapores y partículas	1,3E-1	Sí
		Trabajador de la construcción. Contacto dérmico e ingestión suelo	5,8E+0	No

Fuente: Folio 1545

Los resultados de la valoración del riesgo toxicológico indican:

Niveles de potencial riesgo toxicológico no admisibles para la salud humana para el escenario y receptor planteado en todos los sectores en el marco del estudio adicional que podría servir de herramienta en la toma de decisiones ante la gestión del riesgo. La presencia de TPH (principalmente la correspondiente a la F2 y F3) y arsénico, representaría el caso más crítico para el escenario evaluado. Por lo tanto, es importante remarcar que, en caso de tener que realizar obras de acondicionamiento en las Al evaluadas, deberán de tomarse medidas de protección, contempladas en un Plan de Seguridad y Salud.

### 3.6.3. Toxicidad por mezclas químicas

Se considera que cada sustancia contaminante participa en el riesgo global para cada receptor y vía valorada. De esta forma, se tiene en cuenta que todas las sustancias contaminantes contribuyen al riesgo total del emplazamiento, el cual se calcula como la suma de los cocientes de riesgo o riesgos cancerígenos de cada sustancia contaminante individual.

Se adopta el principio de aditividad del riesgo, esto es, que no se consideran interacciones entre los contaminantes que pudieran generar sinergias o antagonismos en sus efectos.

### 3.6.4. Análisis de sensibilidad y análisis probabilístico

Para el desarrollo del análisis de incertidumbre se realiza una evaluación de los factores que se consideran más significativos, o que contribuyen en mayor medida a la incertidumbre del resultado.

## 3.7. CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO ECOLÓGICO

### 3.7.1. Etapa I: Cuestionario preliminar

**Cuadro N° 25.- Cuestionario Preliminar de Valoración del Riesgo al Ambiente**

Nº	Pregunta	SÍ	NO	Observaciones
1	¿El vertido o impacto, o un patrón de migración futura del mismo afecta un área de relevancia, por ejemplo, superior a 5 000 m <sup>2</sup> (uso suelo industrial)?		x	La afectación al suelo y agua superficial es bastante puntual con respecto a la presencia del contaminante de hidrocarburo, a excepción de la presencia de plomo disuelto que se encuentra disperso en varias muestras evaluadas en la quebrada Shifeco; por tanto, no afecta un área superior a 5 000 m <sup>2</sup> .
2	¿Existen en el área afectada especies amenazadas y/o endémicas?		x	No se reportaron especies de flora y fauna amenazadas y/o endémicas.
3	¿En el área afectada existen hábitats sensibles potencialmente afectados por el vertido?		x	En el área afectada, no existen hábitats sensibles que puedan ser afectados por los contaminantes.
4	¿Puede definirse un uso recreativo en el área afectada?		x	No se ha evidenciado algún uso recreativo para el área afectada.
5	Si en el área afectada se encuentra en un suelo natural ¿puede justificarse que alguna especie silvestre requiera ser la especie protegida frente al ser humano?		x	El área afectada se encuentra sobre suelo de tipo de uso agrícola con intervención antrópica.
6	¿Existen especies de relevancia ecológica en el área afectada o en áreas adyacentes a ésta?		x	En el área afectada no se han reportado especies de importancia ecológica.
7	¿Las especies registradas en el área afectada o en áreas adyacentes presentan un potencial relevante de		x	No aplica (ver respuesta de pregunta 2).

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
 “Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”  
 “Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú”

	exposición? (sólo aplica a especies sensibles: amenazadas y/o endémicas)		
8	¿En el área afectada existen especies de relevancia social o económica?		x
9	¿Pertenece el área afectada a alguna reserva de la biósfera como PN, SN, SH, RN, RP, BP, RC, RVS o ZR?	x	

Fuente: Folio 1546

- Etapa I: a partir de una primera valoración sobre la situación en estudio, se presenta el Caso I, por lo que se justifica la necesidad de avanzar a la etapa II. La situación de riesgo ecológico no se considera relevante para las áreas de interés (AI 1 y AI 2) evaluadas dentro de la zona industrial de la Estación Morona, por el contrario, en su entorno próximo, hacia el oeste de este se considera más vulnerable

