

**INFORME TECNICO N° 0043-2023-ANA-DCERH/WQQ**

**A :** **FLOR DE MARIA HUAMANI ALFARO**  
DIRECTORA  
DIRECCION DE CALIDAD Y EVALUACION DE RECURSOS HIDRICOS

**ASUNTO :** Opinión Favorable al Plan de Rehabilitación del Sitio Impactado S0102 (Sitio 2) por Actividades de Hidrocarburos de la Cuenca del Río Pastaza, presentada por la Dirección General de Asuntos Ambientales de Hidrocarburos (DGAAH) del Ministerio de Energía y Minas (MINEM)

**REFERENCIA :** a) Oficio N° 826-2022-MEM/DGAAH/DEAH  
b) Oficio N° 172-2023-MINEM/DGAAH/DEAH

**FECHA :** San Isidro, 12 de abril de 2023

---

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

**I) ANTECEDENTES**

- 1.1. El 25 de setiembre de 2019, mediante Oficio N° 382-2019-MEM/DGAAH/DEAH, la Dirección General de Asuntos Ambientales de Hidrocarburos (DGAAH) del Ministerio de Energía y Minas (MINEM), remitió a la Dirección de Calidad y Evaluación de Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua (DCERH de la ANA) el Instrumento de Gestión Ambiental (IGA) indicado en el asunto, a fin de que se emita opinión técnica de conformidad con el artículo 81° de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos. El presente IGA fue elaborado por el consorcio Ecodes-Varichem.
- 1.2. El 16 de diciembre de 2019, mediante Oficio N° 2720-2019-ANA-DCERH con CUT: 248032 – 2019, la DCERH de la ANA remitió a la Dirección General de Asuntos Ambientales de Hidrocarburos (DGAAH) del Ministerio de Energía y Minas (MINEM), el Informe Técnico N° 1082-2019-ANA-DCERH/AEIGA, que contiene las observaciones al Instrumento de Gestión Ambiental (IGA) indicado en el asunto.
- 1.3. El 15 de noviembre de 2021, mediante Oficio N° 650-2021-MINEM-DGAAH-DEAH, la Dirección General de Asuntos Ambientales de Hidrocarburos (DGAAH) del Ministerio de Energía y Minas (MINEM) remitió a la DCERH de la ANA la subsanación de las observaciones del IGA indicado en el asunto.
- 1.4. El 29 de diciembre de 2021, mediante Oficio N° 2327-2021-ANA-DCERH, la DCERH de la ANA remitió a la DGAAH del MINEM el Informe Técnico N° 135-2021-ANA-DCERH/WQQ correspondiente a la información complementaria que requiere el IGA del asunto en materia de recursos hídricos.
- 1.5. El 08 de noviembre de 2022, mediante Oficio N° 826-2022-MINEM/DGAAH/DEAH, la Dirección de Evaluación Ambiental de Hidrocarburos de la DGAAH del MINEM remitió a la DCERH de la ANA la información complementaria para el IGA del asunto.



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

- 1.6. El 20 de marzo de 2023, mediante Oficio N° 172-2023-MINEM/DGAAH/DEAH, la Dirección de Evaluación Ambiental de Hidrocarburos de la DGAAH del MINEM reitera a la DCERH de la ANA la opinión técnica para el IGA del asunto.
- 1.7. El 12 de abril de 2023 mediante Carta N° 010-2023-RJEA y SISGED se remite el informe elaborado por el Ing. Renzo Echevarría Ardiles con CIP N° 95832 con el apoyo del Ing. Uriel Marca con CIP N° 166585 (Especialista de Hidrogeología), para su emisión.

## II) ANÁLISIS

### 2.1. MARCO LEGAL

- Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos y su Reglamento, Decreto Supremo N° 001-2010-AG.
- Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental y su Reglamento, Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM.
- Ley N° 30321, Ley que crea el Fondo de Contingencia para Remediación Ambiental y su Reglamento, Decreto Supremo N° 039-2016-EM.
- Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, aprueban Estándares de Calidad Ambiental para agua y establecen disposiciones complementarias.
- Decreto Supremo N° 018-2017-MINAGRI, Reglamento de Organización y Funciones de la ANA.
- Resolución Ministerial N° 118-2017-MEM/DM, Aprueban “Lineamientos para la elaboración del Plan de Rehabilitación”
- Resolución Jefatural N° 106-2011-ANA, Procedimientos de Evaluación de los Estudios de Impacto Ambiental relacionados con los recursos hídricos.
- Resolución Jefatural N° 224-2013-ANA, Reglamento para el otorgamiento de autorización de vertimientos y reúso de aguas residuales tratadas.
- Resolución Jefatural N° 007-2015-ANA. Reglamento de Procedimientos Administrativos para el Otorgamiento de Derechos de Uso de Agua y de Autorización de Ejecución de Obras en Fuentes Naturales de Agua.
- Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.
- Resolución Jefatural N° 108-2017-ANA, Guía para la Determinación de la Zona de Mezcla y la Evaluación del Impacto de un Vertimiento de Aguas Residuales Tratadas a un Cuerpo de Natural de Agua.
- Resolución Jefatural N° 056-2018-ANA. Clasificación de los Cuerpos de Agua Continentales Superficiales.



BICENTENARIO  
DEL PERÚ  
2021 - 2024



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

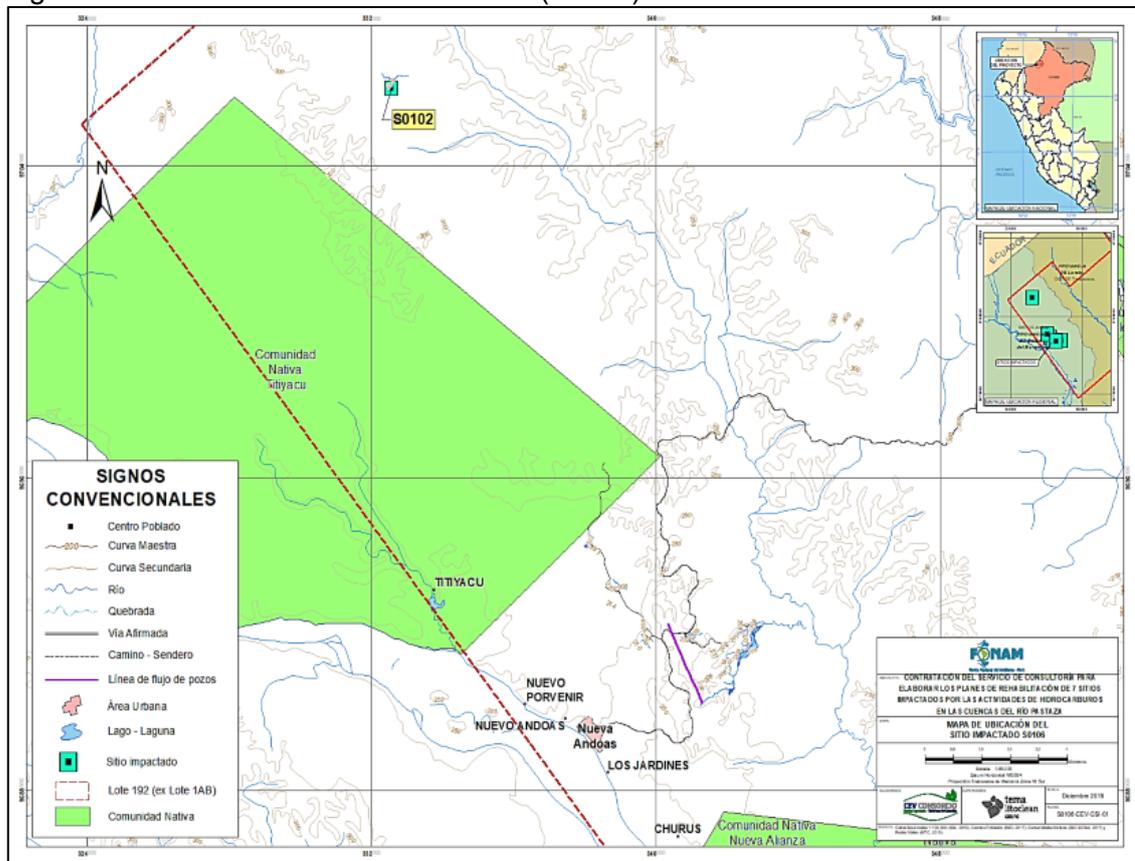
“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

## 2.2. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### 2.2.1. Ubicación

El proyecto de Rehabilitación del Sitio Impactado S0102 se ubica en el Lote 192 (Ex lote 1AB) políticamente en el distrito de Andoas, provincia Datem del Marañón, departamento de Loreto, y de manera específica dentro de los predios de la Comunidad Nativa Tityacun. Hidrográficamente se ubica al noroeste de la quebrada Yacu dentro de la cuenca del río Pastaza (Figura 1).

Figura 1. Ubicación General Sitio S0102 (Sitio 2)



Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Figura 2-1).

### 2.2.2. Característica del área

Las actividades pasadas y actuales desarrolladas en el Sitio S0102 (Sitio 2) y en su entorno han sido de tipo industrial (Cuadro N° 1), específicamente actividad petrolera (operación de pozos de producción de hidrocarburos).

**PERÚ**Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"  
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"**Cuadro N° 1: Antecedentes históricos**

N°	Año	Documento de referencia	Descripción
1	1971	Decreto Supremo N° 003-71-ED/DS	Se da inicio a las operaciones de explotación del crudo en el Lote 192 (Ex lote 1AB) por la empresa Occidental Petroleum Corporation of Peru (OXY). Durante las operaciones de OXY, se realizaron diversos proyectos de producción y exploratorios, los cuales contaron con instrumentos ambientales aprobados por la Dirección General de Hidrocarburos, entre estos el PAMA (Programa de Adecuación y Manejo Ambiental)
2	1978	Decreto Supremo N° 004-78-EM/DGH	Inicio de operaciones en el lote 1B por OXY
3	1986	Decreto Supremo N° 006-86-EM	Ambos lotes se fusionan y forman el Lote 192 (Ex lote 1AB), Contrato de Servicios de Explotación por Hidrocarburos en el Lote 192 (Ex lote 1AB), que celebran Petróleos del Perú S.A. Occidental Peruana Inc, Sucursal del Perú
4	2000	Informe de Plan de Abandono del Lote 192 (Ex lote 1AB) Pluspetrol Norte S.A., 2016	El 08 de mayo, Occidental Petroleum Corporation of Peru (OXY) cedió el total de las actividades de explotación en el Lote 192 (Ex lote 1AB) a favor de Pluspetrol Perú Corporation S.A. que fue aprobada por el Decreto Supremo DS N° 007-2000-EM y con el Contrato de Licencia para explotación de hidrocarburos (DS N° 022-2001-EM) que venció el 29 de agosto del año 2015
5	2003	Decreto Supremo N° 048-2002-EM	Se suscribe el Contrato de Licencia para la explotación de Hidrocarburos en el Lote 192 (Ex lote 1AB) que celebran Perupetro S.A. y Pluspetrol Norte S.A.
6	2013	Informe de Adjuntía N° 001-2014-DP-AMASPP	Del 23 de abril al 08 de mayo de 2013, durante el recorrido programado en el marco de la DEA de la cuenca del río Pastaza para la identificación de sitios contaminados en las locaciones del Lote 192 (Ex lote 1AB) bajo responsabilidad de la empresa Pluspetrol Norte S.A., OEFA verificó la existencia de una serie de botaderos con residuos sólidos de distinta naturaleza y condición, los cuales se encontraban desperdigados y sin ningún tipo de protección y almacenamiento correspondiente
7	2016	Informe de derrames de petróleo del Lote 192 (Ex lote 1AB) Dirección de Supervisión, OEFA	El día 08 y 09 del mes de enero, se presentó un derrame de crudo en el Yacimiento de Capahuarí Norte por parte de la empresa Pacific Energy del Perú S.A. Lo anterior fue tomado del Informe de Derrames de Petróleo realizado por la Dirección de Supervisión de la OEFA, el anterior derrame se encuentra ubicado a 2,35 km del Sitio Impactado N° 2
8	2017	Reporte de Campo CUC N° 0001-01-2017-22	Visita de reconocimiento de los botaderos y sitios impactados en las cuencas de los ríos Pastaza, Corrientes y Tigre – Lote 192 (Ex lote 1AB) del 26 de enero al 9 de febrero 2017, reconocimiento puntual del sitio 2.
	2018	Anexo 6.12: Formatos de visita de reconocimiento Código: VAR-PR Fecha: 05/02/2018	Se realizó una entrevista con el Monitor Ambiental Rafael Huanlinga, en el Sitio Impactado por Hidrocarburos N° 2 (Código FONAM: S0102) cerca al sector se encuentran los pozos 10 y 12 que en la actualidad están inactivos, pero tuvieron operación por 22 años manifiesta que el impacto provino de estos pozos.

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Tabla 3-1).



### 2.2.3. Características del sitio impactado

#### Fuentes y focos potenciales de contaminación

Las fuentes están asociadas a las descargas de lodos de perforación, fluidos aceitosos y aguas de producción que se han realizado a través de una trampa sumidero de los pozos Capahuarí Norte 10 y 12 (Cuadro N° 2).

En un extremo de la locación de los pozos Capahuarí Norte 10 y 12 hay una trampa sumidero, en donde por diferencia de densidades se realiza la separación de las fases aceite-agua, los hidrocarburos que se separan, se reintegran al sistema y las aguas libres de aceite a través de una tubería se vierten hacia la quebrada Capahuarí Yaku, está quebrada nace en el sector sur, cerca de la trampa sumidero, recorre todo el área impactada y continua su curso hacia el noreste.

Es probable que durante la perforación del Pozo Capahuarí 10 y 12 y durante la fase de producción del pozo, se haya realizado el vertimiento de fluidos de perforación de pozos al igual que la descarga de aguas de producción.

La descarga de hidrocarburos y fluidos aceitosos se ha producido desde la trampa sumidero de los pozos Capahuarí norte 10 y 12 hacia la quebrada Capahuarí Yaku, la cual nace en el sector sur y fluye hacia el sector norte del área impactada, los hidrocarburos han migrado hacia las zonas anegables y sitios bajos impactando el suelo y los sedimentos.

Cuadro N° 2. Características del Entorno (Tabla 3-5)

Posibles Fuentes	Coordenadas UTM WGS84 zona 18S		Posibles Focos	Distancia al Sitio Impactado (m)	Observaciones
	Este	Norte			
Pozo 10 y Pozo12	332 526	9 705 888	Suelo, agua, sedimentos	128	Pozos petroleros
Transformadores y radiadores	332 522	9 705 941	Suelo, agua, sedimentos	83	Facilidad instalada para la Operación de los pozos 10 y 12
Tanque de diésel	332 525	9 705 959	Suelo, agua, sedimentos	70	
Trampa Sumidero	332 557	9 705 955	Suelo, agua, sedimentos	50	Las dimensiones del tanque son: A: 2,20 m. L: 2,20 m, H:4,70 m.

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Doc. Subsanción de observaciones, Tabla 1).

#### Fuentes y focos de contaminación asociadas a actividades de hidrocarburos

Las posibles fuentes identificadas son: trampa sumidero de los pozos Capahuarí norte 10 y 12, zonas de tanques de combustibles, insumos químicos y áreas de almacenamiento de sustancias y residuos (Cuadro N° 3).

**Posibles Focos de Contaminación:** Se denomina también “fuente secundaria de contaminación” o “hotspot”, y comprende los componentes ambientales afectados por las fuentes primarias de contaminación, que se caracterizan por presentar altas concentraciones de contaminantes y ser potenciales generadores de contaminación en otros componentes ambientales (D.S. N° 012-2017-MINAM).

**PERÚ**Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

**Foco de sedimentos:** El foco de sedimentos identificado en la fase de caracterización con coordenadas UTM WGS84, Zona 18 S, 332627 (E) y 9706172 (N), fue reubicado y posicionado 20 m, hacia el norte, donde se ubicó el punto “S0102-Sed-005” tomándose la muestra, la misma que fue considerada como más representativa ya que este punto está ubicado en un sector en donde confluyen varios ramales de cuerpos de agua

Cuadro N° 3: Fuentes y focos potenciales asociados a actividades de hidrocarburos

Foco potencial	Coordenadas UTM WGS 84 - zona 18	
	Este	Norte
Suelo con presencia de hidrocarburos	332 579	9 706 005
Suelo con presencia de hidrocarburos	332 602	9 706 050
Sedimentos con trazas de hidrocarburos	332 627	9 706 172
Cuerpo de agua	332 599	9 706 027
Cuerpo de agua	332 678	9 706 123

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Tabla 3-6).

### Vías de propagación

Los hidrocarburos y contaminantes de preocupación han migrado a través de las corrientes de agua de la quebrada que nace en el área impactada y se han dispersado a través de las zonas anegables; en suelo la migración de los contaminantes de preocupación se ha presentado por procesos de infiltración, difusión y absorción; los contaminantes de preocupación que se han disuelto o emulsificado en la fase agua, progresivamente se han precipitado en los sedimentos; las fracciones ligeras de los hidrocarburos debido a su presión de vapor se han volatilizado, permaneciendo en el ambiente solamente las fracciones medianas y pesadas.

## 2.2.4. Descripción de la línea base en materia de recursos hídricos

### **Meteorología**

Para la caracterización meteorológica se consideró la información de las estaciones meteorológicas Trompeteros, Andoas, Barranca y Nueva Roca Fuerte con un registro del 2015 al 2017.

De acuerdo al Informe Técnico del SENAMHI (Régimen Hidrometeorológico y comportamiento de las precipitaciones en las cuencas de los Ríos Tigre – Pastaza y Marañón para los años 2015, 2016 y 2017), entre los meses de octubre a abril las precipitaciones son mayores, entre junio a septiembre son menores siendo el mes de abril el de mayor precipitación y los meses de julio y agosto los de menor precipitación y con un promedio mensual de precipitación a 258 mm.





PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

La temperatura en esta zona de estudio se caracteriza por presentar poca variabilidad mensual y anual, donde la temperatura promedio anual corresponde a 25 °C. Los valores mínimos de temperatura corresponden a 23 °C, se puede observar que las temperaturas tienen muy escasa oscilación, lo cual es ideal para el desarrollo de actividades agropecuarias en el área de estudio.

El promedio anual de humedad relativa presenta valores similares entre sí, los cuales ascienden a 88,59%. Los registros demuestran que la humedad relativa es alta y constante durante todo el año registrándose los valores máximos durante los meses de abril (90,1%), mientras que los valores mínimos se registran en el mes de agosto (86,9%).

### **Hidrología**

El río Pastaza proviene del norte desde Ecuador recorre la llanura amazónica del nororiente peruano hasta desembocar en el Río Marañón. Tiene un ancho de cauce de 1200 metros promedio desde la frontera hasta su desembocadura, es de forma meándrica donde predominan grandes islas y bancos de arena a lo largo de su cauce.

Los principales cuerpos de agua que se encuentran en el Sitio S0102 (Sitio 2), son dos (02) quebradas que cruzan desde la parte sur hasta llegar a un cauce que desemboca a la quebrada Capahuarí Yacu Norte. El sitio se ubica dentro de la cuenca de la quebrada Capahuarí Yacu Norte que tiene un área de 0,4732 Km<sup>2</sup> y un perímetro de 2,72 Km, el comportamiento de la precipitación mensual de la cuenca es estacional, con incremento en los meses de verano y otoño con un descenso en los meses invierno y primavera (Figura 2). Por otro lado, el río Pastaza se encuentra a 12 km de distancia en sentido oeste.



BICENTENARIO  
DEL PERÚ  
2021 - 2024

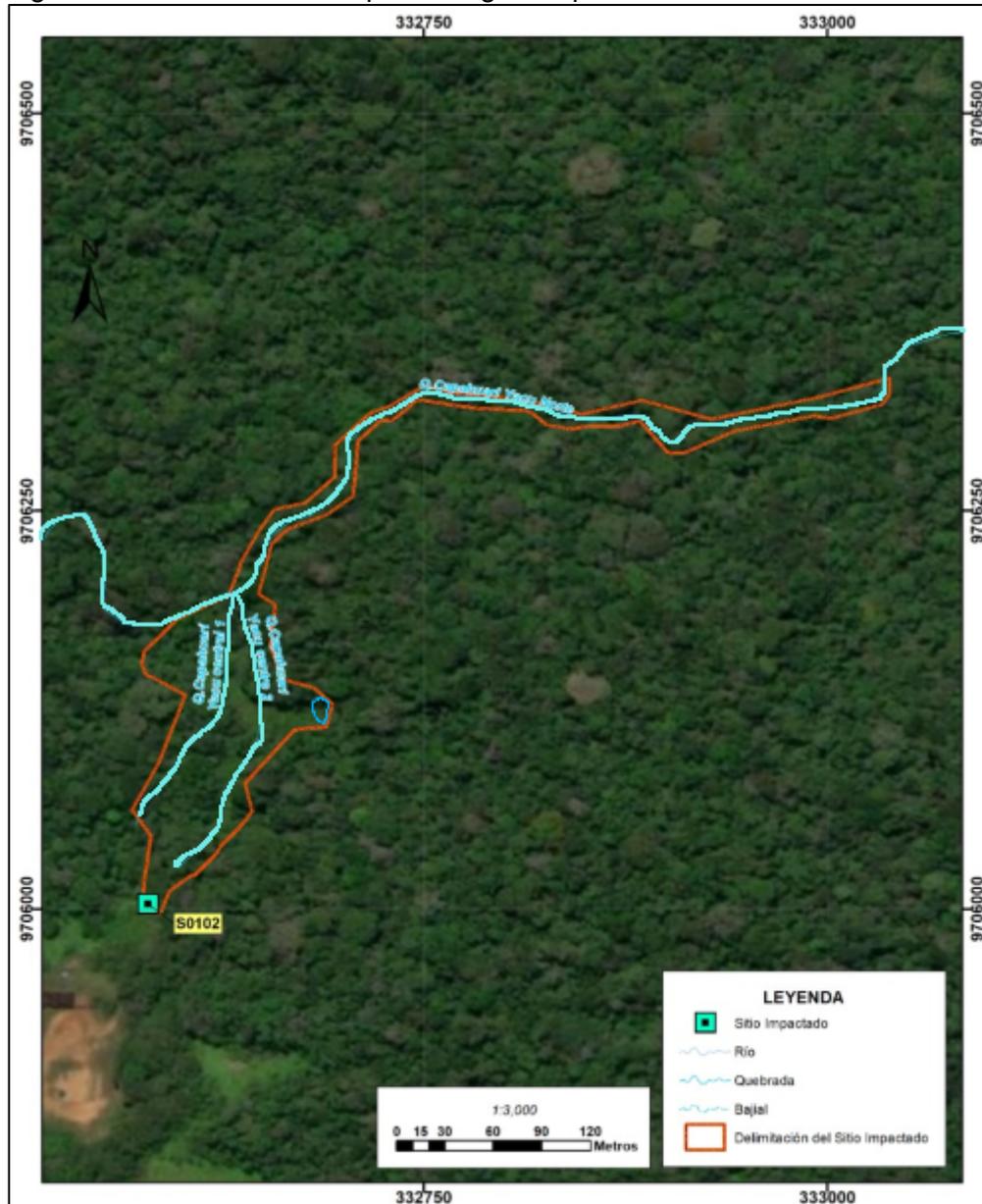


PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

Figura 2. Ubicación de Cuerpos de Agua Superficiales



Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Doc. Subsanación de observaciones, Figura 1).

Las zonas inundables y delimitación de la faja marginal están descritos en el informe “Análisis Hidrológico e Hidráulico Del Sitio S102 con Fines de Remediación del Sitio S0102”, el cual se encuentra en el Anexo ANA Observación N° 10.

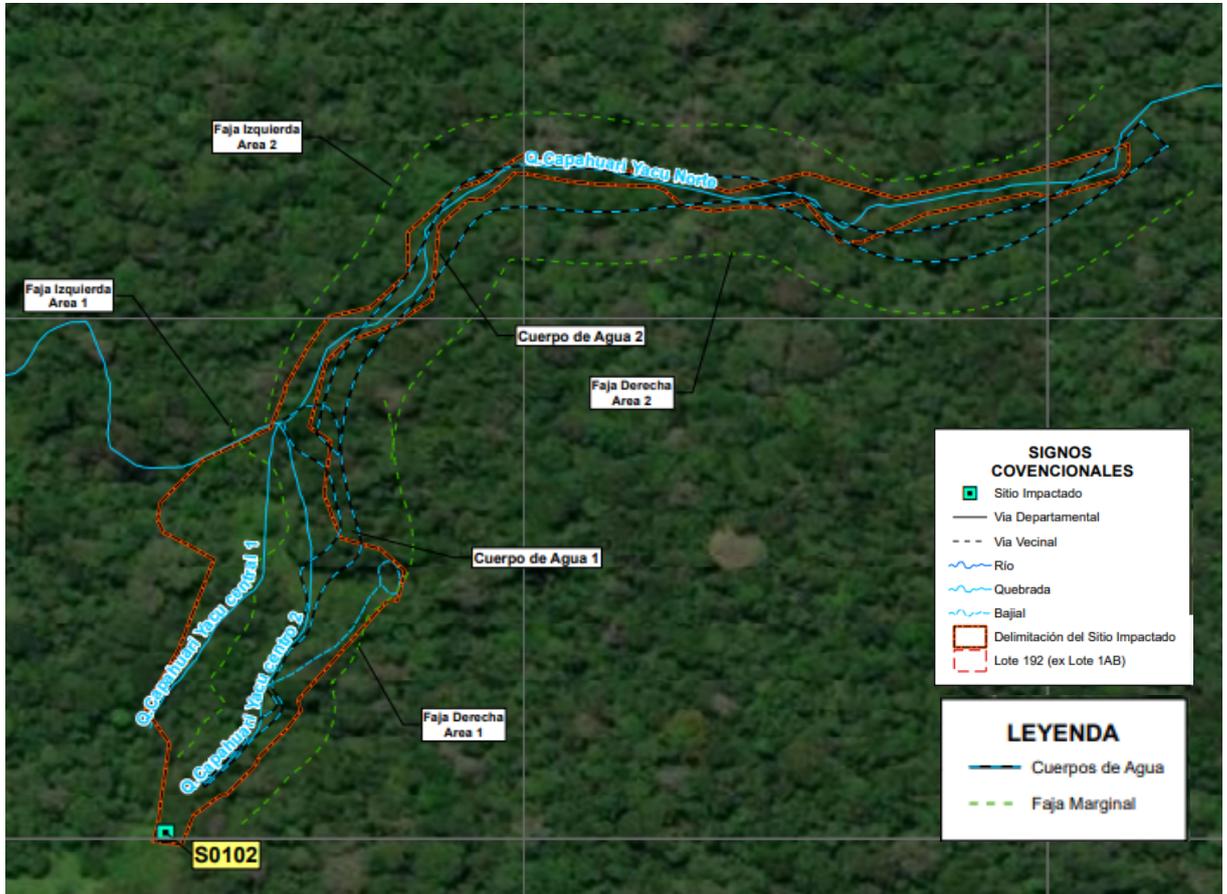


PERÚ

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego

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

Figura 3. Mapa de Delimitación de la Faja Marginal en el Sitio Impactado S0102



Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Doc. Información complementaria, Anexo ANA Observación N° 10, mapa "S0102-ANA-OBS-10-2").

### Hidrogeología

De acuerdo con el Mapa Hidrogeológico de Perú (INGEMMET, 1999), en el área afectada se ubican Acuíferos Porosos no Consolidados de alta permeabilidad (APNCA) emplazado en la Región hidrográfica del Amazonas.

En el área de estudio, las unidades hidrogeológicas se han definido basándose en las características litológicas de los sedimentos (acuíferos porosos sedimentarios), de los depósitos no consolidados que conforman formaciones o grupos geológicos, identificándose solo una (01) unidad hidrogeológica (Acuífero Poroso No Consolidado).

En base en la información publicada en el informe inventario de agua subterránea Iquitos por la ANA (Autoridad Nacional del Agua), los pozos existentes se encuentran ubicados aproximadamente a 320 km al sur este de la zona de estudio, específicamente en los alrededores de la ciudad de Iquitos, así que, no existe pozos para aguas subterráneas en el Sitio S0102 (Sitio 2).



BICENTENARIO DEL PERÚ 2021 - 2024



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

En el Sitio S0102 (Sitio 2) se realizaron dos pozos exploratorios a una profundidad de 4,40 m, y 5,50 m, las perforaciones se suspendieron a estas profundidades porque se encontraron secuencias de arcillas bien definidas y compactas de 1,50 m, de espesor, que actúa como un sello impermeable que contiene la migración de los contaminantes hacia sustratos inferiores y/o hacia las aguas subterráneas.

**Cálculos de permeabilidad de arcillas:** Respecto a los cálculos de permeabilidad de las arcillas y su interpolación matemática para determinar la distancia que recorre una gota de agua en la unidad de tiempo, es necesario precisar que existen varios factores que modifican la permeabilidad de los suelos y por consiguiente la dinámica de los fluidos, entre estos factores podemos citar:

- Saturación de los sustratos: En la medida que el agua, satura los poros de la arcilla, el volumen de poros vacíos disminuye y consecuentemente la permeabilidad de las arcillas disminuye aún más.
- Diferencia de presión: Al saturarse los poros de la arcilla, para que el agua siga permeando los sustratos, su presión debe ser mayor que la presión que ejerce el agua que ha copado los poros de los sustratos, este diferencial de presión incide en la velocidad de filtración del agua a través del subsuelo.
- Factores químicos: La estructura del suelo, el tipo y cantidad de iones presentes en la matriz de suelo, también condicionan las propiedades físicas del suelo.

La velocidad de flujo subterráneo en un “medio saturado” puede ser determinada por la ecuación de Darcy, la cual se define de la siguiente manera:

$$V = -K \frac{dh}{dl}$$

Donde:

- V = Promedio de la velocidad
- K = Conductividad hidráulica
- dh/dl = Gradiente hidráulico

Para el cálculo de velocidad de flujo en medios no saturados se puede hacer uso de la Ecuación de Richards que supone un perfil de humedad inicial lineal, mínimo en la superficie del suelo y el máximo en la superficie del nivel freático. Asimismo, se sugiere una variación lineal de la succión en el frente de saturación, máxima en la superficie del suelo y nula en el nivel freático.

$$q_i = -K_{is} k_{ri} \Delta h_i$$

Donde:

- $K_{is}$  = Conductividad hidráulica saturada para fase i
- $k_{ri}$  = Permeabilidad relativa fase i
- $\Delta h_i$  = Potencial hidráulico





PERÚ

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego

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

Asimismo, el caso de los Sitios SO100, S102, SO104 y SO106, que tienen estratos de suelo limoso arcilloso, arrojaron velocidades de flujo máximos de  $8 \times 10^{-14}$  m/día, lo cual resulta prácticamente imperceptible.

En el Anexo ANA Observación N° 7, presentan el “Estudio Hidrogeológico”, realizado para los siete (7) Sitios de la cuenca del Río Pastaza; en el Capítulo 12.6 se realiza el cálculo de la velocidad de flujo y su justificación en el Capítulo 11 (de las variables: conductividad hidráulica, la permeabilidad y el potencial hidráulico).

Figura 4. Cálculo de la velocidad del flujo subterráneo en un “medio saturado”

```

***** Program HYDRUS*****
Welcome to HYDRUS-1D
Date: 2.12.2020 Time: 16:23:23
Units: L = m, T = days, M = mmol
-----
Length [L]      0.20000E+02 0.20000E+02
W-volume [L]    0.40000E+01 0.40000E+01
In-flow [L/T]   0.00000E+00 0.00000E+00
h Mean [L]      -0.14884E+05 -0.14884E+05
Top Flux [L/T]  -0.79492E-13
Bot Flux [L/T]  -0.79492E-13
-----

```

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Doc. Información Complementaria ANA Observación N° 7).

### Calidad de las aguas superficiales

Para el análisis de la calidad de las aguas superficiales, se realizó el muestreo en seis estaciones (Cuadro N° 4) en abril de 2018 (época húmeda) y setiembre de 2019 (época seca). Los parámetros analizados de acuerdo al ECA-Agua para la categoría 4 fueron: pH, temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, cloruros, aceites y grasas, fenoles, sulfuros, arsénico total, bario total, cadmio total, mercurio total, plomo total, cadmio disuelto, cobre total, níquel total, zinc total, benceno, HTP, antraceno y fluoranteno. Los parámetros analizados de acuerdo a la normativa canadiense para agua subterránea (Environmental Quality Guidelines for Alberta) fueron: tolueno, etilbenceno, xilenos, naftaleno, fenantreno, pireno y benzo(a)antraceno.



