# LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES DEL MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS (MINEM)

## INFORME DE EVALUACIÓN COMPLEMENTARIO N° 658-2021-MINEM/DGAAH/DEAH

**Servicio de Consultoría para la elaboración de los Planes de Rehabilitación de 7 Sitios Impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del Río Pastaza**

**Levantamiento de Observaciones Sitio S0106 (Botadero Km 4)**

**PREPARADO PARA**

**FONDO DE PROMOCIÓN DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS DEL PERÚ**

**ELABORADO POR**

**CONSORCIO ECODES INGENIERIA – VARICHEM DE COLOMBIA**

**Junio, 2022**

**TABLA DE CONTENIDOS**

1. INTRODUCCIÓN ..... 8
2. LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES ..... 8
2.1. Observación N°8 ..... 8
2.2. Observación N° 9 ..... 45
2.3. Observación N° 10 ..... 50
2.4. Observación N° 14 ..... 51
2.5. Observación N° 15 ..... 56
2.6. Observación N° 17 ..... 57
2.7. Observación N° 19 ..... 61
2.8. Observación N° 21 ..... 68
2.9. Observación N° 37 ..... 71
2.10. Observación N° 38 ..... 78
2.11. Observación N° 39 ..... 80
2.12. Observación N° 40 ..... 81
2.13. Observación N° 41 ..... 115
2.14. Observación N° 42 ..... 124
2.15. Observación N° 43 ..... 128
2.16. Observación N° 44 ..... 129
2.17. Observación N° 50 ..... 129
2.18. Observación N° 51 ..... 130
2.19. Observación N° 52 ..... 130
2.20. Observación N° 55 ..... 131
2.21. Observación N° 56 ..... 132
2.22. Observación N° 58 ..... 133
2.23. Observación N° 59 ..... 134
2.24. Observación N° 60 ..... 134

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Resultados Analíticos Según el Informe 00018-2017-OEFA/DE-SDCA-CSI ..... 9
Tabla 2. Parámetros de Interés para el Sitio S0106 (Botadero km 4) ..... 11
Tabla 3. (Tabla 3-11) Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Normatividad Internacional para los Parámetros de Suelo de Uso Agrícola. ..... 13
Tabla 4. (Tabla 3-13) Método de Análisis, Límites de Detección Empleados por Laboratorios y Estándares de Calidad para Suelo ..... 14
Tabla 5. (Tabla 3-18) Estándares de Calidad Ambiental para Agua Subterránea de la Norma Holandesa..... 18
Tabla 6. (Tabla 2-19) Método de Análisis, Límites de Detección Empleados por Laboratorios y Estándares de Calidad de Agua Subterránea. ..... 19
Tabla 7. (Tabla 2-21) Estándares de Calidad Ambiental y Normatividad Aplicable para Agua Superficial, Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, E2: Ríos de la Selva ..... 23
Tabla 8. (Tabla 3-22) Método de Análisis, Límites de Detección Empleados por el Laboratorio y Estándares de Calidad de Agua Superficial. ..... 25
Tabla 9. (Tabla 3-24) Estándares de Calidad Ambiental para Sedimentos ..... 29
Tabla 10. (Tabla 3-25) Método de Análisis, Límites de Detección Empleados por Laboratorios y Estándares de Calidad de Sedimentos..... 30
Tabla 11. (Tabla 3-57) Concentración de la Fracción de Hidrocarburos F2 (>C10-C28) y F3 (>C28-C40) en el Nivel de Fondo..... 33
Tabla 12. (Tabla 3-58) Concentración de As, Sb, Ba, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb y Zn en las Muestras Nivel de Fondo ..... 33
Tabla 13. (Tabla 3-61) Valores de Parámetros Orgánicos Regulados por el ECA de Suelos. 35
Tabla 14. (Tabla 3-62) Valores de Parámetros Orgánicos de Suelos Regulados por Normas Internacionales..... 38
Tabla 15. (Tabla 3-63) Valores de Parámetros Orgánicos de Suelos, Regulados por Normas Internacionales..... 38
Tabla 16. (Tabla 3-64) Concentración de Metales Pesados Regulados por el ECA y por *Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines.*..... 39
Tabla 17. (Tabla 3-97) Resultados de Niveles de Fondo del Informe de OEFA (mg/kg) ..... 44
Tabla 18. Criterios Técnicos para los Parámetros de Calidad de Suelo ..... 52
Tabla 19. (Tabla 3-65) Coordenadas de los Sondeos Eléctricos Verticales - SEV ..... 57
Tabla 20. Especies de Fauna Registrada en el Sitio S0106 –que pueden Indicar que se Trata de una Zona Intervenida y/o en Proceso de Recuperación Natural ..... 63
Tabla 21. Especies de Importancia Ecológica, Económica y Cultural del Sitio S0106 ..... 66
Tabla 22. (Tabla 5-12) Contaminantes Identificados en los Sedimentos del Sitio S0106 (Botadero Km 4)..... 80
Tabla 23. Residuos identificados en Puntos de Muestreo ..... 81
Tabla 24. Cálculo de Volumen para la Anomalía "S0106-GPR01" - Perfil Longitudinal 7. Software AutoCAD Civil 3D ..... 108
Tabla 25. Cálculo de Volumen para la Anomalía "S0106-GPR02" - Perfil Longitudinal 7. Software AutoCAD Civil 3D ..... 108
Tabla 26. Cálculo de Volumen para la anomalía "S0106-GPR03" - Perfil Longitudinal 6. Software AutoCAD Civil 3D ..... 108

Tabla 27. Cálculo de Volumen para la Anomalía "S0106-GPR04" - Perfil Longitudinal 4. Software AutoCAD Civil 3D ..... 108
Tabla 28. Cálculo de Volumen para la Anomalía "S0106-GPR05" - Perfil Longitudinal 7. Software AutoCAD Civil 3D ..... 109
Tabla 29. Cálculo de Volumen para la Anomalía "S0106-GPR06" - Perfil Longitudinal 2. Software AutoCAD Civil 3D ..... 109
Tabla 30. Cálculo de Volumen para la Anomalía "S0106-GPR07" - Perfil Longitudinal 2. Software AutoCAD Civil 3D ..... 109
Tabla 31. Cálculo de Volumen para la Anomalía "S0106-GPR08" - Perfil Longitudinal 2. Software AutoCAD Civil 3D ..... 110
Tabla 32. Cálculo de Volumen para la Anomalía "S0106-GPR09" - Perfil Longitudinal 1. Software AutoCAD Civil 3D ..... 110
Tabla 33. Cálculo de Volumen para la Anomalía "S0106-GPR10" - Perfil Longitudinal 1. Software AutoCAD Civil 3D ..... 111
Tabla 34. Cálculo de Volumen para la Anomalía "S0106-GPR11" - Perfil Longitudinal 1. Software AutoCAD Civil 3D ..... 111
Tabla 35. Cálculo de Volumen para la Anomalía "S0106-GPR12" - Perfil Longitudinal 1. Software AutoCAD Civil 3D ..... 111
Tabla 36. Cálculo de Volumen para la Anomalía "S0106-GPR13" - Perfil Longitudinal 1. Software AutoCAD Civil 3D ..... 111
Tabla 37. Cálculo de Volumen para la Anomalía "S0106-GPR14" - Perfil Longitudinal 1. Software AutoCAD Civil 3D ..... 112
Tabla 38. Cálculo de Volumen para la Anomalía "S0106-S005" - Perfil Longitudinal 3. Software AutoCAD Civil 3D ..... 112
Tabla 39. Cálculo de Volumen para la Anomalía "S0106-S007" - Perfil Longitudinal 2. Software AutoCAD Civil 3D ..... 112
Tabla 40. Cálculo de Volumen para la Anomalía "S0106-S012" - Perfil Longitudinal 5. Software AutoCAD Civil 3D ..... 112
Tabla 41. Cálculo de Volumen para la Anomalía "S0106-S016" - Perfil Longitudinal 5. Software AutoCAD Civil 3D ..... 113
Tabla 42. Cálculo de Volumen para la Anomalía "S0106-S018" - Perfil Longitudinal 1. Software AutoCAD Civil 3D ..... 113
Tabla 43. Cálculo de Volumen para la Anomalía "S0106-S019" - Perfil Longitudinal 4. Software AutoCAD Civil 3D ..... 113
Tabla 44. Cálculo de Volumen para la Anomalía "Bot-Km4-SU03"- Perfil Longitudinal 5. Software AutoCAD Civil 3D ..... 114
Tabla 45. Superficie y Volumen de Suelo a Remediar en el Sitio S0106 (Botadero Km 4). 114

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. (Figura 3-29) Concentración de Niveles de Fondo de Metales Totales en Suelo.... 42
Figura 2. Concentración de Antimonio (Sb) en Suelo. ..... 45
Figura 3. Ubicación del Punto BOT-KM4-SU05. ..... 47
Figura 4. Ubicación del Punto BOT-KM4-SU02. ..... 48
Figura 5. Matriz de Especificaciones Técnicas ..... 54
Figura 6. Perfil Litológico del Punto de Muestreo "S0106-S005" ..... 84
Figura 7. Perfil Litológico del Punto de Muestreo "*S0106-S007*" ..... 87
Figura 8. Perfil Litológico del Punto de Muestreo "S0106-S012" ..... 90
Figura 9. Perfil Litológico del Punto de Muestreo "S0106-S016" ..... 93
Figura 10. Perfil Litológico del Punto de Muestreo "S0106-S018" ..... 95
Figura 11. Perfil Litológico del Punto de Muestreo "S0106-S019" ..... 96
Figura 12. Perfil Litológico del Punto de Muestreo "S0106-S014" ..... 98
Figura 13. Esquematización de Áreas de la Terraza. ..... 100
Figura 14. Características de la Estación de Muestreo S0106-Sed001. ..... 117
Figura 15. Características de la Estación de Muestreo "S0106-Sed001" ..... 121

## LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1.Textura de la Muestra de Sedimentos Extraía a la Profundidad 0,00 – 0,95 m. Punto de Muestreo S0106-Sed001. ..... 59
Fotografía 2.Textura de la Muestra de Sedimentos Extraía a la Profundidad 0,95– 2,48 m. Punto de Muestreo S0106-Sed001. ..... 59
Fotografía 3. Punto de Muestreo S0106-Sed002 - Cuerpo de Agua Estacional. ..... 60
Fotografía 4. Punto de Muestreo S0106-Sed002. Textura de la Muestra de Sedimentos Extraía a la Profundidad 0,95– 1,70 m..... 61
Fotografía 5. Sondeo con Retroexcavadora - Punto de Muestreo "*S0106-S007*" ..... 85
Fotografía 6. Tipo de Residuos Enterrados en la Plataforma Alta – Punto de Muestreo "*S0106-S007*". ..... 86
Fotografía 7. Coordenadas del Punto de Muestreo "*S0106-S012"*..... 88
Fotografía 8. Sondeo con Retroexcavadora - Punto de Muestreo "S0106-S012" ..... 89
Fotografía 9. Coordenadas del Punto de Muestreo "S0106-S016"..... 91
Fotografía 10. Tipo de Residuos Enterrados parte Alta de Terraza – Punto de Muestreo "S0106-S016" ..... 92
Fotografía 11. Tipo de residuos enterrados sobre la falda de la colina. Punto de Muestreo "S0106-S018" ..... 94
Fotografía 12. Terraza Alta – Distribución Espacial de los Puntos de Muestreo S0106S007, S0106-S012, S0106-S009 y S0106-S016. ..... 101
Fotografía 13. Excavación en el Origen de la Celda de Residuos. Punto S0106-S007 ..... 102
Fotografía 14. Tipo de Suelo Extraído de las Excavaciones ..... 103
Fotografía 15. Excavación Mecanizada en el Punto de Muestreo S0106-S009 ..... 104
Fotografía 16. Terraza Alta - Punto de Muestreo S0106-S009..... 105
Fotografía 17. Excavación en Punto de Muestreo S0106-S016 ..... 106
Fotografía 18. Terraza Alta – Excavación en Punto de Muestreo S0106-S016 ..... 107
Fotografía 19. Características del Entorno - Estación "*S0106-Sed001-0,00*" ..... 118
Fotografía 20. Características del Sedimento - Estación "*S0106-Sed001-0,00*" ..... 119
Fotografía 21. Medición de VOC's con Equipo de Fotoionización - Estación "*S0106-Sed001-0,00*" ..... 120
Fotografía 22. Características del Entorno - Estación "*S0106-Sed002-0,00*" ..... 122
Fotografía 23. Características del Sedimento - Estación "*S0106-Sed002-0,00*" ..... 122

**LISTA DE ANEXOS**

Anexo MINEM Observación Nº15

Anexo MINEM Observación Nº19

Anexo MINEM Observación Nº21

Anexo MINEM Observación Nº40

Anexo MINEM Observación Nº41

Anexo MINEM Observación Nº44

**Levantamiento de Observaciones al Expediente "Servicio de Consultoría para la elaboración de los Planes de Rehabilitación de 07 Sitios Impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del Río Pastaza"**

**INFORME DE EVALUACIÓN N° 658-2021-MINEM/DGAAH/DEAH**

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente informe corresponde al levantamiento de observaciones remitida por el Auto Directorial N° 231-2021-MINEM-DGAAH - Informe de Evaluación N° 658-2021-MINEM/DGAHH/DEAH, el cual contiene observaciones relacionadas al Plan de Rehabilitación del Sitio S0106 (Botadero Km 4) Sitio Impactado por las actividades de hidrocarburos de la cuenca del Río Pastaza dentro de la competencia de la Dirección General de Asuntos Ambientales de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas (MINEM).

## 2. LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES

### 2.1. Observación N°8

En el ítem 3.5.1 del PR del Sitio S0106 – *"Diseño Plan de Muestreo en Detalle y Alcance"* (Folios 71 al 115), se presentaron los criterios o lineamientos empleados para la toma de muestras en las diferentes matrices (suelo, agua subterránea, agua superficial y sedimentos - evaluados en las épocas húmeda y seca), considerando lo siguiente:

**(i)** **Calidad de Suelo:** consideró los parámetros listados en la Tabla 3-11 - *"Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo"* (Folio 76). Asimismo, consideró ensayos de Toxicidad por lixiviación (TCLP) para Arsénico, Bario, Cadmio, Cromo, Plomo y Mercurio y ensayos de Bario Extraíble y Bario Real en aquellas muestras que excedieron los valores de Bario Total, los cuales son señalados en la Tabla 3-13 -*"Método de Análisis, Límites de Detección Empleados por Laboratorios y Estándares de Calidad para Suelo"* (Folios 78 al 80).

**(ii)** **Calidad de Agua Superficial:** consideró los parámetros listados en la Tabla 3-21 - *"Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, E2: Ríos de la Selva"* (Folios 92 y 93) y la Tabla 3-22 - *"Método de Análisis, Límites de Detección Empleados por el Laboratorio y Estándares de Calidad de Agua Superficial"* (Folios 93 al 95).

**(iii)** **Calidad de Sedimentos:** consideró los parámetros listados en la Tabla 3-24 - *"Estándares de Calidad Ambiental para Sedimentos"* (Folios 96 y 97) y la Tabla 3-25 - *"Método de Análisis, Límites de Detección Empleados por el Laboratorio y Estándares de Calidad de Sedimentos"* (Folios 97 al 99).

No obstante, de la revisión de la información que obra en el expediente se observa que los parámetros señalados para cada matriz no fueron evaluados en manera uniforme, por lo que se advierte que no precisó cuáles son los ***"parámetros de interés"***[15] asociados a las fuentes y/o focos potenciales del Sitio que consideró para la caracterización de las matrices ambientales evaluadas en el Sitio S0106; siendo dicha información fundamental y relevante para el análisis y determinación de los Contaminantes de Preocupación (en adelante, **CP**).

Al respecto, deberá precisar y sustentar los criterios de elección de los **"parámetros de interés"** para la caracterización de cada matriz ambiental (suelo, agua superficial y sedimentos) del Sitio S0106.

Cabe indicar que, en caso de que los ***"parámetros de interés"*** identificados no cuenten con un estándar de referencia nacional o internacional, deberán ser comparados con los resultados de los Valores de Evaluación de Medios Ambientales (VEMA) obtenidos para cada uno de los parámetros, según lo establecido en la Guía ERSA.

**Respuesta:**

A continuación, se presentan los criterios y fundamentos técnicos para la selección de los "*parámetros de interés*" de la matriz ambiental de suelo, agua superficial, agua subterránea y sedimentos.

En primera instancia, se consideraron los antecedentes históricos del Sitio S0106 (Botadero km 4), mediante la revisión del informe "00018-2017-OEFA/DE-SDCA-CSI", este informe presenta los resultados analíticos de las muestras de suelo tomadas en los puntos: *"BOT-KM4-SU01", "BOT-KM4-SU02", "BOT-KM4-SU04" y "BOT-KM4-SU05".*

A continuación, en la **Tabla 1**, se presentan los resultados analíticos del informe 00018-2017-OEFA/DE-SDCA-CSI.

**Tabla 1. Resultados Analíticos Según el Informe 00018-2017-OEFA/DE-SDCA-CSI**

| Matriz | Código de Muestra | Parámetros Analizados | Resultado | Unidad | ECA Suelo - Suelo Agrícola [a] | % Supera el ECA |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Suelo | BOT-KM4-SU01 | FH F2 ($C_{10}$-$C_{28}$) | < 5,0 | mg/kg PS | 1200 | No supera |
| | | FH F3 ($C_{10}$-$C_{28}$) | < 5,0 | mg/kg PS | 3000 | No supera |
| | | Arsénico Total | < 0,40 | mg/kg PS | 50 | No supera |
| | | Bario Total | 83,1 | mg/kg PS | 750 | No supera |
| | | Cadmio Total | 2,381 | mg/kg PS | 1,4 | 377,57% |
| | | Mercurio Total | < 0,03 | mg/kg PS | 6,6 | No supera |
| | | Plomo Total | 19,3 | mg/kg PS | 70 | 184,29% |
| Suelo | BOT-KM4-SU02 | FH F2 ($C_{10}$-$C_{28}$) | < 5,0 | mg/kg PS | 1200 | No supera |
| | | FH F3 ($C_{10}$-$C_{28}$) | < 5,0 | mg/kg PS | 3000 | No supera |
| | | Arsénico Total | < 0,4 | mg/kg PS | 50 | No supera |
| | | Bario Total | 82,4 | mg/kg PS | 750 | No supera |
| | | Cadmio Total | 2,835 | mg/kg PS | 1,4 | 212,43% |
| | | Mercurio Total | <0,03 | mg/kg PS | 6,6 | No supera |
| | | Plomo Total | 29,6 | mg/kg PS | 70 | No supera |
| Suelo | BOT-KM4-SU03 | FH F2 ($C_{10}$-$C_{28}$) | < 5,0 | mg/kg PS | 1200 | No supera |
| | | FH F3 ($C_{10}$-$C_{28}$) | < 5,0 | mg/kg PS | 3000 | No supera |
| | | Arsénico Total | < 0,40 | mg/kg PS | 50 | No supera |
| | | Bario Total | 124 | mg/kg PS | 750 | No supera |
| | | Cadmio Total | 2,749 | mg/kg PS | 1,4 | 176,36% |