### 3.7.2. Etapa II: Cuestionario avanzado

**Cuadro N° 26: Cuestionario Avanzado de Valoración del Riesgo al Ambiente**

Factores		Consideración	Cuestionamientos	Valoración por estresor	Valoración integral
A	Estresor (contaminante químico)	Modos de acción	¿Cómo podría actuar este estresor en organismos o afectar el funcionamiento del ecosistema?	3	3,6
		Toxicidad	¿Aguda, crónica, bioacumulación? ¿Persistencia del químico en medioambiente/rápida degradación?	3	
		Frecuencia de eventos	¿Derrame/contaminación puntual, aislada, eventual, estacionaria?	4	
		Duración	Persistencia del estresor en el medio. Tiempo de vida medio/biocumulación	3	
		Distribución	Movilidad, potencial transporte	3	
		Intensidad	¿Cuál es la concentración del contaminante? ¿Biodisponibilidad? ¿Especie química?	2	
B	Fuente de contaminación	Estado	¿Foco activo? ¿secundario? Valorar especie química (según químico de origen y productos de degradación).	3	3,3
		Niveles de fondo	¿Existen niveles de fondo para este contaminante?	5	
		Escala espacial	¿El impacto del contaminante está delimitado? ¿Tiene el impacto influencia a nivel local, regional, global, según hábitat específico?	2	
C	Exposición	Medio	¿Dónde se sitúa el estresor primario: suelo, agua, sedimento, agua superficial? ¿Existen potenciales vías de exposición a otro medio?	3	2,5
		Período	¿Cuándo puede ocurrir la exposición en relación con ciclos de vida críticos para los organismos vivos (reproducción, etc.)?	2	
D	Receptores	Tipos, características	¿Qué tipo de hábitats se encuentran en la zona de influencia? ¿Qué especies son consideradas esenciales, o indicativas del funcionamiento sano del hábitat? ¿Qué tipo de cuerpos de agua hay en la zona? ¿Qué especies de plantas y animales pueden ser encontrados en la zona? ¿Pertenece alguna de estas especies animales a especies migratorias?	3	3
		Rutas	¿Cuáles son las vías de exposición con el estresor: contacto dérmico, ingestión, inhalación?	4	
		Susceptibilidad	¿Niveles tróficos? ¿Existen predadores que puedan llegar a estar expuestos o impactados a través de la biomagnificación en la cadena trófica?	2	
				<b>Índice global</b>	3,1

Fuente: folio 1548

Etapa II: La valoración integral obtenida a partir del cuestionario avanzado es menor a 5,0, por lo que se justifica no avanzar a una Etapa III en la evaluación de riesgo ecológico, tal como se indica en la metodología (punto 3.1.2).

### 3.8. CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO PARA RECURSOS NATURALES ABIÓTICOS

#### 3.8.1. Riesgos para el suelo como recurso natural

Cuadro N° 27: Potenciales Riesgos al Suelo como Recurso Natural

Posibles procesos	Valoración de impacto	Observaciones
Transporte eólico a través de polvoso vapores	BAJO	Si bien la afectación en los suelos se encuentra a nivel superficial, la velocidad del viento predominante corresponde a una brisa muy débil, por lo cual se considera que el efecto del viento sobre las áreas afectadas de la Estación Morona puede producir un posible proceso de transporte eólico a través de polvos, pero de magnitud débil.
Escorrentía	MEDIO	Las precipitaciones en la zona son abundantes gran parte del año, por lo cual las escorrentías son eventos significativos a la hora de valorar un riesgo por esta vía. Por tanto, se considera que los compuestos nocivos potencialmente podrían ser arrastrados mediante escorrentía en época creciente, debido a la topografía, dirección del flujo y precipitaciones intensas y persistentes. Asimismo, la quebrada Shifeco (Oeste de la zona industrial) tiene una pendiente considerable que va en dirección sur a norte y desemboca en el río Morona, por ende, también se podría transportar los contaminantes.
Lixiviación	MEDIO	Las precipitaciones en la zona se producen con mayor frecuencia y de manera abundante y, por ende, la lixiviación es un fenómeno para considerar. Adicionalmente, se indica que las instalaciones de la Estación se encuentran pavimentadas y las áreas sin uso específico, corresponden a áreas con cobertura vegetal y/o césped. Por otro lado, la afectación encontrada en la zona externa de la Estación, el medio tiene una permeabilidad de media a baja en superficie así como en profundidad, por ende, el proceso de lixiviación es mínima para este caso.