**Cuadro N° 4: Puntos de muestreo de calidad de agua superficial**

Código de estación	Descripción	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18	
		Este	Norte
S0102-As001*	Ubicado en la parte norte del sitio impactado, no se toma muestra en época seca por falta de agua en el cuerpo hídrico	332 599	9 706 027
S0102-As002	Punto ubicado en la parte central en el cuerpo hídrico que atraviesa el sitio impactado	332 624	9 706 121
S0102-As003	Punto ubicado en la parte central en el cuerpo hídrico que atraviesa el sitio impactado	332 624	9 706 103
S0102-As004	Punto ubicado en la parte oeste del sitio impactado en un cuerpo lenticó	332 678	9 706 123
S0102-As005	Punto de muestreo ubicado en la parte norte del sitio impactado aguas abajo del cuerpo hídrico que atraviesa el sitio 2	332 637	9 706 193
S0102-As006	Punto de muestreo ubicado aguas arriba del sitio impactado	332 589	9 706 180

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Tabla 3-21)

\*En época seca no presentó flujo de agua

El pH de las muestras de agua superficial de los puntos de muestreo S0102-As002, S0102-As003, S0102-As004, S0102-As005, S0102-As006 es menor a lo indicado en el ECA-Agua para la categoría 4. La desviación del pH obedece a procesos como la fotosíntesis, actividades bacterianas y a la descomposición de la materia vegetal en ácidos húmicos que producen acides en el agua.

Las estaciones de muestreo S0102-As003 y S0102-As004 presentaron concentraciones de oxígeno disuelto por debajo del ECA-Agua para la categoría 4. En el punto de muestreo S0102-S002, ubicado dentro de la zona impactada, la concentración de aceites y grasas fue de 6,1 mg/L excediendo el ECA-Agua.

Los demás parámetros evaluados cumplieron con los estándares de comparación (ECA-Agua y Environmental Quality Guidelines for Alberta).

### Calidad de sedimentos

Para el análisis de calidad de sedimentos, se realizó el muestreo en nueve (09) estaciones (Cuadro N° 5). Los resultados fueron comparados con los estándares canadienses Environmental Quality Guidelines of Alberta y Environmental Quality Standards for Contaminated Sites.

**Cuadro N° 5: Puntos de muestreo de calidad de sedimentos**

Código de estación	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18	
	Este	Norte
S0102-Sed001	332 605	9 706 035
S0102-Sed002	332 624	9 706 121
S0102-Sed003	332 624	9 706 103
S0102-Sed004	332 678	9 706 123
S0102-Sed005	332 637	9 706 193
S0102-Sed006	332 701	9 706 265

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

Código de estación	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18	
	Este	Norte
S0102-Sed007	332 826	9 706 307
S0102-Sed008	332 903	9 706 290
S0102-Sed009	333 033	9 706 325

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Tabla 3-24).

La concentración de HTP en el 66% de los puntos en donde se realizó el muestreo de sedimentos es superior al límite de referencia (500 mg/kg) establecido por “Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia”.

Si bien el parámetro bario no cuenta con estándar peruano o internacional, se realizó su muestreo. La mayor concentración de bario se presenta en el punto de muestreo S0102-Sed001, el cual está ubicado a 80 m, aproximadamente de la descarga del tanque sumidero de los pozos Capahuarí Norte 10 y 12, lo anterior indica que se han realizado vertimientos no controlados de fluidos de perforación y/o de aguas de producción que contienen bario. El bario ha migrado a través del cauce de los cuerpos de agua, así por ejemplo en el punto S0102-Sed009, el cual está ubicado al norte de la zona impactada la concentración de bario en sedimentos es igual a 224 mg/kg.

Los demás parámetros evaluados cumplieron con ambos estándares canadienses.

### Calidad de aguas subterráneas

De acuerdo a lo indicado en el Plan de Rehabilitación, para el análisis de calidad de agua subterránea, se propuso el muestreo en dos (02) estaciones (Cuadro N° 6). Sin embargo, en S0102-PZ-01 (S0102-Asub001) la perforación se detuvo a una profundidad de 5 metros con 50 centímetros, debido a que según se encontró una secuencia de arcilla de 150 cm de grosor que por ser un material impermeable funcionaría como sello impidiendo la filtración de residuos lixiviados hacia capas inferiores.

En S0102-PZ-02 (S0102-Asub002) la perforación se detuvo a una profundidad de 4 metros con 40 centímetros, debido a que se encontró una secuencia de arcilla de 180 cm de grosor, que, por ser un material impermeable funcionaría como sello, impidiendo la filtración de residuos lixiviados hacia capas inferiores.

Después de analizar las características geológicas de cada pozo construido y al encontrar capas continuas de arcilla, se procedió a sellar los pozos, para los cual los sustratos de suelo se depositaron nuevamente en el pozo en el mismo orden en que fueron removidos, clausurando de esta manera el pozo.

En conclusión, no se realizó la toma de muestras de agua subterránea.

Cuadro N° 6: Puntos de muestreo de calidad de agua subterránea

Código de estación	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18	
	Este	Norte
S0102-Asub001	332 592	9 706 136
S0102-Asub002	332 665	9 706 214

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Tabla 3-10).

## 2.2.5. Evaluación de impactos

El origen de la contaminación está asociado a descargas no controladas de fluidos aceitosos y probablemente aguas de producción que se presentaron desde los pozos Capahuarí Norte 10 y 12.

### Contaminantes de preocupación

Para determinar los contaminantes de preocupación (CP) se tomó en cuenta la información disponible del área de estudio, tomando los criterios de la guía ERSA (R.M. N° 034-2015-MINAM).

Para el suelo, los contaminantes de preocupación fueron fracción de hidrocarburos F2, fracción de hidrocarburos F3, bario, cadmio y plomo.

Para los sedimentos se identificó solo un contaminante de preocupación: hidrocarburos totales de petróleo.

Para el agua superficial se identificó solo un contaminante de preocupación: aceites y grasas.

Para el agua subterránea no se identificaron contaminantes de preocupación debido a la presencia de arcillas bien definidas y compactas con un espesor de 1,5 m, que actúan como sello impermeable conteniendo la migración de los contaminantes hacia sustratos inferiores y/o hacia las aguas subterráneas.

### Peligros identificados

#### – Fuentes primarias

Las fuentes están asociadas a las descargas de lodos de perforación, fluidos aceitosos y aguas de producción que se han realizado a través de una trampa sumidero de los pozos Capahuarí Norte 10 y 12.

En el costado oriental de la locación de los pozos Capahuarí Norte 10 y 12 hay una trampa sumidero, en donde por diferencia de densidades se realiza la separación de las fases aceite-agua, los hidrocarburos que se separan, se reintegran al sistema y las aguas libres de aceite a través de una tubería se vierten hacia la quebrada Capahuarí Yaku, está quebrada nace en el sector sur, cerca de la trampa sumidero, recorre todo el área impactada y continua su curso hacia el noreste.

En el lecho de la quebrada Capahuarí Yaku y a lo largo de su cauce se realizó el muestreo de suelo y sedimentos, los resultados analíticos de las fracciones de hidrocarburos F2 (>C10-C28) y F3 (>C28-C40), superan el límite reglamentado en el ECA para suelos de uso agrícola. Para el caso de sedimentos la concentración de hidrocarburos totales de petróleo es superior al límite (500 mg/kg), reglamentado por “Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia”, por lo tanto, existe evidencia de la descarga no controlada de hidrocarburos desde la trampa sumidero.

Es probables que durante la perforación del Pozo Capahuarí 10 y 12 y durante en la fase de producción del pozo, se haya realizado el vertimiento de fluidos de perforación de pozos al igual que la descarga de aguas de producción, debido a que en el sitio impactado, se encontraron metales en suelo como bario, cadmio y plomo, en concentraciones que superan el límite reglamentario del ECA.

#### – Fuentes secundarias

Se identificaron como fuentes secundarias de contaminación aquellas matrices ambientales que se vieron afectadas inicialmente, convirtiéndose en focos (fuentes secundarias) de contaminación.

En el Sitio S0102 (Sitio 2) la pluma de dispersión de los hidrocarburos ha alcanzado profundidades entre 0 m y 1,50 m, la mayor concentración de hidrocarburos se presenta en las zonas bajas que son anegables. Se ha presentado la absorción y fijación de metales pesados en suelo, los resultados analíticos indican que en el área impactada hay concentraciones de bario, cadmio y plomo que superan el límite establecido en el ECA para suelos de uso agrícola. El suelo se constituye en un foco que puede propiciar la fijación y bioacumulación de metales pesados.

La concentración de hidrocarburos totales de petróleo en siete (07) de nueve (09) puntos muestreados de sedimentos, es superior al límite de referencia (500 mg/kg) establecido por “Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia”. La mayor concentración registrada es igual a 8 314 mg/kg.

El agua es el principal medio de difusión que ha contribuido a la dispersión y migración de los contaminantes identificados en el Sitio S0102 (Sitio 2). Los contaminantes han migrado desde la trampa sumidero de los pozos Capahuarí Norte 10, 12 y se han dispersado a través de los sectores y zonas que son anegables.

#### Rutas y vías de exposición

Se identificaron dos principales vías de exposición a la contaminación: contacto dérmico (directo) e ingestión (directa o indirecta a través de la cadena trófica), para el receptor humano.

En el caso de los CP identificados en suelos, las vías de movilización son las corrientes de agua de la quebrada Capahuarí Yaku, la dinámica de flujo de las aguas superficiales, el anegamiento de zonas inundables y los movimientos ocasionales de tierra por prácticas antrópicas.

Los CP han afectado los estratos superficiales y sub superficiales del suelo hasta una profundidad de 1,5 m, el grado de migración de los hidrocarburos a través de los sustratos de suelo se ha producido de diversas maneras, fundamentalmente los niveles de dispersión dependen de la granulometría del suelo, de la permeabilidad, de la capacidad de intercambio catiónico.

No se ha considerado la vía de exposición por inhalación de vapores debido a que las fracciones livianas de hidrocarburo, por tener una elevada presión de vapor bajo condiciones normales de temperatura, presión y por el tiempo transcurrido desde el vertimiento de los hidrocarburos, se han volatilizado en su gran mayoría.

Tampoco se ha considerado la acción mecánica de los vientos, debido a que el área impactada, donde se concentran los contaminantes, tiene cobertura vegetal, por lo tanto, se desestima la inhalación de material particulado. Así mismo se ha desestimado esta vía de exposición por la posible trituración de materiales y movimiento de suelos, debido a que estos procesos no se desarrollan en el área.



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

### Migración de contaminantes

De acuerdo a lo indicado en el Plan de Rehabilitación, los procesos de meteorización de las fracciones F2 y F3 en suelo, facilitarán la sedimentación en el fondo del lecho de los cuerpos de agua de las fracciones más pesadas. El grado de migración de las fracciones de hidrocarburos a través de los horizontes de suelo, depende de sus correspondientes propiedades fisicoquímicas y de las propiedades físicas del suelo. El perfil litológico de las perforaciones exploratorias realizadas en el área de interés, indica que en la zona impactada hay presencia de capas de arcilla continuas con un espesor superior a 1,5 m, las cuales actuarían como capas retenedoras evitando que por acción de los hidrocarburos se contaminen las aguas subterráneas.

Cuando los contaminantes entran al suelo, se dispersan y pueden llegar al aire, agua y sedimentos, los cuales se convierten en un foco de contaminación. Su movilidad dependerá de las condiciones ambientales, como del tipo de suelo, su estructura y composición; el nivel de la napa freática y de los procesos edáficos y geológicos. En el caso del Sitio S0102 (Sitio 2), el suelo es fuertemente ácido en algunos puntos en donde el pH está entre 4,5 y 5 y medianamente ácido en sectores en donde el pH es menor a 6. Dicha acidez estaría favoreciendo las formas iónicas de los metales, y, por lo tanto, su biodisponibilidad. Los metales tienden a precipitar en suelos y sedimentos en forma de óxidos, oxihidróxidos y carbonatos, y a disolverse en la columna de agua bajo condiciones ácidas. Los metales muestran también afinidad por la materia orgánica, la cual sirve como secuestrador a través de los aniones formados por los ácidos húmico, fúlvico, entre otros.

En el caso de los hidrocarburos totales de petróleo encontrados en sedimentos, las vías de movilización son, sobre todo, los procesos de transferencia de masa desde los sedimentos hacia la columna de agua por cambios fisicoquímicos, las perturbaciones causadas por las intensas lluvias y posteriores inundaciones de terrenos aledaños. A esto podemos añadir la bioturbación, producida por la actividad (alimentación, filtración, movimiento) de los organismos bentónicos, como peces, moluscos, crustáceos, larvas de insectos. Se sabe que esto influye en la remoción y propagación de contaminantes adsorbidos a partículas de sedimento, sobre todo los hidrofóbicos (F2 y F3).

Cambios en el pH o la alteración del equilibrio entre los sedimentos y el agua superficial provocará la transferencia de masa en la interfase agua-sedimentos.

### Evaluación de riesgos

#### – Riesgo para el suelo y sedimentos

En el suelo se encontraron concentraciones de fracción de hidrocarburos F2 (>C10-C28), F3 (>C28-C40), bario, cadmio y plomo, las cuales superaron los valores de referencia nacionales para uso agrícola (MINAM, 2017).

En el caso de sedimentos, el HTP (C9-C40) superó el valor de referencia internacional (ESRD, 2014). En este caso, el riesgo es considerado como preocupante debido a las fuertes escorrentías estacionales y fluctuantes de la zona, a procesos de lixiviación y a las pendientes pronunciadas del lugar, condiciones que favorecen el transporte de los Contaminantes de Preocupación a otras zonas más transitadas por los pobladores.





PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

Otro riesgo, asociado a los suelos, es la posible pérdida de fertilidad y nutrientes por la presencia de los CP, lo que podría condicionar la propagación y desarrollo de especies vegetales que podrían utilizarse para fines de remediación. Sin embargo, es difícil poder cuantificar o determinar de manera cualitativa este riesgo.

El riesgo asociado a los sedimentos como resultado de los CP, está dado por la potencial afectación de las reacciones de los ciclos biogeoquímicos (intercambio iónico, cambio de pH, potencial de óxido-reducción).

Debe considerarse que la bioturbación producida por la actividad (alimentación, filtración, movimiento) de los organismos bentónicos, puede influir en la remoción y propagación de contaminantes adsorbidos a partículas de sedimento, sobre todo los hidrofóbicos (fracciones de hidrocarburos F2 y F3), lo cual lo convierte en un riesgo abiótico.

#### – Riesgos para cuerpos de agua superficial

Cambios en la dinámica de aguas superficiales pueden acarrear sedimentos y partículas diversas de una zona a otra como producto de la cambiante hidrología superficial.

Los contaminantes encontrados en los suelos y en sedimentos, pueden migrar a las aguas superficiales como resultados de procesos de transferencia de masa. El pH registrado en las aguas superficiales también juega un papel importante en la movilización de los metales pesados identificados.

### 2.2.6. Propuesta de remediación

#### Propuesta seleccionada de acciones de remediación

Producto del desarrollo de las distintas etapas de análisis para la selección de la alternativa tecnológica de remediación, se determinó que para las áreas contaminadas con hidrocarburos se utilizará la tecnología de bioestimulación enzimática y para las áreas contaminadas con metales pesados (cadmio y plomo) se utilizará la tecnología de solidificación ex situ. Para las áreas que presenten contaminación de hidrocarburos y metales pesados, se considera reducir inicialmente la concentración de las fracciones de hidrocarburos F2 (>C10-C28) y F3 (>C28-C40) y posteriormente solidificar los sustratos de suelo en donde los resultados analíticos indiquen la presencia de metales.

Los CP a remediar para sedimento serán F2 y F3, cuyo nivel de remediación se ha establecido en 500 mg/kg de acuerdo con lo indicado en la norma Environmental Quality Standards for contaminated Sites (2014) Nova Scotia. Los CP a remediar para suelo serán cadmio y plomo, los cuales deberán cumplir con los ECA-Suelo para uso agrícola.

#### Superficie y volumen a remediar y rehabilitar

Cabe aclarar que los volúmenes presentados son referenciales ya que no se tiene la certeza de la cantidad de sedimentos Impactados en el cuerpo de agua, lo cual genera una incertidumbre en las densidades de los mismos y, por ende, en el cálculo del volumen de suelo que efectivamente será removido.

Se incluye los siguientes lineamientos para determinación de sedimentos.



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

- El área de sedimentos a remediar se determina por los contaminantes muestreados en los lechos de los cuerpos de agua que se encuentran en el Sitio Impactado.
- El área se toma por los cauces de los cuerpos de agua con un ancho promedio de 3 metros.
- El volumen se calcula tomando el área establecida por la profundidad promedio los sedimentos en los lechos de los cuerpos de agua.

El cálculo de volumen de los sedimentos se efectúa con el área impactada por los contaminantes determinados en la visita de campo por la profundidad promedio de los resultados que superaron, los parámetros permisibles. Cabe aclarar que los volúmenes presentados son referenciales ya que no se tiene la certeza de la cantidad de sedimentos impactados en el cuerpo de agua, lo cual genera una incertidumbre en las densidades de los mismos y, por ende, en el cálculo del volumen de suelo que efectivamente será removido.

Se realiza el cambio de profundidad de acuerdo con el promedio de profundidades de la Tabla 3-70. “Valores de PID para Sedimentos para el Sitio S0102 (Sitio 2)”. (0,75 m) y soportados con los anexos de los formatos de toma de muestra de sedimento, teniendo presente la diferencia del espejo de agua que no pertenece al sedimento.

El volumen y superficie de sedimentos a remediar será de 6547,5 m<sup>3</sup> y 8 730 m<sup>2</sup> respectivamente con una profundidad promedio de 0,75 m. La técnica a utilizar será la bioestimulación enzimática.

Las siguientes figuras de cada uno de los puntos de muestreo de sedimentos dan claridad de la profundidad a remediar teniendo en cuenta la superficie del agua. Las figuras se realizan con base a los formatos de muestreo.

**Figura 4. Perfil de Sedimentos SO102-Sed001**

Profundidad (cm)	Espesor (cm)	Columna	Descripción
0,0 - 20	20		Columna de Agua Cocha parte sur del sitio impactado.
20 - 70	50		Sedimento en el lecho del cuerpo de agua

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Figura 2).

Se observa que el punto de muestreo S0102-Sed001 en la quebrada Capahuari central 1, se tiene una columna de agua de 0,20 m y una columna de sedimento de 0,50.



PERÚ

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego

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

**Figura 5. Perfil de sedimentos SO102-Sed002**

Profundidad (cm)	Espesor (cm)	Columna	Descripción
0,00 - 0,25	25		Columna de Agua Quebrada Capahuari Yacu central 1.
0,25 - 0,70	45		Sedimento en el lecho de la quebrada; olor a hidrocarburo

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Figura 3).

Se observa que el punto de muestreo S0102-Sed002 en la quebrada Capahuari central 1, se tiene una columna de agua de 0,25 m y un sedimento de 0,45 m de profundidad.

**Figura 6. Perfil de sedimentos SO102-Sed003**

Profundidad (cm)	Espesor (cm)	Columna	Descripción
0,00 - 0,30	30		Columna de Agua Quebrada Capahuari Yacu central 2,
0,30 - 0,95	65		Sedimento en el lecho de la quebrada; olor a hidrocarburo

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Figura 4).

Se observa que el punto de muestreo S0102-Sed003, en la quebrada Capahuari central 2, se tiene una columna de agua de 0,30 m y un sedimento de 0,65 m de profundidad.

**Figura 7. Perfil de sedimentos SO102-Sed003**

Profundidad (cm)	Espesor (cm)	Columna	Descripción
0,00 - 0,25	25		Sector inundable de la parte este del sitio impactada
0,25 - 1,20	95		Sedimento en el lecho de la quebrada; olor a hidrocarburo

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Figura 5).

Se observa que el punto de muestreo S0102-Sed004 en el sector inundable se tiene una columna de agua de 0,25 m y un sedimento de 0,95 m de profundidad.



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

**Figura 8. Perfil de sedimentos SO102-Sed005**

Profundidad (cm)	Espesor (cm)	Columna	Descripción
0,00 - 0,30	30		Columna de Agua Capahuari Yacu
0,30 - 0,95	65		Sedimento en el lecho de la quebrada; olor a hidrocarburo

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Figura 6).

Se observa que el punto de muestreo S0102-Sed005 en la quebrada Capahuari Yacu se tiene una columna de agua de 0,30 m y un sedimento de 0,65 m de profundidad.

**Figura 9. Perfil de sedimentos SO102-Sed006**

Profundidad (cm)	Espesor (cm)	Columna	Descripción
0,00 - 0,20	20		Columna de Agua Capahuari Yacu
0,20 - 0,95	75		Sedimento en el lecho de la quebrada; olor a hidrocarburo

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Figura 7).

Se observa que el punto de muestreo S0102-Sed006 en la quebrada Capahuari Yacu se tiene una columna de agua de 0,20 m y un sedimento de 0,75 m de profundidad.

**Figura 10. Perfil de sedimentos SO102-Sed007**

Profundidad (cm)	Espesor (cm)	Columna	Descripción
0,00 - 0,15	15		Columna de Agua Capahuari Yacu
0,15 - 0,70	55		Sedimento en el lecho de la quebrada; Presencia de materia organica

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Figura 8).

Se observa que el punto de muestreo S0102-Sed007 en la quebrada Capahuari Yacu se tiene una columna de agua de 0,15 m y un sedimento de 0,55 m de profundidad.

**Figura 9. Perfil de sedimentos SO102-Sed008**

Profundidad (cm)	Espesor (cm)	Columna	Descripción
0,00 - 0,15	15		Columna de Agua Capahuari Yacu
0,15 - 0,95	70		Sedimento en el lecho de la quebrada; Presencia de materia organica

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Figura 9).



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

Se observa que el punto de muestreo S0102-Sed008 en la quebrada Capahuari Yacu se tiene una columna de agua de 0,15 m y un sedimento de 0,70 m de profundidad.

La superficie de suelos a remediar será de 0,08 ha, mientras que los volúmenes a remediar varían dependiendo de la técnica a utilizar. Para los metales pesados el volumen será de 300,37 m<sup>3</sup> a través de la técnica de solidificación ex situ, para HTP el volumen será de 406,65 m<sup>3</sup> a través de la técnica de bioestimulación enzimática y para la contaminación mixta el volumen a remediar será de 194,43 m<sup>3</sup>.

## 2.2.7. Acciones de remediación

### Bioestimulación enzimática

La bioestimulación enzimática para el suelo contaminado está basada en la aplicación de enzimas que aceleran las reacciones químicas de transformación y biodegradación de los hidrocarburos y en la generación de condiciones propicias de pH, humedad, temperatura y nutrientes para incrementar en forma exponencial la reproducción de microorganismos nativos que tienen la propiedad de degradar los hidrocarburos. Los procesos de biorremediación están fundamentados en una serie de reacciones en cadena de óxido-reducción que transforman a los hidrocarburos en biomasa, CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O.

Se construirá una zona de tratamiento con una celda de tratamiento exclusiva para el tratamiento de los suelos de 20 m x 20 m, con una profundidad de 0,7 m y una altura de dique de 0,8 m. El procedimiento de biorremediación se debe repetir hasta verificar la reducción en las concentraciones de los contaminantes orgánicos con la ejecución del plan de muestreo de monitoreo, el cual se ejecutará en varios puntos de muestreo.

El sedimento contaminado será extraído para su tratamiento ex situ evitando así, contaminar el agua superficial en el que se encuentra. Para la extracción se realizará la regulación del caudal de desviación del cauce en la quebrada Capahuari Yacu.

Se construirá una zona de tratamiento con una celda de tratamiento exclusiva para el tratamiento de los sedimentos de 40 m x 40 m, con una profundidad de 0,7 m y una altura de dique de 0,8 m (Figura 10).

Se habilitarán canaletas de drenaje perimetrales por cada biocelda para el manejo de las aguas de lluvia durante época húmeda. Cabe mencionar que, para el caso del tratamiento de los sedimentos, se estipuló un periodo de dos (02) días de secado de sedimentos en la zona de tratamiento construida, en la cual durante este tiempo funcionará como un lecho de secado con el proceso de aireación mecánica.

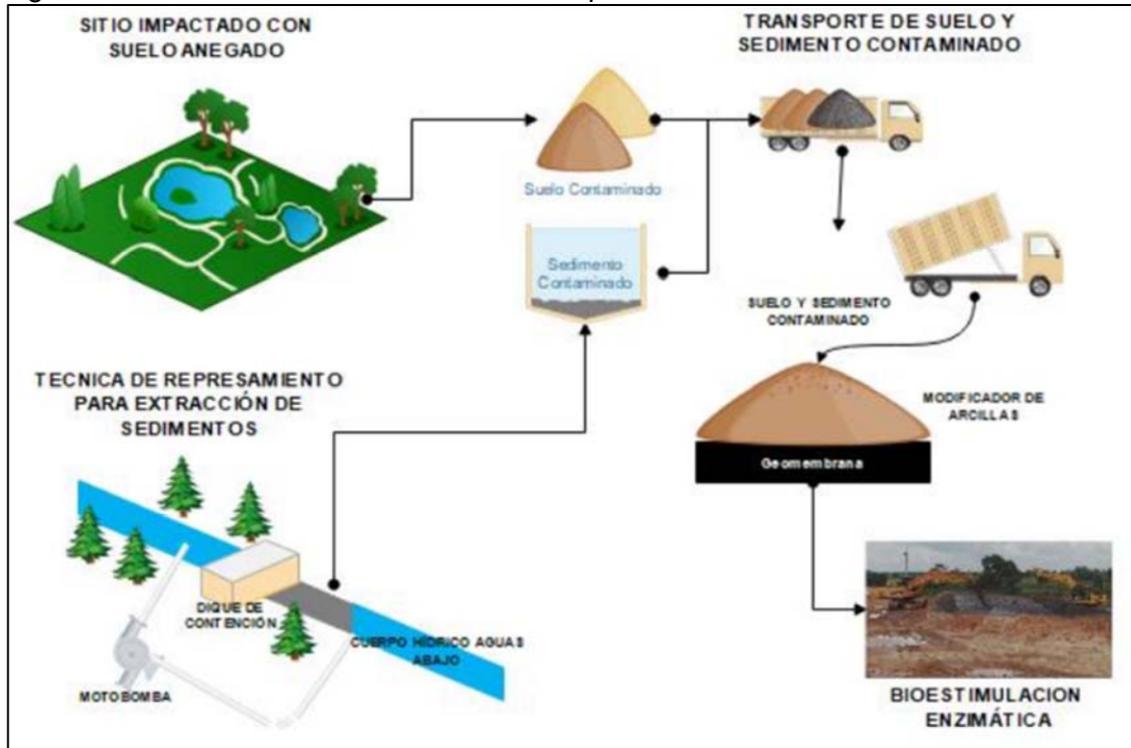
Se aclara que la remediación de los sedimentos se llevara a cabo conjuntamente con el suelo; estos sedimentos no retornarán al lecho del cuerpo de agua, serán dispuestos conjuntamente con los suelos tratados.



BICENTENARIO  
DEL PERÚ  
2021 - 2024



Figura 10. Extracción de Sedimentos con Diques de Contención



Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Doc. Subsanación de observaciones, Figura 3).

### Solidificación ex situ

El proceso de solidificación consiste en la preparación de una pasta de cemento a la cual se le adicionan agregados al suelo contaminado con el objeto de obtener un concreto con unas propiedades físicas como la resistencia a la compresión, permeabilidad, resistencia al intemperismo, que reducen la movilidad de los contaminantes, controlando procesos de lixiviación y dispersión al medio ambiente.

El proceso de solidificación no altera ni modifica las propiedades químicas de los contaminantes, solamente reduce la movilidad y biodisponibilidad de los metales pesados.

Después de depositar los bloques de concreto en el foso estabilizado con arcillas compactas e impermeabilizado con geomembrana HDPE, el foso se recubrirá con geomembrana HDPE, sobre ésta se colocará una capa de arcillas compactas para evitar la filtración de agua que con el paso del tiempo podrá afectar la integridad de la estructura del concreto en la cual se encapsularon los metales pesados.

En la parte superficial del recubrimiento se coloca una capa orgánica (top soil) que servirá de sustrato para la revegetación del sitio. La reforestación será desarrollada siguiendo el procedimiento de revegetación y para evitar procesos erosivos se debe considerar procedimientos de control de erosión.

Para las áreas que presenten contaminación de hidrocarburos y metales pesados, se considera reducir inicialmente la concentración de las fracciones de hidrocarburos F2



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

(>C10-C28) y F3 (>C28-C40) y posteriormente solidificar los sustratos de suelo en donde los resultados analíticos indiquen la presencia de metales.

#### Descripción de las acciones de remediación

- Fase 1. Aspectos logísticos y de selección de personal
  - Selección y habilitación del personal calificado
  - Gestión de los permisos ambientales para la captación de agua
  - Logística para llevar a cabo los ensayos del control de la técnica de remediación
  - Selección y adquisición de los insumos y equipamiento requerido para la excavación, movimiento y carga de los materiales
  - Selección, capacitación y habilitación del personal local
- Fase 2. Transporte e instalación de personal, maquinaria, productos y equipos para el desarrollo de las actividades de remediación en la zona de tratamiento.
- Fase 3. Reconocimiento y adecuación de la zona de remediación
  - Preparación del terreno
  - Delimitación e instalación del área de acopio y las dos (02) áreas de tratamiento
  - Despeje y retiro de material vegetal del área
  - Recibo y registro del material afectado y su posterior ubicación
  - Extracción de los sedimentos
  - Instalación de la geomembrana en la zona de acopio
  - Instalación del vivero
  - Instalación de un laboratorio portátil en el campamento base
- Fase 4. Construcción y Adecuación de las Celdas de Tratamiento para Bioestimulación enzimática
  - De ser necesario, gestión del permiso ambiental para el desbosque
  - Excavación del material para la construcción de las celdas de tratamiento
  - Construcción de dos (02) zonas de tratamiento: suelos y sedimentos
  - Instalación de la geomembrana en las celdas de tratamiento
  - Construcción de las canaletas, para lixiviados
- Fase 5. Excavación, transporte y descarga del suelo contaminado en la zona de tratamiento
  - Excavación del suelo contaminado
  - Cubrimiento de la capa del suelo expuesta con geomembrana y con cobertura vegetal



BICENTENARIO  
DEL PERÚ  
2021 - 2024



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

- Transporte y descarga del suelo contaminado en la zona de tratamiento (bioceldas)
- Recepción, registro, ubicación y distribución del suelo contaminado dentro del área de tratamiento
- Homogenización del suelo contaminado
- Fase 6. Implementación de la técnica de remediación de bioestimulación enzimática
  - Toma de muestra compuesta para medición de los parámetros
  - Medición de parámetros fisicoquímicos in situ
  - Humectación del suelo contaminado
  - Aplicación de los insumos
  - Oxigenación mecánica del suelo contaminado
  - Toma de muestras intermedias para verificación del tratamiento
  - Toma de muestras finales (TCLP e hidrocarburos)
  - Si de evaluación TCLP las concentraciones son mayores a las establecidas en la normatividad, se aplica solidificación ex situ
- Fase 7. Implementación de la técnica de solidificación ex situ – on site
  - Instalación del tamiz vibratorio
  - Instalación de la trituradora
  - Instalación de dos (02) bandas transportadoras
  - Excavación del material contaminado
  - Recubrimiento de la capa del suelo expuesta con geomembrana
  - Homogenización y secado del material contaminado
  - Separación y trituración del material contaminado
  - Adición de cal para reducción de humedad del suelo
  - Actividad de mezclado
  - Colección de probetas con la mezcla final
  - Colocación del concreto
  - Impermeabilización
  - Recubrimiento
  - Nivelación, estabilización y recubrimiento de excavaciones
  - Construcción de la estructura para confinar el material solidificado
  - Determinar las propiedades de la mezcla suelo-cemento y del concreto.



BICENTENARIO  
DEL PERÚ  
2021 - 2024

- Fase 8. Finalización de la técnica de remediación y acciones de revegetación
  - Ejecución del plan de muestreo de comprobación
  - Retiro, recolección, transporte y disposición final de las geomembranas
  - Transporte de una parte del suelo limpio hacía el vivero
- Fase 9. Cierre y desmantelamiento del campamento base y de la zona de tratamiento
  - Desmantelamiento de las celdas de tratamiento
  - Recolección, transporte y disposición del material contaminado
  - Transporte e incorporación del suelo limpio a la zona del sitio S0102
  - Ejecución del plan de monitoreo post-ejecución de obra
  - Desmantelamiento y abandono del campamento base instalado
  - Transporte de los equipos, insumos y mano de obra especializada a Lima

### 2.2.8. Inversión y cronograma

- Se estima que para las actividades se requerirá un máximo de 50 trabajadores. El monto de inversión estimado para la remediación de suelos y sedimentos será de S/. 16 738 873. Se estima una duración de 8 meses para la ejecución de las actividades de rehabilitación del sitio.

### 2.2.9. Del consumo y abastecimiento de agua

Para el presente proyecto plantea la instalación de un Campamento Base y de casetas temporales en el Área de Obra, es decir un Área Temporal para albergar al personal que trabaja en la remediación (obreros, operadores de maquinaria, supervisores, etc.).