| Matriz | Código de Muestra | Parámetros Analizados | Resultado | Unidad | ECA Suelo - Suelo Agrícola [a] | % Supera el ECA |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Mercurio Total | <0,03 | mg/kg PS | 6,6 | No supera |
| | | Plomo Total | 27,0 | mg/kg PS | 70 | No supera |
| Suelo | BOT-KM4-SU04 | FH F2 ($C_{10}$-$C_{28}$) | < 5,0 | mg/kg PS | 1200 | No supera |
| | | FH F3 ($C_{10}$-$C_{28}$) | < 5,0 | mg/kg PS | 3000 | No supera |
| | | Arsénico Total | < 0,40 | mg/kg PS | 50 | No supera |
| | | Bario Total | 503 | mg/kg PS | 750 | No supera |
| | | Cadmio Total | 3,004 | mg/kg PS | 1,4 | 465,50% |
| | | Mercurio Total | <0,03 | mg/kg PS | 6,6 | No supera |
| | | Plomo Total | 95,4 | mg/kg PS | 70 | No supera |
| Suelo | BOT-KM2-SU05 | FH F2 ($C_{10}$-$C_{28}$) | 23 | mg/kg PS | 1200 | No supera |
| | | FH F3 ($C_{10}$-$C_{28}$) | 54,6 | mg/kg PS | 3000 | No supera |
| | | Arsénico Total | < 0,40 | mg/kg PS | 50 | No supera |
| | | Bario Total | 40,5 | mg/kg PS | 750 | No supera |
| | | Cadmio Total | 2,431 | mg/kg PS | 1,4 | 415,93% |
| | | Mercurio Total | <0,03 | mg/kg PS | 6,6 | No supera |
| | | Plomo Total | 10,7 | mg/kg PS | 70 | No supera |

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

Los resultados de laboratorio indican que la concentración de Cadmio (Cd) en los puntos de muestreo BOT-KM4-SU01, BOT-KM4-SU02, BOT-KM4-SU03, BOT-KM4-SU04, BOT-KM4-SU05, y la concentración de Plomo (Pb) en el punto de muestreo BOT-KM4-SU04, es superior al estándar de calidad ambiental para suelos de uso agrícola.

En febrero del 2018, se realizó el reconocimiento del área de potencial interés y se identificaron las fuentes y los focos que potencialmente pueden estar Impactados, asimismo, mediante entrevistas realizadas a los monitores ambientales y a los pobladores de la Comunidad Nativa de Nuevo Titiyacu, se lograron precisar aspectos relacionados con las actividades ejecutadas dentro del perímetro del Sitio S0106 (Botadero km 4) y en sus inmediaciones.

Así, luego de analizar los antecedentes históricos del lugar y revisar los resultados analíticos del informe 00018-2017-OEFA/DE-SDCA-CSI se determinaron los "*parámetros de interés*", los cuales están asociados a metales pesados.

Se adoptó la legislación reglamentada en el D.S. N°011-2017-MINAM como estándar de calidad ambiental para suelo y el D.S. N°004-2017-MINAM para agua superficial; para evaluar la calidad ambiental del agua subterránea y sedimentos, matrices que no están reguladas por la normatividad nacional, se adoptaron estándares de calidad ambiental internacionales.

A continuación, en la **Tabla 2**, se listan los parámetros de interés que fueron determinados tomando en consideración la fuente de contaminación.

**Tabla 2. Parámetros de Interés para el Sitio S0106 (Botadero km 4)**

| Fuente de Contaminación | Parámetros de interés |
|---|---|
| Hidrocarburos depositados superficial y sub superficialmente. | **Hidrocarburos Totales de Petróleo** |
| | Fracción de hidrocarburos F1 (C6-C10) |
| | Fracción de hidrocarburos F2 (>C10-C28) |
| | Fracción de hidrocarburos F3 (>C28-C40) |
| | **Hidrocarburos Poliaromáticos** |
| | Benzo (a) Pireno |
| | Naftaleno |
| | Benzo (a) Antraceno |
| | Benzo (b) Fluoranteno |
| | Benzo (k) Fluoranteno |
| | Dibenzo (a,h) Antraceno |
| | Fenantreno |
| | Indeno (1,2,3 cd) Pireno |
| | Pireno |
| | **Hidrocarburos Aromáticos Volátiles** |
| | Benceno |
| | Tolueno |
| | Etilbenceno |
| | Xilenos (comprende la suma de xilenos: o-xileno, m-xileno y p-xileno) |
| Residuos industriales depositados superficialmente y sub superficialmente, piezas metálicas con el potencial de propiciar la deposición de metales pesados. Transformadores y condensadores. | Antimonio |
| | Arsénico |
| | Bario Total |
| | Bario Total Real |
| | Bario Extraíble |
| | Cadmio |
| | Cromo Total |
| | Cr VI |
| | Mercurio |
| | Níquel |
| | Plomo |
| | Vanadio |
| | Zinc |
| | Bifenilos policlorados |

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

Luego de haber identificado los parámetros de interés que están relacionados con las fuentes, se determinaron los medios de transporte y las matrices ambientales que pueden ser impactadas por la dispersión de los contaminantes de interés, para el caso del Sitio S0106 (Botadero KM.4) las matrices identificadas son el suelo, las aguas superficiales, los sedimentos e hipotéticamente las aguas subterráneas, subsecuentemente se determinaron los parámetros de interés para cada matriz tomando en consideración los parámetros base identificados en la fuente.

Para los parámetros determinados para la matriz suelo, se adoptó la legislación reglamentada en el D.S. N° 011-2017-MINAM, como estándar de calidad ambiental y para aquellos parámetros de interés que no están regulados por la legislación nacional se adoptaron estándares de calidad ambiental internacionales.

Para el caso de la matriz de agua subterránea, debido a que la legislación peruana no cuenta con estándares de calidad ambiental para agua subterránea, se consideró apropiado emplear la norma holandesa "*Soil Remediation Circular 2013, version of 1 July 2013*".

Para la matriz de agua superficial, se adoptó lo reglamentado en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Para los parámetros no reglamentados por la legislación peruana, se adoptaron normas internacionales.

Para la matriz de sedimentos, se adoptaron los estándares de calidad ambiental definidos en *"Environmental Quality Guidelines of Alberta y Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia".*

A continuación, se describen los parámetros de interés definidos para cada una de las matrices ambientales.

(i) **Parámetros de Interés para la Matriz Suelo**

Los parámetros que se evaluaron para la matriz suelo, están relacionados con las actividades de hidrocarburos e industriales que se llevaron a cabo en el área, se analizaron a las fracciones de hidrocarburos F1, F2 y F3; BTEX; HAP's; metales pesados; PCB's debido a estas sustancias son químicamente muy estables y por sus propiedades dieléctricas se empleaban en transformadores y condensadores; adicionalmente se analizaron parámetros físicos como pH y granulometría.

*En la Tabla 10 (Tabla 3-11) Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Normatividad Internacional para los Parámetros de Suelo de Uso Agrícola, se incluye el estándar de referencia para el Acenaftileno, Acenafteno, Fluoreno, Antraceno, Fluoranteno, Criseno, Benzo(ghi)perileno.*

*Se realizará la inclusión también de los metales Cromo total, Níquel (Ni), Antimonio (Sb), Vanadio (V) y Zinc (Zn), reglamentados por Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines.*

## 3.5. Método para la caracterización del Sitio Impactado

3.5.1.5.1 Estándares Nacionales Aplicables: Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo

Para el plan de muestreo, se adoptan los estándares de calidad indicados en el D.S. N°011-2017-MINAM, "Estándares de calidad Ambiental para Suelo".

Para el Níquel (Ni), Antimonio (Sb), Vanadio (V) y Zinc (Zn), se adoptan los estándares de referencia de *Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines* (uso Agrícola).

En la **Tabla 3** (Tabla 3-11), se relacionan los contaminantes de preocupación para suelo, los cuales están directamente relacionados con la industria petrolera y sus estándares de referencia.

**Tabla 3. (Tabla 3-11) Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Normatividad Internacional para los Parámetros de Suelo de Uso Agrícola.**

| Parámetros | Normatividad Aplicable | Estándar de Referencia |
|---|---|---|
| Benceno | ECA Suelo, uso de suelo agrícola | 0,03 |
| Tolueno | ECA Suelo, uso de suelo agrícola | 0,37 |
| Etilbenceno | ECA Suelo, uso de suelo agrícola | 0,082 |
| Xilenos[1] | ECA Suelo, uso de suelo agrícola | 11 |
| Granulometría[2] | (a) | |
| pH | (a) | |
| Fracción de hidrocarburos F1(C6-C10) | ECA Suelo, uso de suelo agrícola | 200 |
| Fracción de hidrocarburos F2(>C10-C28) | ECA Suelo, uso de suelo agrícola | 1200 |
| Fracción de hidrocarburos F3(>C28-C40) | ECA Suelo, uso de suelo agrícola | 3000 |
| Naftaleno | ECA Suelo, uso de suelo agrícola | 0,1 |
| Acenaftileno | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia* | 0,0046 |
| Acenafteno | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia* | 0,0058 |
| Fluoreno | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia* | 0,003 |
| Fenantreno | *Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines (CCME 1991)* (uso Agricola) | 0,1 |
| Antraceno | ECA Suelo, uso de suelo agrícola | 0,0004 |
| Fluoranteno | ECA Suelo, uso de suelo agrícola | 0,001 |
| Pireno | *Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines (CCME 1991)* (uso Agricola) | 0,1 |
| Benzo(a)antraceno | *Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines (CCME 1991)* (uso Agricola) | 0,1 |
| Criseno | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia* | 0,0014 |
| Benzo(b)fluoranteno | *Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines (CCME 1991)* (uso Agricola) | 0,1 |
| Benzo(k)fluoranteno | *Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines (CCME 1991)* (uso Agricola) | 0,1 |