Fuente: Folio 1550

#### 3.8.2. Riesgos para cuerpos de aguas

Cuadro N° 28: Valoración del Riesgo al Recurso Natural Agua Subterránea

Posibles procesos	Valoración de impacto	Observaciones
Movilización de la afectación a través del flujo subterráneo y vaporización hacia la superficie	BAJO	Para el caso de la afectación por hidrocarburos en la zona interna de la Estación, se considera la textura del subsuelo arcilloso en el horizonte donde se encuentra el nivel freático, por consiguiente, la movilización del contaminante en el subsuelo es baja. En cuanto a la vaporización podría moverse en forma vertical hacia la superficie, ya que la textura que predomina en la superficie son suelos arenosos y/o limosos.
Escurrimiento	BAJO	Las instalaciones de la Estación Morona se encuentran pavimentadas y las áreas sin uso específico, corresponden a áreas con cobertura vegetal y/o césped, lo cual podría actuar como una barrera ante eventual escorrentía.
Filtración de lixiviados	MEDIO	Parte de la Estación Morona, se encuentra pavimentada, y las áreas sin uso específico, corresponden a áreas con cobertura vegetal y/o césped, sin embargo, el material del suelo superficial está compuesto por arenas y/o limos. Por tanto, se podría producir un proceso de filtración de lixiviados.

Fuente: Folio 1551

Del estudio cualitativo del riesgo para los recursos naturales abióticos (agua subterránea) se concluye que el mismo es de MEDIO A BAJO. Debido al tipo de suelo, la naturaleza química de los contaminantes y los mecanismos de transporte encontrados es necesario adoptar medidas de contención de la migración de las aguas contaminadas. Asimismo, se debe realizar un plan de monitoreo de los piezómetros ubicados en el emplazamiento, así también, comprobar la no migración de la contaminación encontrada dentro de la zona industrial, siguiendo la dirección del flujo subterráneo (hacia el noreste y oeste).

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
 “Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”  
 “Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú”

**Cuadro N° 29: Potenciales Riesgos a la Calidad del Agua Superficial**

Posibles procesos	Valoración de riesgo	Observaciones
Escorrentamiento superficial de contaminantes contenidos en el suelo, agua superficial y sedimento	MEDIO	Las precipitaciones en la zona se producen con mayor frecuencia y de manera abundante y, por ende, el escurrimiento es un fenómeno a considerar.  Esto se debe a que la quebrada Shifeco se origina de dos (2) manantiales. Aproximadamente a 15 m aguas abajo, estos manantiales se interceptan formando el cauce de la quebrada. Esta quebrada tiene una dirección de sur a norte con una longitud de 240 metros aproximadamente y desemboca en el río Morona. Además, presenta un cauce con poca profundidad de poco caudal que discurre por gravedad, a medida que avanza hacia su desembocadura va incrementando su ancho, de unos 0,40 metros (en sus inicios) hasta los cinco (5) metros, aproximadamente en su confluencia con el río Morona. Presenta sustrato arenoso arcilloso con abundante materia orgánica en su trayecto (hojarasca, raíces de plantas, etc.).
Infiltración (migración) de aguas subterráneas contaminadas que lleguen a la quebrada Shifeco	BAJO	En la zona interna de la Estación, el tipo de material en el subsuelo es arcilloso, por ende, la migración del contaminante a través del subsuelo es poco probable.

Fuente: Folio 1552

Del estudio cualitativo del riesgo para los recursos naturales abióticos (agua superficial) se concluye que el mismo es MEDIO A BAJO.

### 3.8.3. Riesgos para la atmósfera

En el caso de la Estación Morona, se considera que no existe un potencial riesgo de emisión de partículas o vapores a la atmósfera en las áreas afectadas. Por esta razón no se valora el riesgo a la atmósfera procedente de la afectación de la Estación bajo estudio.