Para el campamento base, en los servicios higiénicos, se utilizará el agua captada de la quebrada Capahuari Yacu, donde se incluye el consumo directo, uso de cocina, baños, lavado de ropa, etc. El consumo doméstico estimado es de 12,5 m<sup>3</sup>/día (0,14 L/s) para un máximo de 50 trabajadores que albergará el campamento base.

El punto de captación de agua para consumo humano se ubicará en la margen derecha de la Capahuari Yacu, en la parte norte del sitio S0102 (Cuadro N° 7). La captación de agua se realizará mediante el uso de electrobombas que estarán ubicados en la orilla, soportados en una balsa y anclados a la orilla por dos cables de acero. La línea de conducción será con tuberías de alta densidad HDPD hasta reservorios de aproximadamente 5 000 litros.

Cuadro N° 7. Ubicación de Punto de Captación de Agua para Consumo Humano

Nombre	Volumen de Captación (L/s)	Coordenadas UTM WGS84 zona 18S		Descripción del Punto
		Este	Norte	
CAP-01-SO102	0,14	332 555	9 706 185	Margen derecha de la quebrada Capahuari Yacu. Para uso de actividades de las técnicas de remediación de Bioestimulación Enzimática y Solidificación.

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Doc. Subsanción de observaciones, Tabla 16).

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

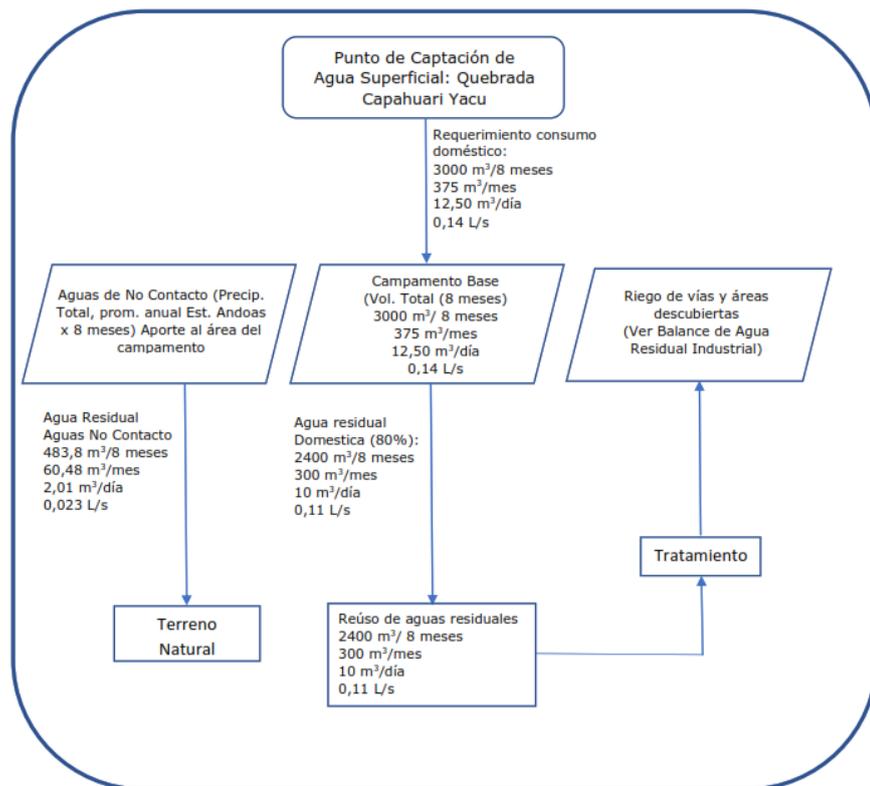
Para las actividades de remediación en el sitio impactado, se utilizará agua captada de la quebrada Capahuari Yacu, en la parte norte del sitio impactado, estimada en 13,48 m<sup>3</sup>/día; 0,16 L/s. El punto de captación se ubicará en la margen derecha de la quebrada Capahuari Yacu, en la parte norte del Sitio Impactado (Cuadro N° 8). La captación de agua se realizará mediante el uso motobombas ubicados en la orilla, soportados en una balsa y anclados a la orilla por cables de acero, y para la línea de conducción de agua se usará tuberías de HDPD de alta densidad desde la captación hasta la zona de tratamiento.

Cuadro N° 8. Ubicación del punto de captación de agua para remediación

Nombre	Volumen de Captación (L/s)	Coordenadas UTM WGS84 zona 18S		Descripción del Punto
		Este	Norte	
CAP-01-SO102	0,16	332 555	9 706 185	Margen derecha de la quebrada Capahuari Yacu. Para uso de actividades de las técnicas de remediación de Bioestimulación Enzimática y Solidificación.

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Doc. Subsanación de observaciones, Tabla 17).

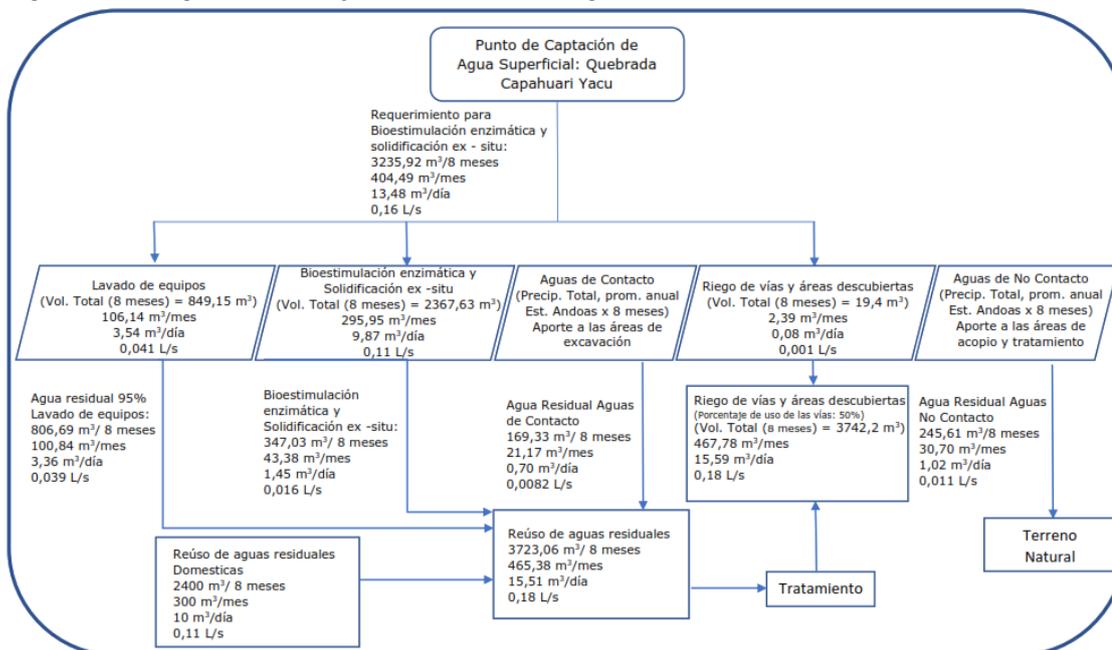
Figura 11 Diagrama de flujo de balance de agua doméstico S0102



Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Doc. Subsanación de observaciones, anexo 13, Figura 1).

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

Figura 12 Diagrama de flujo de balance de agua industrial S0102



Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Doc. Subsanación de observaciones, anexo 13, Figura 1).

Para la disponibilidad hídrica de la quebrada Capahuari Yacu norte, se revisaron generación de caudales medios mensuales, y en el Cuadro N° 9 muestra las descargas medias mensuales de la quebrada Capahuari Yacu Norte, con el fin de observar la disponibilidad hídrica, con una persistencia al 75 %.

Cuadro N° 9. Disponibilidad hídrica al 75% del punto de captación de la quebrada Capahuari Yacu norte (L/s)

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Disp. Hídrica 75%	3,020	3,230	3,247	4,075	3,795	4,106	3,385	3,199	3,473	3,287	3,284	3,243

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio JCI-HGE (Doc. Información complementaria, Anexo 15, Tabla 1)

De la comparación de la oferta de agua de la quebrada y la demanda total proyectada (0,3 L/s), además de considerar el caudal ecológico y considerando el mes más crítico (enero), donde la menor oferta es 3,02 L/s y el caudal ecológico sería 0,61 L/s, puede abastecer la demanda de 0,3 L/s para el proyecto del sitio S0102.

## 2.2.10. Manejo de aguas residuales

### Efluentes domésticos:

En las instalaciones del Campamento Base, las aguas grises provenientes del comedor y cocina serán recolectadas y llevadas directamente a una trampa de grasa. Esta trampa retendrá los aceites y grasas antes del su ingreso al Sistema de tratamiento (Figura 13) del PR, en una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas (PTARD). La trampa de grasas, que, mediante la sedimentación y



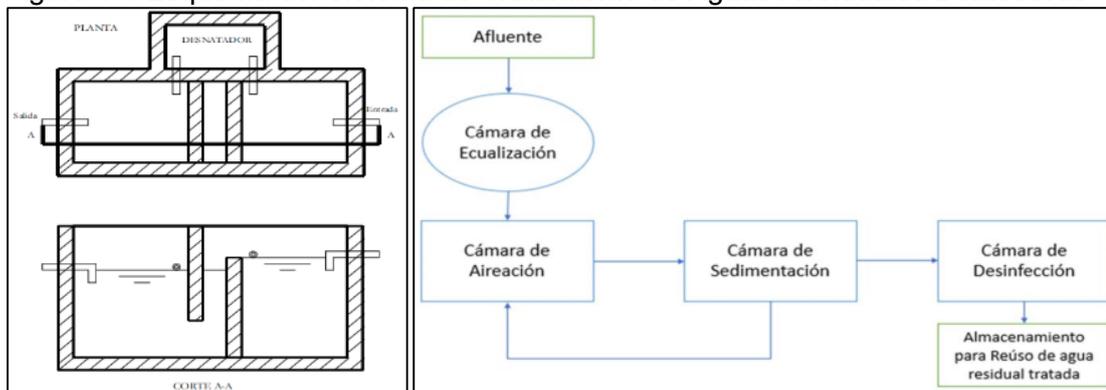
PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

flotación, se retendrá y recuperará el aceite, el cual se colectará y se almacenará en cilindros para su transporte y disposición final adecuada, según el Plan de Manejo de Residuos Sólidos.

Figura 13. Esquema del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas



Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Figura 5-26; Doc. Subsanación de observaciones, Figura 7).

Los efluentes provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas serán almacenados en tanques de 5000 litros. Posteriormente utilizados en control de polvo de las vías de acceso por medio de un camión cisterna. Además, plantea el control de calidad de las aguas tratadas para cumplimiento del D.S. N° 037-2008-PCM y las directrices sanitarias de la OMS: análisis de DBO, DQO y nematodos intestinales.

Adicionalmente, plantea el uso de letrinas, que serán sin arrastre hidráulico, ubicadas en las áreas cercanas al área de tratamiento con 1,2 m de profundidad máxima, que se construirá en una parte alta o en un área donde el agua discurra y no se anegue, será cubierta y se construirá de forma rectangular o circular y de ser necesario, se construirá canaletas laterales para la evacuación del agua de lluvia, además, se cubrirá cada cierto tiempo con suelo extraído del sitio.

#### Efluentes no domésticos:

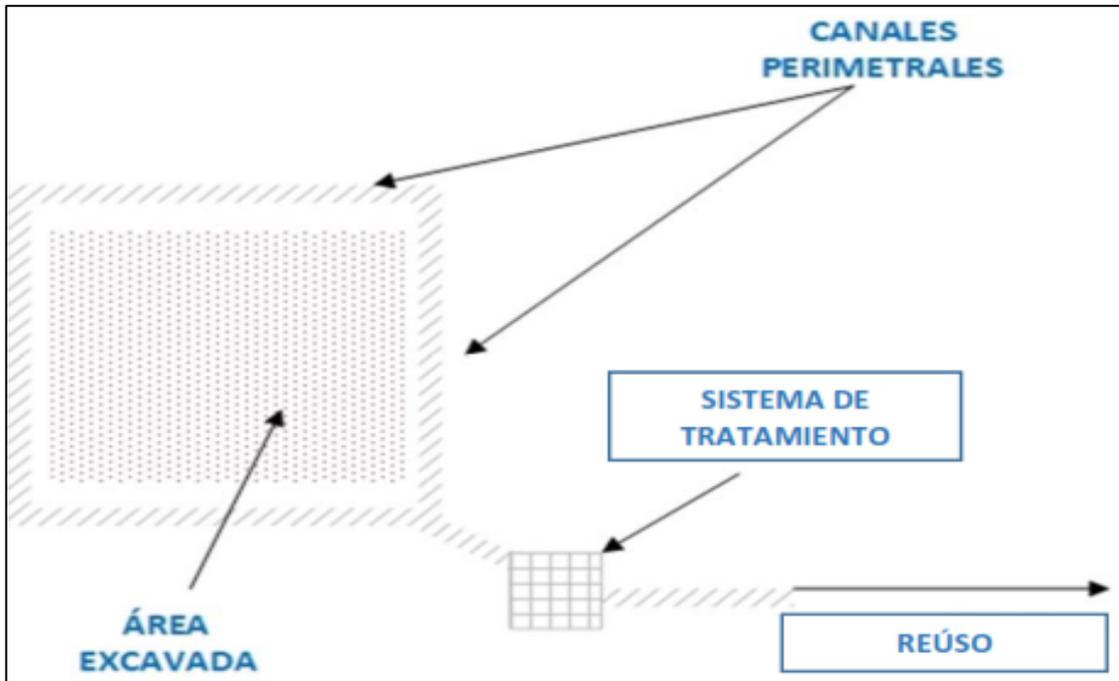
Proviene de las actividades de remediación como el lavado de equipos y las aguas de contacto de las excavaciones (Figura 14) serán llevadas a un sistema de tratamiento, que consiste en: separador de sólidos gruesos, donde elimina sólidos de mayor tamaño; coagulación y floculación, donde se adiciona reactivos químicos que, desestabilicen la suspensión coloidal (coagulación) y a continuación favorezcan la floculación de las partículas fácilmente sedimentables; cámara de sedimentación, operación eficaz para separar por tamaño y densidad las partículas del agua y posteriormente realizar la decantación; cámara de filtración, para eliminar la materia en suspensión que no se ha eliminado en anteriores operaciones (sedimentación); cámara de aireación, que consiste en generar pequeñas burbujas de gas (aire), que se asociarán a las partículas presentes en el agua y serán elevadas hasta la superficie, de donde son arrastradas y retiradas del sistema; cámara de desinfección (contacto), con la aplicación de cloro en pastillas; almacenamiento para reúso de agua residual tratada, en tanques aproximadamente de 5000 litros y; disposición final de efluentes provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales, que serán



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

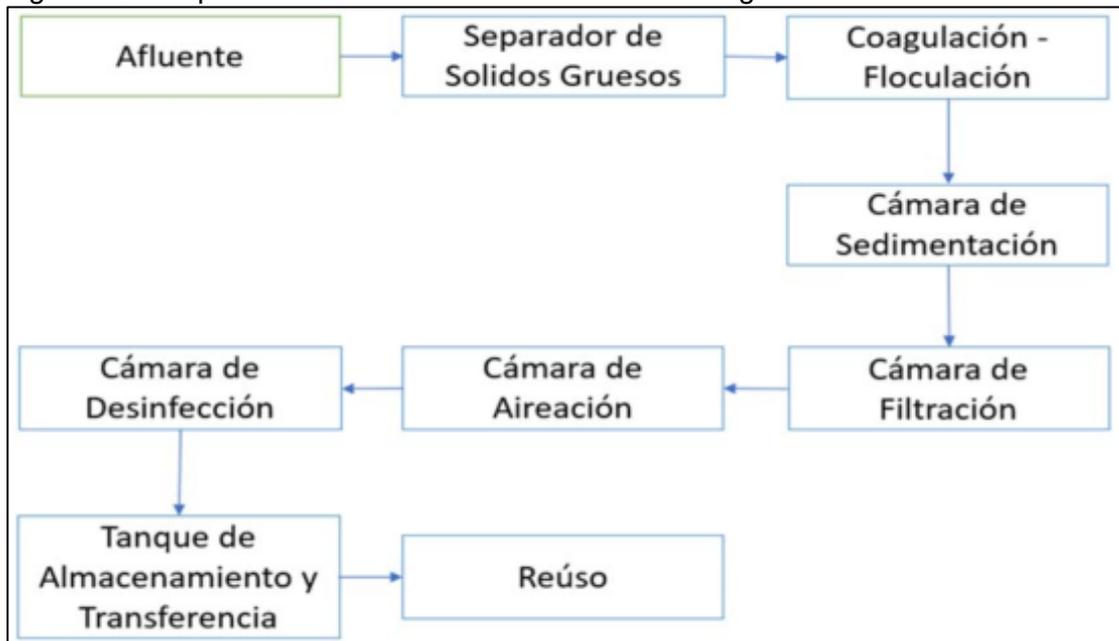
utilizados para el reúso en control de polvo de las vías de acceso que se realizará por un camión cisterna (Figura 15).

Figura 14. Esquema del Sistema de Drenaje Pluvial en las Áreas de Excavación–Vista de Planta



Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio JCI-HGE (Subsanación de observaciones, Figura 6).

Figura 15. Esquema del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales



Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Doc. Subsanación de observaciones, Figura 8).



### 2.2.11. Impactos y Medidas de Manejo en materia de recursos hídricos

De acuerdo a los impactos presentados, el titular propone las siguientes medidas de manejo ambiental:

Cuadro N° 10. Plan de manejo ambiental asociado a los recursos hídricos

Impacto	Actividades	Acciones	Medida Ambiental	Lugar de Aplicación
C1: Alteración de la Calidad de Agua Superficial	Campamento Base	Generación de efluentes domésticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los efluentes domésticos serán tratados en una planta de tratamiento de agua residual para realizar el reúso en el riego de vías y control de polvo.</li> <li>- Manejo de aguas de contacto y no contacto por medio de canales perimetrales hacia el determinado tratamiento para el reúso.</li> </ul>	Campamento Base
	Fase 5: Excavación, Transporte y Descarga del Material Contaminado en la Zona de Tratamiento Fase 6 y Fase 7: Implementación de La Técnica de Remediación	Generación de efluentes industriales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los efluentes industriales serán tratados en una planta de tratamiento de agua residual para realizar el reúso en el riego de vías y control de polvo.</li> <li>- Manejo de aguas de contacto y no contacto por medio de canales perimetrales hacia el determinado tratamiento para el reúso.</li> <li>- Se deberán instalar sacos de polipropileno rellenos con arena a lo ancho del cuerpo de agua, aguas arriba del punto de extracción de los sedimentos para represar y contener temporalmente el flujo de agua.</li> <li>- En caso que se presente lluvias o los niveles de represamiento suban hasta la altura de los Dique de contención (Los diseños de los diques de contención están descritos en el “Análisis Hidrológico e Hidráulico del Sitio S102 con Fines de Remediación del Sitio S0102”, el cual se encuentra en el Anexo ANA Observación N° 10), se debe contar con mangueras de extracción de agua impulsados por motobombas para ser depositados aguas abajo del Sitio de la extracción de los sedimentos.</li> </ul>	

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

Impacto	Actividades	Acciones	Medida Ambiental	Lugar de Aplicación
			- Para evitar la dispersión del contaminante hacia otros medios, al momento de hacer la extracción se deben colocar barreras de contención en el cuerpo de agua y en las orillas barreras oleofílicas.	
C2: Alteración del caudal de agua superficial	Campamento Base	Captación de agua superficial	- Cumplimiento de los permisos de captación de agua emitido por la ANA. - Monitoreo de los parámetros del agua captada que se efectúa en el afluente Capahuari Yacu.	Quebrada Capahuari Yacu
	Fase 6 y Fase 7: Implementación de la Técnica de Remediación	Captación de agua superficial		
	Fase 8: Finalización de la Técnica de Remediación y Acciones de Revegetación	Captación de agua superficial		

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Doc. Información Complementaria – Anexo 16)

Asimismo, en el Plan de Rehabilitación se contempla un Programa de Manejo del Recurso Hídrico:

Cuadro N° 11. Programa de Manejo del Recurso Hídrico

Programa	Medidas
Programa de manejo del recurso hídrico	<p><b>Aguas de lluvia (de no contacto):</b>                      Se construirán canales perimetrales en los cuatro lados del área donde se recolectarán las aguas de lluvia. Las áreas de acopio, material vegetal contaminado y suelo excavado, tendrán techo removible con materiales plásticos flexibles, y las aguas lluvias discurrirán desde los techos hacia los canales perimetrales. La zona de preparación de suelo solidificado tiene un techado permanente, las aguas lluvias discurrirán hacia los canales perimetrales de la zona de tratamiento. Las zonas de almacenamiento y de tratamiento de solidificación Ex Situ tienen techado para evitar el contacto del agua lluvia con el suelo a tratar. Limpieza de los canales de captación de agua. Se cuenta con un equipo de bombeo, que tenga capacidad de sólidos para el material particulado que puede llegar a los canales perimetrales. El almacenamiento temporal de agua de lluvia se realiza en tanques impermeables, herméticos y, accesible y con abertura amplia para realizar la limpieza. Las aguas recolectadas serán evacuadas mediante tubería de PVC, ABS, Polipropileno o Polietileno, hacia el terreno evitando que tengan contacto con zonas de tratamiento o material contaminado.</p>

Programa	Medidas
	<p><b>Aguas de contacto (lixiviados):</b>            Se construirán canales perimetrales en los cuatro lados del área excavada y área de tratamiento de Bioestimulación Enzimática; se recolectarán las aguas de lluvia que tengan contacto con material suelo a tratar. Se contempla el uso de motobombas que tendrán la capacidad para retirar toda el agua que se presente en la excavación para ser enviadas a los canales perimetrales. La zona de excavación debe tener la disponibilidad de toldos de lona para cubrir en el momento que se presente la precipitación para evitar el contacto del agua lluvia. Se cuenta con un equipo de bombeo, que tenga capacidad de sólidos para el material particulado que puede llegar a los canales perimetrales. Limpieza de los canales de captación de agua. El almacenamiento temporal de agua de lluvia que tuvo contacto con el área excavada se realiza en tanques impermeables, herméticos y accesible y con abertura amplia para realizar la limpieza. Las aguas recolectadas serán evacuadas mediante tubería de PVC, ABS, Polipropileno o Polietileno y serán direccionadas al sistema de tratamiento de agua residuales industriales para tener su disposición final en el reúso de agua para control de polvo.            Durante la remoción de sedimentos, se construirá diques, sacos de contención de polipropileno rellenos con arena, aguas arriba, y bombeo de agua en caso de lluvias y descarga aguas abajo, extracción manual o mecánico si fuera posible de sedimentos, además se colocará barreras de contención de 12 pulgadas en el cuerpo y oleófilicas en las orillas.</p>

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Doc. Subsanación de observaciones).

### 2.2.12. Programa de monitoreo

Durante la caracterización de suelo y de la evaluación de sedimentos, los que podrían ser focos de contaminación, se determinaron a las fracciones de hidrocarburos y los metales bario, cadmio y plomo como contaminantes de preocupación, los que se considera en el programa de monitoreo. Aquellos parámetros que no se encontraron o las concentraciones no fueron significativas en el sitio impactado y/o no determinados como componentes de contaminación como los BTEX, HAP y metales y/o metaloides (arsénico, zinc) entre otros, no serán considerados en el programa de monitoreo durante y post ejecución de las actividades de rehabilitación.

#### Agua superficial.

El monitoreo durante la ejecución y post ejecución (Cuadro N° 12), se ubican aguas arriba y aguas abajo del lugar de la remediación. Los parámetros y frecuencia de monitoreo de las aguas superficiales se presentan en el Cuadro N° 13.



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

Cuadro N° 12. Estaciones de Muestreo Agua Superficial durante la ejecución de la remediación

Puntos de Muestreo	Coordenadas UTM WGS84 Zona 18S	
	Este (m)	Norte (m)
S0102-AsMont-001	332 599	9 706 027
S0102-AsMont-002	332 624	9 706 121
S0102-AsMont-003	332 639	9 706 094
S0102-AsMont-004	332 678	9 706 123
S0102-AsMont-005	332 637	9 706 193
S0102-AsMont-006	332 589	9 706 180
S0102-AsMont-007	332 605	9 706 035
S0102-AsMont-008	332 701	9 706 265
S0102-AsMont-009	332 826	9 706 307
S0102-AsMont-010	332 903	9 706 290

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Doc. Subsanación de observaciones, Tabla 24).

Cuadro N° 13. Estaciones de Muestreo Agua Superficial Post ejecución de la remediación

Puntos de Muestreo	Ubicación	Coordenadas UTM WGS84 Zona 18S		Frecuencia	Parámetros (Categoría 4 E2: Río de la Selva)
		Este (m)	Norte (m)		
S0102-AsPMont-001	Quebrada Capahuari Yacu Centro 2	332 599	9 706 027	Semestral durante los dos primeros años y anual durante los tres posteriores	1. Conductividad (1000 Us/cm) 2. Oxígeno Disuelto (> 5 mg/l) 3. Potencial de Hidrógeno (pH) (6,5 a 9,0) 4. Temperatura ( $\Delta$ 3).
S0102-AsPMont-002	Quebrada Capahuari Yacu Centro 1	332 624	9 706 121		
S0102-AsPMont-003	Quebrada Capahuari Yacu Centro 2	332 639	9 706 094	5. Medición de Caudal. 6. Hidrocarburos Totales de Petróleo (0,5 mg/l) 7. Cadmio Disuelto (0,00025 mg/L) 8. Plomo Total (0,0025 mg/L) 9 arsénico Total (0,15mg/L) 10. Bario Total (1 mg/kg) 11. Cobre Total (0,1 mg/L) 12. Cromo VI (0,011 mg/L) 13 Mercurio Total (0,0001 mg/L)	
S0102-AsPMont-004	Bajo inundable este	332 678	9 706 123		
S0102-AsPMont-005	Quebrada Capahuari Yacu Norte	332 637	9 706 193		
S0102-AsPMont-006	Quebrada Capahuari Yacu Norte	332 589	9 706 180		
S0102-AsPMont-007	Quebrada Capahuari Yacu Norte	332 605	9 706 035		
S0102-AsPMont-008	Quebrada Capahuari Yacu Norte	332 701	9 706 265		
S0102-AsPMont-009	Quebrada Capahuari Yacu Norte	332 826	9 706 307		
S0102-AsPMont-010	Quebrada Capahuari Yacu Norte	332 903	9 706 290		

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Doc. Información complementaria, Tabla 22).

**PERÚ**Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

Cuadro N° 14. Parámetros y Frecuencia de Monitoreo

Parámetros	Medida	Frecuencia	ECA agua Cat4-E2: Ríos de la Selva
Conductividad	uS/cm	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Durante la ejecución de la remediación: monitoreo Mensual.</li> <li>- Post ejecución: semestral durante los dos primeros años y, anual durante los tres años posteriores.</li> </ul>	1000
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L		$\geq 5$
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH		6,5 a 9,0
Temperatura	°C		$\Delta 3$
Medición del caudal	m <sup>3</sup> /s		Referencial
Arsénico total	mg/L		0,15
Cadmio Disuelto	mg/L		0,00025
Plomo total	mg/L		0,0025
Bario total	mg/L		1
Cobre total	mg/L		0,1
Cromo VI	mg/L		0,011
Mercurio total	mg/L		0,0001
Hidrocarburos totales de petróleo	mg/L		0,5

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Doc. Subsanción de observaciones, Tabla 25).

### Sedimentos

El monitoreo de sedimentos se realizará aguas arriba y aguas abajo del sitio S0102. Durante la ejecución de la remediación establece los puntos del Cuadro N° 15, los parámetros, normativa de referencia, así como el período de monitoreo durante la etapa de remediación se presenta en la Cuadro N° 16 y el programa de monitoreo post ejecución se presentan en el Cuadro N° 17.



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

**Cuadro N° 15. Ubicación de estaciones de monitoreo en sedimentos durante la ejecución de la remediación**

Puntos de Muestreo	Coordenadas UTM WGS84 Zona 18S	
	Este (m)	Norte (m)
S0102-SedMont-001	332 605	9 706 035
S0102-SedMont-002	332 624	9 706 121
S0102-SedMont-003	332 639	9 706 094
S0102-SedMont-004	332 678	9 706 123
S0102-SedMont-005	332 637	9 706 193
S0102-SedMont-006	332 701	9 706 265
S0102-SedMont-007	332 826	9 706 307
S0102-SedMont-008	332 903	9 706 290
S0102-SedMont-009	333 033	9 706 325

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Doc. Información Complementaria, Tabla 17)

**Cuadro N° 16. Parámetros, Frecuencia y Normativa de Referencia para el Monitoreo de Sedimentos durante la ejecución de la remediación**

Parámetros	Método de Referencia	Descripción	Límite de Detección	Estándares de Comparación	Frecuencia
pH	EPA Method 9045 D, Rev 4 2004	Procedimiento electrométrico para medir pH en sedimentos (in situ)	-	Referencial	Mensual
Capacidad de intercambio catiónico	EPA 9081, Rev. 0 1986	Método de laboratorio para determinar Capacidad de Intercambio Catiónico	-	Referencial	Mensual
Contenido de materia orgánica	NOM-021-SEMARNAT-2000	Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad, y clasificación de suelos. Estudios Muestrales y Análisis.	-	Referencial	Mensual
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C9-C40)	EPA METHOD 8015 C, Rev 3 2007	Determinación de Compuesto Orgánicos No Halogenados por Cromatografía de Gases	2 mg/kg	Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia: 500 mg/kg	Mensual
Cadmio Total	EPA 3050 B: 1996/EPA 6010 B: 1996	Digestión ácida de sedimentos, lodos y suelos	0,5 mg/kg	Environmental Quality Standards for contaminated Sites (2014) Nova Scotia 3,5 mg/kg	Mensual
Plomo Total	EPA 3050 B: 1996/EPA 6010 B: 1996	Digestión ácida de sedimentos, lodos y suelos	2,0 mg/kg	Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014): 35 mg/kg (ISQG) / 91,3 mg/kg (PEL)	Mensual

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Doc. Información Complementaria, Tabla 18).



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

### Muestreo de Sedimentos durante los trabajos de Remediación

Para el Sitio S0102 (Sitio 2), se deben realizar el monitoreo del sedimento antes y después de su retiro del cuerpo de agua para su tratamiento.

- Antes del Tratamiento: Se debe tomar la muestra de sedimento del mismo lecho del cuerpo de agua, esto con la finalidad de corroborar las concentraciones de hidrocarburos presente en el cuerpo de agua.
- Durante el Tratamiento: Se debe tomar muestra de sedimento como control, en el lecho del cuerpo de agua donde se hizo la extracción de los sedimentos, esto con la finalidad de asegurar que en el lecho de la quebrada no quede sedimento con concentración de Hidrocarburos totales de petróleo (HTP) y metales pesados. La profundidad de la toma de la muestra debe ser de entre 0,00 m a 0,50 m.

El parámetro Bario no se incluye en el plan de monitoreo durante las actividades de remediación porque este parámetro no tiene un límite de detección de contaminación reglamentado por la normatividad peruana y por los estándares de comparación internacionales Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014) (mg/kg) y Environmental Quality Standards for contaminated Sites (2014) Nova Scotia (mg/kg), que fueron establecidos en el plan de muestreo del plan de rehabilitación del Sitio S0102. Realizar muestreos de este contaminante solo sería de forma referencial solicitado por la entidad opinante.

### Parámetros y frecuencia de monitoreo

Para el muestreo de sedimentos se tendrá la siguiente consideración:

- Antes del Tratamiento: Se debe realizar la muestra tipo compuesta tomada de las diferentes áreas del suelo homogenizado con el sedimento que se encuentra en el área de acopio; según la guía de muestreo de suelos. La frecuencia de la toma de muestra será semanal.
- Zona Impactada: Se recomienda tomar la muestra de sedimento con la herramienta Russian Peat Bore o muestreador de turba en el lecho de la quebrada Capahuari Yacu. La finalidad es de corroborar que se retiró todo el sedimento contaminado y el lecho del cuerpo de agua.
- Después del Tratamiento: se aclara que la remediación del sedimento se realizará conjuntamente con el suelo, por ello el material tratado no regresará al lecho del cuerpo de agua, por el contrario, este será reemplazado como suelo en el área remediada, por ello para esta etapa no se realizará muestreo después del tratamiento.

Indican que no se tomará muestra semanal de sedimento sobre el cuerpo de agua ya que el tratamiento de este sedimento es ex situ y el material tratado no será incorporado nuevamente al lecho de agua. Adicionalmente, el envío de las muestras a laboratorios certificados por la complejidad de la zona tarda alrededor de tres días, el análisis alrededor de cinco días, es decir que los resultados estarán disponibles de diez (10) a quince (15) días por tal motivo se programa un muestreo mensual.