[1] Comprende la suma de xilenos: o-xileno, m-xileno y p-xileno.
[2] La muestra de suelo deberá estar libre de hidrocarburos para no alterar los resultados analíticos

| Parámetros | Normatividad Aplicable | Estándar de Referencia |
|---|---|---|
| Benzo(a)pireno | *Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines (CCME 1991)* (uso Agricola) | 0,1 |
| Dibenzo(ah)antraceno | *Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines (CCME 1991)* (uso Agricola) | 0,1 |
| Benzo(ghi)perileno | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia* | 0,00017 |
| Indeno(1,2,3-cd) pireno | *Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines (CCME 1991)* (uso Agricola) | 0,1 |
| PCB´s | ECA Suelo, uso de suelo agrícola | 0,5 |
| Arsénico total | ECA Suelo, uso de suelo agrícola | 50 |
| Bario total | ECA Suelo, uso de suelo agrícola | 750 |
| Bario total real | ECA Suelo, uso de suelo agrícola | 10 000 |
| Bario extraíble | ECA Suelo, uso de suelo agrícola | 250 |
| Cadmio total | ECA Suelo, uso de suelo agrícola | 1,4 |
| Cromo VI | ECA Suelo, uso de suelo agrícola | 0,4 |
| Cromo total | *Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health* | 64 |
| Mercurio total | ECA Suelo, uso de suelo agrícola | 6,6 |
| Níquel total | *Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines (CCME 2015)* (uso Agricola) | 45 |
| Plomo total | ECA Suelo, uso de suelo agrícola | 70 |
| Antimonio total | *Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines (CCME 1991)* (uso Agricola) | 20 |
| Vanadio total | *Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines (CCME 1997)* (uso Agricola) | 130 |
| Zinc total | *Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines (CCME 2015)* (uso Agricola) | 250 |

(a) Parámetros que tienen influencia sobre la movilidad de los contaminantes en el suelo

**Fuente**: D.S. N° 011-2017-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental para Suelo.
**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

3.5.1.5.2 Parámetros de Muestreo y Metodologías Analíticas

**Tabla 4. (Tabla 3-13) Método de Análisis, Límites de Detección Empleados por Laboratorios y Estándares de Calidad para Suelo**

| Parámetros | Método de Referencia | Límite de Detección | Estándares de Comparación |
|---|---|---|---|
| Benceno | EPA METHOD 8260 C, Rev. 3, 2006 | 0,004 mg/kg | ECA Suelo, uso de suelo agrícola (0,03 mg/kg) |

| Parámetros | Método de Referencia | Límite de Detección | Estándares de Comparación |
|---|---|---|---|
| Tolueno | EPA METHOD 8260 C, Rev. 3, 2006 | 0,012 mg/kg | ECA Suelo, uso de suelo agrícola (0,37 mg/kg) |
| Etilbenceno | EPA METHOD 8260 C, Rev. 3, 2006 | 0,008 mg/kg | ECA Suelo, uso de suelo agrícola (0,082 mg/kg) |
| m, p-xilenos | EPA METHOD 8260 C, Rev. 3, 2006 | 0,011 mg/kg | (a) |
| o-xileno | EPA METHOD 8260 C, Rev. 3, 2006 | 0,008 mg/kg | (a) |
| Xilenos[3] | EPA METHOD 8260 C, Rev. 3, 2006 | 0,019 mg/kg | ECA Suelo, uso de suelo agrícola (11 mg/kg) |
| Granulometría[4] | ASTM D422-63 Rev.2007 | --- | (b) |
| pH | EPA METHOD 9045 D, Rev. 4 2004 | --- | (b) |
| Fracción de hidrocarburos F1(C6-C10) | EPA METHOD 8015 C, Rev. 3 2007 | 0,6 mg/kg | ECA Suelo, uso de suelo agrícola (200 mg/kg) |
| Fracción de hidrocarburos F2(>C10-C28) | EPA METHOD 8015 C, Rev. 3 2007 | 0,9 mg/kg | ECA Suelo, uso de suelo agrícola (1200 mg/kg) |
| Fracción de hidrocarburos F3(>C28-C40) | EPA METHOD 8015 C, Rev. 3 2007 | 0,9 mg/kg | ECA Suelo, uso de suelo agrícola (3000 mg/kg) |
| Naftaleno | EPA METHOD 8260 C, Rev. 3, 2006 | 0,009 mg/kg | ECA Suelo, uso de suelo agrícola (0.1 mg/kg) |
| Acenaftileno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,0006 mg/kg | Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia. (0,0046 mg/kg) |
| Acenafteno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,0009 mg/kg | Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia. (0,0058 mg/kg). |
| Fluoreno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,0009 mg/kg | Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia. (0,003 mg/kg) |
| Fenantreno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,0009 mg/kg | Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines (CCME 1991) (uso agrícola: 0,1 |
| Antraceno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,0009 mg/kg | ECA Suelo, uso de suelo agrícola (0,0004 mg/kg) |

[3] Comprende la suma de xilenos: o-xileno, m-xileno y p-xileno.
[4] La muestra de suelo deberá estar libre de hidrocarburos para no alterar los resultados analíticos

| Parámetros | Método de Referencia | Límite de Detección | Estándares de Comparación |
|---|---|---|---|
| Fluoranteno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,0009 mg/kg | ECA Suelo, uso de suelo agrícola (0,001) |
| Pireno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,0009 mg/kg | Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines (CCME 1991) (uso agrícola: 0,1 |
| Benzo(a)antraceno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,0009 mg/kg | Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines (CCME 1991) (uso agrícola: 0,1 |
| Criseno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,0006 mg/kg | Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia. (0,0014 mg/kg). |
| Benzo(b)fluoranteno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,0006 mg/kg | Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines (CCME 1991) (uso agrícola: 0,1 |
| Benzo(k)fluoranteno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,0006 mg/kg | Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines (CCME 1991) (uso agrícola: 0,1 |
| Benzo(a)pireno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,0009 mg/kg | ECA Suelo, uso de suelo agrícola (0,1 mg/kg) |
| Dibenzo(ah)antraceno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,0009 mg/kg | Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines (CCME 1991) (uso agrícola: 0,1 |
| Benzo(ghi)perileno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,0006 mg/kg | Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia. (0,00017 mg/kg) |
| Indeno(1,2,3-cd) pireno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,0009 mg/kg | Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines (CCME 1991) (uso agrícola: 0,1 |
| Arsénico total | EPA 3050 B: 1996 / EPA 6010 B: 1996 | 3,5 mg/kg | ECA Suelo, uso de suelo agrícola (50 mg/kg) |
| Bario total real | EPA 3050 B: 1996 / EPA 6010 B: 1996 | 0,3 mg/kg | ECA Suelo, uso de suelo agrícola (10 000 mg/kg) |
| Bario extraíble | Soil Remediation Guidelines for Barite: Environmental Health | 5.0 mg/kg | ECA Suelo, uso de suelo agrícola (250 mg/kg) |
| Cadmio total | EPA 3050 B: 1996 / EPA 6010 B: 1996 | 0,5 mg/kg | ECA Suelo, uso de suelo agrícola (1,4 mg/kg) |
| Cromo VI | DIN 19734. 1999 | 0,2 mg/Kg | ECA Suelo, uso de suelo agrícola (0,4 mg/kg) |
| Cromo total | EPA 3050 B: 1996 / EPA 6010 B: 1996 | 0,9 mg/kg | Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health. |
| Mercurio total | EPA 7471 B, Rev. 2, February 2007 | 0,01 mg/kg | ECA Suelo, uso de suelo agrícola (6,6 mg/kg) |

| Parámetros | Método de Referencia | Límite de Detección | Estándares de Comparación |
|---|---|---|---|
| Níquel total | EPA 3050 B: 1996 / EPA 6010 B: 1996 | 1,0 mg/kg | Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines (CCME 1999) (uso Agricola: 45 |
| PCB´s | EPA Method 8270 D Rev. 5 | 0,042 mg/kg | ECA Suelo, uso de suelo agrícola (0,5 mg/kg) |
| Plomo total | EPA 3050 B: 1996 / EPA 6010 B: 1996 | 2,0 mg/kg | ECA Suelo, uso de suelo agrícola (70 mg/kg) |
| Antimonio total | EPA 3050 B: 1996 / EPA 6010 B: 1996 | 2,5 mg/kg | Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines (CCME 1991) (uso Agricola: 20 |
| Vanadio total | EPA 3050 B: 1996 / EPA 6010 B: 1996 | 0,5 mg/kg | Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines (CCME 1997) (uso Agricola: 130 |
| Zinc total | EPA 3050 B: 1996 / EPA 6010 B: 1996 | 0,5 mg/kg | Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines (CCME 1999) (uso Agricola: 250 |
| Arsénico en extracto de TCLP | EPA 1311. Rev. 0 July 1992(Lixiviación) / EPA 200.7 Revisión 4.4 | 0,02 mg/l | Code of Federal Regulations of USA, title 40 Part 261 Subpart C § 261.24 (5,0 mg/l) |
| Bario en extracto de TCLP | EPA 1311. Rev. 0 July 1992(Lixiviación) / EPA 200.7 Revisión 4.4 | 0,0025 mg/l | Code of Federal Regulations of USA, title 40 Part 261 Subpart C § 261.24 (100,0 mg/l) |
| Cadmio en extracto de TCLP | EPA 1311. Rev. 0 July 1992(Lixiviación) / EPA 200.7 Revisión 4.4 | 0,0015 mg/l | Code of Federal Regulations of USA, title 40 Part 261 Subpart C § 261.24 (1,0 mg/l) |
| Cromo en extracto de TCLP | EPA 1311. Rev. 0 July 1992(Lixiviación) / EPA 200.7 Revisión 4.4 | 0,004 mg/l | Code of Federal Regulations of USA, title 40 Part 261 Subpart C § 261.24 (5,0 mg/l) |
| Plomo en extracto de TCLP | EPA 1311. Rev. 0 July 1992(Lixiviación) / EPA 200.7 Revisión 4.4 | 0,02 mg/l | Code of Federal Regulations of USA, title 40 Part 261 Subpart C § 261.24 (5,0 mg/l) |
| Mercurio en extracto de TCLP | EPA 1311. Rev. 0 July 1992(Lixiviación) / EPA 245 1, Revisión 3 | 0,0001 mg/l | Code of Federal Regulations of USA, title 40 Part 261 Subpart C § 261.24 (0,2 mg/l) |
| PCB´s[5] | EPA Method 8270D | 0,042 mg/L | ECA, uso de suelo agrícola (0,5 mg/l) |

(a) La legislación nacional no regula este parámetro, así como tampoco *Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines*. Este parámetro se comparará con los resultados del nivel de fondo.
(b) Parámetros que tienen influencia sobre la movilidad de los contaminantes en el suelo.
**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022

(ii) **Parámetros de Interés para la Matriz Aguas Subterráneas**

Se tuvo en consideración el potencial impacto que, debido a procesos de infiltración, solubilidad, dispersión, lixiviación, pueden generar los contaminantes de preocupación (compuestos orgánicos y metales pesados) sobre el agua subterránea.