### 3.9. ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRES

**Cuadro N° 30: Evaluación de los Factores de Incertidumbre**

Factor		Descripción	Observaciones	Parámetros	Valoración	
Toxicidad de contaminantes		Conocimientos científicos y técnicos sobre la toxicidad y peligrosidad de compuestos nocivos.	La afectación observada en el emplazamiento en estudio corresponde principalmente a la presencia de hidrocarburos totales del petróleo, hidrocarburos aromáticos, hidrocarburos poliaromáticos y metales, cuya caracterización, toxicidad y peligrosidad están adecuadamente descritas.	Inhalación	Concentración de referencia para la inhalación	MODERADO/BAJO
				Ingestión*	Dosis de referencia para la ingestión/suelo	MODERADO/BAJO
				Contacto dérmico*	Dosis de referencia para el contacto	MODERADO/BAJO
Marco físico	Litología	Descripción de la geología y/o hidrogeología del emplazamiento en estudio.	Se dispone de una adecuada caracterización del subsuelo.	Registros litológicos	MODERADO/BAJO	
	Características constructivas	Descripción detallada de escenarios (edificios, estructuras, etc.).	Para el caso de valoración de edificios cerrados se utilizan valores de estándares internacionales para edificios industriales (Según ASTM).	Dimensión edificios	MODERADO	
	Usos del suelo	Usos actuales y futuros del suelo objeto de evaluación.	Se conoce el uso actual y futuro del terreno en estudio y su entorno próximo.	Usos del suelo futuro	BAJO	
	Receptores	Receptores sensibles	Se consideran como receptores a los trabajadores de la Estación Morona y a trabajadores de la construcción*. Asimismo se evalúa a un hipotético transeúnte que pudiera hacer uso recreativo ocasional de la Quebrada Shifeco.	Receptor sensible	MODERADO/BAJO	
	Rutas de exposición, transporte/dispersión	Vías de exposición según receptores, medio afectado y transporte/dispersión	A partir de la descripción de la afectación, se tienen en cuenta las posibles vías de exposición por parte de los receptores: inhalación de vapores y partículas en espacios abiertos, inhalación de vapores en espacios cerrados, contacto e ingestión de suelo* y contacto e ingestión de aguas superficiales y sedimentos de la Quebrada Shifeco.	Rutas de exposición	BAJO	

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
 “Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”  
 “Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú”

Factor	Descripción	Observaciones	Parámetros	Valoración
Factores de exposición	Exposición acorde a los receptores y vías consideradas	Se ha contemplado a los receptores en base a datos publicados en la guía metodológica de aplicación en Perú, y/o según condiciones de máxima exposición sugeridas por la herramienta de cálculo.	Factores de exposición de receptores	MODERADO/BAJO
Representatividad	Valores locales como representativos de emplazamiento	Se dispone de resultados analíticos de un número adecuado de puntos de muestreo.	Nº muestras analizadas y distribución	MODERADO/BAJO
		Los parámetros químicos analizados son suficientes para caracterizar la afectación estimada del subsuelo del emplazamiento.	La tipología de análisis químico realizado se considera adecuada.	BAJO

Fuente: Folio 1554

**Cuadro N° 31: Acciones Según el Grado de Incertidumbre**

Valoración del grado de incertidumbre	Acciones
ALTO	Para la toma de decisiones es altamente recomendable un estudio que permita una caracterización exhaustiva de los parámetros cuyo desconocimiento aporta mayor incertidumbre a la descripción del sitio valorado.
MEDIO-ALTO	
MEDIO	En el caso que los niveles de riesgo fueran próximos a los límites de aceptabilidad (mismo orden de magnitud), se recomienda un estudio que permita una caracterización exhaustiva de los parámetros cuyo desconocimiento aporte mayor incertidumbre a la descripción del sitio valorado. Si los niveles son inferiores o superiores a los límites de aceptabilidad, el resultado puede considerarse válido.
BAJO-MODERADO	Los resultados del análisis de riesgos pueden considerarse válidos.
BAJO	

Fuente: Folio 1555

### - Resultados evaluación

En base al análisis desarrollado, el grado de incertidumbre de los resultados del análisis de riesgos es BAJO-BAJO/MODERADO, por lo que las conclusiones pueden considerarse válidas, y no se justifica una profundización en la caracterización de los factores más relevantes e influyentes en la valoración del riesgo