BICENTENARIO  
DEL PERÚ  
2021 - 2024

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

Asimismo, señalan que en el ítem 5.9.4.2.2 “Metodologías Analíticas” se modifica el párrafo explicativo y se elimina la Tabla 5-54 “Metodologías de Análisis y Límites de Detección para Sedimentos”.

Cuadro N° 17. Parámetros, Frecuencia y Normativa de Referencia para el Monitoreo de Sedimentos – Post ejecución de la remediación

Puntos de Muestreo	Coordenadas UTM WGS84 Zona 18S		Frecuencia	Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014)	Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia
	Este (m)	Norte (m)			
S0102-SedPMont-001	332 605	9706 035	Semestral durante los dos primeros años y anual durante los tres posteriores	Plomo (Pb) 35 mg/kg (ISQG) / 91,3 mg/kg (PEL)	Hidrocarburos Totales de Petróleo (C9C40) (500 mg/kg)  Cadmio Total (Cd) 3,5 mg/kg
S0102-SedPMont-002	332 624	9 706 121			
S0102-SedPMont-003	332 639	9 706 094			
S0102-SedPMont-004	332 678	9 706 123			
S0102-SedPMont-005	332 637	9 706 193			
S0102-SedPMont-006	332 701	9 706 265			
S0102-SedPMont-007	332 826	9 706 307			
S0102-SedPMont-008	332 903	9 706 290			
S0102-SedPMont-009	333 033	9 706 325			

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Doc. Información Complementaria, Tabla 23).

El parámetro Bario no se incluye en el plan de monitoreo Post Ejecución de la remediación porque este parámetro no tiene un límite de detección de contaminación reglamentado por la normatividad peruana y por los estándares de comparación internacionales Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014) (mg/kg) y Environmental Quality Standards for contaminated Sites (2014) Nova Scotia (mg/kg) que fueron establecidos en el plan de muestreo del plan de rehabilitación del Sitio S0102. Realizar muestreos de este contaminante solo sería de forma referencial solicitado por la entidad opinante.

### Agua subterránea

El muestreo de agua subterránea se ejecutará con la finalidad de verificar que las actividades de remediación no afecten el agua subterránea. En el Cuadro N° 18 se presentan los parámetros que se evaluarán.

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

**Cuadro N° 18. Parámetros y frecuencia de monitoreo en agua subterránea durante la ejecución de la remediación**

Parámetro	Unidad de medida	Frecuencia	Soil remedation circular 2013 (version of july 2013)
Conductividad	uS/cm	Mensual, durante las actividades de remediación	-
Turbidez	NTU		-
Potencial de hidrógeno (pH)	Unidad de pH		-
Temperatura	°C		-
Cadmio total	ug/L		6
Plomo total	ug/L		75
Bario total	ug/L		625
Hidrocarburos totales de petróleo	ug/L		600 <sup>(a)</sup>

(a) Aceite mineral

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Doc. Subsanación de observaciones, Tabla 26).

Las estaciones de monitoreo de agua subterránea se presentan en el Cuadro N° 19.

**Cuadro N° 19. Puntos de monitoreo de agua subterránea en el sitio S0102 durante la ejecución de la remediación**

Nombre	Coordenadas UTM WGS84 zona 18S	
	Este	Norte
S0102-Asub001	332 592	9 706 136
S0102-Asub002	332 665	9 706 214

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Doc. Subsanación de observaciones, Tabla 26)

Asimismo, se incluye el monitoreo del nivel freático y la interfaz aceite-agua el cual se determinará con un medidor de nivel freático e interfaz que tiene un rango de uso de hasta 30 metros de profundidad. El equipo permite determinar los líquidos livianos (flotantes) de fase no acuosa (LNAPL) y de líquidos densos (que se hundan) de fase no acuosa. La medición del nivel freático se debe realizar siempre previo al muestreo de agua, previo desarrollo del pozo o previo a la purga de este.



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

Cuadro N° 20. Monitoreo de Calidad de Agua Subterránea – Post ejecución de la remediación

Puntos de Muestreo	Coordenadas UTM WGS84 Zona 18S		Frecuencia	Rev. 3 2007 Soil Remediation Circular 2013 of Holland
	Este	Norte		
S0102-AsubPmont001	332 592	9 706 136	Semestral durante los dos primeros años y anual durante los tres posteriores	1. Conductividad (-) 3. Potencial de Hidrógeno (pH) (-) 4. Temperatura (-) 5. Turbidez 5. Hidrocarburos Totales de Petróleo (600 µg/L) 6. Cadmio Total (6 µg/L) 7. Plomo Total (75 µg/L) 8. Bario Total (625 µg/L)
S0102-AsubPMont002	332 665	9 706 214		

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Doc. información complementaria, Tabla 24)

### 2.3. SUBSANACIÓN DE OBSERVACIONES EN MATERIA DE RECURSOS HÍDRICOS

Luego de evaluar la subsanación de observaciones e información complementaria del “Plan de Rehabilitación para el Sitio Impactado S0102”, presentada por la Dirección General de Asuntos Ambientales de Hidrocarburos (DGAAH) del Ministerio de Energía y Minas (MEM), se tiene lo siguiente

**2.3.1. Observación N°1.** Se indica que en base al informe inventario de agua subterránea Iquitos por la ANA, los pozos existentes se encuentran ubicados aproximadamente a 320 km al sur este de la zona de estudio; sin embargo, en el ítem 2.3.5.2 “Agua y saneamiento” se indica que en la Comunidad Nativa Titiyacu existe un pozo con una infraestructura de tanque aéreo. Al respecto, se deberá presentar un cuadro con el inventario de infraestructura hidráulica presente en el área de estudio.

#### Respuesta:

El titular señala que la Comunidad Nativa Titiyacu se encuentra a 13 km de distancia del Sitio S0102. Asimismo, precisa que en el área de estudio (Sitio S0102) no existe infraestructura hidráulica instalada, ni en funcionamiento.

#### Observación subsanada

**2.3.2. Observación N°2.** En el ítem 2.2.3 "Hidrología" se describe al cuerpo de agua principal (río Pastaza); sin embargo, se ubica a 12 km del área. Además, se indica que existen solo dos (02) cuerpos de agua (quebradas) en el área de estudio; sin embargo, en la figura 2.7 se observa la presencia de una laguna en la zona este. En tal sentido, se deberá presentar lo siguiente:

a. Describir la hidrografía del área delimitando la microcuenca a la que pertenece el ámbito de estudio.

#### Respuesta:

El titular presenta el estudio hidrográfico del sitio en el anexo ANA Observación N° 2, donde aparece la descripción hídrica de la cuenca de la quebrada Capahuari Yacu Norte, quebrada principal del sitio S0102 y determina la cantidad de agua que discurre por ésta utilizando los estudios “Evaluación de recursos hídricos de doce cuencas hidrográficas del Perú”, que mediante el empleo de las estaciones pluviométricas de la zona determina la precipitación de las áreas de la cuenca en



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

estudio para calcular los caudales promedios en el punto de interés de la quebrada Capahuari Yacu Norte y con el método de transposición de caudales estima los caudales medios mensuales para la cuenca en estudio. Finalmente, indica la cuenca de la quebrada Capahuari Yacu Norte tiene un área de 0,4732 Km<sup>2</sup> y un perímetro de 2,72 Km, el comportamiento de la precipitación mensual de la cuenca es estacional, con incremento en los meses de verano y otoño con un descenso en los meses invierno y primavera, los caudales generados en el punto de captación tienen un comportamiento que está en función de las precipitaciones que ocurren en la parte alta de su cuenca, habiendo un excedente en épocas de crecida y una disminución en épocas de estiaje.

### Observación subsanada

- b. Presentar un cuadro con el inventario de cuerpos de agua principales y secundarios presentes en el área de estudio (quebradas, lagunas, afloramientos, etc.), indicando datos de caudales, área (para las lagunas), régimen (permanente, intermitente, seco) y sus correspondientes parámetros fisicoquímicos. Asimismo, deberá presentar un plano hidrográfico del área del proyecto (coordenadas UTM, datum WGS 84 y zona correspondiente), donde se visualice el área de las unidades hidrográficas donde se emplaza el sitio 102, así como todos los cuerpos de agua de acuerdo con el inventario correspondiente y presentar los archivos shape con la delimitación de cada cuerpo de agua identificado.

### Respuesta:

El titular presenta el estudio hidrográfico del sitio en el anexo ANA Observación N° 2, donde aparece la descripción hídrica de la cuenca de la quebrada Capahuari Yacu Norte, como mencionada en el literal a. Asimismo presenta el Mapa Hidrológico regional (CEV-PASTAZA-S0102-CA-03-1), y el Mapa Hidrográfico del Sitio Impactado S0102 (CEV-PASTAZA-S0102-CA-03-2).

Asimismo, actualiza la Ubicación de los cuerpos de agua superficiales, la que se presenta en la Figura 9.



BICENTENARIO  
DEL PERÚ  
2021 - 2024

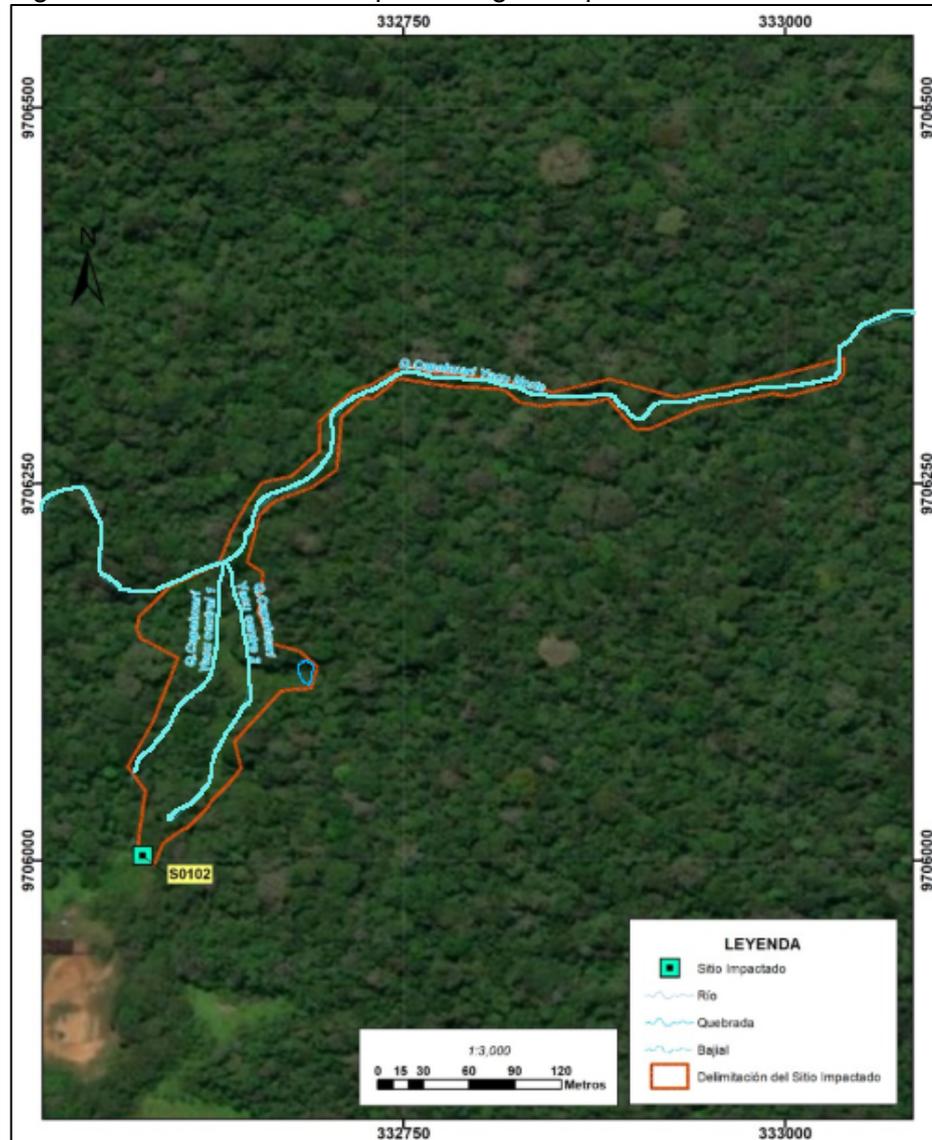


PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

Figura 9. Ubicación de Cuerpos de Agua Superficiales



Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Doc. Subsanación de observaciones, Figura 1).

### Observación subsanada

#### 2.3.3. Observación N°3.- De la evaluación de las fuentes y focos, se tiene lo siguiente:

- a. En el ítem 3.3 “Características del entorno” se presenta la Tabla N° 3-5, donde se muestran las fuentes y focos de contaminación; sin embargo, no se precisa si las coordenadas de ubicación hacen referencia a las fuentes o a los focos; además, respecto a la fuente Antena de línea de alto voltaje no se indica su posible foco. En tal sentido, deberá precisar la ubicación (coordenadas UTM WGS 84) de las fuentes y focos identificados e indicar el posible foco de la fuente Antena de línea de alto voltaje.

**PERÚ**Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

**Respuesta:**

El titular corrige la tabla 3-5 (Cuadro N° 18), que señala las coordenadas de las fuentes, así, como los focos que potencialmente pueden ser impactado en caso se libere el riesgo (la fuente contamine). Retira Antena línea de alto voltaje debido a que no es un foco potencial de contaminación.

Cuadro N° 19. Características del Entorno (Tabla 3-5)

Posibles Fuentes	Coordenadas UTM WGS84 zona 18S		Posibles Focos	Distancia al Sitio Impactado (m)	Observaciones
	Este	Norte			
Pozo 10 y Pozo12	332 526	9 705 888	Suelo, agua, sedimentos	128	Pozos petroleros
Transformadores y radiadores	332 522	9 705 941	Suelo, agua, sedimentos	83	Facilidad instalada para la Operación de los pozos 10 y 12
Tanque de diésel	332 525	9 705 959	Suelo, agua, sedimentos	70	
Trampa Sumidero	332 557	9 705 955	Suelo, agua, sedimentos	50	Las dimensiones del tanque son: A: 2,20 m. L: 2,20 m, H:4,70 m.

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Doc. Subsanación de observaciones, Tabla 1).

**Observación subsanada**

- b. En el ítem 3.4 “Fuentes de contaminación asociadas a fugas”, se describen las fuentes identificadas; sin embargo, no se precisa su ubicación. Al respecto, deberá indicarse la ubicación de cada fuente identificada. Considerar que cada fuente debe estar asociada a un foco potencial.

**Respuesta:**

El titular modifica lo referido a la fuente “Trampa sumidero de los pozos Capahuari norte 10 y 12, el cual es la única fuente identificada. Señala que los pozos están interconectados con una trampa sumidero donde realiza el manejo de los fluidos aceitosos. Proporciona las coordenadas (UTM) WGS-84, zona 18 S, 332557 (E) y 9705955 (N), a una distancia de 80 m, de los pozos Capahuari norte 10 y 12. Además, señala que los lugares que fueron impactados por el sumidero (focos de contaminación) y cuyas coordenadas se mencionan en el ítem 3.4.1 del PR.

**Observación subsanada**

- c. Presentar mapas con el inventario de cuerpos de agua tomando como base las imágenes del Google Earth o BING, donde se muestren las fuentes y focos potenciales identificados, así como, las direcciones de flujo de cada cuerpo de agua, canales de drenaje y curvas de nivel.



**Respuesta:**

El titular presenta el mapa (S0102-CEV-CSI-05B) de ubicación de la fuente y los focos de contaminación, el que muestra los recursos hídricos y la trayectoria de la contaminación.

**Observación subsanada**

**2.3.4. Observación N°4.-** De la revisión del muestreo de calidad de sedimentos realizado, se tiene lo siguiente:

- a. En la Tabla 3-24 se indica que se realizó el muestreo de sedimentos en seis (06) estaciones; sin embargo, en la Tabla 3-41 se indica que se realizó el muestreo en nueve (09) estaciones. Al respecto, se deberá aclarar cuáles fueron las estaciones de muestreo de sedimentos.

**Respuesta:**

El titular modifica el ítem 3.5.1.8.4 “Localización y Número de Puntos de Muestreo” del PR, con el objeto de indicar que el número de puntos definido en el plan de muestreo es referencial y podrá ser modificado previa autorización de la Supervisión y con el aval de PROFONANPE (FONAM), dependiendo de la necesidad de ampliar o reducir el trayecto del cuerpo de agua de interés. En razón de lo indicado, se tomó muestras adicionales, las que finalmente fueron 9 puntos de muestreo de sedimentos.

**Observación subsanada**

- b. En la Tabla 3-6 se indica que se identificó un foco en sedimentos con trazas de hidrocarburos y en la Tabla 3-100 se indica que se realizó un sondeo manual donde se identificó sedimentos saturados con hidrocarburos; sin embargo, no se realizó el muestreo correspondiente. En tal sentido, se deberá sustentar o realizar el muestreo correspondiente. Además, corregir los mapas de ubicación de estaciones de muestreo de sedimentos.

**Respuesta:**

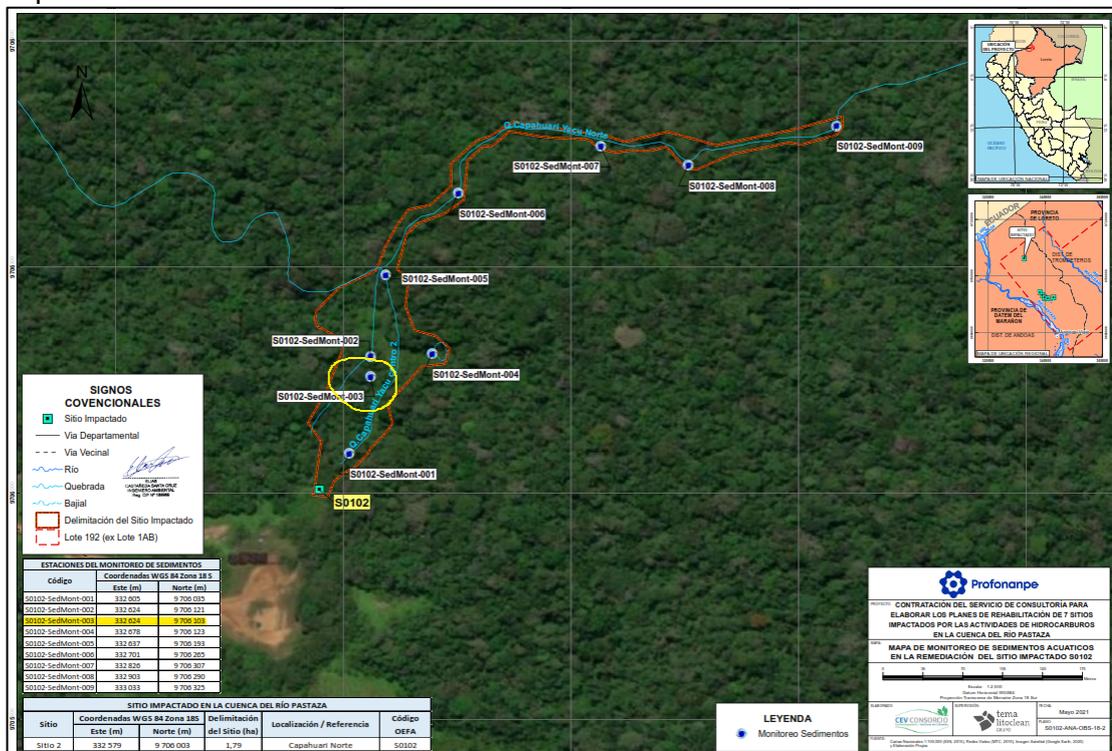
El titular señala que el punto de muestreo del foco de sedimentos identificado en la fase de caracterización con coordenadas UTM WGS84, Zona 18 S, 332627 E y 9706172 N, se ubicó 20 m hacia el norte, punto “S0102-Sed-005”, que fue considerada como más representativa ya que este está ubicado en un sector en donde confluyen varios ramales de cuerpos de agua. Con respecto al punto de coordenadas UTM WGS84, Zona 18 S, 332628 (E) y 9706087 (N) de la Tabla 3-100, el punto de muestreo fue ubicado 17 m hacia el norte, hacia una zona más representativa en donde la quebrada tiene un flujo constante y fue caracterizado según el punto de muestreo “S0102-Sed003”.

Al respecto, de acuerdo a las coordenadas del punto S0102-Sed003 y del mapa S0102-ANA-OBS-18-2, el punto S0102-Sed003 se encuentra fuera la quebrada (marcado en amarillo en la Figura 10, en ese sentido, debe corregir las coordenadas y la ubicación de este en el mapa S0102-ANA-OBS-18-2.



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

Figura 10. Mapa de monitoreo de sedimentos acuáticos en la remediación del sitio impactado s0102



Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Doc. Subsanación de observaciones, Tabla Anexo 18).

**Observación no subsanada**

**Información Complementaria a la Observación N° 4 b):**

Señalan que se modifica el ítem 3.4.1 “Posibles Focos de Contaminación”, en la cual describen lo siguiente:

**Posibles Focos de Contaminación:** Se denomina también “fuente secundaria de contaminación” o “hotspot”, y comprende los componentes ambientales afectados por las fuentes primarias de contaminación, que se caracterizan por presentar altas concentraciones de contaminantes y ser potenciales generadores de contaminación en otros componentes ambientales (D.S. N° 012-2017-MINAM).

**Foco de sedimentos:** El foco de sedimentos identificado en la fase de caracterización con coordenadas UTM WGS84, Zona 18 S, 332627 (E) y 9706172 (N), fue reubicado y posicionado 20 m, hacia el norte, donde se ubicó el punto “S0102-Sed-005” tomándose la muestra, la misma que fue considerada como más representativa ya que este punto está ubicado en un sector en donde confluyen varios ramales de cuerpos de agua. En la Tabla 3-6, se presenta la relación de los posibles focos de contaminación.





PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

**Tabla 1. (Tabla 3-6). Posibles Focos de Contaminación**

Nº	Foco	Coordenadas UTM, WGS84, Zona 18 S	
		Este	Norte
1	Suelo con presencia de hidrocarburos	332579	9706005
2	Suelo con presencia de hidrocarburos	332602	9706050
3	Sedimentos con trazas de hidrocarburos	332627	9706172
4	Cuerpo de agua	332599	9706027
5	Cuerpo de agua	332678	9706123

Elaboración: Consorcio ECÓDES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022

Asimismo, señalan que se reubica el punto el punto de muestreo “S0102-Sed003” en las coordenadas UTM WGS84, Zona 18 S 332624 (E) y 9706103 (N), la cual está sobre la quebrada.

#### Observación subsanada

- c. Sustentar porque no se ha realizado el muestreo de sedimentos en época húmeda, de lo contrario realizado el muestreo en los puntos considerados para época seca.

#### Respuesta:

El titular señala (del literal a) que el muestreo de sedimentos se realizará en época seca (menos húmeda), debido a que en esta época se pueden identificar y caracterizar los sedimentos que por el efecto de las corrientes de agua permanecen la mayor parte del año en el fondo del lecho de los cuerpos de agua y cuyo transporte y deposición depende principalmente de la dinámica de flujo de las corrientes de agua; el muestreo de sedimentos en época húmeda no se realizará debido a que en esta época, la ronda hídrica de los cuerpos de agua podrá estar totalmente anegada y dependiendo de la intensidad de las lluvias las quebradas se saldrán de su cauce normal arrastrando sedimentos de fondo hacia sectores adyacentes que solo estacionalmente están cubiertos de agua.

#### Observación subsanada

- 2.3.5. Observación N°5.** La tabla 3-20 Método de Análisis, Límites de Detección Empleados por el Laboratorio y Estándares de Calidad de Agua Superficial del ítem 3.5.1.7.2 Parámetros de Monitoreo y Metodologías Analíticas”, indica que el límite de detección de Aceites y grasas usando el método SMEWW- APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 22nd Ed. 2012, es 0,5 mg/L. Al respecto, el método estándar del SMEWW- APHA-AWWA-WEF, 22nd Ed. 2012, señala en la página 5- 38 (5520 Oil and grease) que el límite de detección para el método "5520 B Liquid -Liquid, Partition -Gravimetric Method es 10 mg/L. En ese sentido el administrado deberá aclarar el valor indicado y/o demostrar que este límite no afectó la evaluación de la Calidad de las aguas superficiales.

#### Respuesta:

El titular indica que el valor del límite de detección para Aceites y Grasas del método SWEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B empleado por el laboratorio (aprobado por el INACAL) será corregido; en la Tabla 3-23 se coloca el valor del límite de detección de 1,0 mg/L, valor que utilizo el laboratorio acreditado en los análisis efectuados para el parámetro Aceites y Grasas. Adjunta comunicación del laboratorio donde realizó los ensayos, el que manifiesta que la metodología tiene referencia EPA method 1664 el cual





PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

tiene límite de detección 1,4 mg/L y límite de cuantificación 5,0 mg/L, además, indica que el método fue verificado por INACAL, y que de acuerdo a su procedimiento de desarrollo del límite de detección y cuantificación obtuvieron los valores de 1,0 mg/L y 5,0 mg/L respectivamente. En ese sentido, dado que el límite de cuantificación es igual al ECA se puede afirmar que la evaluación no afectó los resultados de aceites y grasas.

### **Observación subsanada**

#### **2.3.6. Observación N°6** De la revisión del ítem 4.2.1 "Determinación de los contaminantes de preocupación", se tiene lo siguiente:

- a. Considerando lo solicitado en la observación N° 4, deberá corregir el ítem 4.2.1 referente a los contaminantes de preocupación para sedimentos. Además, revisar y corregir de ser el caso el modelo conceptual inicial del sitio.

#### **Respuesta:**

El titular señala que en virtud a la respuesta de la observación 4, donde se aclara que las muestra tomadas y evaluadas fueron de nueve (9) puntos de muestreo, a pesar que inicialmente el plan consideró solo seis (6) puntos de muestreo. En ese sentido, el ítem 4.2.1 no sufrirá modificación.

### **Observación subsanada**

- b. Se observa en el modelo conceptual que no se ha considerado a las aguas subterráneas; sin embargo, considerando lo solicitado en la observación N° 7, las aguas subterráneas podrían contaminar otros cuerpos de agua superficiales que contemplen un uso determinado, por lo que, se deberá incluir al agua subterránea en el modelo conceptual, analizar e incluir de ser el caso receptores primarios y/o secundarios.

#### **Respuesta:**

El titular señala que los criterios del porque no se incluye en el modelo conceptual la matriz agua subterránea, se encuentra en las respuestas a las observaciones 7 y 9.

Al respecto, en virtud a que las observaciones 7 y 9 se encuentran no subsanadas, se mantiene la presente observación.

### **Observación no subsanada**

#### **Información Complementaria a la Observación N° 6 b):**

En respuesta a las Observaciones N° 7 y N° 9, se presentan los criterios del porque no se incluye en el modelo conceptual la matriz de agua subterránea.

### **Observación subsanada**

#### **2.3.7. Observación N°7.-** En el ítem 4.2.1.4 "Matriz de agua subterránea" se realizaron dos pozos exploratorios a una profundidad de 4,40 m, y 5,50 m, las perforaciones se suspendieron a estas profundidades porque se encontraron secuencias de arcillas bien definidas y compactas de 1,50 m, de espesor, que actúa como un sello impermeable que contiene la migración de los contaminantes hacia sustratos inferiores y/o hacia las aguas subterráneas. Al respecto, desde el punto de vista hidrogeológico se tiene lo siguiente:

- a. Las arcillas no indican una impermeabilidad absoluta, más aún cuando existen estratos de arenas y limos. Como ejemplo se tienen resultados recientes de pruebas de permeabilidad en arcillas en la formación Nauta (km 68 Carretera Iquitos Nauta), donde se obtuvo como promedio de 10 pruebas en igual número de piezómetros, un valor de  $5,12 \times 10^{-7}$  m/s, lo cual, considerando un gradiente de 100% (flujo vertical), señala una velocidad de flujo subterráneo de 0,044 m/d. Este valor significa que en un año (365 días), el recorrido de una gota de agua será de 16 m, distancia suficiente para alcanzar el acuífero y continuar su recorrido hacia los niveles más bajos hasta alcanzar el nivel de base que es el río Pastaza. Bajo el concepto mencionado es probable que la migración de contaminantes haya ocurrido y alcanzado la planicie aluvial del río Pastaza. En ese sentido, el administrado deberá elaborar el estudio hidrogeológico local que cubra el área a rehabilitar, obteniendo los parámetros de permeabilidad promedio representativa para estimar la velocidad de flujo y proyectar las correspondientes plumas de contaminación en el acuífero.

### Respuesta:

El titular señala:

**Cálculos de permeabilidad de arcillas:** Respecto a los cálculos de permeabilidad de las arcillas y su interpolación matemática para determinar la distancia que recorre una gota de agua en la unidad de tiempo, es necesario precisar que existen varios factores que modifican la permeabilidad de los suelos y por consiguiente la dinámica de los fluidos, entre estos factores podemos citar:

- **Saturación de los sustratos:** En la medida que el agua, satura los poros de la arcilla, el volumen de poros vacíos disminuye y consecuentemente la permeabilidad de las arcillas disminuye aún más.

- **Diferencia de presión:** Al saturarse los poros de la arcilla, para que el agua siga permeando los sustratos, su presión debe ser mayor que la presión que ejerce el agua que ha copado los poros de los sustratos, este diferencial de presión incide en la velocidad de filtración del agua a través del subsuelo.

- **Factores químicos:** La estructura del suelo, el tipo y cantidad de iones presentes en la matriz de suelo, también condicionan las propiedades físicas del suelo.

Respecto a la velocidad de flujo subterráneo cabe señalar lo siguiente; se debe recordar que la velocidad de flujo está supeditado al medio y sus características físicas como la permeabilidad, además de una carga hidráulica que motive el flujo subterráneo.

La velocidad de flujo subterráneo en un “medio saturado” puede ser determinada por la ecuación de Darcy, la cual se define de la siguiente manera:

$$V = -K \frac{dh}{dl}$$

Donde:

- V = Promedio de la velocidad
- K = Conductividad hidráulica



- $dh/dl$  = Gradiente hidráulico

Suponer un gradiente del 100% equivale a un gradiente hidráulico  $dh/dl=1$  en "medio saturado" y además no correspondería a un flujo vertical, sino equivalente al flujo en dirección de flujo establecido en los modelos conceptuales y mapas de isohipsas. Para el cálculo de velocidad de flujo en medios no saturados se puede hacer uso de la Ecuación de Richards que supone un perfil de humedad inicial lineal, mínimo en la superficie del suelo y el máximo en la superficie del nivel freático. Asimismo, se sugiere una variación lineal de la succión en el frente de saturación, máxima en la superficie del suelo y nula en el nivel freático.

$$q_i = -K_{is} k_{ri} \Delta h_i$$

Donde:

- $K_{is}$  = Conductividad hidráulica saturada para fase i
- $k_{ri}$  = Permeabilidad relativa fase i
- $\Delta h_i$  = Potencial hidráulico

Se realizó una simulación de flujo subterráneo vertical considerando estratos de suelo limoso arcilloso y limoso arenoso y propiedades hidráulicas presentados previamente, como es el caso de los Sitios S0101, S0102, S0103 y S0105, en medio no saturado mediante el software Hydrus 1D y arrojaron velocidades de flujo máximos de  $4 \times 10^{-6}$  m/día, lo cual resulta prácticamente imperceptible. Esto significaría que el avance de flujo subterráneo en dirección vertical en el lapso de un año sería de 0,14 centímetros.

Habiendo el administrado presentado las características consideradas para el cálculo de la velocidad de flujo en el sitio SO 102, teniendo en cuenta la saturación de los sustratos, debido a que todos los meses del año presenta precipitaciones con variaciones de intensidad, la diferencia de presión de poros y factores químicos, tal como se detalla líneas arriba, además teniendo en cuenta que se trata del análisis de contaminación por hidrocarburos con densidad diferente al flujo de agua, así mismo el administrado describe en el estudio hidrogeológico que según los resultados geofísicos en el Sitio SO 102 (ver Ítem 8.5), contiene suelo cobertor alterado probablemente por presencia de hidrocarburos, seguido de arcillas con arenas compactas y que según lo evidenciado con las perforaciones realizadas en el sitio SO 102, Anexo II Registro de los perfiles, donde se describe, que los 30 primeros cm corresponden a suelos orgánicos con raíces húmedo, suelto; seguido hasta el 1.2 metros de profundidad de suelo limoso, húmedo, ligeramente compacto y finalmente hasta los 4,0 metros de suelo limo arcilloso, húmedo ligeramente compacto, se da por válida los parámetros asignados y el cálculo de la velocidad de flujo mediante la ecuación de Richards, donde se obtuvo velocidades de flujo máximos de  $4 \times 10^{-6}$  m/día, lo cual resulta prácticamente imperceptible, teniendo que el flujo subterráneo en el lapso de un año sería de 0,14 centímetros.