[5] Suma de siete PCB indicadores: PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCP 153, PCB 180

Los parámetros de interés considerados para el agua subterránea, también se encuentran asociados a hidrocarburos y a metales pesados.

*Se realiza la inclusión de los metales Antimonio (Sb), Níquel (Ni) y Zinc (Zn).*

*El Vanadio (V), no está reglamentado por la Normatividad Soil Remediation Circular 2013 of Holland, razón por la cual no será tomado en consideración como contaminantes de potencial preocupación para agua subterránea.*

Debido a la inclusión de los metales Sb, Ni y Zn, *se actualizarán las siguientes tablas del Plan de Rehabilitación.*

### *3.5.1.6. Muestreo de Aguas Subterráneas*

*3.5.1.6.2. Estándar Aplicable*

Debido a que en la legislación peruana no se cuenta con estándares de calidad ambiental para agua subterránea, la normativa a aplicar será la norma holandesa denominada "*Soil Remediation Circular 2013, versión de julio 2013".*

En la **Tabla 5** (Tabla 3-18), se describen los estándares de calidad ambiental aplicables para agua subterránea.

**Tabla 5. (Tabla 3-18) Estándares de Calidad Ambiental para Agua Subterránea de la Norma Holandesa**

| Parámetros | Unidad | Valores objetivo | Valores de intervención |
|---|---|---|---|
| **Parámetros de Campo** | | | |
| Potencial de Hidrógeno | UpH | --- | --- |
| Temperatura del agua | °C | --- | --- |
| Conductividad Eléctrica (CE) | µS/cm | --- | --- |
| Oxígeno ($O_2$) | mg/l | --- | --- |
| Potencial Oxido-Reducción | mV | --- | --- |
| Turbidez | NTU | --- | --- |
| **Hidrocarburos** | | | |
| Mineral Oil HTP (C9-C40) | µg/L | 50 | 600 |
| **Hidrocarburos poliaromáticos** | | | |
| Naftaleno | µg/L | 0,01 | 70 |
| Benzo(a) pireno | µg/L | 0,0005 | 0,05 |
| Acenaftileno | µg/L | 0,05 | |
| Acenafteno | µg/L | --- | |
| Fluoreno | µg/L | --- | |
| Fenantreno | µg/L | 0,003 | 5 |
| Antraceno | µg/L | 0,0007 | 5 |
| Fluoranteno | µg/L | 0,003 | 1 |
| Pireno | µg/L | --- | --- |
| Benzo(a)antraceno | µg/L | 0,0001 | 0,5 |
| Criseno | µg/L | 0,003 | 0,2 |
| Benzo(b)fluoranteno | µg/L | --- | --- |
| Benzo(k)fluoranteno | µg/L | 0,0004 | 0,05 |

| Parámetros | Unidad | Valores objetivo | Valores de intervención |
|---|---|---|---|
| Dibenzo(ah)antraceno | µg/L | --- | --- |
| Benzo(ghi)perileno | µg/L | 0,0003 | 0,05 |
| Indeno(1,2,3-cd) Pireno | µg/L | 0,0004 | 0,05 |
| **BTEX** | | | |
| Benceno | µg/L | 0,2 | 30 |
| Tolueno | µg/L | 7 | 1000 |
| Etilbenceno | µg/L | 4 | 150 |
| Xilenos | µg/L | 0,2 | 70 |
| **Inorgánicos** | | | |
| Arsénico total | µg/L | 10 | 60 |
| Bario total | µg/L | 50 | 625 |
| Cadmio total | µg/L | 0,4 | 6 |
| Cromo total | µg/L | 1 | 30 |
| Mercurio total | µg/L | 0,05 | 0,3 |
| Níquel total | µg/L | 15 | 75 |
| Plomo total | µg/L | 15 | 75 |
| Antimonio total | µg/L | | 20 |
| Vanadio total[6] | µg/L | | |
| Zinc total | µg/L | 65 | 800 |

**Fuente:** *Soil Remediation Circular 2013, version of July 2013.*

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

### *3.5.1.6.3. Parámetros de Muestreo y Metodologías Analíticas*

Los parámetros a muestrear, el método de referencia, el límite de detección y los estándares de comparación se indican en la Tabla 3-19.

**Tabla 6. (Tabla 2-19) 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 | ----- | ----- |

[6] Parámetro no reglamentado por *Soil Remediation Circular 2013 of Holland,* razón por la cual no será tomado en consideración como contaminantes de potencial preocupación para agua subterránea.

| Parámetros | Método De Referencia | Límite De Detección | Estándares De Comparación |
|---|---|---|---|
| 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 |
| 0-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 | Soil Remediation Circular 2013 of Holland: 0,00005 mg/L |
| 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: 0,001 mg/L |

| Parámetros | Método De Referencia | Límite De Detección | Estándares De Comparación |
|---|---|---|---|
| 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 |
| Níquel total | EPA 6020A Rev. 1 February 2007 | 0,0002 mg/L | Soil Remediation Circular 2013 of Holland: 0,075 mg/L |
| Plomo total | EPA 6020A Rev. 1 February 2007 | 0,0002 mg/L | Soil Remediation Circular 2013 of Holland: 0,075 mg/L |

| Parámetros | Método De Referencia | Límite De Detección | Estándares De Comparación |
|---|---|---|---|
| Antimonio total | EPA 6020A Rev. 1 February 2007 | 0,00004 mg/L | Soil Remediation Circular 2013 of Holland: 0,020 mg/L |
| Vanadio total[7] | EPA 6020A Rev. 1 February 2007 | 0,001 mg/L | -- |
| Zinc total | EPA 6020A Rev. 1 February 2007 | | Soil Remediation Circular 2013 of Holland: 0,80 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) |
| Níquel disuelto | EPA 6020A Rev. 1 February 2007 | | (a) |
| Plomo disuelto | EPA 6020A Rev. 1 February 2007 | 0,0002 mg/L | (a) |
| Antimonio disuelto | EPA 6020A Rev. 1 February 2007 | 0,0002 mg/L | (a) |
| Vanadio disuelto | EPA 6020A Rev. 1 February 2007 | 0,0001 mg/L | Parámetro no reglamentado |
| Zinc disuelto | EPA 6020A Rev. 1 February 2007 | 0,01 | (a) |

**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.
(a) Este parámetro se considera para evaluar la disolución de los metales en el agua subterránea

(iii) **Parámetros de Interés para la Matriz Agua Superficial**

Como referencia para evaluar la calidad ambiental del agua superficial, se empleará la última norma aprobada por el Estado Peruano referido a este componente ambiental. Los estándares de Calidad Ambiental de Agua Superficial son los referidos al D.S. N° 004-2017-MINAM, publicado en el diario el peruano el 7 de junio de 2017.

*Debido a que el Cromo total no está reglamentado para el ECA Agua*, Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, E2: Ríos de la Selva, para Agua y considerando que los potenciales receptores como cazadores y pescadores que transitan por el Sitio S0104 (Botadero km 2), pueden consumir agua de los cuerpos estacionales, para el Cromo total *se adoptará como estándar de referencia el valor de 0,05 mg/l, el cual corresponde al límite de referencia para Agua Categoría 1: Poblacional y Recreacional.*

[7] Parámetro no reglamentado por *Soil Remediation Circular 2013 of Holland*.

*Se realiza la inclusión de los metales Antimonio (Sb), Níquel (Ni) y Zinc (Zn), metales que están reglamentados por la legislación nacional.*

*Se realiza la inclusión del Vanadio (V) y se adopta el estándar de referencia reglamentado por Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia.*
Debido a lo anteriormente señalado, se realizará la modificación en el Plan de Rehabilitación de los siguientes ítems.