### ▪ Estudio de sensibilidad

**Cuadro N° 32: Estudio de Sensibilidad**

Caso	Factores de exposición		Nivel de riesgo toxicológico	
	Valor original	Variación	Valor original	Variación
AI 1- Escenario <i>ON SITE</i> instalaciones industriales Estación Morona: inhalación de vapores y partículas espacios abiertos (trabajador industrial).	230 d/año	250 d/año*	2,9E-1	3,3E-1
AI 2- Escenario <i>ON SITE</i> instalaciones industriales Estación Morona: inhalación de vapores en espacios cerrados (trabajador industrial).	230 d/año	250 d/año*	7,1E-1	7,7E-1
AI 3- Escenario <i>ON SITE</i> instalaciones industriales Estación Morona: inhalación de vapores y partículas espacios abiertos (trabajador industrial).	230 d/año	250 d/año*	1,1E-1	1,2E-1
AI 3- Escenario <i>ON SITE</i> instalaciones industriales Estación Morona: ingestión y contacto con sedimentos (transeúnte).	5 d/año	10 d/año**	4,55E-1	9,0E-1

Fuente: Folio 1556

El estudio permite corroborar que los niveles de riesgo para los casos valorados, incluso ante hipótesis extremas, se mantienen en los mismos órdenes y no cambian las conclusiones respecto a las condiciones para cada AI valorada.

### 3.9.3 Valoración de la incertidumbre

**Cuadro N° 33: Acciones Según el Grado de Incertidumbre**

Valoración del grado de incertidumbre	Acciones
ALTO	Para la toma de decisiones es altamente recomendable un estudio que permita una caracterización exhaustiva de los parámetros cuyo desconocimiento aporta mayor incertidumbre a la descripción del sitio valorado.
MEDIO-ALTO	

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
 “Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”  
 “Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú”

Valoración del grado de incertidumbre	Acciones
MEDIO	En el caso que los niveles de riesgo fueran próximos a los límites de aceptabilidad (mismo orden de magnitud), se recomienda un estudio que permita una caracterización exhaustiva de los parámetros cuyo desconocimiento aporte mayor incertidumbre a la descripción del sitio valorado. Si los niveles son inferiores o superiores a los límites de aceptabilidad, el resultado puede considerarse válido.
BAJO-MODERADO BAJO	Los resultados del análisis de riesgos pueden considerarse válidos.

**Cuadro N° 34: Estudio de sensibilidad**

Caso	Hipótesis			Nivel de riesgo toxicológico	
	Parámetro	Valor original	Variación	Valor original	Variación
Batería 210 AI 3- Escenario ON SITE instalaciones industriales Sitios Lote I	Litología	Arenas limosas	Arenas	1,6E-1	2,1E-1

El estudio permite corroborar que los niveles de riesgo para el caso valorado se mantienen en los mismos órdenes y no cambian las conclusiones respecto a las condiciones de dicha AI.

### 3.10. RESUMEN DEL ANÁLISIS DE RIESGOS

**Cuadro N° 35: Resumen del Riesgo**

Escenario	Riesgo Salud Humana		Riesgo al Ambiente
	Riesgo cancerígeno	Índice de riesgo toxicológico	
AI 1	✓	✓	-
AI 1	✓	✓	
AI 1	✓	✓	
<b>Entorno ecológico</b>	-	-	✓

Fuente: Folio 1557

✓ Niveles de riesgo inferiores a los umbrales de aceptabilidad (humanos). No se requiere avanzar a una etapa detallada en la valoración del riesgo ecológico (ambiente).

\* Se entiende la necesidad de llevar a cabo acciones tendientes a la eliminación o contención de la fase libre existente en este sector.

#### Los resultados de la valoración del riesgo indican:

Niveles de potencial riesgo cancerígeno o toxicológico admisibles para la salud humana para todos los escenarios evaluados. Sin embargo, se entiende necesaria la retirada o contención de la fase libre existente en el AI2.

La situación de riesgo ecológico (ambiente) no se considera relevante lo que puede ser entendido como un nivel de riesgo admisible.

Asimismo, y según reflejan los resultados obtenidos durante las fases de identificación y caracterización, se ha detectado la presencia de fase libre sobrenadante en la AI 2 (punto C25).

Este producto se considera como foco activo de contaminación y se entiende implícitamente la obligatoriedad de su contención y/o eliminación. Por estos antecedentes, se sugiere activar un plan de control y seguimiento de la calidad de las aguas subterráneas en el área mencionada, puesto que en caso de reaparecer producto sobrenadante sería necesario realizar actuaciones para su eliminación.