Sin embargo, en el ítem 12.5 Velocidad de Flujo Subterráneo del informe Hidrogeológico, Anexo 7, no se menciona el cálculo de velocidad de flujo en el sitio SO 102, por lo cual el administrado deberá revisar y corregir, así mismo deberá



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

detallar los valores asumidos para cada parámetro en el cálculo de la velocidad de flujo realizado para el sitio SO102.

### Observación no subsanada

#### Información Complementaria a la Observación N° 7 a):

El administrado modifica y corrige el ítem 4.2.1.4 del Plan de Rehabilitación, así mismo, presenta el cálculo de la velocidad de flujo subterráneo en un "medio saturado", teniendo como resultado:

```
***** Program HYDRUS*****  
Welcome to HYDRUS-1D  
Date: 2.12.2020 Time: 16:23:23  
Units: L = m, T = days, M = mmol  
-----  
Length [L]      0.20000E+02 0.20000E+02  
W-volume [L]    0.40000E+01 0.40000E+01  
In-flow [L/T]   0.00000E+00 0.00000E+00  
h Mean [L]      -0.14884E+05 -0.14884E+05  
Top Flux [L/T]  -0.79492E-13  
Bot Flux [L/T]  -0.79492E-13  
-----
```

### Observación subsanada

- b. El sitio 102 está ubicado a una cota topográfica mayor respecto a las poblaciones locales, por consiguiente, es probable que flujos subterráneos provenientes del dominio del Sitio se encuentren contaminando a las fuentes de aguas subterráneas que usan las referidas poblaciones. Como antecedente se tiene que el estrato superficial es de naturaleza aluvial y permeable, favorable al flujo subterráneo. Además, la zona recibe precipitaciones anuales cercanas a los 3 000 mm, suficiente para que ocurra una percolación de no menos del 10% (300 mm/año). Por consiguiente, el administrado deberá presentar los resultados e interpretación del monitoreo y análisis de laboratorio de las aguas subterráneas pertenecientes a pozos ubicados en las referidas poblaciones.

### Respuesta:

El titular señala que en el Anexo ANA Observación N° 7, se presenta el Estudio de Hidrogeología realizado para los siete (7) Sitios de la cuenca del Río Pastaza donde se realiza el cálculo de la velocidad de flujo, parámetros de permeabilidad y gradiente hidráulico.

El administrado a incluido en el estudio hidrogeológico la Figura 27 Mapa de Hidroisohipsas y poblaciones cercanas al sitio SO 102, en el cual indica una distancia de 16,5 km a un pozo artesanal de Nuevo Andoas y de acuerdo a los resultados obtenidos en el cálculo de velocidad de flujo donde se obtuvo velocidades de flujo máximos de  $4 \times 10^{-6}$  m/día, lo cual resulta prácticamente imperceptible, teniendo que el flujo subterráneo en el lapso de un año sería de 0,14 centímetros, con lo cual sería prácticamente imposible que se vea afectado el pozo cercano al sitio SO102.

Sin embargo, debido a que el administrado no incluye el cálculo de velocidad de flujo del sitio SO102, en el estudio hidrogeológico (Anexo 7), este deberá incluirse según lo solicitado en la observación 7a.





PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

## Observación no subsanada

### Información complementaria a la Observación N° 7 b):

El administrado presenta en el Anexo ANA Observación N° 7 el "Estudio Hidrogeológico", realizado para los siete (7) sitios de la cuenca del Río Pastaza; en el Capítulo 12.6 se realiza el cálculo de la velocidad de flujo y su justificación en el Capítulo 11 (de las variables: conductividad hidráulica, la permeabilidad y el potencial hidráulico). Así como se muestra y resuelve en la Observación N° 7 a).

## Observación subsanada

- 2.3.8. Observación N°8.-** En el ítem 4.2.2 "Peligros identificados a través del modelo conceptual inicial" se indica que fuentes están asociadas a las descargas de lodos de perforación, fluidos aceitosos y aguas de producción que se han realizado a través de una trampa sumidero de los pozos Capahuarí norte 10 y 12. En tal sentido, a fin de confirmar el origen de los contaminantes de preocupación, se deberá presentar la caracterización del petróleo crudo, a fin de conocer los componentes de este, los cuales, pueden ayudar a determinar posteriormente el origen de los contaminantes de preocupación en el sitio de remediación. Además, considerando lo solicitado en la observación N° 1, se deberá corregir el modelo conceptual presentado en la Figura 4-1.

### Respuesta:

El titular señala que el petróleo es una mezcla compleja de compuestos orgánicos, el petróleo crudo es variado y depende de las cuencas donde se encuentran los yacimientos. La fracción ligera de hidrocarburos puede estar conformada por n-alcános, alcános de cadena ramificada (isoprenoides) y naftenos (cicloalcános), los cuales pueden representar hasta el 31% de los componentes del petróleo, así como también, por hidrocarburos aromáticos de un anillo bencénico. La fracción media de hidrocarburos está conformada por cadenas lineales y ramificadas de hidrocarburos alifáticos, compuestos aromáticos monocíclicos y policíclicos, como el naftaleno y sus alquilados (mono, di, tri y tetra metil naftalenos) representan el 15 – 20% del crudo de petróleo. Los compuestos C11 – C15, son de volatilidad intermedia, entre los compuestos alifáticos representativos de la fracción de hidrocarburos F2 (>C10-C28), está el pristano (2,6,10,14-tetrametilpentadecano), fitano (2,6,10,14-tetrametilhexadecano), farnesano (2,6,10-trimetildodecano), norpristano (2,6,10-trimetilpentadecano). La fracción pesada de hidrocarburos está compuesta por sustancias que tienen una estructura molecular de 29 a 40 átomos de carbono. La fracción pesada de hidrocarburos está conformada por cadenas lineales y ramificadas de hidrocarburos alifáticos, asfáltenos y resinas con una estructura molecular compleja que puede contener oxígeno (O<sub>2</sub>), nitrógeno (N) y azufre (S), su estructura molecular puede estar conformada por núcleos policíclicos aromáticos, constituyen un 10% en crudos ligeros y hasta un 60% en crudos muy degradados. La fracción de hidrocarburos F3 (>C28-C40), pueden ser piridinas, quinolinas, carbazoles, tiofenos, ácidos nafténicos, ácidos grasos, etc. Estos productos destilan a temperaturas superiores a 500 °C. Considerando que ha transcurrido un largo periodo desde la ocurrencia del vertimiento de hidrocarburos hasta la fecha, realizar una caracterización del crudo del yacimiento no aportaría información que pueda ser considerada fundamental para la caracterización del Sitio y para la evaluación del ERSA, dado que las fracciones de hidrocarburos F1 (C6-C10) que inicialmente fueron vertidas al medio ambiente ya se han volatilizado; las sustancias orgánicas de volatilidad media, al estar sometidas a





PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

procesos de oxidación, han modificado su estructura molecular inicial, e incluso las cadenas moleculares de los compuestos pesados (>C28-C40), los cuales son químicamente más estables, pueden estar siendo sometidas a procesos dinámicos naturales de degradación y transformación. En concordancia con lo señalado en la respuesta a la Observación N° 1, y sustentado en los resultados analíticos de las muestras de suelo, se concluye que los Contaminantes de Preocupación no han migrado hasta la napa freática y, por lo tanto, no se modificará el Modelo conceptual presentado en la Figura 4-1 del PR.

### Observación subsanada

**2.3.9. Observación N° 9.-** En el ítem 4.6 “Posible migración de los contaminantes” se indica que existen capas de arcilla que actúan como capas retenedoras y evitan la contaminación del agua subterránea y en el ítem 4.10.3.2 “Riesgo para cuerpos de agua” se indica que los contaminantes pueden migrar a las aguas superficiales como resultados de procesos de transferencia de masa. En tal sentido, a fin de determinar la migración de contaminantes, el administrado deberá presentar el cálculo real de la velocidad de flujo subterráneo con base a los parámetros permeabilidad y gradiente hidráulico, parámetros que en el estudio solo son conceptuales.

### Respuesta:

El titular proporciona la metodología para el desarrollo de las perforaciones exploratorias y muestreo de aguas subterráneas definida en el Plan de muestreo y realizada en campo fue la siguiente:

- Revisión de la información geológica disponible reconociendo las principales formaciones existentes en la zona de estudio.
- Revisión de los estudios previos de Sísmica de la zona, para reconocer los perfiles litológicos de los puntos a visitar.
- Análisis de la geomorfología del Sitio, para determinar el desarrollo de las perforaciones exploratorias en los Sitios Impactados.
- Realización de Sondeos Eléctricos Verticales para establecer la resistividad del suelo.
- Desarrollo de perforaciones exploratorias en el perímetro externo adyacente a la zona de potencial afectación para evitar la posible migración del agente contaminante.
- Elaboración de los perfiles litológicos de las perforaciones exploratorias y/o piezómetros.
- Construcción y desarrollo de piezómetros en caso de encontrar aguas subterráneas.
- Muestreo del agua subterránea en las dos estacionalidades.

El perfil litológico realizado en el Sitio S0102 (Sitio 2), indica que el suelo es predominantemente arcilloso, el análisis e interpretación de los resultados del desarrollo del Plan de muestreo indican que la movilización de los contaminantes de preocupación es limitada y no han migrado hasta la napa freática, para sustentar estos argumentos, a continuación, se presentan los resultados de los puntos de muestreo en donde la



BICENTENARIO  
DEL PERÚ  
2021 - 2024



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

concentración de hidrocarburos y/o metales pesados superó el estándar de referencia del ECA para suelo de uso agrícola.

**Tabla 2. Concentración de Hidrocarburos en Función de la Profundidad**

PUNTO DE MUESTREO	S0102-S001-0,50	S0102-S001-1,00	S0102-S001-2,25	S0102-S008-0,00	S0102-S008-0,50	S0102-S008-1,10
Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28)	7194	538,1	< 1,0	1096	< 1,0	< 1,0
Fracción de Hidrocarburos F3 (C28-C40)	9331	222,7	< 1,0	4134	37,5	< 1,0
PUNTO DE MUESTREO	S0102-S009-0,75	S0102-S009-1,50	S0102-S009-2,00	S0102-S010-0,50	S0102-S010-1,50	S0102-S010-2,00
Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28)	5534	15,1	88,8	1608	39,9	25,2
PUNTO DE MUESTREO	S0102-S001-0,50	S0102-S001-1,00	S0102-S001-2,25	S0102-S008-0,00	S0102-S008-0,50	S0102-S008-1,10
Fracción de Hidrocarburos F3 (C28-C40)	10998	11,7	110,1	2553	60,5	31,5

**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2021.

**Tabla 3. Concentración de Metales Pesados en Función de la Profundidad**

PUNTO DE MUESTREO	S0102-S001-0,50	S0102-S001-1,00	S0102-S001-2,25	S0102-S003-0,25	S0102-S003-0,75	S0102-S003-1,50
Ba	436,5	199,2	123,8	1380	69,7	109,9
Cd	< 0,5	< 0,5	1759	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Pb	< 2	< 2	90	< 2	< 2	< 2
PUNTO DE MUESTREO	S0102-S004-0,50	S0102-S004-1,25	S0102-S004-2,00	S0102-S007-0,25	S0102-S007-1,75	S0102-S007-3,00
Ba	1980	164,5	155,7	5319	502,5	294,8
Cd	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Pb	< 2	< 2	< 2	255	< 2	< 2

**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2021.

Los resultados analíticos de las muestras (en Rojo los que superan el ECA) de suelo indican que las fracciones de hidrocarburos están siendo retenidas por las capas de arcilla, la pluma de dispersión ha migrado hasta 0,75 m, de profundidad.

Los metales pesados como Bario (Ba), Cadmio (Cd) y Plomo (Pb), se encuentran preponderantemente a una profundidad de 0,25 m, y 0,50 m, salvo en el punto de muestreo S0102-S001 en donde la mayor concentración de Cd y Pb se encontró a 2,25 m, de profundidad.

Los resultados de laboratorio, por lo tanto, indican con elevado grado de certidumbre y sin excepciones que los contaminantes de preocupación están siendo retenidos por las capas de arcilla y consecuentemente la napa freática no ha sido afectada por la movilización de los contaminantes de preocupación identificados en el Sitio S0102 (Sitio 2).

En el Anexo ANA Observación N° 7, se presenta el estudio de hidrogeología realizado para los siete (7) Sitios de la cuenca del río Pastaza donde se realiza el cálculo de la velocidad de flujo, parámetros de permeabilidad y gradiente hidráulico.

Por lo descrito líneas arriba, además de describir en el estudio hidrogeológico que según los resultados geofísicos en el Sitio SO 102 (ver Ítem 8.5), contiene suelo cobertor alterado probablemente por presencia de hidrocarburos, seguido de arcillas con arenas compactas y que según lo evidenciado con las perforaciones realizadas en el sitio SO 102, Anexo II Registro de los perfiles, donde se describe, que los 30 primeros cm corresponden a suelos orgánicos con raíces húmedo, suelto; seguido hasta el 1.2 metros de profundidad de suelo limoso, húmedo, ligeramente compacto y finalmente hasta los 4.0 metros suelo limo arcilloso, húmedo ligeramente compacto, se da por válida los parámetros asignados y las características consideradas para el cálculo de la velocidad de flujo en el sitio SO 102, ya que sus resultados son coherentes con las investigaciones realizadas en el sitio SO 102.

Sin embargo, debido a que esta observación tiene relación con las observaciones 7a y 7b, el administrado deberá revisar y subsanar las mismas

**Observación no subsanada**

**Información Complementaria a la Observación N° 9:**

El administrado presenta en el Anexo ANA Observación N° 7, el “Estudio Hidrogeológico” realizado para los siete (7) Sitios de la cuenca del río Pastaza, donde se realiza el cálculo de la velocidad de flujo, parámetros de permeabilidad y gradiente hidráulico. Así mismo, al resolverse y subsanarse las observaciones 7 a) y 7 b).

**Observación subsanada**

**2.3.10. Observación N°10.-** Respecto a las actividades de regulación de caudal y desviación de cauce para la extracción de los sedimentos en la quebrada indicadas en el ítem 5.5.5.2 “Sedimentos”, se tiene lo siguiente:

- a. Precisar la ubicación (coordenadas UTM WGS 84) de los tramos donde se ubicarán las estructuras de regulación de caudal.

**Respuesta:**

El titular presenta la ubicación de los tramos para las estructuras hidráulicas (Cuadro N° 20).

Cuadro N° 20. Coordenadas de ubicación de las Estructuras Hidráulicas – Sitio S0102

Estación	Cuerpo de Agua	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18	
		Este	Norte
EH-1	Quebrada Capahuari Yacu Centro 2	332 675	9 706 122
EH-2	Quebrada Capahuari Yacu	332 636	9 706 191
EH-3	Quebrada Capahuari Yacu	332 650	9 706 229
EH-4	Quebrada Capahuari Yacu	332 698	9 706 262
EH-5	Quebrada Capahuari Yacu	332 732	9 706 315
EH-6	Quebrada Capahuari Yacu	332 818	9 706 313
EH-7	Quebrada Capahuari Yacu	332 886	9 706 310

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Doc. Subsanación de observaciones, Tabla 4).



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

Señala que los tramos en el cuerpo de agua para la ubicación del dique de contención se establecerán previa Autorización para la Ejecución de Obras en Fuente Natural de Agua o en la Infraestructura Hidráulica Multisectorial solicitada Autoridad Nacional del Agua (ANA).

#### **Observación subsanada**

- b. Presentar un estudio de máximas avenidas para determinar el caudal de diseño de las secciones de encauzamiento, sustentar el periodo de retorno a utilizar y asumir el peor escenario en base a las metodologías utilizadas para estimar el caudal máximo. Además, precisar las coordenadas (UTM WGS 84) de inicio y final del encauzamiento del cuerpo de agua.

#### **Respuesta:**

El titular presenta el diseño del sistema de drenaje de desviación de las aguas de no contacto, además de los canales de captación de las aguas de contacto. Por otro lado, señala que no se desviará el cauce de la quebrada Capahuari, por lo que no construirá canales de encauzamiento para desvío y reingreso de agua a la quebrada, en este caso, se construirán diques para contener temporalmente el flujo de agua y en caso suba los niveles se realizará el bombeo de agua y su descarga será aguas abajo del punto de remoción de los sedimentos, sin embargo, no presenta las especificaciones técnicas del dique, para evitar que esta colapse. Ver observación c.

#### **Observación no subsanada**

##### **Información Complementaria a la Observación N° 10 b):**

Respecto a las especificaciones técnicas del dique, están descritos en el informe "Análisis Hidrológico e Hidráulico del Sitio S102 con Fines de Remediación del Sitio S0102", el cual se encuentra en el Anexo ANA Observación N° 10.

#### **Observación subsanada**

- c. Presentar los diseños de las estructuras hidráulicas.

#### **Respuesta:**

El titular señala que los diseños serán realizados durante la ingeniería de detalle. Al respecto, debe proporcionar las consideraciones técnicas de las infraestructuras hidráulicas, considerando las máximas avenidas.

#### **Observación no subsanada**

##### **Información Complementaria a la Observación N° 10 c):**

Los diseños de los diques de contención están descritos en el "Análisis Hidrológico e Hidráulico del Sitio S102 con Fines de Remediación del Sitio S0102", el cual se encuentra en el Anexo ANA Observación N° 10.

#### **Observación subsanada**





PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

- d. Realizar una simulación hidráulica donde se generen mapas de inundación y delimitación del límite superior de la ribera.

**Respuesta:**

El titular señala que para realizar la simulación hidráulica de inundaciones de las quebradas del Sitio S0102 (Sitio 2) es necesario tener información de estaciones pluviométricas y meteorológicas que tengan influencia directa sobre el cuerpo de agua, información DEM de pendientes de la zona y un sistema de modelamiento, ejemplo HEC – RAS. La información climatológica disponible se encuentra en el ítem 2.2.5 "Climatología" en la Tabla 2-2 "Estaciones Meteorológicas Cercanas" del PR se identifica la Estación Andoas (más cercana) que se encuentra a más de 25 km aguas abajo de los cuerpos de agua, la cual no tiene incidencia en el Sitio Impactado, sin embargo, en la visita de campo no se observó zonas inundables pertenecientes a los cuerpos de agua del Sitio Impactado, por tal motivo no es posible realizar este estudio para esa zona específica por falta de información meteorológica, además es una actividad que no se encuentra descrita dentro de la solicitud de realización de los Planes de Rehabilitación de 7 Sitios Impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Pastaza.

Al respecto, se debe conocer las zonas inundables para delimitar la faja marginal de los cuerpos de agua (del área de estudio), que ayudará a limitar la ubicación de los componentes para los trabajos de rehabilitación, de manera que estos no afecten posteriormente los cuerpos de agua. En la observación N° 12 se establece la ubicación de componentes (zonas de acopio, de remediación, etc.), los que se encuentran a pocos metros de los cuerpos de agua, lo que representa un riesgo sobre estos últimos. Considerar la R.J. N° 332-2016-ANA sobre delimitación, usos y criterios para delimitación de las fajas marginales.

**Observación no subsanada**

**Información Complementaria a la Observación N° 10 d):**

Las zonas inundables y delimitación de la faja marginal están descritos en el informe "Análisis Hidrológico e Hidráulico Del Sitio S102 con Fines de Remediación del Sitio S0102", el cual se encuentra en el Anexo ANA Observación N° 10.

En el Anexo ANA Observación N° 10, se presenta el mapa "S0102-ANA-OBS-10-2" "Mapa de Delimitación de la Faja Marginal en el Sitio Impactado S0102".



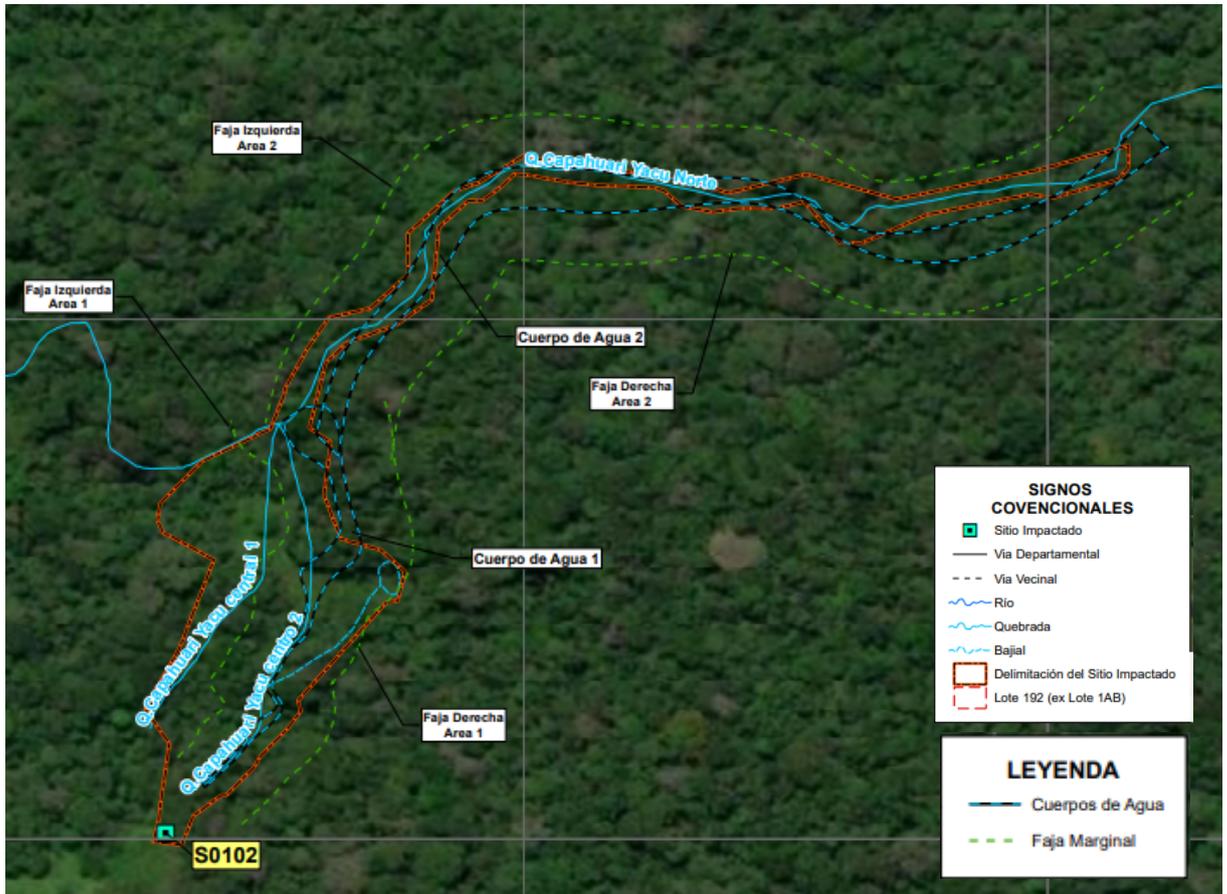
BICENTENARIO  
DEL PERÚ  
2021 - 2024



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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



### Observación subsanada

**2.3.11. Observación N°11.-** En el ítem 5.6.1 “Superficie y volumen a remediar y rehabilitar” se indica que la profundidad de sedimentos a tratar será de 0,5 m; sin embargo, en la Tabla 3-70 se observa que las muestras de sedimentos se tomaron a profundidades entre 0,7 m y 1,2 m. Al respecto, deberá sustentar porque considera una profundidad de tratamiento solo de 0,5 m, de lo contrario deberá considerar la profundidad a la que fueron tomadas las muestras.

#### Respuesta:

EL titular corrige la profundidad de sedimentos a tratar, que de acuerdo al promedio de profundidades se tratará hasta 0,92 m. Considerando que la columna de agua es 0,22 m, la capa de sedimentos a tratar será 0,70 m.

Al respecto, si se considera tratar la capa promedio, se dejará sedimentos (capas) contaminados en aquellos sitios de la quebrada donde la contaminación está a más de 0,70 m (0,92 m) de profundidad. En ese sentido, la remoción de sedimentos debería considerar la profundidad a la que se encuentra el contaminante, de lo contrario, debe sustentar porque considera la profundidad promedio.

### Observación no subsanada



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

### **Información Complementaria a la Observación N° 11:**

Se realiza el sustento de la profundidad de sedimentos a remediar de la siguiente manera:

Se modifica el ítem 5.6.1.2:

#### **5.6.1.2 Sedimentos**

Cabe aclarar que los volúmenes presentados son referenciales ya que no se tiene la certeza de la cantidad de sedimentos Impactados en el cuerpo de agua, lo cual genera una incertidumbre en las densidades de los mismos y, por ende, en el cálculo del volumen de suelo que efectivamente será removido.

Se incluye los siguientes lineamientos para determinación de sedimentos.

- El área de sedimentos a remediar se determina por los contaminantes muestreados en los lechos de los cuerpos de agua que se encuentran en el Sitio Impactado.
- El área se toma por los cauces de los cuerpos de agua con un ancho promedio de 3 metros.
- El volumen se calcula tomando el área establecida por la profundidad promedio los sedimentos en los lechos de los cuerpos de agua.

El cálculo de volumen de los sedimentos se efectúa con el área impactada por los contaminantes determinados en la visita de campo por la profundidad promedio de los resultados que superaron, los parámetros permisibles. Cabe aclarar que los volúmenes presentados son referenciales ya que no se tiene la certeza de la cantidad de sedimentos Impactados en el cuerpo de agua, lo cual genera una incertidumbre en las densidades de los mismos y, por ende, en el cálculo del volumen de suelo que efectivamente será removido.

Se realiza el cambio de profundidad de acuerdo con el promedio de profundidades de la Tabla 3-70. “Valores de PID para Sedimentos para el Sitio S0102 (Sitio 2)”. (0,75 m) y soportados con los anexos de los formatos de toma de muestra de sedimento, teniendo presente la diferencia del espejo de agua que no pertenece al sedimento. A continuación, se presenta la Tabla 5-31 (Tabla 4).

Tabla 4 (Tabla 5-31).Tabla Volúmenes y Superficies de Sedimentos del Sitio S0102 (Sitio 2)

Zona Contaminada	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Tipo de Contaminación	Técnica
Área a Remediar	8730	6547,5	Hidrocarburos	Biorremediación mejorada Aeróbica

**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

Las siguientes figuras de cada uno de los puntos de muestreo de sedimentos dan claridad de la profundidad a remediar teniendo en cuenta la superficie del agua. Las figuras se realizan con base a los formatos de muestreo.





PERÚ

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego

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

Profundidad (cm)	Espesor (cm)	Columna	Descripción
0,0 - 20	20		Columna de Agua Cocha parte sur del sitio impactado.
20 - 70	50		Sedimento en el lecho del cuerpo de agua

**Figura 2. Perfil de sedimentos S0102-Sed001**

**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

Se observa que el punto de muestreo S0102-Sed001 en la quebrada Capahuari central 1, se tiene una columna de agua de 0,20 m y una columna de sedimento de 0,50.

Profundidad (cm)	Espesor (cm)	Columna	Descripción
0,00 - 0,25	25		Columna de Agua Quebrada Capahuari Yacu central 1.
0,25 - 0,70	45		Sedimento en el lecho de la quebrada; olor a hidrocarburo

**Figura 3. Perfil de sedimentos S0102-Sed002**

**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

Se observa que el punto de muestreo S0102-Sed002 en la quebrada Capahuari central 1, se tiene una columna de agua de 0,25 m y un sedimento de 0,45 m de profundidad.

Profundidad (cm)	Espesor (cm)	Columna	Descripción
0,00 - 0,30	30		Columna de Agua Quebrada Capahuari Yacu central 2,
0,30 - 0,95	65		Sedimento en el lecho de la quebrada; olor a hidrocarburo

**Figura 4. Perfil de sedimentos S0102-Sed003**

**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

Se observa que el punto de muestreo S0102-Sed003, en la quebrada Capahuari central 2, se tiene una columna de agua de 0,30 m y un sedimento de 0,65 m de profundidad.

Profundidad (cm)	Espesor (cm)	Columna	Descripción
0,00 - 0,25	25		Sector inundable de la parte este del sitio impactada
0,25 - 1,20	95		Sedimento en el lecho de la quebrada; olor a hidrocarburo

**Figura 5. Perfil de sedimentos S0102-Sed004**

**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

Se observa que el punto de muestreo S0102-Sed004 en el sector inundable se tiene una columna de agua de 0,25 m y un sedimento de 0,95 m de profundidad.



PERÚ

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego

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

Profundidad (cm)	Espesor (cm)	Columna	Descripción
0,00 - 0,30	30		Columna de Agua Capahuari Yacu
0,30 - 0,95	65		Sedimento en el lecho de la quebrada; olor a hidrocarburo

**Figura 6. Perfil de sedimentos S0102-Sed005**

Elaboración: Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

Se observa que el punto de muestreo S0102-Sed005 en la quebrada Capahuari Yacu se tiene una columna de agua de 0,30 m y un sedimento de 0,65 m de profundidad.

Profundidad (cm)	Espesor (cm)	Columna	Descripción
0,00 - 0,20	20		Columna de Agua Capahuari Yacu
0,20 - 0,95	75		Sedimento en el lecho de la quebrada; olor a hidrocarburo

**Figura 7. Perfil de sedimentos S0102-Sed006**

Elaboración: Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

Se observa que el punto de muestreo S0102-Sed006 en la quebrada Capahuari Yacu se tiene una columna de agua de 0,20 m y un sedimento de 0,75 m de profundidad.

Profundidad (cm)	Espesor (cm)	Columna	Descripción
0,00 - 0,15	15		Columna de Agua Capahuari Yacu
0,15 - 0,70	55		Sedimento en el lecho de la quebrada; Presencia de materia orgánica

**Figura 8. Perfil de sedimentos S0102-Sed007**

Elaboración: Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

Se observa que el punto de muestreo S0102-Sed007 en la quebrada Capahuari Yacu se tiene una columna de agua de 0,15 m y un sedimento de 0,55 m de profundidad.

Profundidad (cm)	Espesor (cm)	Columna	Descripción
0,00 - 0,15	15		Columna de Agua Capahuari Yacu
0,15 - 0,95	70		Sedimento en el lecho de la quebrada; Presencia de materia orgánica

**Figura 9. Perfil de sedimentos S0102-Sed008**

Se observa que el punto de muestreo S0102-Sed008 en la quebrada Capahuari Yacu se tiene una columna de agua de 0,15 m y un sedimento de 0,70 m de profundidad.

### Observación subsanada

**2.3.12. Observación N° 12.-** De la revisión del ítem 5.6.2 “Descripción de las acciones de remediación y rehabilitación”, se tiene lo siguiente:

- a. Se indica que se requerirán estructuras de soporte como zona de acopio, zonas de tratamiento y área de solidificación, las mismas que se observan en el Plano S-102-CEV-ALT-02, además se hace referencia a una PTAR, campamento y vivero; sin embargo, no precisa las coordenadas de ubicación de ninguno de los componentes. Por lo tanto, deberá indicar las ubicaciones (coordenadas UTM WGS 84) de todos los componentes indicados. Además, adjuntar los archivos shape con la delimitación cada área.

**Respuesta:**

El titular modifica la ubicación de las facilidades para desarrollar las actividades de remediación, así, modifica la figura 5-11 del PR. Presenta además las coordenadas (Cuadros N° 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 y 30) y los mapas de ubicación (anexo 12, Plano S0102-CEV-DES-01) de las facilidades y el campamento. Debe anotarse que las facilidades se encuentran dentro del límite del sitio impactado.

**Cuadro N° 21. Vértices y área de la zona de acopio 1**

Vértice	Coordenadas UTM WGS84 ZONA 18 S		Área (m <sup>2</sup> )
	Este	Norte	
ZA-1	332 509	9 706 156	100
ZA-2	332 608	9 706 151	
ZA-3	332 603	9 706 143	
ZA-4	332 594	9 706 147	

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Doc. Subsanción de observaciones, Tabla 6).

**Cuadro N° 22. Vértices y Área de Solidificación**

Vértice	Coordenadas UTM WGS84 ZONA 18 S		Área (m <sup>2</sup> )
	Este	Norte	
AS-1	332 595	9 706 171	100
AS-2	332 604	9 706 166	
AS-3	332 599	9 706 158	
AS-4	332 590	9 706 162	

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Doc. Subsanción de observaciones, Tabla 7).

**Cuadro N° 23. Vértices y Área Zona de tratamiento 1 (Sedimentos y Suelo)**

Vértice	Coordenadas UTM WGS84 ZONA 18 S		Área (m <sup>2</sup> )
	Este	Norte	
CT-1	332 593	9 706 145	420
CT-2	332 611	9 706 135	
CT-3	332 600	9 706 117	
CT-4	332 583	9 706 128	

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Doc. Subsanción de observaciones, Tabla 8).

**Cuadro N° 24. Vértices y Área de la Zona de Acopio 2**

Vértice	Coordenadas UTM WGS84 ZONA 18 S		Área (m <sup>2</sup> )
	Este	Norte	
ZA-1	332 615	9 706 103	100
ZA-2	332 624	9 706 098	
ZA-3	332 619	9 706 089	
ZA-4	332 610	9 706 094	

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Doc. Subsanción de observaciones, Tabla 9).