*3.5.1.7. Muestreo de Aguas Superficiales*

**Tabla 7. (Tabla 2-21) Estándares de Calidad Ambiental y Normatividad Aplicable para Agua Superficial, Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, E2: Ríos de la Selva**

| Parámetros | Normatividad Aplicable | Estándar de Referencia |
|---|---|---|
| Aceites y Grasas (MEH) | ECA para Agua, Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, E2: Ríos de la Selva | 5,0 mg/L |
| Conductividad | ECA para Agua, Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, E2: Ríos de la Selva | 1000 µS/cm |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno ($DBO_5$) | ECA para Agua, Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, E2: Ríos de la Selva | 10 mg/L |
| Oxígeno Disuelto (valor mínimo) | ECA para Agua, Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, E2: Ríos de la Selva | ≥ 5 mg/ L |
| Potencial de Hidrógeno (pH) | ECA para Agua, Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, E2: Ríos de la Selva | 6,5 a 9,0 Unidad de pH |
| Temperatura | ECA para Agua, Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, E2: Ríos de la Selva | Δ 3 °C |
| Sulfuros | ECA para Agua, Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, E2: Ríos de la Selva | 0,002 mg/L |
| Fenoles | ECA para Agua, Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, E2: Ríos de la Selva | 2,56 mg/L |
| Cloruros | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014)* | 120 mg/L |
| **INORGÁNICOS** | | |
| Arsénico | ECA para Agua, Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, E2: Ríos de la Selva | 0,15 mg/L |
| Bario | ECA para Agua, Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, E2: Ríos de la Selva | 1 mg/L |
| Cadmio | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia* | 0,0001 mg/L |
| Cobre | ECA para Agua, Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, E2: Ríos de la Selva | 0,1 mg/L |

| Parámetros | Normatividad Aplicable | Estándar de Referencia |
|---|---|---|
| Cromo | (a) ECA para Agua, Categoría 1: Poblacional y Recreacional | 0,05 mg/L |
| Cromo VI | ECA para Agua, Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, E2: Ríos de la Selva | 0,011 mg/L |
| Mercurio | ECA para Agua, Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, E2: Ríos de la Selva | 0,0001 mg/L |
| Níquel | ECA para Agua, Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, E2: Ríos de la Selva | 0,052 mg/L |
| Plomo | ECA para Agua, Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, E2: Ríos de la Selva | 0,0025 mg/L |
| Antimonio | ECA para Agua, Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, E2: Ríos de la Selva | 0,64 mg/L |
| Vanadio | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia* | 0,006 mg/L |
| Zinc | ECA para Agua, Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, E2: Ríos de la Selva | 0,12 mg/L |
| **ORGÁNICOS** | | |
| **Compuestos Orgánicos Volátiles** | | |
| Hidrocarburos Totales de Petróleo | ECA para Agua, Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, E2: Ríos de la Selva | 0,5 mg/L |
| Hexaclorobutadieno | ECA para Agua, Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, E2: Ríos de la Selva | 0,0006 mg/L |
| **BTEX** | | |
| Benceno | ECA para Agua, Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, E2: Ríos de la Selva | 0,05 mg/L |
| Tolueno | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014)* | 0,0005 mg/L |
| Etilbenceno | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014)* | 0,09 mg/L |
| Xilenos | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014)* | 0,03 mg/L |
| **Hidrocarburos Aromáticos** | | |
| Benzo(a)pireno | ECA para Agua, Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, E2: Ríos de la Selva | 0,0001 mg/L |
| Antraceno | ECA para Agua, Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, E2: Ríos de la Selva | 0,0004 mg/L |
| Fluoranteno | ECA para Agua, Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, E2: Ríos de la Selva | 0,001 mg/L |

| Parámetros | Normatividad Aplicable | Estándar de Referencia |
|---|---|---|
| Acenafteno | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia* | 0,0058 mg/L |
| Acenaftileno | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia* | 0,0046 mg/L |
| Benzo(a)antraceno | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014)* | 0,000018 mg/L |
| Benzo[ah]antraceno | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia* | 0,00026 mg/L |
| Benzo(b)fluoranteno | Reglamento de Estándares de Calidad de Agua de Puerto Rico (2016) | 0,000038 mg/L |
| Benzo[k]fluoranteno | Reglamento de Estándares de Calidad de Agua de Puerto Rico (2016) | 0,000038 mg/L |
| Benzo[ghi]perileno | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia* | 0,00017 mg/L |
| Criseno | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia* | 0,0014 mg/L |
| Fenantreno | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014)* | 0,0004 mg/L |
| Fluoreno | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia* | 0,003 mg/L |
| Indeno[1,2,3-cd]pireno | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia* | 0,00021 mg/L |
| Naftaleno | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014)* | 0,0001 mg/L |
| Pireno | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014)* | 0,000025 mg/L |

(a) ECA para Agua, Categoría 1: Poblacional y Recreacional

**Fuente**: Estándares de Calidad de Agua Superficial, D.S. N° 004-2017-MINAM, Reglamento de Estándares de Calidad de Agua de Puerto Rico (2016), *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia, Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014)*.

3.5.1.7.2. *Parámetros de Monitoreo y Metodologías Analíticas*

Los parámetros para los análisis de las muestras de agua superficial se presentan en la **Tabla 8** (Tabla 3-22).

**Tabla 8. (Tabla 3-22) Método de Análisis, Límites de Detección Empleados por el Laboratorio y Estándares de Calidad de Agua Superficial.**

| Parámetros | Método de Referencia | Límite de Detección | Estándares de Comparación |
|---|---|---|---|
| pH | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 22nd Ed. 2012 | ---- | ECA de Agua Superficial, categoría 4 (ríos de la selva): 6,5 – 9,0 UpH |
| Temperatura de la muestra | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 22nd Ed. 2012 | --- | ECA de Agua Superficial, categoría 4 (ríos de la selva): Δ 3 °C |
| Conductividad Eléctrica | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 22nd Ed. 2012 | --- | ECA de Agua Superficial, categoría 4 (ríos de la selva): 1000 µS/cm |
| Oxígeno Disuelto | EPA 360.1 1971 | --- | ECA de Agua Superficial, categoría 4 (ríos de la selva): ≥ 5 mg/L |

| Parámetros | Método de Referencia | Límite de Detección | Estándares de Comparación |
|---|---|---|---|
| Potencial de óxido reducción | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2580 B, 22nd Ed. 2012 | --- | --- |
| Cloruros | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-Cl- B, 22nd Ed. 2012 | 0,5 mg/L | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014):* 120 mg/L |
| Aceites y Grasas (MHE) | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 22nd Ed. 2012 | 0,5 mg/L | ECA de Agua Superficial, categoría 4 (ríos de la selva): 5,0 mg/L |
| Fenoles | EPA METHOD 9065 Rev. 0 1986 | 0,01 mg/L | ECA de Agua Superficial, categoría 4 (ríos de la selva): 2,56 mg/L |
| Sulfuros | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-S2- D, 22nd Ed. 2012 | 0,001 mg/L | ECA de Agua Superficial, categoría 4 (ríos de la selva): 0,002 mg/L |
| Arsénico total | EPA 6020A, Rev. 1 February 2007 | 0,00003 mg/L | ECA de Agua Superficial, categoría 4 (ríos de la selva): 0,15 mg/L |
| Bario total | EPA 6020A, Rev. 1 February 2007 | 0,0001 mg/L | ECA de Agua Superficial, categoría 4 (ríos de la selva): 1 mg/L |
| Cadmio total | EPA 6020A, Rev. 1 February 2007 | 0,00001 mg/L | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia*: 0,0001 mg/L |
| Cadmio disuelto | EPA 6020A, Rev. 1 February 2007 | 0,00001 mg/L | ECA de Agua Superficial, categoría 4 (ríos de la selva): 0,00025 mg/L |
| Cromo total | EPA 6020A, Rev. 1 February 2007 | 0,0001 mg/L | ECA para Agua, Categoría 1: Poblacional y Recreacional: 0,05 mg/L |
| Cromo VI | EPA 6020A, Rev. 1 February 2007 | 0,002 mg/L | ECA de Agua Superficial, categoría 4 (ríos de la selva): 0,011 mg/L |
| Cobre total | EPA 6020A, Rev. 1 February 2007 | 0,00003 mg/L | ECA de Agua Superficial, categoría 4 (ríos de la selva): 0,1 mg/L |
| Mercurio total | EPA 6020A, Rev. 1 February 2007 | 0,00003 mg/L | ECA de Agua Superficial, categoría 4 (ríos de la selva): 0,0001 mg/L |
| Níquel total | EPA 6020A, Rev. 1 February 2007 | 0,0002 mg/L | ECA de Agua Superficial, categoría 4 (ríos de la selva): 0,052 mg/L |
| Plomo total | EPA 6020A, Rev. 1 February 2007 | 0,0002 mg/L | ECA de Agua Superficial, categoría 4 (ríos de la selva): 0,0025 mg/L |
| Antimonio total | EPA 6020A, Rev. 1 February 2007 | 0,00004 mg/L | ECA de Agua Superficial, categoría 4 (ríos de la selva): 0,64 mg/L |
| Vanadio total | EPA 6020A, Rev. 1 February 2007 | 0,006 mg/L | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia* |

| Parámetros | Método de Referencia | Límite de Detección | Estándares de Comparación |
|---|---|---|---|
| Zinc total | EPA 6020A, Rev. 1 February 2007 | 0,01 mg/L | ECA de Agua Superficial, categoría 4 (ríos de la selva): 0,12 mg/L |
| Benceno | EPA METHOD 8021 B Rev.03, 2014 | 0,001 mg/L | ECA de Agua Superficial, categoría 4 (ríos de la selva): 0,05 mg/L |
| Tolueno | EPA METHOD 8021 B Rev.03, 2014 | 0,002 mg/L | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014):* 0,0005 mg/L |
| Etilbenceno | EPA METHOD 8021 B Rev.03, 2014 | 0,002 mg/L | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014):* 0,09 mg/L |
| Xilenos | EPA METHOD 8021 B Rev.03, 2014 | 0,006 mg/L | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014):* 0,03 mg/L |
| Hidrocarburos totales de petróleo (C9-C40) | EPA METHOD 8015 C, Rev. 3 2007 | 0,01 mg/L | ECA de Agua Superficial, categoría 4 (ríos de la selva): 0,5 mg/L |
| Naftaleno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,000009 mg/L | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014):* 0,0001 mg/L |
| Acenaftileno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,000013 mg/L | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia*: 0,0046mg/L |
| Acenafteno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,000013 mg/L | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia*: 0,0058mg/L |
| Fluoreno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,000016 mg/L | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia*: 0,003 mg/L |
| Fenantreno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,000016 mg/L | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014):* 0,0004 mg/L |
| Antraceno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,000016 mg/L | ECA de Agua Superficial, categoría 4 (ríos de la selva): 0,0004 mg/L |
| Fluoranteno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,000016 mg/L | ECA de Agua Superficial, categoría 4 (ríos de la selva): 0,001 mg/L |
| Pireno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,000009 mg/L | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014):* 0,000025 mg/L |
| Benzo(a)antraceno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,000009 mg/L | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014):* 0,000018 mg/L |
| Criseno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,000013 mg/L | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia*: 0,0014 mg/L |
| Benzo(b)fluoranteno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,000016 mg/L | Reglamento de Estándares de Calidad de Agua de Puerto Rico (2016): 0,000038 mg/L |

| Parámetros | Método de Referencia | Límite de Detección | Estándares de Comparación |
|---|---|---|---|
| Benzo[k]fluoranteno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,000009 mg/L | Reglamento de Estándares de Calidad de Agua de Puerto Rico (2016): 0,000038 mg/L |
| Benzo[a]pireno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,000013 mg/L | ECA de Agua Superficial, categoría 4 (ríos de la selva): 0,0001 mg/L |
| Bibenz[ah]antraceno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,000013 mg/L | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia*: 0,00026 mg/L |
| Benzo[ghi]perileno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,000009 mg/L | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia*: 0,00017 mg/L |
| Indeno[1,2,3-cd]pireno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,000016 mg/L | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia* 0,00021 mg/L |