Además el estudio adicional que podría servir de herramienta ante la toma de decisiones en la gestión del riesgo ante eventuales obras indica que, para las condiciones evaluadas de hipotéticas obras, el umbral de riesgo toxicológico se superaría en todos los sectores evaluados (AI 1, AI 2 y AI 3), principalmente por la presencia de hidrocarburos totales del petróleo (fracción F2 y F3) y por arsénico. Por dicha razón será necesario considerarlo en caso de tener que realizar alguna obra con movimientos de tierras en cualquiera de estas zonas, para incluir las medidas necesarias en el plan de higiene y seguridad asociado a la obra.

### 3.11. DETERMINACIÓN DE NIVELES DE REMEDIACIÓN

A continuación, se presenta el resumen de las técnicas de tratamiento potencialmente aplicables a cada sector objeto de remediación de la Estación Morona:

**Cuadro N° 36: Técnicas de Tratamiento Potencialmente Aplicables**

Técnicas de Tratamiento	AI2	AI3.1, AI3.2 y AI3.4	AI3.3
<b>Zona No Saturada</b>			
Confinamiento	-	x	x
Solidificación/Estabilización	-	x	✓
Oxidación química <i>in situ</i>	-	x	x
Tratamiento térmico	-	x	x
Excavación y gestión <i>off site</i>	-	✓	✓
Tratamiento Biológico: <i>Landfarming o Biopilas</i>	-	✓	x
<b>Zona Saturada</b>			
Bombeo y tratamiento	✓	-	
Extracción multifase	✓	-	
Oxidación química	x	-	
Biorremediación	x		

Notas: x Técnica de Remediación Considerada No Viable.

✓ Técnica de Remediación Considerada Potencialmente Viable.

#### ▪ Niveles de remediación específicos para el escenario humano

Las concentraciones de compuestos de preocupación detectadas en los suelos y aguas subterráneas (según las 3 áreas de interés consideradas) no suponen una situación de riesgo potencial toxicológico o cancerígeno inadmisibles para la salud humana para los escenarios y receptores evaluados. Por esta razón, no sería necesaria la adopción de acciones correctivas tendientes a la reducción de estas o a la mitigación del riesgo a través de otras medidas. En consecuencia, no sería necesario calcular niveles de remediación específicos como objetivos de remediación. Sin embargo, se entiende la necesidad de llevar a cabo actuaciones para la retirada de la fase libre existente en el AI2.

Sin embargo, se ha detectado la presencia de fase libre sobrenadante en la AI 2, se sugiere la acometida de labores de control y seguimiento de la calidad de las aguas subterráneas en el área mencionada.

#### ▪ Niveles de remediación para el escenario ecológico

De la valoración del riesgo a los ambientes, no se definen umbrales de aceptabilidad y por lo tanto no se calculan niveles de remediación.

#### ▪ Niveles de remediación para proteger recursos naturales abióticos

En el estudio, 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.

## 4. CONCLUSIONES

**4.1** La opinión técnica de la Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria - DIGESA, en lo que concierne al Riesgos a la Salud y al Ambiente, está vinculada a la protección del ambiente, el cual está ligado directamente a la preservación y mitigación de los componentes ambientales de suelo, aire, ruido, agua superficial y efluentes, en protección de la salud pública.

**4.2** El estudio de evaluación de riesgos a la salud y el ambiente (ERSA) y valoración del riesgo al ambiente, presenta los datos más significativos y concluyentes de la valoración desarrollada:

#### ▪ Valoración del Riesgo a la Salud Humana

Se calculan los niveles de potencial riesgo toxicológico y cancerígeno para la salud humana que resultan admisibles para todos los escenarios, vías de exposición y receptores considerados como vulnerables: esto incluye el estudio de la inhalación de vapores y partículas en espacios abiertos para los trabajadores de la Estación Morona (en las tres AI definidas). Asimismo, se evalúa a un hipotético transeúnte

que pudiera hacer un uso recreativo ocasional de la Quebrada Shifeco, pudiendo estar expuesto a contacto directo e ingestión de aguas superficiales y sedimentos. Los resultados obtenidos indican una situación de riesgo admisible para todos los escenarios y, por tanto, no se requiere el cálculo de niveles de remediación específicos como objetivos de remediación. No obstante, puesto que se ha identificado presencia de fase libre sobrenadante en la AI 2 (punto C25), considerando este producto como foco activo de contaminación, se entiende implícitamente obligatoria su contención y/o eliminación. Es por este motivo se sugiere la acometida de labores de control y seguimiento de la calidad de las aguas subterráneas en el área mencionada.