**Cuadro N° 25. Vértices y Área Zona de tratamiento 2 (Sedimentos y Suelo)**

Vértice	Coordenadas UTM WGS84 ZONA 18 S		Área (m <sup>2</sup> )
	Este	Norte	
CT-1	332 626	9 706 121	420
CT-2	332 644	9 706 111	
CT-3	332 633	9 706 094	
CT-4	332 615	9 706 104	

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Doc. Subsanción de observaciones, Tabla 10).

**Cuadro N° 26. Vértices y Área de la Zona de Acopio 3**

Vértice	Coordenadas UTM WGS84 ZONA 18 S		Área (m <sup>2</sup> )
	Este	Norte	
ZA-1	332 590	9 706 069	100
ZA-2	332 599	9 706 064	
ZA-3	332 594	9 706 056	
ZA-4	332 586	9 706 060	

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Doc. Subsanción de observaciones, Tabla 11).

**Cuadro N° 27. Vértices y Área Zona de Tratamiento 3 (Sedimentos y Suelo)**

Vértice	Coordenadas UTM WGS84 ZONA 18 S		Área (m <sup>2</sup> )
	Este	Norte	
CT-1	332 602	9 706 088	420
CT-2	332 619	9 706 078	
CT-3	332 609	9 706 060	
CT-4	332 591	9 706 070	

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Doc. Subsanción de observaciones, Tabla 12).

**Cuadro N° 28. Vértices y Área Campamento del Sitio S0102**

Vértice	Coordenadas UTM WGS84 ZONA 18 S		Área (m <sup>2</sup> )
	Este	Norte	
A	332 392	9 705 931	2400
B	332 449	9 705 912	
C	332 437	9 705 874	

**PERÚ**Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

D	332 380	9 705 893	
---	---------	-----------	--

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Doc. Subsanación de observaciones, Tabla 13).

#### Cuadro N° 29. Vértices y Área Vivero

Vértice	Coordenadas UTM WGS84 ZONA 18 S		Área (m <sup>2</sup> )
	Este	Norte	
A	332 379	9 705 892	100
B	332 402	9 705 884	
C	332 401	9 705 880	
D	332 378	9 705 888	

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Doc. Subsanación de observaciones, Tabla 14).

#### Cuadro N° 30. Vértices y área de la zona de acopio 1

Vértice	Coordenadas UTM WGS84 ZONA 18 S		Área (m <sup>2</sup> )
	Este	Norte	
CT-1	332 618	9 706 190	100
CT-2	332 629	9 705 190	
CT-3	332 629	9 706 181	
CT-4	332 618	9 706 181	

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Doc. Subsanación de observaciones, Tabla 15).

Al respecto, algunos de los componentes se ubican a pocos metros de los cuerpos de agua. En se sentido, debe revisarse y reubicarse los componentes. Considerar la R.J. N° 332-2016-ANA, Reglamento para delimitación y mantenimiento de fajas marginales. Asimismo, verificar y adjuntar los shapefile correspondientes ya que no se lograron aperturarlos.

#### Observación no subsanada

##### **Información Complementaria a la Observación N° 12 a):**

En el ítem 5.6.2 "Descripción de las acciones de remediación y rehabilitación que correspondan" se incluyen las "Zonas de acopio y tratamiento del Sitio S0102 (Sitio 2)"; donde se encuentra el plano de la distribución de las áreas a ocupar para las actividades de tratamiento a ejecutar en el Sitio S0102 (Sitio 2), indicando las coordenadas (UTM WGS 84) de las zonas dentro de las cuales están los componentes indicados.

Se modifica el ítem 5.6.2.1.1.:

##### 5.6.2.1.1. Bioestimulación enzimática y Solidificación ex situ

En la Figura 5-11 se puede evidenciar la ubicación de la zona de tratamiento (celdas) y la zona de acopio que es recomendada. La zona de acopio tiene como objetivo el almacenamiento del suelo contaminado que va ser tratado y los residuos sólidos (generales y peligrosos) que son generados durante el proceso de remediación y deberán ser recolectados para su posterior adecuada disposición. Cabe mencionar que se podrá ubicar la zona de acopio hacia áreas de uso industrial, previa coordinación con la empresa operadora del lote; esto con el fin de evitar el



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

desbosque. A continuación, se presentan las coordenadas de los lugares donde se realizarán las actividades de rehabilitación en las siguientes tablas.

**Tabla 5. Vértices y Área de la Zona de Acopio 1**

Ubicación Zona de Acopio 1			
Código	Coordenadas WGW 84 Zona 18 S		Área (m <sup>2</sup> )
	Este (m)	Norte (m)	
ZA-1	332 599	9 706 166	100
ZA-2	332 608	9 706 161	
ZA-3	332 603	9 706 152	
ZA-4	332 594	9 706 157	

**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

**Tabla 6. Vértices y Área de Solidificación**

Ubicación Área de Solidificación			
Código	Coordenadas WGW 84 Zona 18 S		Área (m <sup>2</sup> )
	Este (m)	Norte (m)	
AS-1	332 598	9 706 179	100
AS-2	332 607	9 706 176	
AS-3	332 604	9 706 166	
AS-4	332 595	9 706 170	

**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

**Tabla 7. Vértices y Área Zona de tratamiento 1 (Sedimentos y Suelo)**

Ubicación Área de Zona de Tratamiento 1			
Código	Coordenadas WGW 84 Zona 18 S		Área (m <sup>2</sup> )
	Este (m)	Norte (m)	
CT-1	332 578	9 706 165	420
CT-2	332 595	9 706 155	
CT-3	332 584	9 706 138	
CT-4	332 567	9 706 148	

**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

**Tabla 8. Vértices y Área de la Zona de Acopio 2**

Ubicación y Área de la Zona de Acopio 2			
Código	Coordenadas WGW 84 Zona 18 S		Área (m <sup>2</sup> )
	Este (m)	Norte (m)	
ZA-1	332 610	9 706 160	100
ZA-2	332 619	9 706 155	
ZA-3	332 614	9 706 147	
ZA-4	332 605	9 706 151	

**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

**Tabla 9. Vértices y Área Zona de tratamiento 2 (Sedimentos y Suelo)**

Ubicación y Área de la Zona de Tratamiento 2			
Código	Coordenadas WGW 84 Zona 18 S		Área (m <sup>2</sup> )
	Este (m)	Norte (m)	
CT-1	332 599	9 706 153	420
CT-2	332 616	9 706 143	
CT-3	332 606	9 706 125	
CT-4	332 588	9 706 136	

**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

**Tabla 10. Vértices y Área de la Zona de Acopio 3**

Ubicación Área de Zona de Acopio 3			
Código	Coordenadas WGW 84 Zona 18 S		Área (m <sup>2</sup> )
	Este (m)	Norte (m)	
ZA-1	332 590	9 706 069	100

Ubicación Área de Zona de Acopio 3			
Código	Coordenadas WGW 84 Zona 18 S		Área (m <sup>2</sup> )
	Este (m)	Norte (m)	
ZA-2	332 599	9 706 064	
ZA-3	332 594	9 706 056	
ZA-4	332 586	9 706 060	

**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

**Tabla 11. Vértices y Área Zona de Tratamiento 3 (Sedimentos y Suelo)**

Ubicación del Área de la Zona de Tratamiento 3			
Código	Coordenadas WGW 84 Zona 18 S		Área (m <sup>2</sup> )
	Este (m)	Norte (m)	
CT-1	332 587	9 706 133	420
CT-2	332 604	9 706 122	
CT-3	332 593	9 706 105	
CT-4	332 576	9 706 115	

**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

A continuación, se presentan las coordenadas del campamento, PTAR y el vivero.

**Tabla 12. Vértices y Área Campamento del Sitio S0102**

Ubicación del Área de Campamento			
Código	Coordenadas WGW 84 Zona 18 S		Área (m <sup>2</sup> )
	Este (m)	Norte (m)	
A	332 392	9 705 931	2400
B	332 449	9 705 912	
C	332 437	9 705 874	
D	332 380	9 705 893	

**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

**PERÚ**Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

**Tabla 13. Vértices y Área Vivero**

Ubicación Área del Área de Vivero			
Código	Coordenadas WGW 84 Zona 18 S		Área (m <sup>2</sup> )
	Este (m)	Norte (m)	
A	332 379	9 705 892	100
B	332 402	9 705 884	
C	332 401	9 705 880	
D	332 378	9 705 888	

**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

**Tabla 14. Vértices y Área PTAR**

Ubicación Área de Solidificación			
Código	Coordenadas WGW 84 Zona 18 S		Área (m <sup>2</sup> )
	Este (m)	Norte (m)	
CT-1	332 618	9 706 190	100

Ubicación Área de Solidificación			
Código	Coordenadas WGW 84 Zona 18 S		Área (m <sup>2</sup> )
	Este (m)	Norte (m)	
CT-2	332 629	9 705 190	
CT-3	332 629	9 706 181	
CT-4	332 618	9 706 181	

**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

En el Anexo ANA Observación N° 12 se presenta la actualización de los mapas “S0102-ANA-OBS-12” “Mapa de Facilidades de Remediación del Sitio Impactado S0102” y el mapa “S0102-ANA-OBS-12-2” “Ubicación del Campamento Pastaza del Sitio Impactado S0102” en donde se presenta la ubicación de los diversos componentes para la realización de remediación del Sitio S0102 y los shapes respectivos.

### Observación Subsanada

- b. Se indica que la capa de suelo expuesta será cubierta con geomembrana y cobertura vegetal no contaminada obtenida durante el proceso de desbosque. Al respecto, se deberá indicar la procedencia de la cobertura vegetal en caso no se realice el desbosque durante las actividades de remediación.

### Respuesta:

El titular presenta el Plan de Desbosque y Revegetación (Anexo 12), donde, el ítem 4.1 “área a desboscar en el sitio S0102”, señala la procedencia y áreas aproximadas a desboscar y revegetar.

### Observación subsanada

- 2.3.13. Observación N°13.-** El ítem 5.7.4.3.1 “Abastecimiento de agua” se indica que el agua para los servicios higiénicos será captada del río Pastaza; sin embargo, no precisa el volumen de agua a captar. Además, respecto a la demanda de agua para uso industrial no se presenta mayor información. Al respecto deberá presentar la siguiente información:



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

- a. El consumo de agua (m<sup>3</sup>/día, L/s) para uso industrial (riego, acciones de remediación, etc.) y doméstico (consumo humano, campamento, etc.) en cada etapa del proyecto (construcción, operación y abandono).

**Respuesta:**

El titular indica para los servicios higiénicos, se utilizará el agua captada de la margen de la quebrada Capahuari Yacu, que incluye el consumo directo, uso de cocina, baños, lavado de ropa, etc. El consumo doméstico estimado es de 12,5 m<sup>3</sup>/día; 0,14 L/s para un máximo de 50 trabajadores que albergará el campamento base.

Para las actividades de remediación se utiliza agua captada de la margen derecha de la quebrada Capahuari Yacu, estimada en 13,48 m<sup>3</sup>/día; 0,16 L/s la cual se encuentra definida de la siguiente manera: 106,14 m<sup>3</sup>/mes (3,54 m<sup>3</sup>/día) para lavado de equipos; 9,87 m<sup>3</sup>/día para bioestimulación enzimática y solidificación ex situ y; 0,08 m<sup>3</sup>/día para riego de vías y áreas descubiertas. En el anexo 13 presenta los diagramas de flujo de balance de agua doméstica e industrial del sitio S0102.

**Observación subsanada**

- b. Indicar la fuente de abastecimiento de agua para uso doméstico e industrial. De considerar un cuerpo de agua, precisar la ubicación (coordenadas UTM WGS 84) de cada punto de captación, describir el sistema de captación, transporte, almacenamiento y distribución del agua para uso industrial y doméstico en el área del proyecto para cada punto de captación.

**Respuesta:**

El titular señala que la captación de agua para consumo humano será en la margen derecha de la quebrada Capahuari Yacu, en la parte norte del Sitio S0102 (Sitio 2), las coordenadas se muestran en la Tabla 16 (Cuadro N° 31) y en el anexo 13 presenta el mapa de ubicación.

Cuadro N° 31. Ubicación del punto de captación de agua para uso humano

Nombre	Volumen de Captación (L/s)	Coordenadas UTM WGS84 zona 18S		Descripción del Punto
		Este	Norte	
CAP-01	0,14	332555	9706185	Margen derecha de la quebrada Capahuari Yacu. Para uso de actividades de las técnicas de remediación de Bioestimulación Enzimática y Solidificación

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Doc. Subsanación de observaciones, Tabla 16).

El titular señala que la captación de agua para consumo humano será en la margen derecha de la quebrada Capahuari Yacu, en la parte norte del Sitio S0102 (Sitio 2), las coordenadas se muestran en la Tabla 16 (Cuadro N° 32) y en el anexo 13 presenta el mapa de ubicación.





PERÚ

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego

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

Cuadro N° 32. Ubicación del punto de captación de agua para la remediación

Nombre	Volumen de Captación (L/s)	Coordenadas UTM WGS84 zona 18S		Descripción del Punto
		Este	Norte	
S0102-CAPRE-01	0,16	332555	9706185	Margen derecha de la quebrada Capahuari Yacu. Para uso de actividades de las técnicas de remediación de Bioestimulación Enzimática y Solidificación

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Doc. Subsanación de observaciones, Tabla 16).

Al respecto, el punto de captación de agua para consumo humano y remediación se ubican en el mismo sitio, en ese sentido, debería considerar un único código del punto de captación, diferenciando el volumen de uso (para doméstico y remediación) en todo caso, debe corregir la descripción del Cuadro N° 31 (Tabla 16) “Ubicación del punto de captación de agua para consumo humano uso doméstico”, que dice para uso de actividades de las técnicas de remediación de bioestimulación enzimática y solidificación” si fuera el caso. Por otro lado, no se describe el sistema de captación, transporte, almacenamiento y distribución del agua para uso industrial y doméstico en el área del proyecto.

### Observación no subsanada

#### **Información Complementaria a la Observación N° 13 b):**

Señalan que se modifica el ítem 5.7.4.3.1 “Abastecimiento de Agua”.

#### 5.7.4.3.1. Abastecimiento de agua

La captación del agua necesaria que se usará en las diferentes actividades a llevarse a cabo se presenta en las siguientes tablas:

#### Captación de Agua para Consumo Humano (Uso Doméstico)

La captación se realizará en el margen derecho de la quebrada Capahuari Yacu, en la parte norte del Sitio S0102 (Sitio 2), las coordenadas se muestran en la Tabla 15 del presente informe.

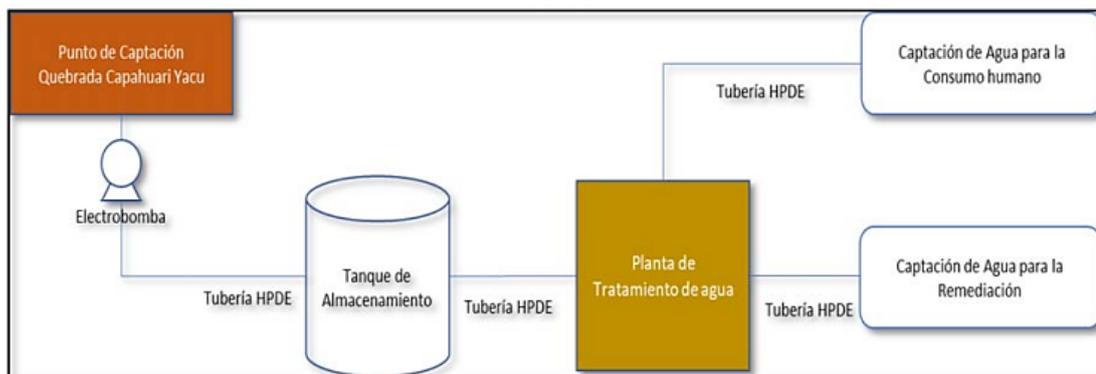
La captación de agua se realizará mediante el uso de dos electrobombas que estarán ubicados en la orilla por dos cables de acero. La línea de conducción será de tuberías de alta densidad HDPE y se llevará a almacenar en reservorios de aproximadamente 5000 litros.

A continuación, en la Figura 11 se describe el sistema de captación, transporte, almacenamiento y distribución del agua para uso industrial y doméstico en el área del proyecto.





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



**Figura 11. Sistema de captación, transporte, almacenamiento y distribución del agua para uso industrial y doméstico en el área del proyecto del Sitio S0102 (Sitio 2).**

**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

- Punto de Captación: Quebrada Capahuari Yacu.
- Sistema de Captación: Se realiza por medio de electrobomba o motobomba (5 a 10 Hp) para extraer el agua del cuerpo hídrico y enviar el agua a los tanques de almacenamiento.
- Transporte: Se realiza por medio de tubería polietileno de alta densidad de alta resistencia y capacidad hidráulica.
- Almacenamiento: Se realiza en tanques que deberán tener el volumen necesario, impermeables para evitar pérdidas por goteo o transpiración, herméticos para evitar contaminación, accesible y con abertura amplia para realizar la limpieza.

**Tabla 15. Ubicación de Punto de Captación de Agua para Consumo Humano (Uso Doméstico)**

Nombre	Volumen de Captación (l/s)	Coordenadas UTM WGS84 ZONA 18 S		Descripción del punto
		Este (m)	Norte (m)	
CAP-01-S0102	0,14	332 555	9 706 185	Margen derecha de la quebrada Capahuari Yacu. Para uso de actividades del campamento, lavado de equipo y riego de vías

**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

En el Anexo ANA Observación N° 13 se presenta el mapa “S0102-ANA-OBS-13” “Mapa Punto de Captación de Agua para Campamento Base Pastaza del Sitio Impactado S0102”.

#### Captación de Agua para Remediación (Uso Industrial)

Este se ubicará en el margen derecha de la quebrada Capahuari Yacu, en la parte norte del Sitio Impactado, las coordenadas se muestran en la Tabla 16.

La captación de agua se realizará mediante el uso motobombas que estarán ubicados en la orilla, soportados en una balsa y anclados a la orilla por dos cables

de acero, para la línea de conducción de agua se usara tuberías de HDPD de alta densidad desde la captación hasta la zona de tratamiento.

**Tabla 16. Ubicación de Punto de Captación de Agua para la Remediación (Uso Industrial).**

Nombre	Volumen de Captación (l/s)	Coordenadas UTM WGS84 ZONA 18 S		Descripción del punto
		Este (m)	Norte (m)	
CAP-01-S0102	0,16	332 555	9 706 185	Margen derecha de la quebrada Capahuari Yacu. Para uso de actividades de las técnicas de remediación de Bioestimulación Enzimática y Solidificación.

**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/ PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

En el Anexo ANA Observación N° 13 se presenta el Mapa “S0102-ANA-OBS-13-2” “Mapa de Ubicación del Punto de Captación de Agua para la Remediación del Sitio Impactado S0102”.

**Observación Subsanada**

- c. Precisar los volúmenes de agua a captar en cada punto, realizar el análisis de disponibilidad hídrica (época de estiaje) y sustentar la no afectación al uso de terceros. Tomar como referencia el Reglamento de Procedimientos Administrativos para el Otorgamiento de Derechos de Uso de Agua y de Autorización de Ejecución de Obras en Fuentes Naturales de Agua (R.J. N° 007-2015-ANA). El volumen de agua a captar no deberá exceder la demanda de agua del proyecto.

**Respuesta:**

El titular adjunta el anexo 13, donde incluye los diagramas de flujo de balance de agua doméstico e industrial del sitio S0102. Por otro lado, en el anexo 15, presenta la disponibilidad hídrica de la quebrada Capahuari Yacu norte, para lo cual se revisaron generación de caudales medios mensuales, y en el Cuadro N° 32 muestra las descargas medias mensuales de la quebrada Capahuari Yacu Norte, con el fin de observar disponibilidad hídrica, con una persistencia al 75 %.

Cuadro N° 33. Disponibilidad hídrica al 75% del punto de captación de la quebrada Capahuari Yacu norte (L/s)

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Disp. Hídrica 75%	3,020	3,230	3,247	4,075	3,795	4,106	3,385	3,199	3,473	3,287	3,284	3,243

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio JCI-HGE (Doc. Información complementaria, Anexo 15, Tabla 1)

Finalmente realiza una comparación de la oferta de agua de la quebrada y la demanda total proyectada (0,3 L/s), además de considerar el caudal ecológico. Considerando el mes más crítico (enero), donde la menor oferta es 3,02 L/s y el caudal ecológico sería 0,61 L/s, puede abastecer la demanda de 0,3 L/s para el proyecto del sitio S0102.

**Observación subsanada**



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

**2.3.14. Observación N°14.-** Respecto al manejo de aguas de contacto (aguas que entren en contacto con algún componente y los lixiviados) y no contacto (aguas de escorrentía) de los componentes del proyecto, en el ítem 5.6.4 "Descripción de las actividades de ingeniería a ejecutar" se indica que para el manejo de lixiviados y escorrentía se construirá alrededor de la zona de tratamiento un sistema de desvío y recogida de las aguas de escorrentía superficial como lo son cunetas o canaletas. En tal sentido, se tiene lo siguiente:

- a. Deberá describir el manejo de las aguas de contacto y no contacto de cada uno de los componentes del proyecto (zona de acopio, zonas de tratamiento, área de solidificación, campamento, entre otros que se crean convenientes). Para el caso de los canales de coronación, cunetas u otra infraestructura de captación de agua, deberá sustentar el cálculo del caudal de diseño, presentar el diseño y los planos correspondientes.
- b. Se deberá indicar la disposición final de las aguas de escorrentía (no contacto). En caso se deriven a un cuerpo de agua, deberá señalar la ubicación en coordenadas UTM (WGS 84 y zona correspondiente) del punto de entrega de estas aguas (señalando el nombre del recurso hídrico) e incluir estaciones de monitoreo aguas arriba y aguas abajo de la descarga, a fin de llevar el adecuado control de la calidad del agua superficial.
- c. Se deberá precisar la disposición final de las aguas de contacto (lixiviados) de cada componente. En caso se considere la descarga a un cuerpo de agua, se deberá describir la captación, estructura de almacenamiento caudal máximo de aguas residuales a verter ( $m^3/año$ ,  $m^3/mes$  y  $l/s$ ), descripción del sistema de tratamiento, régimen de vertimiento (permanente o intermitente), dispositivo de descarga, y evaluación del efecto del vertimiento en condiciones críticas, determinación de la zona de mezcla, nombre del cuerpo receptor, coordenadas de ubicación del punto de vertimiento y puntos de control en el cuerpo receptor en datum WGS 84 y zona correspondiente. Tomar como referencia la "Guía para la Determinación de la Zona de Mezcla y la Evaluación del Impacto de un Vertimiento de Aguas Residuales Tratadas a un Cuerpo Natural de Agua", aprobada mediante R.J. N° 108-2017-ANA y el Anexo 4 de la R.J. N° 224-2013-ANA.

#### **Respuestas a, b y c:**

Con respecto a las aguas de no contacto:

El titular modifica el ítem 5.7.7.3.5.; señala con respecto a las aguas de no contacto (pluviales), que para evitar la mezcla de agua lluvia y de agua de escorrentía en el área de acopio y el campamento, se construirán canales perimetrales en los cuatro lados del área donde se recolectarán las aguas de lluvia; las áreas de acopio, material vegetal contaminado y suelo excavado, estarán protegidos con un techado removible con materiales plásticos flexibles para que las aguas lluvias discurran hacia los canales perimetrales; la zona de preparación de suelo solidificado tendrá un techado permanente y los canales tendrán una pendiente adecuada para evitar puntos de estancamiento; las zonas de almacenamiento y de tratamiento tendrán techo; se monitoreará la probabilidad que las lluvias se presenten en ciertas épocas del año de acuerdo a la climatología de la zona; se limpiará los canales de captación de agua con un equipo de bombeo.



BICENTENARIO  
DEL PERÚ  
2021 - 2024



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

Además, las aguas recolectadas serán evacuadas mediante tubería de PVC, ABS, polipropileno o polietileno, que cuente al menos con el mismo diámetro nominal de las entradas vertidas hacia el terreno evitando que tengan contacto con zonas de tratamiento o material contaminado. Las aguas de lluvia por sí mismas en su mayoría acarrearán sólidos suspendidos y abundante turbidez de manera natural al entrar en contacto con el suelo natural.

Con respecto a las aguas de contacto:

Incluye en el Ítem 5.7.7.3.6 con respecto a las aguas de contacto, que para evitar la mezcla de agua lluvia y de agua de escorrentía en las áreas donde se realizará la excavación y extracción de suelos a tratar; se construirán canales perimetrales en los cuatro lados del área excavada y área de tratamiento; se recolectarán las aguas de lluvia que tengan contacto con material suelo a tratar; estos canales están ubicados en sitios diferentes a los canales de las aguas de no contacto; se contempla el uso de dos motobombas (una en funcionamiento y otra en stand by) que tendrán la capacidad para retirar toda el agua que se presente en la excavación para ser enviadas a los canales perimetrales; los canales tendrán una pendiente adecuada para evitar puntos de estancamiento. La zona de excavación debe tener la disponibilidad de toldos de lona para cubrir en el momento que se presente la precipitación para evitar el contacto del agua lluvia. Asimismo, indica que, se monitorea la probabilidad de las lluvias que se presenten en ciertas épocas del año de acuerdo a la climatología de la zona, y se contará con un equipo de bombeo para limpieza de los canales de captación de agua; el almacenamiento temporal de agua de lluvia que tuvo contacto con el área excavada se realiza en tanques impermeables, que evitan pérdidas por goteo o transpiración, y herméticos para evitar contaminación y, accesible y con abertura amplia para realizar la limpieza.

Además, las aguas recolectadas serán evacuadas mediante tubería de PVC, ABS, polipropileno o polietileno, y direccionadas al sistema de tratamiento de agua residuales industriales para tener su disposición final en el reúso de agua para control de polvo (Figura 11).



BICENTENARIO  
DEL PERÚ  
2021 - 2024

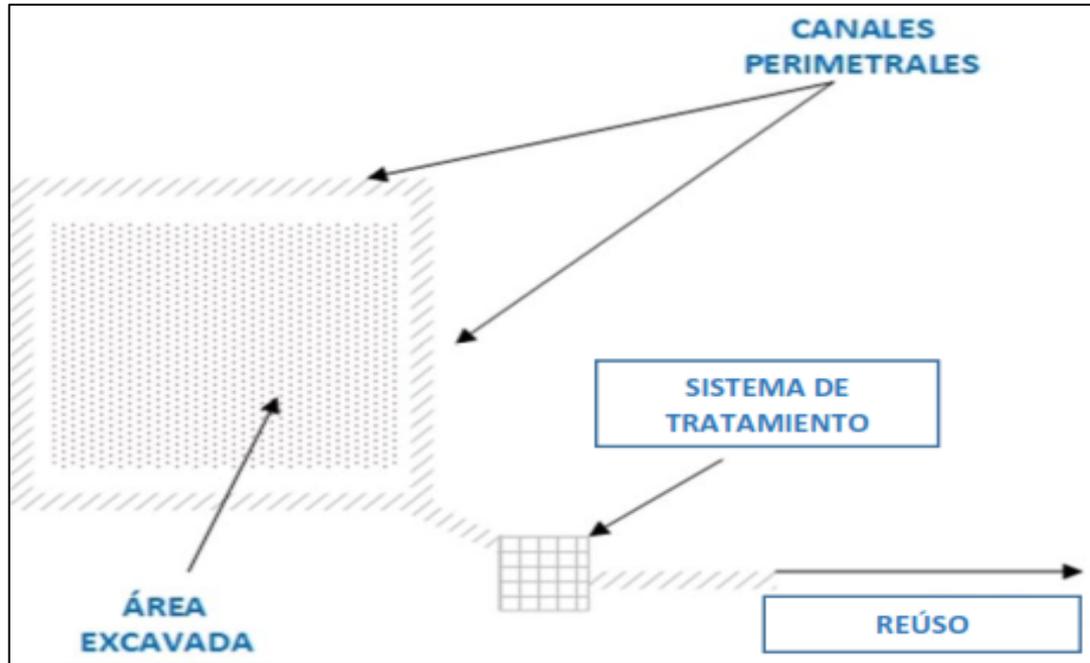


PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

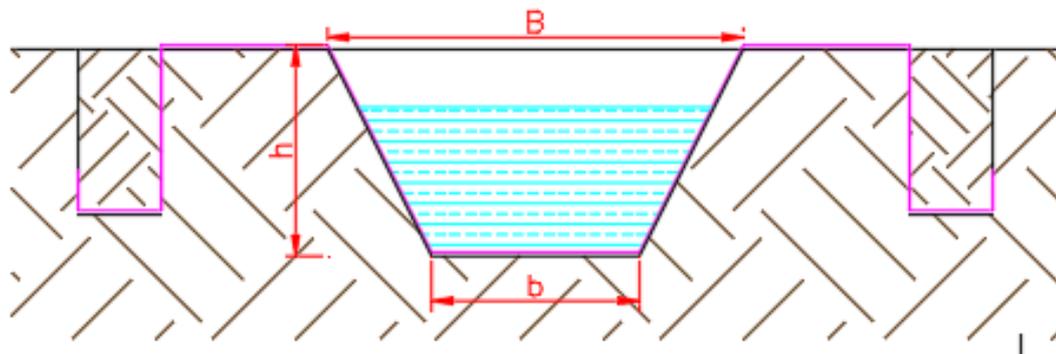
"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"  
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

Figura 11. Esquema del Sistema de Drenaje Pluvial en las Áreas de Excavación–  
Vista de Planta



Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio JCI-HGE (Subsanación de observaciones, Figura 6).

Las características de los canales fueron presentadas en el anexo 10. Señala que el sistema de drenaje consta estructuras de captación, donde se recolectan las aguas pluviales a través de cunetas o canales y las estructuras de conducción, donde se transportan las aguas captadas a través de conductos. Presenta el cálculo de máximas avenida (tabla 2. "Máximas precipitaciones en 24 horas") para tiempo de retorno de 2 a 50 años, caudales de diseño (Tablas 7. "Características de Drenaje de Áreas Aportantes" y Tabla 8. "Caudales máximos") y las características de los canales de drenaje (Cuadro N° 34) y, planeamiento y pre dimensionamiento de estructuras que conforman el sistema de drenaje de aguas pluviales.



**PERÚ**Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

**Cuadro N° 34. Características de Canales de Drenaje**

Canal	Longitud (m)	Pendiente (m/m)	Sección
C1	778	0,20%	B=0,5, T=0,80, H=0,4
C2	773	0,20%	B=0,5, T=0,70, H=0,5
Campamento	208	0,20%	B=0,2, T=0,3, H=0,2
Solidificación	40.5	0,20%	B=0,2, T=0,3, H=0,2
Sedimentos y acopio 1	106	0,20%	B=0,2, T=0,3, H=0,2
Sedimentos y acopio 2	106	0,20%	B=0,2, T=0,3, H=0,2
Sedimentos y acopio 3	90	0,20%	B=0,2, T=0,3, H=0,2
Tratamiento	40	0,20%	B=0,2, T=0,3, H=0,2
C3 (Aguas de contacto)	344	0,20%	B=0,2, T=0,5, H=0,3

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio JCI-HGE (Subsanación de observaciones, Anexo 10, Tabla 9).

**Observación subsanada**

- d. Presentar el balance de agua integral (esquema o diagrama) para cada etapa del proyecto (construcción, operación y abandono), en donde se muestre los ingresos y salidas de agua para uso doméstico e industrial, manejo de las aguas de contacto y no contacto de cada componente. El balance de agua deberá guardar relación con la demanda de agua del proyecto.

**Respuesta:**

En el anexo 13, el titular presenta los diagramas de flujo de balance de agua doméstico e industrial, los que guarda relación con los volúmenes de agua solicitados para todos los procesos.

**Observación subsanada**

**2.3.15. Observación N°15.-** En el ítem 5.7.7.3 “Desarrollo del plan para aguas residuales domésticas” se indica que los efluentes domésticos serán tratados y descargados al río Pastaza; sin embargo, esto solo considera a las aguas negras, no quedando clara la disposición final de las aguas grises. Además, se hará uso de letrinas. Por lo tanto, se deberá presentar lo siguiente:

- a. Respecto a la disposición final de las aguas grises, se deberá precisar si serán infiltradas, reusadas o descargadas a un cuerpo de agua superficial previo tratamiento. En caso de reúso para el control de polvo y/o áreas verdes deberá indicar la estructura de almacenamiento, conducción y sistema de distribución de las aguas a reusar, área destinada al reúso, frecuencia de riego y volumen a emplear, cuadro resumen de la evaluación de la calidad de las aguas de reúso, donde se indique los parámetros a evaluar (considerar D.S. N° 004-2017-MINAM y/o directrices de la OMS sobre calidad microbiológica de las aguas residuales a emplearse en agricultura), frecuencia de monitoreo (Tomar como referencia el formato del anexo 5 de la R.J. N° 224-2013-ANA). Lo presentado deberá guardar relación con el balance de agua solicitado. En caso de infiltración al terreno, precisar el volumen (m<sup>3</sup>/día) de efluente a tratar e infiltrar, descripción de la Infraestructura de conducción, almacenamiento





PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

antes de la infiltración al terreno, test de percolación para cada tipo de terreno y nivel de la napa freática. Además, adjuntar un esquema del sistema de tratamiento.