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

(iv) **Parámetros de Interés para la Matriz Sedimentos**

Debido a que el Perú no cuenta con estándares nacionales de calidad ambiental para sedimentos, se empleará como estándar de comparación la *Environmental Quality Guidelines of Alberta* (Guías de Calidad Ambiental de la provincia de Alberta, Canadá) del año 2014 principalmente, se empleará los estándares de *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites* (2014) de la provincia canadiense de Nueva Escocia para los parámetros que no cuenten con estándares en la Guía de Calidad Ambiental de Alberta.

Teniendo en consideración el tipo de contaminantes que se generaron en el Sitio y que podrían migrar del suelo hacia el agua superficial y luego por fenómenos de disolución y precipitación de los contaminantes de preocupación hacia los sedimentos, se consideraron como parámetros de interés las sustancias que se presentan en la **Tabla 9.**

*Se realiza la inclusión del estándar de referencia para el parámetro de hidrocarburos totales de petróleo (C9-C40).*

*Se realiza la inclusión de los metales Níquel (Ni) y Antimonio (Sb), y se adopta el estándar de referencia reglamentado por Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia*

*Se realiza la inclusión del Zinc (Zn) y se adopta el estándar de referencia reglamentado por Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014).*

*El Bario (Ba) y el Vanadio (V) no están reglamentados por Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014) ni por Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia, por lo tanto, no serán considerado como contaminantes de potencial preocupación.*

Considerando lo anteriormente expuesto, se realizará la actualización de los siguientes Ítems tablas del Plan de Rehabilitación.

### *3.5.1.8. Muestreo de Sedimentos*

*3.5.1.8.1. Estándar de Calidad Ambiental para Sedimentos*

Debido a que el Perú no cuenta con estándares nacionales de calidad ambiental para sedimentos se empleará principalmente como estándar de comparación la *Environmental Quality Guidelines of Alberta* (Guías de Calidad Ambiental de la provincia de Alberta, Canadá) del año 2014. se empleará los estándares de *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites* (2014) de la provincia canadiense de Nueva Escocia para los parámetros que no cuenten con estándares en la Guía de Calidad Ambiental de Alberta.

En la **Tabla 9** (Tabla 3-24), se presentan los estándares de referencia para sedimentos.

**Tabla 9. (Tabla 3-24) Estándares de Calidad Ambiental para Sedimentos**

| Parámetros | Normatividad Aplicable | Estándar de Referencia |
|---|---|---|
| Hidrocarburos Totales de Petróleo (C9-C40) | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia* | 500 mg/kg |
| Benceno | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia* | 1,2 mg/kg |
| Tolueno | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia* | 1,4 mg/kg |
| Etilbenceno | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia* | 1,2 mg/kg |
| Xilenos | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia* | 1,3 mg/kg |
| Naftaleno | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia* | 0,391 mg/kg |
| Benzo(a) pireno | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014)* | 0,0319 mg/kg (ISQG) / 0,782 mg/kg (PEL) |
| Acenaftileno | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014)* | 0,00587 mg/kg (ISQG) / 0,128 mg/kg (PEL) |
| Acetanafteno | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014)* | 0,00671 mg/kg (ISQG) / 0,0889 mg/kg (PEL) |
| Fluoreno | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014)* | 0,0212 mg/kg (ISQG) / 0,144 mg/kg (PEL) |
| Fenantreno | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014)* | 0,0419 mg/kg (ISQG) / 0,515 mg/kg (PEL) |
| Antraceno | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014)* | 0,0469 mg/kg (ISQG) / 0,245 mg/kg (PEL) |
| Fluoranteno | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014)* | 0,111 mg/kg (ISQG) / 2,355 mg/kg (PEL) |
| Pireno | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014)* | 0,053 mg/kg (ISQG) / 0,875 mg/kg (PEL) |
| Benzo(a)antraceno | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014)* | 0,0317 mg/kg (ISQG) / 0,385 mg/kg (PEL) |
| Criseno | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014)* | 0,0571 mg/kg (ISQG) / 0,862 mg/kg (PEL) |
| Dibenzo(ah)antraceno | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia* | 0,135 mg/kg |
| Benzo(ghi)perileno | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia* | 3,2 mg/kg |

| Parámetros | Normatividad Aplicable | Estándar de Referencia |
|---|---|---|
| Indeno(1,2,3-cd) pireno | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia* | 3,2 mg/kg |
| Arsénico total | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014)* | 5,9 mg/kg (ISQG) / 17 mg/kg (PEL) |
| Bario total | *(b)* | -- |
| Cadmio total | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia* | 3,5 mg/kg |
| Cromo total | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014)* | 37,3 mg/kg (ISQG) / 90 mg/kg (PEL) |
| Níquel total | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia* | 75 mg/kg |
| Mercurio total | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014)* | 0,170 mg/kg (ISQG) / 0,486 mg/kg (PEL) |
| Plomo total | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014)* | 35 mg/kg (ISQG) / 91,3 mg/kg (PEL) |
| Antimonio total | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia* | 25 mg/kg |
| Vanadio total | *(b)* | -- |
| Zinc total | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014)* | 123 mg/kg (ISQG) / 315 mg/kg (PEL) |
| PCB´s | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia* | 0,277 mg/kg |
| Textura | (a) | -- |
| pH | (a) | -- |

(a) Parámetro indicador de la posible migración de contaminantes

*(b)* Parámetro no reglamentado por *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014)* ni por *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia*

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

*3.5.1.8.2. Parámetros de Muestreo y Metodologías Analíticas*

Los parámetros de sedimento que se monitorearán se presentan en la **Tabla 10** (Tabla 3-25).

**Tabla 10. (Tabla 3-25) Método de Análisis, Límites de Detección Empleados por Laboratorios y Estándares de Calidad de Sedimentos**

| Parámetros | Método De Referencia | Límite De Detección | Estándares De Comparación |
|---|---|---|---|
| Benceno | EPA METHOD 8260 C, Rev. 3, 2006 | 0,004 mg/kg | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia*: 1,2 mg/kg |
| Tolueno | EPA METHOD 8260 C, Rev. 3, 2006 | 0,012 mg/kg | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia:* 1,4 mg/kg |
| Etilbenceno | EPA METHOD 8260 C, Rev. 3, 2006 | 0,008 mg/kg | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia:* 1,2 mg/kg |
| Xilenos | EPA METHOD 8260 C, Rev. 3, 2006 | 0,019 mg/kg | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia:* 1,3 mg/kg |

| Parámetros | Método De Referencia | Límite De Detección | Estándares De Comparación |
|---|---|---|---|
| Naftaleno | EPA METHOD 8260 C, Rev. 3, 2006 | 0,009 mg/kg | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia:* 0,391 mg/kg |
| Benzo(a) pireno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,0009 mg/kg | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014):* 0,0319 mg/kg (ISQG) / 0,782 mg/kg (PEL) |
| Acenaftileno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,0009 mg/kg | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014):* 0,00587 mg/kg (ISQG) / 0,128 mg/kg (PEL) |
| Acetanafteno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,0009 mg/kg | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014):* 0,00671 mg/kg (ISQG) / 0,0889 mg/kg (PEL) |
| Fluoreno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,0009 mg/kg | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014):* 0,0212 mg/kg (ISQG) / 0,144 mg/kg (PEL) |
| Fenantreno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,0009 mg/kg | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014):* 0,0419 mg/kg (ISQG) / 0,515 mg/kg (PEL) |
| Antraceno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,0009 mg/kg | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014):* 0,0469 mg/kg (ISQG) / 0,245 mg/kg (PEL) |
| Fluoranteno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,0009 mg/kg | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014):* 0,111 mg/kg (ISQG) / 2,355 mg/kg (PEL) |
| Pireno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,0009 mg/kg | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014):* 0,053 mg/kg (ISQG) / 0,875 mg/kg (PEL) |
| Benzo(a)antraceno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,0009 mg/kg | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014):* 0,0317 mg/kg (ISQG) / 0,385 mg/kg (PEL) |
| Criseno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,0006 mg/kg | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014):* 0,0571 mg/kg (ISQG) / 0,862 mg/kg (PEL) |
| Dibenzo(ah)antraceno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,0009 mg/kg | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia:* 0,135 mg/kg |
| Benzo(ghi)perileno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,0006 mg/kg | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia:* 3,2 mg/kg |
| Indeno(1,2,3-cd) pireno | EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014 | 0,0009 mg/kg | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia:* 3,2 mg/kg |
| Hidrocarburos Totales de Petróleo (C9-C40) | EPA METHOD 8015 C, Rev. 3 2007 | 2 mg/kg | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia:* 500 mg/kg |
| Arsénico total | EPA 3050 B: 1996/EPA 6010 B: 1996 | 3,5 mg/kg | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014):* 5,9 mg/kg (ISQG) / 17 mg/kg (PEL) |

| Parámetros | Método De Referencia | Límite De Detección | Estándares De Comparación |
|---|---|---|---|
| Cadmio total | EPA 3050 B: 1996/EPA 6010 B: 1996 | 0,5 mg/kg | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia*: 3,5 mg/kg |
| Cromo total | EPA 3050 B: 1996/EPA 6010 B: 1996 | 0,9 mg/kg | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014):* 37,3 mg/kg (ISQG) / 90 mg/kg (PEL) |
| Plomo total | EPA 3050 B: 1996/EPA 6010 B: 1996 | 2,0 mg/kg | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014):* 0,035 mg/kg (ISQG) / 0,0913 mg/kg (PEL) |
| Mercurio total | EPA 7471 B, February 2007 | 0,01 mg/kg | *Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014):* 0,170 mg/kg (ISQG) / 0,486 mg/kg (PEL) |
| PCB´s | EPA Method 8270 D Rev. 5 | 0,042 mg/kg | *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia*: 0.277 mg/kg |
| Textura | NOM-021-RECNAT-2000 Sección 7.1.9 | --- | (b) |
| pH | EPA METHOD 9045 D, Rev. 4 2004 | --- | (b) |