▪ **Valoración del Riesgo al Ambiente**

La afectación identificada en la zona interna como externa de la Estación Morona predomina la presencia de fracciones de hidrocarburos (F1, F2 y F3). Se determinó que el material predominante en el perfil del suelo es arena y/o arena limo en superficie (hasta 1,0 m de profundidad), mientras a mayor profundidad es un medio arcilloso (mayor a 1,25) que se comporta como una capa impermeable. La afectación detectada por presencia de hidrocarburo en el suelo se encuentra delimitada en cada área de interés, así como la delimitación de la pluma de afectación en el agua subterránea.

Con respecto a la zona externa de la zona industrial (oeste), no se evidenciaron hábitats sensibles tales como zonas de anidamiento, collpas, bañaderos, árboles semilleros, entre otros hábitats que puedan ser afectados por presencia de contaminantes, toda vez que en el AI 3, se encuentra emplazada sobre la unidad de vegetación correspondiente a "Vegetación secundaria. La composición y riqueza de especies de flora y fauna, refleja predominancia de especies con capacidad de adaptación a la perturbación antrópica, no reportándose especies endémicas, amenazadas ni incluidas en el apéndice I de CITES, de acuerdo con la legislación nacional e internacional. De lo señalado líneas arriba se concluye que no existe la necesidad de avanzar a un Etapa III de valoración del riesgo ambiental.

▪ **Valoración de los Riesgos para los Recursos Naturales Abióticos**

- De la Valoración del Riesgo para los Recursos Naturales Abióticos, se concluye que la valoración de los riesgos del suelo es MEDIO a BAJO, esto se debe al tipo de material (arena, arena limosa y/o arena arcillosa en superficie) que predomina, con una permeabilidad media a baja en el suelo.
- En cuanto a la valoración de los riesgos del agua subterránea y superficial es MEDIO A BAJO, debido al tipo de suelo, la naturaleza química de los contaminantes y los mecanismos de transporte encontrados es necesario adoptar medidas de contención de la migración de las aguas contaminadas. Asimismo, se debe realizar un plan de monitoreo de los piezómetros ubicados en el emplazamiento, así también, comprobar la no migración de la contaminación encontrada dentro de la zona industrial, siguiendo la dirección del flujo subterráneo (hacia el noreste y oeste).
- Para la valoración de riesgo a la atmósfera, no se considera que existe un potencial riesgo de emisión de partículas o vapores a la atmósfera en las áreas afectadas, por ende, no se valora el riesgo a la atmósfera en el área de evaluación.

## 5. RECOMENDACIONES

- 5.1. La población de la CN Fernando Rosas no cuenta con sistemas de agua potable por red pública; en su lugar cuentan con un tanque elevado que contiene agua tratada para el consumo humano; además de ello, optan por otras alternativas de abastecimiento, provenientes de diferentes **fuentes naturales de agua subterráneas** y superficiales como: **los manantiales o "pozos", el río Morona** y de manera complementaria el agua de lluvia. Así mismo en la Comunidad Musakandashi Nuevo, las familias utilizan varias fuentes de agua a la vez: principalmente el río Morona y agua de lluvia. Así mismo se ha identificado presencia de fase libre sobrenadante en la AI 2 (punto C25), considerando este producto como foco activo

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”

“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

“Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú”

de contaminación, se entiende implícitamente obligatoria su contención y/o eliminación. Por esta razón se recomienda la acometida de labores de control y seguimiento de la calidad de las aguas subterráneas en el área o áreas donde exista fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano<sup>2</sup>.

- 5.2. Emitir Opinión Técnica Favorable para la Evaluación de Riesgos a la Salud Humana y el Ambiente (ERSA) previa a la Aprobación del Plan de Descontaminación de Suelos (PDS) del "Plan Dirigido a la Remediación-Estación Mora", presentado por PETRÓLEOS DEL PERÚ - PETROPERÚ S.A.
- 5.3 Remitir el presente informe a la Dirección de Evaluación Ambiental de Hidrocarburos-MINEM, para su conocimiento y fines pertinentes.