- b. Para el caso de la descarga al río Pastaza u otro cuerpo de agua superficial, se deberá describir la estructura de almacenamiento de agua, el caudal máximo de aguas residuales domésticas a verter ( $m^3/año$ ,  $m^3/mes$  y  $l/s$ ), descripción del sistema de tratamiento y ubicación (coordenadas UTM WGS 84), régimen de vertimiento (permanente o intermitente), dispositivo de descarga, y evaluación del efecto del vertimiento en condiciones críticas, determinación de la zona de mezcla, nombre del cuerpo receptor, coordenadas de ubicación del punto de vertimiento y puntos de control en el cuerpo receptor en datum WGS 84 y zona correspondiente. Tomar como referencia la "Guía para la Determinación de la Zona de Mezcla y la Evaluación del Impacto de un Vertimiento de Aguas Residuales Tratadas a un Cuerpo Natural de Agua", aprobada mediante R.J. N° 108-2017-ANA y el Anexo 4 de la R.J. N° 224-2013-ANA.
- c. Para el caso de las letrinas se deberá indicar la profundidad de las letrinas y la profundidad de la napa freática. Tener en cuenta que la profundidad de las letrinas deberá ser menor a la profundidad de la napa freática.

#### Respuestas a, b y c:

El titular modifica el ítem 5.7.7 "Plan de Manejo de Aguas Residuales Domésticas" a "Plan de Manejo de Aguas Residuales", donde incluye los objetivos, modifica el alcance, el desarrollo del plan, que indica, los efluentes domésticos e industriales deberán ser tratados hasta cumplir con los estándares aplicables en la normatividad peruana y posteriormente a su tratamiento, los efluentes serán utilizados en el reúso para riego de vías en el control de polvo, previo cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles de Efluentes Líquidos para el Subsector Hidrocarburos, (D.S. N° 037-2008-PCM).

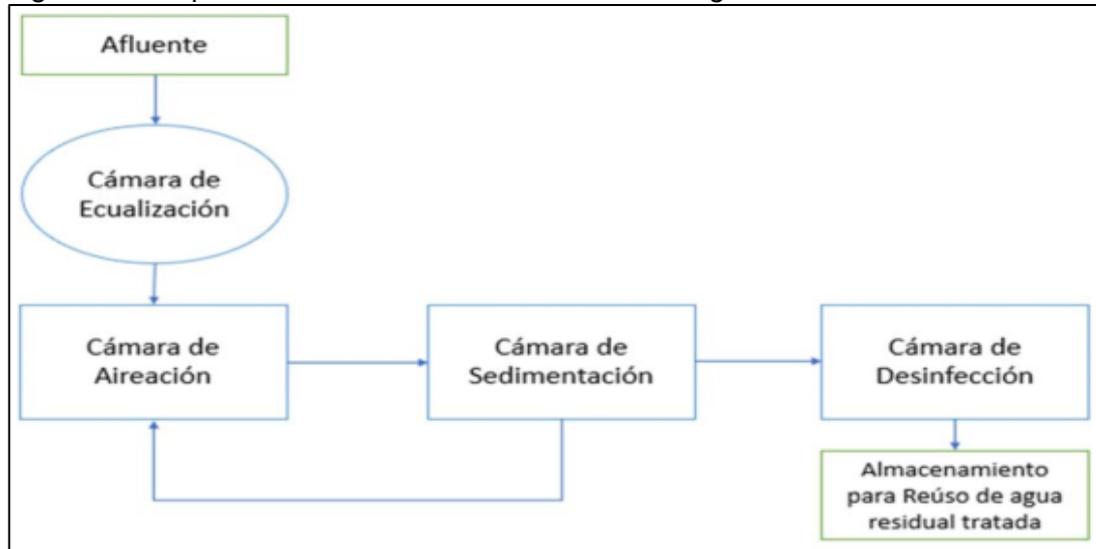
Así también, modifica el ítem 5.7.7.3.2 "Abastecimiento de Agua para los Servicios Higiénicos" que señala, para los servicios higiénicos utilizará el agua captada de la quebrada Capahuari Yacu Norte, y el requerimiento es aproximadamente  $12,50 m^3/día$  para un máximo 50 personas. Plantea la instalación de un campamento base y casetas temporales en el área de obra. Señala que las aguas grises provenientes del comedor y cocina deberán ser recolectadas y llevadas directamente a una trampa de grasa y, esta trampa retendrá los aceites y grasas antes del su ingreso al Sistema de tratamiento (Figura 12), en una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD). El agua tratada será almacenada en un tanque aproximadamente de 5000 litros.



BICENTENARIO  
DEL PERÚ  
2021 - 2024



Figura 12. Esquema del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas



Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Subsanación de observaciones, Figura 7).

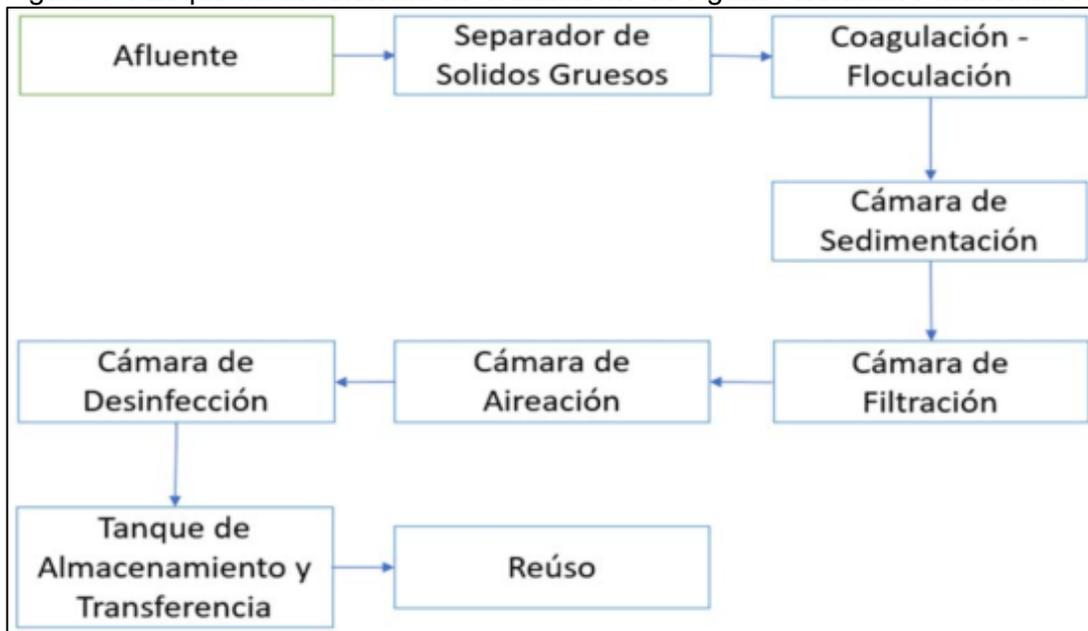
Los efluentes provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas serán reusados en control de polvo de las vías de acceso por medio de un camión cisterna; presenta la frecuencia de humectación de vías. Además, plantea el control de calidad de las aguas tratadas para cumplimiento del D.S. N° 037-2008-PCM y las directrices sanitarias de la OMS: análisis de DBO, DQO y nematodos intestinales.

Con respecto a las letrinas, las que se usarán en los albergues temporales, estas serán sin arrastre hidráulico, ubicadas en las áreas cercanas al área de tratamiento con 1,2 m de profundidad máxima, que se construirá en una parte alta o en un área donde el agua discurra y no se anegue, será cubierta y se construirá de forma rectangular o circular y de ser necesario, se construirá canaletas laterales para la evacuación del agua de lluvia, además, se cubrirá cada cierto tiempo con suelo extraído del sitio.

Así también, incluirá la clasificación de las aguas residuales industriales, el abastecimiento de agua para las actividades de remediación, y las medidas específicas para el tratamiento y disposición de aguas residuales industriales, las que provienen de las actividades de remediación como el lavado de equipos y las aguas de contacto de las excavaciones serán llevadas a un sistema de tratamiento (Figura 13), que consiste en: separador de sólidos gruesos, donde elimina sólidos de mayor tamaño; coagulación y floculación, donde se adiciona reactivos químicos que, desestabilicen la suspensión coloidal (coagulación) y a continuación favorezcan la floculación de las partículas fácilmente sedimentables; cámara de sedimentación, operación eficaz para separar por tamaño y densidad las partículas del agua y posteriormente realizar la decantación; cámara de filtración, para eliminar la materia en suspensión que no se ha eliminado en anteriores operaciones (sedimentación); cámara de aireación, que consiste en generar pequeñas burbujas de gas (aire), que se asociarán a las partículas presentes en el agua y serán elevadas hasta la superficie, de donde son arrastradas y retiradas del sistema; cámara de desinfección (contacto), con la aplicación de cloro en pastillas; almacenamiento para reúso de

agua residual tratada, en tanques aproximadamente de 5000 litros y; disposición final de efluentes provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales, que serán utilizados para el reúso en control de polvo de las vías de acceso que se realizará por un camión cisterna.

Figura 13. Esquema del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales



Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Subsanación de observaciones, Figura 8).

Asimismo, plantea el control de calidad de las aguas tratadas para cumplimiento del D.S. N° 037-2008-PCM: análisis de cadmio, plomo, DBO, DQO, nematodos intestinales e hidrocarburos totales de petróleo.

### Observación subsanada

**2.3.16. Observación N° 16.-** En el ítem 5.7 “Plan de manejo ambiental”, en la sección introducción (5.7.1) menciona que los impactos identificados son: contaminación del suelo, posible afectación del agua superficial y/o agua subterránea, sedimentos, afectación a la fauna y a la flora, afectación a especies hidrobiológicas y peces, generación de material particulado y/o emisiones de gases y afectación a los comuneros cercanos a el sitio impactado. Al respecto, se identifica de manera general los posibles impactos que tendrá el desarrollo de la remediación, dejando de lado, la identificación específica de la probable afectación del ambiente durante el desarrollo de cada actividad. En ese sentido, se deberá presentar lo siguiente:

- a. Se deberá describir la metodología de evaluación e identificación de impactos, incluir en la evaluación los impactos generados sobre el agua superficial, agua subterránea y sedimentos por las actividades de remediación (retiro de suelo, retiro de sedimentos, afectación de los cauces de las quebradas, entre otros), operación de la PTAR, letrinas, transporte fluvial, vertimientos, derrame de lixiviados, entre otros que puedan afectar a los cuerpos de agua.



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

### Respuesta:

El titular señala que hará referencia en el PR a los anexos de la metodología de evaluación e identificación de impactos y matriz de valoración. Adjunta el anexo 16, donde presenta la metodología de evaluación de impactos, la cual consiste en la identificación de impactos ambientales mediante una Matriz de identificación de Impactos (MII): cuadro de doble entrada del tipo causa-efecto (Acciones del proyecto-factores ambientales), luego, inicia la valorización de los posibles impactos mediante once atributos (definidos por V. Conesa, 2010) y, realiza el cálculo de la importancia del impacto y clasifica de acuerdo a las tablas de clasificación de rangos de impactos negativo y positivos. Finalmente presenta la Matriz de identificación de impactos (MII) para el sitio impactado S0102, donde considera a las fases: Construcción de campamento base, Implementación de la técnica de remediación bioestimulación enzimática, Implementación de la técnica de remediación solidificación ex-situ, Excavación, transporte y descarga del material contaminado en la zona de tratamiento y, Finalización de la técnica de remediación y acciones de revegetación, que pueden tener impacto en el agua superficial (calidad y/o caudal). Así también, considera las fases: Reconocimiento y adecuación de la zona de remediación; Construcción y adecuación de las celdas de tratamiento; Excavación, transporte y descarga del material contaminado en la zona de tratamiento y; Construcción de campamento base que pueden tener impacto en el **caudal de agua subterránea**.

Asimismo, presenta la matriz de valoración del sitio impactado S0102, donde los potenciales impactos de alteración de la calidad y caudal de agua superficial obtienen la clasificación de compatibles (no significativas).

Al respecto, el cuadro “Matriz de identificación de impactos ambientales” identifica como posible afectación al caudal del agua subterránea. En ese sentido, el titular debe revisar y corregir la información.

### Observación no subsanada

#### **Información Complementaria a la Observación N° 16 a):**

En el Anexo ANA Observación N° 16 se incluye la metodología de evaluación e identificación de impactos, incluir en la evaluación los impactos.

### Observación subsanada

- b. Describir los impactos evaluados y presentar las matrices de identificación y evaluación de impactos para cada etapa del proyecto (construcción, operación y abandono). Asimismo, presentar las medidas de manejo correspondientes a cada impacto identificado.

### Respuesta:

El titular presenta la matriz de identificación de impactos, y señala que las medidas de manejo están descritas en el PR, ítem 5.9 “Plan de Control y Monitoreo en la Ejecución de las Medidas de Remediación y Rehabilitación”.

Al respecto, el ítem 5.9 “Plan de Control y Monitoreo en la Ejecución de las Medidas de Remediación y Rehabilitación”, no señala las medidas de manejo ambiental que protejan los recursos hídricos, por ejemplo, durante, la excavación, transporte y descarga del material contaminado, retiro de los sedimentos, entre otros. Puede



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

hacer referencia si lo considera, al manejo de aguas de contacto, de no contacto (pluviales), aguas residuales doméstica.

### **Observación no subsanada**

#### **Información Complementaria a la Observación N° 16 b):**

Señalan que se modificará el ítem 5.7.3 de la siguiente forma:

#### **5.7.3. Alcance**

El plan de manejo se deberá aplicar en el Sitio S0102 (Sitio 2), donde se realizarán las actividades que generan impactos al ambiente, durante las diferentes etapas del Plan de Rehabilitación. Las medidas de manejo deberán ser implementadas y ejecutadas por aquella empresa seleccionada para ejecutar las acciones de remediación.

El Plan de Manejo Ambiental se encuentra compuesto por diferentes planes, los cuales contienen las medidas específicas que contrarrestan los impactos negativos durante las actividades de remediación. Plan de Habilitación de Campamentos; Plan de Transporte Terrestre, Aéreo y Fluvial; Plan de Control de Ruido y Emisiones; Plan de Aguas Residuales Domésticas; Plan de Manejo de Sustancias Peligrosas; Plan de Desbosque y Revegetación; Plan de Contingencias; Plan de Manejo de Agua de Consumo; Plan anual de Capacitaciones; Plan de Manejo de Flora y Fauna y, por último, las Medidas de Abandono.

En el Anexo 6.11 del PR se incluye la metodología de evaluación e identificación de impactos y las matrices de identificación y evaluación de impactos para cada etapa del proyecto (construcción, operación y abandono). Las medidas de manejo están descritas en el PR, ítem 5.9 "Plan de Control y Monitoreo en la Ejecución de las Medidas de Remediación y Rehabilitación".

### **Observación Subsanaada**

**2.3.17. Observación N° 17.-** En el ítem 5.9 "Plan de control y monitoreo en la ejecución de las medidas de remediación y rehabilitación", se indica que se establecerán medidas de control para garantizar la calidad de las actividades de remediación. Al respecto, se deberán incluir medidas de manejo para el agua superficial, agua subterránea y sedimentos para cada impacto y riesgo identificado. Además, deberá especificarse en que temporada se realizará la extracción de suelo y sedimento contaminado cerca o sobre cuerpos de agua y presentar las medidas de manejo respectivas con la finalidad de evitar la resuspensión de sedimentos, incremento de la turbidez y el transporte de contaminantes.

#### **Respuesta:**

El titular señala que las medidas de control establecidas no tendrán afectación al agua subterránea, sin embargo, adiciona medidas al ítem 5.9.3.3, como:

- La extracción de los sedimentos se realizará preferiblemente en época seca para poder controlar el flujo de agua y evitar que se genere la dispersión de los sedimentos en el espejo de agua.
- Se establecen tramos en la quebrada Capahuari Yacu para la ubicación de las estructuras de regulación de caudal con previa Autorización para la Ejecución de





PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

Obras en Fuente Natural de Agua o en la Infraestructura Hidráulica Multisectorial solicitada Autoridad Nacional del Agua (ANA).

- Se instalarán sacos de polipropileno rellenos con arena a lo ancho del cuerpo de agua, aguas arriba del punto de extracción de los sedimentos para represar y contener temporalmente el flujo de agua.
- En caso que se presente lluvias o los niveles de represamiento suban hasta la altura de los Dique de contención se contará con mangueras de extracción de agua impulsados por motobombas para ser depositados aguas abajo del Sitio de la extracción de los sedimentos.
- La extracción de los sedimentos se realiza en el lecho de los cuerpos hídricos en la parte posterior (seca) donde se ha controlado la corriente de agua.
- La extracción de los sedimentos se puede realizar por medio de herramienta menor (palas) o por medio mecánico (retroexcavadora), siempre y cuando las condiciones del Sitio lo permitan.
- Para evitar la dispersión del contaminante hacia otros medios, al momento de hacer la extracción se coloca barreras de contención en el cuerpo de agua y en las orillas barreras oleofílicas.
- La profundidad a retirar de sedimentos es de 0,50 m del lecho del cuerpo de agua.

#### Observación subsanada

**2.3.18. Observación N° 18.-** De la revisión del ítem 5.9.4 "Programa de monitoreo durante la ejecución de las medidas de remediación", se tiene lo siguiente:

- a. El ítem 5.9.4.2 "Muestreo de sedimentos durante los trabajos de remediación", establece el monitoreo del sedimento, antes, durante y después de retirar el sedimento para su tratamiento, para lo cual considera los parámetros de HTP, pH y conteo microbiológico; sin embargo, no considera la evaluación de metales. Al respecto, se deberá incluir el monitoreo de metales totales, ya que por medio de la escorrentía los suelos contaminados podrían depositarse en los cauces de las quebradas. Además, verificar la ubicación de la estación S0102-Sed-003, ya que, en el mapa presentado no se ubica sobre el cauce de un cuerpo de agua.

#### Respuesta:

El titular incluye en el programa de monitoreo mensual de sedimentos la evaluación de los parámetros pH, HTP (C9-C40), Cd total y Pb total, asimismo establece los puntos de monitoreo (Cuadro N° 13).

Además, en el anexo 18 proporciona el mapa de monitoreo de sedimentos.

Al respecto, bario fue considerado como CP, sin embargo, no está en la lista de parámetros de monitoreo de sedimentos. Por otro lado, los valores de la referencia mostrados en la tabla 21 no corresponden (marcado en amarillo).



BICENTENARIO  
DEL PERÚ  
2021 - 2024



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

**Tabla 21. (Tabla 5-53) Parámetros y Frecuencia de Monitoreo en Sedimentos.**

Parámetros	Método de Referencia	Descripción	Límite de Detección	Estándares de Comparación	Frecuencia
pH	EPA Method 9045 D, Rev 4 2004	Procedimiento electrométrico para medir pH en sedimentos (in situ)	-	Referencial	Mensual
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C9-C40)	EPA METHOD 8015 C, Rev 3 2007	Determinación de Compuesto Orgánicos No Halogenados por Cromatografía de Gases	2 mg/kg	Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia: 500 mg/kg	Mensual
Capacidad de intercambio catiónico	EPA 9081, Rev. 0 1986	Método de laboratorio para determinar Capacidad de Intercambio Catiónico	-	Referencial	Mensual
Contenido de materia orgánica	NOM-021-SEMARNAT-2000	Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad, y clasificación de suelos. Estudios Muestrales y Análisis.	-	Referencial	Mensual
Cadmio Total	EPA 3050 B: 1996/EPA 6010 B: 1996	Digestión ácida de sedimentos, lodos y suelos	0,9 mg/kg	Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014): 37,3 mg/kg (ISQG) / 90 mg/kg (PEL)	Mensual
Plomo Total	EPA 3050 B: 1996/EPA 6010 B: 1996	Digestión ácida de sedimentos, lodos y suelos	2,0 mg/kg	Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014): 0,035 mg/kg (ISQG) / 0,0913 mg/kg (PEL)	Mensual

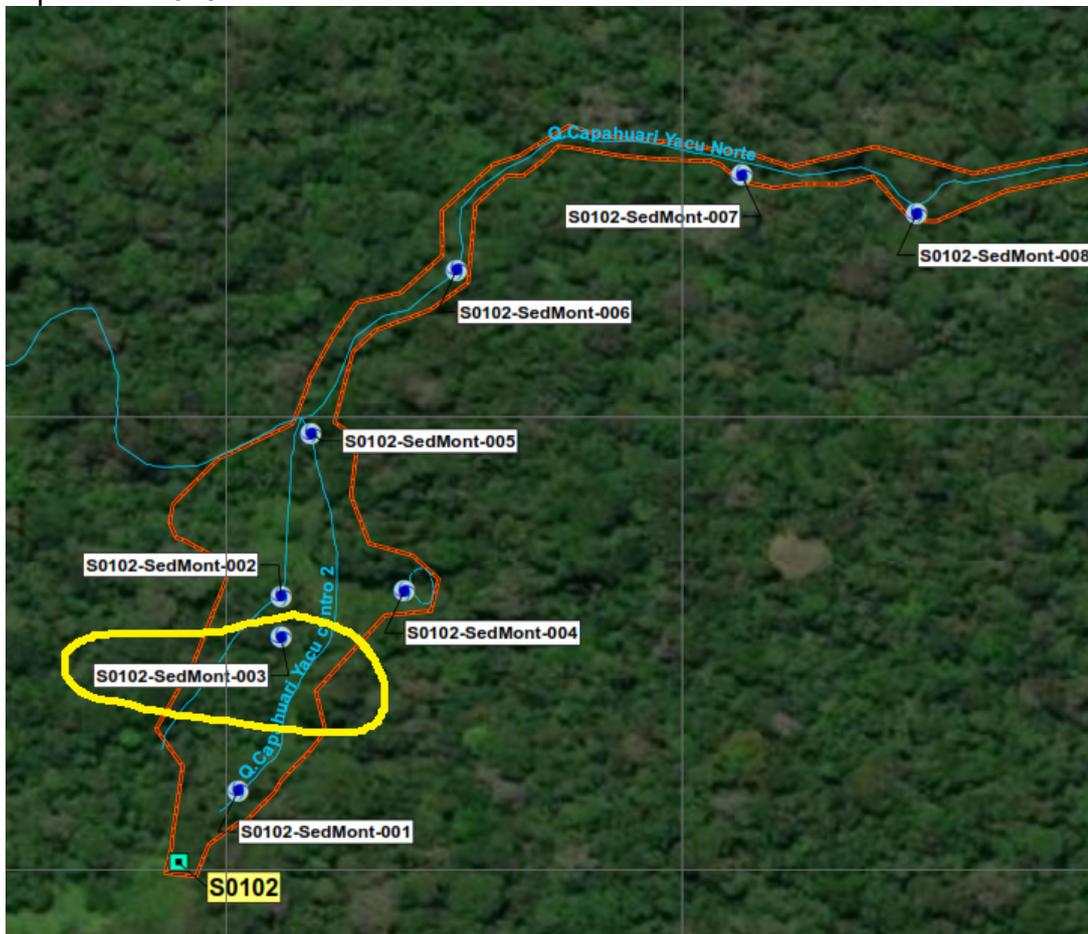
Por otro lado, el punto de monitoreo S0102-SedMont-003 se encuentra georreferenciado (tabla 22) fuera del cuerpo de agua (quebrada Capahuari Yacu) como puede observarse en la Figura 14 abajo (marcado en amarillo).

**Tabla 22. (Tabla 5-52) Ubicación De Estaciones de Monitoreo en Sedimentos**

Puntos de Muestreo	Sitio	Coordenadas UTM WGS84 Zona 18S	
		Este (m)	Norte (m)
S0102-SedMont-001	Sitio 2	332 605	9 706 035
S0102-SedMont-002		332 624	9 706 121
S0102-SedMont-003		332 624	9 706 103
S0102-SedMont-004		332 678	9 706 123
S0102-SedMont-005		332 637	9 706 193
S0102-SedMont-006		332 701	9 706 265
S0102-SedMont-007		332 826	9 706 307
S0102-SedMont-008		332 903	9 706 290
S0102-SedMont-009		333 033	9 706 325



Figura 14. Mapa de monitoreo de sedimentos acuáticos en la remediación del sitio impactado S0102



Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Doc. Subsanación de observaciones, Anexo 18, Mapa S0102-ANA-OBS-18-24).

En ese sentido, el titular debe incluir el barío en el programa de monitoreo de sedimentos, o de contrario sustentar su no inclusión. Asimismo, debe revisar y corregir los valores de referencia de cadmio total y plomo total de la tabla 21, además de los datos de georreferencia de la tabla 22 y el mapa de monitoreo de sedimentos (S0102-ANA-OBS-18-2).

#### Observación no subsanada

##### **Información Complementaria a la Observación N° 18 a):**

Señalan que en el ítem 5.9.4.2.1 “Parámetros y frecuencia de monitoreo” (Tabla 5-53) “Parámetros y Frecuencia de Monitoreo en Sedimentos”, se incluirán los contaminantes de preocupación identificados en suelo (Pb y Cd). A continuación, se presenta la actualización en la Tabla 18 (Tabla 5-53).

En el ítem 5.9.4.2 “Muestreo de Sedimentos durante los trabajos de Remediación” del PR se actualiza:



PERÚ

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego

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

### 5.9.4.2. Muestreo de Sedimentos durante los trabajos de Remediación

Para el Sitio S0102 (Sitio 2), se deben realizar el monitoreo del sedimento antes y después de su retiro del cuerpo de agua para su tratamiento.

- Antes del Tratamiento: Se debe tomar la muestra de sedimento del mismo lecho del cuerpo de agua, esto con la finalidad de corroborar las concentraciones de hidrocarburos presente en el cuerpo de agua.
- Durante el Tratamiento: Se debe tomar muestra de sedimento como control, en el lecho del cuerpo de agua donde se hizo la extracción de los sedimentos, esto con la finalidad de asegurar que en el lecho de la quebrada no quede sedimento con concentración de Hidrocarburos totales de petróleo (HTP) y metales pesados. La profundidad de la toma de la muestra debe ser de entre 0,00 m a 0,50 m.

Considerando los agentes contaminantes presentes en los Sitios de estudio y la metodología de aplicación de cada técnica presente en el numeral 5.6.2. En la Tabla 5-52 y Tabla 5-53 se presentan los parámetros a monitorear en sedimentos.

**Tabla 17 (Tabla 5-52). Ubicación De Estaciones de Monitoreo en Sedimentos**

Puntos de Muestreo	Sitio	Coordenadas UTM WGS84 Zona 18S	
		Este (m)	Norte (m)
S0102-SedMont-001	Sitio 2	332 605	9 706 035
S0102-SedMont-002		332 624	9 706 121
S0102-SedMont-003		332 639	9 706 094
S0102-SedMont-004		332 678	9 706 123
S0102-SedMont-005		332 637	9 706 193
S0102-SedMont-006		332 701	9 706 265
S0102-SedMont-007		332 826	9 706 307
S0102-SedMont-008		332 903	9 706 290
S0102-SedMont-009		333 033	9 706 325

**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.





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

**Tabla 18 (Tabla 5-53). Parámetros y Frecuencia de Monitoreo en Sedimentos.**

Parámetros	Método de Referencia	Descripción	Límite de Detección	Estándares de Comparación	Frecuencia
pH	EPA Method 9045 D, Rev 4 2004	Procedimiento electrométrico para medir pH en sedimentos (in situ)	-	Referencial	Mensual
Capacidad de intercambio catiónico	EPA 9081, Rev. 0 1986	Método de laboratorio para determinar Capacidad de Intercambio Catiónico	-	Referencial	Mensual
Contenido de materia orgánica	NOM-021-SEMARNAT-2000	Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad, y clasificación de suelos. Estudios Muestreros y Análisis.	-	Referencial	Mensual
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C9-C40)	EPA METHOD 8015 C, Rev 3 2007	Determinación de Compuesto Orgánicos No Halogenados por Cromatografía de Gases	2 mg/kg	Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia: 500 mg/kg	Mensual
Cadmio Total	EPA 3050 B: 1996/EPA 6010 B: 1996	Digestión ácida de sedimentos, lodos y suelos	0,5 mg/kg	Environmental Quality Standards for contaminated Sites (2014) Nova Scotia 3,5 mg/kg	Mensual
Plomo Total	EPA 3050 B: 1996/EPA 6010 B: 1996	Digestión ácida de sedimentos, lodos y suelos	2,0 mg/kg	Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014): 35 mg/kg (ISQG) / 91,3 mg/kg (PEL)	Mensual

\*Capítulo 6.12 Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA) Elaboración: Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

El parámetro Bario no se incluye en el plan de monitoreo durante las actividades de remediación porque este parámetro no tiene un límite de detección de contaminación reglamentado por la normatividad peruana y por los estándares de comparación internacionales Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014) (mg/kg) y Environmental Quality Standards for contaminated Sites (2014) Nova Scotia (mg/kg), que fueron establecidos en el plan de muestreo del plan de rehabilitación del Sitio S0102.

Asimismo, el titular señala que realizar muestreos de este contaminante solo sería de forma referencial solicitado por la entidad opinante.

Se modifica el Ítem 5.9.4.2.1 de la siguiente manera:

#### 5.9.4.2.1. Parámetros y frecuencia de monitoreo

Para el muestreo de sedimentos se tendrá la siguiente consideración:

- **Antes del Tratamiento:** Se debe realizar la muestra tipo compuesta tomada de las diferentes áreas del suelo homogenizado con el sedimento que se encuentra en el área de acopio; según la guía de muestreo de suelos. La frecuencia de la toma de muestra será semanal.
- **Zona Impactada:** Se recomienda tomar la muestra de sedimento con la herramienta Russian Peat Bore o muestreador de turba en el lecho de la



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

quebrada Capahuari Yacu. La finalidad es de corroborar que se retiró todo el sedimento contaminado y el lecho del cuerpo de agua.

- Después del Tratamiento: se aclara que la remediación del sedimento se realizará conjuntamente con el suelo, por ello el material tratado **no regresará** al lecho del cuerpo de agua, por el contrario, este será repuesto como suelo en el área remediada, por ello para esta etapa no se realizará muestreo después del tratamiento.

Indican que no se tomará muestra semanal de sedimento sobre el cuerpo de agua ya que el tratamiento de este sedimento es ex situ y el material tratado no será incorporado nuevamente al lecho de agua. Adicionalmente, el envío de las muestras a laboratorios certificados por la complejidad de la zona tarda alrededor de tres días, el análisis alrededor de cinco días, es decir que los resultados estarán disponibles de diez (10) a quince (15) días por tal motivo se programa un muestreo mensual.

Asimismo, señalan que en el ítem 5.9.4.2.2 “Metodologías Analíticas” se modifica el párrafo explicativo y se elimina la Tabla 5-54 “Metodologías de Análisis y Límites de Detección para Sedimentos”.

#### 5.9.4.2.2. Metodologías Analíticas

En la Tabla 5-53 (Tabla 18) se presenta el método de análisis, los límites de detección empleados por laboratorios y los estándares de calidad para sedimentos. Esto como una referencia de aquellos parámetros que deben ser analizados para verificar la disminución en las concentraciones de los contaminantes de interés.

En el Anexo ANA Observación N° 18 se presenta el mapa “S0102-ANA-OBS-18-2” “Mapa de Monitoreo de Sedimentos Acuáticos en la Remediación del Sitio Impactado S0102”.

#### Observación Subsana

- b. En el ítem 5.9.4.3 “Muestreo de agua superficial durante los trabajos de remediación” se indica que se realizará el monitoreo mensual de los metales arsénico, bario, cobre, cromo hexavalente, mercurio y plomo; sin embargo, no considera la evaluación del parámetro cadmio. Al respecto, deberá incluir el parámetro cadmio, ya que es un contaminante de preocupación de suelos, los cuales podrían llegar a los cuerpos de agua por efecto de la escorrentía tanto superficial como subterránea. Además, deberá considerar una frecuencia de monitoreo semanal durante las actividades de remediación, a fin de guardar relación con el monitoreo de sedimentos.

#### Respuesta:

El titular realiza la actualización de la tabla 5-55 del PR (Cuadro N° 12), donde presenta los parámetros, metodologías y frecuencia de monitoreo para aguas superficiales. Establece una frecuencia mensual acorde a lo establecido para el monitoreo de sedimentos. Los parámetros considerados son: Conductividad, oxígeno disuelto, pH, temperatura, HTP, As, Ba, Cu, Cr-VI, Hg, Cd-dis y Pb.

Además, en el anexo 18 proporciona el mapa (S0102-ANA-OBS-18-1) de monitoreo de agua superficial.

Al respecto, los valores de la referencia mostrada en la tabla 23 (Tabla 5-55) para arsénico total y mercurio total no corresponden a la Categoría 4 E2: río de la selva.





PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

En ese sentido, debe corregir los valores de referencia, además, adicionar la medición de caudal al programa de monitoreo.

Asimismo, debe considerar el monitoreo de agua subterránea durante la remediación.

### Observación no subsanada

#### Información Complementaria a la Observación N° 18 b):

Señalan que se modifica el Ítem 5.9.4.3.1 de la siguiente forma:

#### 5.9.4.3.1. Parámetros y frecuencia de monitoreo

En la siguiente tabla se presentan los parámetros, metodologías y frecuencia de monitoreo para aguas superficiales.

**Tabla 19 (Tabla 5-55). Parámetros y Frecuencia de Monitoreo en Aguas Superficiales**

Parámetros	Método de referencia	Unidad de medida	Frecuencia	Categoría 4 E2: Río de la Selva
Conductividad	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 22nd Ed. 2012	uS/cm	Mensual	1000
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	EPA 360.1 1971	mg/L		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 22nd Ed.	Unidad de pH		6,5 a 9,0
Temperatura	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 22nd Ed. 2012	°C		Δ 3
*Medición de Caudal	-Método de Correntómetro -Método de Flotador	m <sup>3</sup> /s	Mensual	Referencial
<b>ORGÁNICOS</b>				
Hidrocarburos Totales de Petróleo	EPA METHOD 8015 C, Rev. 3 2007	mg/L	Mensual	0,5
<b>INORGANICOS</b>				
Arsénico Total	EPA 6020A, Rev. 1 February 2007	mg/L	Mensual	0,15
Bario Total	EPA 6020A, Rev. 1 February 2007	mg/L		1
Cobre Total	EPA 6020A, Rev. 1 February 2007	mg/L		0,1
Cromo VI	EPA 6020A, Rev. 1 February 2007	mg/L		0,011
Mercurio Total	EPA 6020A, Rev. 1 February 2007	mg/L		0,0001
Cadmio Disuelto	EPA 6020A, Rev. 1 February 2007	mg/L		0,00025 mg/L
Plomo Total	EPA 6020A, Rev. 1 February 2007	mg/L		0,0025 mg/L

**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

### Observación Subsanada

- c. Incluir estaciones monitoreo de calidad de agua superficial en la quebrada Capahuari Yacu Norte, a fin de llevar el adecuado control durante las actividades de remediación y guardar relación con la ubicación de las estaciones de monitoreo de sedimentos.

### Respuesta:

El titular actualiza la tabla 5-56 del PR (Cuadro N° 34), para los puntos de monitoreo de agua superficial que guarda relación con el componente sedimentos.

**PERÚ**Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

**Cuadro N° 34. Estaciones de Muestreo Agua Superficial**

Puntos de Muestreo	Coordenadas UTM WGS84 Zona 18S	
	Este (m)	Norte (m)
S0102-AsMont-001	332 599	9 706 027
S0102-AsMont-002	332 624	9 706 121
S0102-AsMont-003	332 639	9 706 094
S0102-AsMont-004	332 678	9 706 123
S0102-AsMont-005	332 637	9 706 193
S0102-AsMont-006	332 589	9 706 180
S0102-AsMont-007	332 605	9 706 035
S0102-AsMont-008	332 701	9 706 265
S0102-AsMont-009	332 826	9 706 307
S0102-AsMont-010	332 903	9 706 290

Fuente: PR del Sitio Impactado S0102, Consorcio ECODES-VARICHEM (Doc. Subsanación de observaciones, Tabla 24).

**Observación subsanada**

- d. Presentar una tabla resumen del programa de monitoreo de agua superficial y sedimentos, en donde se indique: código de estación, descripción, coordenadas de ubicación (datum WGS 84 y zona correspondiente), parámetros a monitorear de acuerdo a la actividad realizada (tomar como referencia el Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua Superficial) y los que excedieron en la evaluación de campo, normativa aplicable, frecuencia de monitoreo en cada etapa del proyecto y reporte. Considerar la categoría 4 del ECA-Agua de acuerdo con lo indicado en la R.J. N° 056-2018-ANA. Para el caso del monitoreo en cuerpo de agua considerar el D.S. N° 004-2017-MINAM. Asimismo, presentar un plano con la ubicación de las estaciones de monitoreo y los archivos shape file.

**Respuesta:**

El titular presenta las tablas 21 y 22 de parámetros y frecuencia y, ubicación de estaciones del programa de monitoreo de sedimentos respectivamente. Asimismo, presenta 23 y 24 de parámetros y frecuencia y, ubicación de estaciones del programa de monitoreo de agua superficial respectivamente. Además, presenta en el anexo 18 los mapas de monitoreos de sedimentos y monitoreo de agua superficial.

Al respecto debe revisar la observación al literal “a” y “b” de esta observación. Adicionalmente, debe incluir la medición de caudal en agua superficial y nivel freático en agua subterránea en los programas de monitoreo durante y post ejecución de remediación.

**Observación no subsanada**



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

### **Información Complementaria a la Observación N° 18 d):**

Señalan que en las siguientes tablas se encuentra la información requerida:

En la Tabla 17, Tabla 18 y Tabla 19 están identificadas las frecuencias, clasificación del cuerpo de agua y parámetros.

Se incluye el muestreo de Agua Subterránea durante los trabajos de remediación y Monitoreo Post ejecución de Obra de la siguiente manera:

Se incluye el ítem 5.9.4.4:

#### **5.9.4.4 Muestreo de Agua subterránea durante los Trabajos de Remediación**

Se debe realizar el muestreo de agua subterránea, con la finalidad de verificar que las actividades de remediación y no afecten el agua subterránea.

Se incluye el ítem 5.9.4.4.1:

#### **5.9.4.4.1. Metodologías analíticas y límites de detección**

Los parámetros para muestrear, el método de referencia, el límite de detección y los estándares de comparación se indican se indican en la Tabla 20 del presente Informe.



BICENTENARIO  
DEL PERÚ  
2021 - 2024



PERÚ

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego

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

**Tabla 20. Método De Análisis, Límites De Detección Empleados Por Laboratorios Y Estándares De Calidad De Agua Subterránea**

Parámetros	Método De Referencia	Límite De Detección	Estándares De Comparación
Potencial de Hidrógeno (1)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 22nd Ed. 2012	-----	-----
Temperatura del agua (1)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 22nd Ed. 2012	-----	-----
Conductividad Eléctrica (1)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 22nd Ed. 2012	-----	-----
Oxígeno Disuelto (1)	EPA 360.1 1971	-----	-----
Potencial Oxido-Reducción (1)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2580 B, 22nd Ed. 2012	-----	-----
Mineral Oil	EPA METHOD 8015 C, Rev. 3 2007		Soil Remediation Circular 2013 of Holland: 0,600 mg/L
Cloruros	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-Cl-B, 22nd Ed. 2012	0,5 mg/L	Soil Remediation Circular 2013 of Holland: 100 mg/L
Benceno	EPA METHOD 8021 B Rev.03, 2014	0,001 mg/L	Soil Remediation Circular 2013 of Holland: 0,030 mg/L
Tolueno	EPA METHOD 8021 B Rev.03, 2014	0,002 mg/L	Soil Remediation Circular 2013 of Holland: 1 mg/L
Etilbenceno	EPA METHOD 8021 B Rev.03, 2014	0,002 mg/L	Soil Remediation Circular 2013 of Holland: 0,150 mg/L
O-xilenos	EPA METHOD 8021 B Rev.03, 2014	0,002 mg/L	Soil Remediation Circular 2013 of Holland: 0,070 mg/L
M, p-xileno	EPA METHOD 8021 B Rev.03, 2014	0,004 mg/L	Soil Remediation Circular 2013 of Holland: 0,070 mg/L
Xilenos	EPA METHOD 8021 B Rev.03, 2014	0,006 mg/L	Soil Remediation Circular 2013 of Holland: 0,070 mg/L
Naftaleno	EPA 8270D, Rev. 4 February 2007	0,000009 mg/L	Soil Remediation Circular 2013 of Holland: 0,070 mg/L
Benzo(a)pireno	EPA 8270D, Rev. 4 February 2007	0,000013 mg/L	Soil Remediation Circular 2013 of Holland: 0,00005 mg/L
Acenaftileno	EPA 8270D, Rev. 4 February 2007	0,000013 mg/L	-----





PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

Parámetros	Método De Referencia	Límite De Detección	Estándares De Comparación
Acenafteno	EPA 8270D, Rev. 4 February 2007	0,000013 mg/L	-----
Fluoreno	EPA 8270D, Rev. 4 February 2007	0,000009 mg/L	-----
Fenantreno	EPA 8270D, Rev. 4 February 2007	0,000016 mg/L	Soil Remediation Circular 2013 of Holland: 0,005 mg/L
Antraceno	EPA 8270D, Rev. 4 February 2007	0,000016 mg/L	Soil Remediation Circular 2013 of Holland: 0,005 mg/L
Fluoranteno	EPA 8270D, Rev. 4 February 2007	0,000016 mg/L	Soil Remediation Circular 2013 of Holland: 0,0001 mg/L
Pireno	EPA 8270D, Rev. 4 February 2007	0,000009 mg/L	-----
Benzo(a)antraceno	EPA 8270D, Rev. 4 February 2007	0,000009 mg/L	Soil Remediation Circular 2013 of Holland: 0,0005 mg/L
Criseno	EPA 8270D, Rev. 4 February 2007	0,000013 mg/L	Soil Remediation Circular 2013 of Holland: 0,0002 mg/L
Benzo(b)fluoranteno	EPA 8270D, Rev. 4 February 2007	0,000016 mg/L	-----
Benzo(k)fluoranteno	EPA 8270D, Rev. 4 February 2007	0,000009 mg/L	Soil Remediation Circular 2013 of Holland: 0,00005 mg/L
Dibenzo(ah)antraceno	EPA 8270D, Rev. 4 February 2007	0,000013 mg/L	-----
Benzo(ghi)perileno	EPA 8270D, Rev. 4 February 2007	0,000009 mg/L	Soil Remediation Circular 2013 of Holland: 0,00005 mg/L
Indeno(1,2,3-cd)pireno	EPA 8270D, Rev. 4 February 2007	0,000016 mg/L	Soil Remediation Circular 2013 of Holland: 0,00005 mg/L
Arsénico total	EPA 6020A Rev. 1 February 2007	0,00003 mg/L	Soil Remediation Circular 2013 of Holland: 0,060 mg/L
Bario total	EPA 6020A Rev. 1 February 2007	0,0001 mg/L	Soil Remediation Circular 2013 of Holland: 0,625 mg/L
Cadmio total	EPA 6020A Rev. 1 February 2007	0,00001 mg/L	Soil Remediation Circular 2013 of Holland: 0,006 mg/L
Cromo total	EPA 6020A Rev. 1 February 2007	0,0001 mg/L	Soil Remediation Circular 2013 of Holland: 0,030 mg/L
Mercurio total	EPA 6020A Rev. 1 February 2007	0,00003 mg/L	Soil Remediation Circular 2013 of Holland: 0,0003 mg/L
Plomo total	EPA 6020A Rev. 1 February 2007	0,0002 mg/L	Soil Remediation Circular 2013 of Holland: 0,075 mg/L
Arsénico disuelto	EPA 6020A Rev. 1 February 2007	0,00003 mg/L	(a)
Bario disuelto	EPA 6020A Rev. 1 February 2007	0,0001 mg/L	(a)
Cadmio disuelto	EPA 6020A Rev. 1 February 2007	0,00001 mg/L	(a)
Cromo disuelto	EPA 6020A Rev. 1 February 2007	0,0001 mg/L	(a)
Mercurio disuelto	EPA 6020A Rev. 1 February 2007	0,00003 mg/L	(a)
Plomo disuelto	EPA 6020A Rev. 1 February 2007	0,0002 mg/L	(a)

(1) Parámetros de medición inmediata (in situ).

**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.



PERÚ

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego

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

Se incluye el ítem 5.9.4.4.2.

5.9.4.4.2. Estaciones Parámetros, frecuencia de monitoreo y valores guía de comparación

En la siguiente tabla se presentan los parámetros, metodologías y frecuencia de monitoreo para aguas subterráneas.

**Tabla 21. Estaciones de Muestreo de Monitoreo de Agua Subterránea Durante las Actividades de Remediación**

Puntos de Muestreo	Coordenadas UTM WGS84 Zona 18S		Frecuencia	Rev. 3 2007 Soil Remediation Circular 2013 of Holland
	Este	Norte		
S0102-Asub001	332 592	9 706 136	Mensual	1. Conductividad (-) 3. Potencial de Hidrógeno (pH) (-) 4. Temperatura (-) 5. Turbidez 5. Hidrocarburos Totales de Petróleo (600 µg/L) 6. Cadmio Total (6 µg/L) 7. Plomo Total (75 µg/L) 8. Bario Total (625
S0102-Asub002	332 665	9 706 214		

**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

Se incluye el ítem 5.9.4.4.3. “Medición de Nivel Freático”.

El nivel freático y la interfaz aceite-agua se determinará con un medidor de nivel freático e interfaz que tiene un rango de uso de hasta 30 metros de profundidad. El equipo permite determinar los líquidos livianos (flotantes) de fase no acuosa (LNAPL) y de líquidos densos (que se hunden) de fase no acuosa. La medición del nivel freático se debe realizar siempre previo al muestreo de agua, previo desarrollo del pozo o previo a la purga de este.

En el Anexo ANA Observación N° 18 se presentan los Mapas “S0102-ANA-OBS-18-2” “Mapa de Monitoreo de Sedimentos Acuáticos en la Remediación del Sitio Impactado S0102”, “S0102-ANA-OBS-18-1” “Mapa de Monitoreo de Agua superficial en la Remediación del Sitio Impactado S0102” y “S0102-ANA-OBS-18-3” “Mapa de Monitoreo de Agua Subterránea en la Remediación”, y formatos shapes correspondientes.

### Observación Subsana

**2.3.19. Observación N° 19.-** En el ítem 5.12.1 “Plan de monitoreo de suelo y sedimento”, se indica que se realizará el monitoreo post ejecución de obra al año de finalizadas las actividades de remediación en las mismas estaciones de monitoreo de suelo y sedimento consideradas en la etapa de remediación. Al respecto, se tiene lo siguiente:

- a. Incluir un programa de monitoreo de calidad de agua superficial, ya que los suelos y sedimentos contaminados contienen metales como: plomo, bario cadmio e hidrocarburos que podrían llegar por medio de la escorrentía a los cuerpos de agua. Considerar que las ubicaciones de las estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial deberán guardar relación con las estaciones de monitoreo de sedimentos.

### Respuesta:

El titular señala que incluirá en el ítem 5.12 “Plan de Monitoreo Post Ejecución de Obra” el programa de monitoreo, (Cuadro N° 15) el que incluye los puntos de



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

monitoreo, parámetros, ubicación georreferenciada y frecuencia. Establece una frecuencia semestral durante los dos primeros años y, monitoreo anual durante los tres años posteriores. Los parámetros considerados son: Conductividad, oxígeno disuelto, pH, temperatura, HTP, As, Ba, Cu, Cr-VI, Hg, Cd-dis y Pb.

Además, en el anexo 19 proporciona el mapa (S0102-ANA-OBS-19-1) de monitoreo post ejecución de agua superficial.

Al respecto, los valores de referencia de la tabla 25 para arsénico total, cromo VI y mercurio total no corresponden a la Categoría 4 E2: río de la selva. En ese sentido, debe corregir los valores de referencia, además, adicionar la medición de caudal al programa de monitoreo.

### Observación no subsanada

#### **Información Complementaria a la Observación N° 19 a):**

En ítem 5.12 “Plan de Monitoreo Post Ejecución de Obra” se incluirá lo siguiente:

##### 5.12.5. Plan de Monitoreo de Agua Superficial

Corresponde a la evidencia de la disminución de los contaminantes de preocupación en las matrices afectadas en el tiempo el cual se tomará con una frecuencia semestral durante los dos primeros años y anual durante los tres posteriores.

En la Tabla 22 relaciona los puntos de monitoreo post ejecución de obra de agua superficial, frecuencia y parámetros a muestrear.

**Tabla 22. Estaciones de Muestreo Monitoreo Post ejecución de obra Agua Superficial**

Puntos de Muestreo	Ubicación	Coordenadas UTM WGS84 Zona 18S		Frecuencia	Parámetros (Categoría 4 E2: Río de la Selva)
		Este (m)	Norte (m)		
S0102-AsPMont-001	Quebrada Capahuari Yacu Centro 2	332 599	9 706 027	Semestral durante los dos primeros años y anual durante los tres posteriores	1. Conductividad (1000 Us/cm) 2. Oxígeno Disuelto (> 5 mg/l) 3. Potencial de Hidrógeno (pH) (6,5 a 9,0) 4. Temperatura (Δ 3).
S0102-AsPMont-002	Quebrada Capahuari Yacu Centro 1	332 624	9 706 121		



**PERÚ**Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

Puntos de Muestreo	Ubicación	Coordenadas UTM WGS84 Zona 18S		Frecuencia	Parámetros (Categoría 4 E2: Río de la Selva)
		Este (m)	Norte (m)		
S0102-AsPMont-003	Quebrada Capahuari Yacu Centro 2	332 639	9 706 094		5. Medición de Caudal. 6. Hidrocarburos Totales de Petróleo (0,5 mg/l) 7. Cadmio Disuelto (0,00025 mg/L) 8. Plomo Total (0,0025 mg/L) 9 arsénico Total (0,15mg/L) 10. Bario Total (1 mg/kg) 11. Cobre Total (0,1 mg/L) 12. Cromo VI (0,011 mg/L) 13 Mercurio Total (0,0001 mg/L)
S0102-AsPMont-004	Bajo inundable este	332 678	9 706 123		
S0102-AsPMont-005	Quebrada Capahuari Yacu Norte	332 637	9 706 193		
S0102-AsPMont-006	Quebrada Capahuari Yacu Norte	332 589	9 706 180		
S0102-AsPMont-007	Quebrada Capahuari Yacu Norte	332 605	9 706 035		
S0102-AsPMont-008	Quebrada Capahuari Yacu Norte	332 701	9 706 265		
S0102-AsPMont-009	Quebrada Capahuari Yacu Norte	332 826	9 706 307		
S0102-AsPMont-010	Quebrada Capahuari Yacu Norte	332 903	9 706 290		

**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

En el Anexo ANA Observación N° 19 se presenta el Mapa “S0102-ANA-OBS-19-1” “Mapa de Monitoreo de Agua superficial Post Remediación para el Sitio Impactado S0102”.

### Observación Subsana

- b. Incluir estaciones de monitoreo de agua subterránea de acuerdo con la dirección de flujo, tal como se solicita en la observación N° 7. Asimismo, considerar la evaluación del parámetro TPH y metales en todas las estaciones de agua subterránea.

### Respuesta:

El titular incluye el programa de monitoreo de agua subterránea post ejecución de obra, el que incluye, la evaluación de conductividad, pH, temperatura, turbidez, HTP, Cd, plomo y bario, y establece una frecuencia semestral durante los dos primeros años y, monitoreo anual durante los tres años posteriores.

Además, en el anexo 19 proporciona el mapa (S0102-ANA-OBS-19-3) de monitoreo post ejecución de agua subterránea.

### Observación subsana

- c. Todos los programas de monitoreo deberán considerar una frecuencia semestral durante los dos primeros años y anual durante al menos los tres años posteriores.

### Respuesta:

El titular establece el monitoreo post ejecución con una frecuencia semestral durante los dos primeros años y, monitoreo anual durante los tres años posteriores.

### Observación subsana

d. Presentar una tabla resumen del programa de monitoreo de agua superficial, subterránea y sedimentos, en donde se indique: código de estación, descripción, coordenadas de ubicación (datum WGS 84 y zona correspondiente), parámetros a monitorear, normativa aplicable, frecuencia de monitoreo en cada etapa del proyecto (de considerar vertimientos considerar una frecuencia trimestral para agua superficial en las estaciones de control del vertimiento) y reporte. Considerar la categoría 4 del ECA-Agua de acuerdo con lo indicado en la R.J. N° 056-2018-ANA. Para el caso del monitoreo en cuerpo de agua superficial considerar el D.S. N° 004-2017-MINAM y para agua subterránea el ECA-Agua o alguna normativa internacional. Asimismo, presentar un plano con la ubicación de las estaciones de monitoreo.

**Respuesta:**

El titular presenta las tablas de monitoreo post ejecución de agua superficial (Tabla 25), agua subterránea (Tabla 26) y sedimentos (Tabla 27). Para los sedimentos establece la evaluación de plomo y cadmio y la frecuencia semestral durante los dos primeros años y, monitoreo anual durante los tres años posteriores.

Al respecto, bario fue considerado como CP, sin embargo, no está en la lista de parámetros de monitoreo de sedimentos pos ejecución. En ese sentido, el titular debe incluir la evaluación de bario en el programa de monitoreo de sedimentos.

Adicionalmente, el valor de referencia de cadmio total no corresponde al estándar Environmental quality guidelines for Alberta. En ese sentido, debe revisar y corregir los valores de la tabla 27. Podría utilizar los valores de referencia de Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life (ISQG).

**Tabla 27. Estación de Muestreo Monitoreo Post ejecución de obra Sedimentos**

Puntos de Muestreo	Coordenadas UTM WGS84 Zona 18S		Frecuencia	Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014)	Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia
	Este (m)	Norte (m)			
S0102-SedPMont-001	332 605	9706 035	Semestral durante los dos primeros años y anual durante los tres posteriores	Plomo (Pb) 35 mg/kg (ISQG) / 91,3 mg/kg (PEL)  Cadmio Total (Cd) 37,3 mg/kg (ISQG) / 90 mg/kg (PEL)	Hidrocarburos Totales de Petróleo (C9C40) (500 mg/kg)
S0102-SedPMont-002	332 624	9 706 121			
S0102-SedPMont-003	332 639	9 706 094			
S0102-SedPMont-004	332 678	9 706 123			
S0102-SedPMont-005	332 637	9 706 193			
S0102-SedPMont-006	332 701	9 706 265			
S0102-SedPMont-007	332 826	9 706 307			
S0102-SedPMont-008	332 903	9 706 290			
S0102-SedPMont-009	333 033	9 706 325			

**Observación no subsanada**

**Información Complementaria a la Observación N° 19 d):**

Señalan que en el ítem 5.12 “Plan de Monitoreo Post Ejecución de Obra” se incluirá lo siguiente:

**5.12.6. Plan de Monitoreo Sedimentos**

Corresponde a la evidencia de la disminución de los contaminantes de preocupación en las matrices afectadas en el tiempo del Sitio S0102 (Sitio 2), el cual se tomará con



PERÚ

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego

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

una frecuencia semestral durante los dos primeros años y anual durante los tres posteriores.

En la Tabla 23 se relaciona los puntos de monitoreo post ejecución de obra de Sedimentos, frecuencia y parámetros a muestrear.

Tabla 23. Estación de Muestreo Monitoreo Post ejecución de obra Sedimentos

Puntos de Muestreo	Coordenadas UTM WGS84 Zona 18S		Frecuencia	Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014)	Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia
	Este (m)	Norte (m)			
S0102-SedPMont-001	332 605	9706 035	Semestral durante los dos primeros años y anual durante los tres posteriores	Plomo (Pb) 35 mg/kg (ISQG) / 91,3 mg/kg (PEL)	Hidrocarburos Totales de Petróleo (C9C40) (500 mg/kg)  Cadmio Total (Cd) 3,5 mg/kg
S0102-SedPMont-002	332 624	9 706 121			
S0102-SedPMont-003	332 639	9 706 094			
S0102-SedPMont-004	332 678	9 706 123			
S0102-SedPMont-005	332 637	9 706 193			
S0102-SedPMont-006	332 701	9 706 265			
S0102-SedPMont-007	332 826	9 706 307			
S0102-SedPMont-008	332 903	9 706 290			
S0102-SedPMont-009	333 033	9 706 325			

Elaboración: Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

El parámetro Bario no se incluye en el plan de monitoreo Post Ejecución de obra porque este parámetro no tiene un límite de detección de contaminación reglamentado por la normatividad peruana y por los estándares de comparación internacionales Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014) (mg/kg) y Environmental Quality Standards for contaminated Sites (2014) Nova Scotia (mg/kg) que fueron establecidos en el plan de muestreo del plan de rehabilitación del Sitio S0102. Realizar muestreos de este contaminante solo sería de forma referencial solicitado por la entidad opinante.

En el Anexo ANA Observación N° 19 se presenta el Mapa “S0102-ANA-OBS-19-2” “Mapa de Monitoreo de Sedimentos Post Remediación para el Sitio Impactado S0102”.

Asimismo, indican que en el PR en el ítem 5.12 se incluye lo siguiente:

#### 5.12.6. Plan de Monitoreo Sedimentos Plan de Monitoreo de Agua Subterránea

Con la finalidad de verificar que las actividades de remediación no hayan afectado el agua subterránea, el cual se tomará con una frecuencia semestral durante los dos primeros años y anual durante los tres posteriores en la Tabla 24 se relaciona los puntos de monitoreo post ejecución de obra de agua subterránea, frecuencia y parámetros a muestrear.





PERÚ

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego

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

**Tabla 24. Estaciones de Muestreo Monitoreo Post Ejecución de Obra Agua Subterránea**

Puntos de Muestreo	Coordenadas UTM WGS84 Zona 18S		Frecuencia	Rev. 3 2007 Soil Remediation Circular 2013 of Holland
	Este	Norte		
S0102-SubPMont001	332 592	9 706 136	Semestral durante los dos primeros años y anual durante los tres posteriores	1. Conductividad (-) 3. Potencial de Hidrógeno (pH) (-) 4. Temperatura (-) 5. Turbidez 5. Hidrocarburos Totales de Petróleo (600 µg/L) 6. Cadmio Total (6 µg/L) 7. Plomo Total (75 µg/L) 8. Bario Total (625 µg/L)
S0102-SubPMont002	332 665	9 706 214		

**Elaboración:** Consorcio ECODÉS VARICHEM/ PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

En el Anexo ANA Observación N° 19 se presenta el Mapa “S0102-ANA-OBS-19-3” “Mapa de Monitoreo de Agua Subterránea Post Remediación para el Sitio Impactado S0102”.

### Observación Subsanada

- e. De acuerdo con lo solicitado en las observaciones N° 14 y 15, de contemplar vertimientos doméstico o industriales a cuerpos de agua, se deberá incluir una tabla con el programa de monitoreo de efluentes domésticos e industriales, con la descripción de los puntos de monitoreo, los parámetros detallados y la normativa de referencia tomando en cuenta el D.S. N° 037-2008-PCM - Límites Máximos Permisibles (LMP) de efluentes Líquidos para el Sub-sector Hidrocarburos, así como la frecuencia, etapas y fases del monitoreo.

### Respuesta:

El titular no realizará vertimientos a cuerpos de agua, las aguas residuales serán tratadas y reutilizadas para control de polvo en las vías.

### Observación subsanada

- f. Presentar mapas de la red de monitoreo con fondo de imagen satelital, mostrando la red hidrográfica y las líneas de dirección de flujo en formato PDF y Shape.

### Respuesta:

El titular presenta en el anexo 19, los mapas S0102-ANA-OBS-19-1” “Mapa de Monitoreo de Agua superficial Post Remediación para el Sitio Impactado S0102”, Mapa “S0102-ANA-OBS-19-3” “Mapa de Monitoreo de Agua Subterránea post Remediación para el Sitio Impactado S0102” y Mapa “S0102-ANA-OBS-19-2” “Mapa de Monitoreo de Sedimentos Post Remediación para el Sitio Impactado S0102”.

### Observación subsanada

## III) CONCLUSIONES

- 3.1. El “Plan de Rehabilitación para el Sitio Impactado S0102 (Sitio 2)”, consiste en la remediación y rehabilitación de las áreas contaminadas con hidrocarburos se utilizará la tecnología Bioestimulación enzimática y para las áreas contaminadas con metales pesados (cadmio y plomo) se utilizará la tecnología de Solidificación ex situ.
- 3.2. La fase de ejecución del plan de rehabilitación requerirá de abastecimiento de agua para uso doméstico en el Campamento Base la misma que será captada de la quebrada





PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

Capahuari Yaku Norte con un consumo promedio de 12,5 m<sup>3</sup>/día (0,14 l/s), así como se requerirá de abastecimiento de agua para uso industrial para las actividades de remediación en el sitio impactado la cual será captada de la quebrada Capahuari Yacu estimada en 13,48 m<sup>3</sup>/día (0,16 l/s). Dichos requerimientos de agua pueden ser cubiertos por la oferta de dichos cuerpos de agua, según el balance hídrico mayor detalle en el ítem 2.2.9 del presente informe.

- 3.3.** En las instalaciones del Campamento Base, se generará aguas residuales domésticas las cuales serán llevadas a una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas (cámara de equalización, cámara de aireación, cámara de sedimentación, cámara de desinfección) y cuyo efluente será almacenado en tanques de 5000 litros para posteriormente ser usado en control de polvo de vías de acceso por medio de camiones cisterna. Además, plantea el control de calidad de las aguas residuales domésticas tratadas para cumplimiento del D.S. N° 037-2008-PCM y las directrices sanitarias de la OMS: análisis de DBO, DQO y nematodos intestinales. Asimismo, se plantea el uso de letrinas, que serán sin arrastre hidráulico, ubicadas en las áreas cercanas al área de tratamiento con 1,2 m de profundidad máxima, que se construirá en una parte alta o en un área donde el agua discurra y no se anegue, será cubierta y se construirá de forma rectangular o circular y de ser necesario, se construirá canaletas laterales para la evacuación del agua de lluvia, además, se cubrirá cada cierto tiempo con suelo extraído del sitio.

En el caso de los efluentes no domésticos que provienen de las actividades de remediación como el lavado de equipos y las aguas de contacto de las excavaciones serán llevados a un sistema de tratamiento (separador de sólidos gruesos, coagulación-floculación, cámara de sedimentación, cámara de filtración, cámara de aireación y cámara de desinfección) y cuyo efluente será almacenado en tanques de 5000 litros para posteriormente ser usado en control de polvo de vías de acceso.

Por lo declarado en párrafos previos, no se prevé realizar vertimientos a cuerpos de agua.

- 3.4.** Ningún componente previsto para el plan de rehabilitación se superpone sobre cauce o su faja acorde a los vértices declarados por el titular. En el Plan de Rehabilitación se identificaron impactos sobre los recursos hídricos (negativos y compatibles) en relación a la alteración de la calidad del agua superficial ligados a la generación de efluentes domésticos en el Campamento Base y la generación de efluentes industriales debido a las actividades de la Fase 5 (excavación, transporte y descarga de material contaminado en la zona de tratamiento) y la Fase 6 y Fase 7 (implementación de la técnica de remediación); así como el impacto de alteración del caudal del agua superficial ligado a la captación de agua para el Campamento Base, Fase 6 y Fase 7, y la Fase 8 (Finalización de la técnica de Remediación y Acciones de Revegetación).
- 3.5.** Se establecen medidas de manejo ambiental en relación a los efluentes domésticos e industriales y cumplimiento de los permisos de captación de agua, así como un programa de manejo de recurso hídrico para las aguas de lluvia de no contacto y aguas de contacto (lixiviados).



BICENTENARIO  
DEL PERÚ  
2021 - 2024



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

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

- 3.6. En el Plan de Rehabilitación se considera realizar el monitoreo de agua superficial, sedimentos y agua subterránea, durante la etapa de remediación y post ejecución de la remediación. Ver detalle en el ítem 2.2.12 del presente informe.
- 3.7. De la evaluación técnica del "Plan de Rehabilitación para el Sitio Impactado S0102 (Sitio 2)", su levantamiento de observaciones e información complementaria, presentado por la Dirección General de Asuntos Ambientales de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, cumple con los requisitos técnicos normativos en relación a los recursos hídricos.

#### IV) RECOMENDACIONES

- 4.1. Previamente a tramitar las solicitudes de derecho de uso de agua doméstica e industrial ante la Autoridad Nacional del agua, que se requiere para los trabajos de remediación se deberán realizar los aforos en los puntos o cerca de los puntos de captación.
- 4.2. Emitir opinión favorable de acuerdo al Artículo 81° de la Ley de N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, sin perjuicio a lo establecido en la Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental en los aspectos que le compete a la Autoridad Nacional del Agua.
- 4.3. La Dirección General de Asuntos Ambientales de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas deberá considerar la presente Opinión Favorable, en el proceso de evaluación del "Plan de Rehabilitación para el Sitio Impactado S0102 (Sitio 2)".

Es todo cuanto informamos a usted para su conocimiento y fines.

Atentamente,

**FIRMADO DIGITALMENTE**

**WILFREDO QUISPE QUISPE**

PROFESIONAL

DIRECCION DE CALIDAD Y EVALUACION DE RECURSOS HIDRICOS



BICENTENARIO  
DEL PERÚ  
2021 - 2024