Atentamente,

FIRMADO DIGITALMENTE  
Ing° Francisco Picoy Alvarado  
CIP N.° 48096  
DCEA/DIGESA

---

<sup>2</sup> Evaluación de Riesgo a la Salud y el Ambiente (ERSA)

(...)

- Área de Interés AI3 (Zona Externa): Se propone una medida de descontaminación que comprende la excavación Selectiva y de los suelos afectados para su posterior tratamiento mediante Landfarming con inyección de surfactante para las subáreas de interés AI3.1, AI3.2 y AI3.4. Así mismo para la subárea AI3.3, la cual presentó afectación por Cr VI, se deberá proceder con el confinamiento del volumen de suelo afectado.

Al retirar los suelos afectados aledaños a la quebrada Shifeco, estaríamos eliminando el foco de afectación de las aguas subterráneas y sedimentos de la misma, por ello se propone implementar un Programa de Monitoreo y Seguimiento. Para el monitoreo se considera un plazo inicial de tres (3) años, a realizarse de manera semestral..

“Adenda al Informe de Identificación de Sitios Contaminados de Sitios Contaminados en la Estación Morona” elaborado por Consorcio TEMA, 2017.

(...)

- Destaca la concentración de hidrocarburos detectada en el piezómetro P05, ubicado en el área de motobombas principales.
  - Las muestras de agua correspondientes a los piezómetros ubicados junto la poza de residuos (P15) y el tanque sumidero (P12) presentan concentraciones de hidrocarburos menores, pero que superan los valores indicativos de referencia.
  - No se detecta presencia de hidrocarburos disueltos en el piezómetro instalado junto la poza de tratamiento de borra (P14).
- También se detecta presencia de metales totales en el agua, concretamente de Bario, Plomo y Mercurio en concentraciones superiores a valores de referencia de la Normativa Holandesa, Soil Remediation Circular 2013 para metales disueltos y/o de la categoría 4 del ECA Agua correspondiente a ríos Selva (DS N°004-20175-MINAM), en los puntos de muestreo P05, P12 y P15.

### 3.2 DETERMINACION DE LOS CONTAMINANTES DE PREOCUPACIÓN

(...)

Las fases libres se consideran como focos activos de contaminación y se entiende implícitamente la obligatoriedad de su contención y/o eliminación. En el caso del AI 2, para la valoración de la zona saturada se contemplan las máximas concentraciones de compuestos disueltos en las aguas subterráneas, pero se considera necesaria actuar sobre la fase libre detectada en el punto C25.

#### 3.3.1 Escenarios de Evaluación de Salud Humana

Atendiendo a la información recabada en los estudios previos (identificación, caracterización, entre otros), las potenciales rutas de migración a través del suelo, aire y aguas subterráneas; así como las vías de exposición, receptores potenciales y sustancias relevantes para salud humana que se han identificado en la Estación Morona.

### CAPÍTULO 10. RESUMEN DE LA EVALUACIÓN DE RIESGO

(...)

Asimismo, y según reflejan los resultados obtenidos durante las fases de identificación y caracterización, se ha detectado la presencia de fase libre sobrenadante en la AI 2 (punto C25).

Este producto se considera como foco activo de contaminación y se entiende implícitamente la obligatoriedad de su contención y/o eliminación. Por estos antecedentes, se sugiere activar un plan de control y seguimiento de la calidad de las aguas subterráneas en el área mencionada, puesto que en caso de reaparecer producto sobrenadante sería necesario realizar actuaciones para su eliminación.

No obstante, es importante señalar que el estudio adicional que podría servir de herramienta ante la toma de decisiones en la gestión del riesgo ante eventuales obras indica que, para las condiciones evaluadas de hipotéticas obras<sup>23</sup>, el umbral de riesgo toxicológico se superaría en todos los sectores evaluados (AI 1, AI 2 y AI 3), principalmente por la presencia de hidrocarburos totales del petróleo (fracción F2 y F3) y por arsénico. Por dicha razón será necesario considerarlo en caso de tener que realizar alguna obra con movimientos de tierras en cualquiera de estas zonas, para incluir las medidas necesarias en el plan de higiene y seguridad asociado a la obra.