(a) Parámetro relacionado con la actividad desarrollada en la zona
(b) Parámetro indicador de la posible migración de contaminantes
**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

Considerando que el Ni, Sb, V y Zn fueron considerados como contaminantes de potencial preocupación se hace necesario actualizar la tabla de resultados de laboratorio y analizar el comportamiento de estos metales en las matrices de suelo, agua subterránea, agua superficial y sedimento.

Se realizará la actualización de los siguientes numerales del Plan de Rehabilitación.

### *3.6 Descripción de los Resultados de Campo y Laboratorio*

*3.6.1.3 Descripción de los Resultados de Laboratorio de los Niveles de Fondo*

*3.6.1.4.7 Metales Totales*

Los metales considerados de preocupación para el Sitio S0106 (Botadero km 2) son los siguientes: Arsénico (As), Bario (Ba), Cadmio (Cd), Cromo (Cr) y Cromo VI, Mercurio (Hg), Plomo (Pb); en los casos en los que la concentración del Bario superó el estándar ECA se analizó el Bario extraíble. La concentración de estos metales en suelo está regulada por el D.S. Nº 011-2017-MINAM.

También se consideraron al Antimonio (Sb), Níquel (Ni), Vanadio (V) y Zinc (Zn), como contaminantes de preocupación, razón por la cual fueron analizados en las muestras Nivel de fondo, el estándar de calidad para estos metales está reglamentado por *Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines.*

A continuación, se presentan la concentración de las fracciones de hidrocarburos F2, F3 y los resultados analíticos de los metales pesados:

**Tabla 11. (Tabla 3-57) Concentración de la Fracción de Hidrocarburos F2 (>C10-C28) y F3 (>C28-C40) en el Nivel de Fondo**

| ECA – Uso de suelo: Agrícola (mg/kg) | | | | | | | 1200 | 3000 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Punto de Muestreo | Fecha | Profundidad (m) | | Coordenadas UTM WGS84 Zona 18 S | | Época de Muestreo | Concentración en mg/kg MS | |
| | | Inicial | Final | Este | Norte | | F2 | F3 |
| S0105-NF1-0,25 | 14/09/2018 | 0,25 | 0,50 | 339451 | 9692045 | Seca | 18,2 | 48,1 |
| S0104-NF1-0,25 | 12/09/2018 | 0,25 | 0,50 | 339125 | 9692978 | Seca | < 1,0 | 27,9 |
| S0106-NF1-0,25 | 07/09/2018 | 0,25 | 0,50 | 338278 | 9694155 | Seca | < 1,0 | < 1,0 |

**Nota:** Los valores que presentan (<) hacen referencia a los límites de detección de la técnica empleada por los laboratorios.
**Fuente**: Informe de ensayo 52944, 52943 y 51252 de Laboratorio ALS, 2018.

**Tabla 12. (Tabla 3-58) Concentración de As, Sb, Ba, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb y Zn en las Muestras Nivel de Fondo**

| ECA– Uso de suelo: Agrícola (mg/kg) | | | | | | | 50 | | 750 | 1,4 | N.A. | 6,6 | | 70 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Canadian Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health (mg/kg) | | | | | | | | 20 | | | | | 45 | | 130 | 250 |
| Punto de Muestreo | Fecha | Profundidad (m) | | Coordenadas UTM WGS84 ZONA 18 S | | Época de Muestreo | Concentración en mg/kg MS | | | | | | | | | |
| | | Inicial | Final | Este | Norte | | As | Sb | Ba | Cd | Cr | Hg | Ni | Pb | V | Zn |
| S0105-NF1-0,25 | 14/09/2018 | 0,25 | 0,5 | 339451 | 9692045 | Seca | < 3,5 | < 2,5 | 110,8 | < 0,5 | 83,2 | 0,01 | 34 | 17 | 177.1 | 48,8 |
| S0104-NF1-0,25 | 12/09/2018 | 0,25 | 0,5 | 339125 | 9692978 | Seca | < 3,5 | < 2,5 | 71,7 | < 0,5 | 160,1 | 0,01 | 53 | 23 | 261 | 66,1 |
| S0106-NF1-0,25 | 7/09/2018 | 0,25 | 0,5 | 338278 | 9694155 | Seca | < 3,5 | < 2,5 | 44,8 | < 0,5 | 13,4 | 0,01 | < 1 | <2 | 73 | 28,1 |

**Nota:** Los valores que presentan (<) hacen referencia a los límites de detección de la técnica empleada por los laboratorios.
**Fuente**: Informe de ensayo 52944, 52943 y 51252 de Laboratorio ALS, 2018

*3.6.1.4 Descripción de los Resultados de Laboratorio para Suelo del Sitio S0106 (Botadero km 4)*

Se realizó el análisis de los parámetros fisicoquímicos de los sustratos de suelo.

Los parámetros físicos que se analizaron en laboratorio fueron el pH y Granulometría al 10% del total de las muestras.

Los parámetros químicos que se analizaron en laboratorio fueron:

- Metales totales: el análisis se realizó al 100% de las muestras. Se definieron como contaminantes de preocupación al Antimonio (Sb), Arsénico (As), Bario (Ba), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Mercurio (Hg), Níquel, Plomo (Pb), Vanadio (V) y Zinc (Zn).
- Fracción de hidrocarburos F1 (C6-C10): se analizó al 10% de las muestras.
- F2 (>C10-C28) y F3 (>C28-C40): estas fracciones se analizaron al 25% de las muestras.
- Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos: el análisis se realizó al 7% de las muestras.
- Hidrocarburos aromáticos policíclicos: Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo (a) Antraceno, Benzo (a) Pireno, Benzo (b) Fluoranteno, Benzo (g,h,i) Perileno, Benzo (k) Fluoranteno, Criseno, Dibenzo (a,h) Antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, Indeno (1,2,3 cd) Pireno, Naftaleno. La concentración de estos compuestos se analizó al 10% del total de muestras.
- Otros contaminantes de preocupación: se analizó Cromo hexavalente al 10% de las muestras y los Bifenilos policlorados al 19% de las muestras.

A continuación, se presentan los parámetros fisicoquímicos descritos en el plan de muestreo, los cuales se clasificaron en físicos y químicos y según su naturaleza en orgánicos e inorgánicos, los resultados obtenidos se correlacionan con la época de muestreo y se comparan con el ECA de suelo D.S. N° 011-2017-MINAM o con Normativa internacional como la *Interin Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines*.

*3.6.1.4.7 Metales Totales*

Los metales considerados de preocupación para el Sitio S0106 (Botadero km 4) son los siguientes: Arsénico (As), Bario (Ba), Cadmio (Cd), Cromo (Cr) y Cromo VI, Mercurio (Hg) y Plomo (Pb); en los casos en los que la concentración del Bario superó el estándar ECA se analizó el Bario extraíble. La concentración de estos metales en suelo está regulada por el D.S. Nº 011-2017-MINAM.

Considerando que en el Sitio S0106 (Botadero km 4), se realizó la disposición de piezas metálicas construidas con materiales de diferentes aleaciones, también se consideraron como contaminantes de preocupación al Antimonio (Sb), Níquel (Ni), Vanadio (V) y Zinc (Zn), el estándar de calidad para estos metales está reglamentado por *Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines.*

En la Tabla 3-63, se presenta la concentración de metales totales, la cual fue determinada en Laboratorio a través de la técnica analítica de "Ensayo de metales totales por ICP óptico" y los cuales están regulados por el Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM.

Se presenta también la concentración del Antimonio (Sb), Níquel (Ni), Vanadio (V) y Zinc (Zn) para los cuales se adopta como estándar de referencia a *Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines.*

**Tabla 13. (Tabla 3-61) Valores de Parámetros Orgánicos Regulados por el ECA de Suelos.**

| ECA – Uso de suelo: Agrícola | | | | | | | 200 | 1200 | 3000 | 0,03 | 0,37 | 0,082 | 11 | 0,1 | 0,1 | 0,5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Estación de Muestreo | Fecha | Profundidad (m) | | Coordenadas UTM WGS84 ZONA 18 S | | Época de Muestreo | Concentración en mg/kg MS | | | | | | | | | |
| | | Inicial | Final | Este | Norte | | F1 | F2 | F3 | Benceno | Tolueno | Etilbenceno | Xilenos | Benzo (a) Pireno | Naftaleno | PCB Total |
| S0106-S001-0,30 | 10/05/2018 | 0,00 | 0,30 | 338213 | 9694208 | Húmeda | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| S0106-S001-1,50 | | 1,30 | 1,50 | | | | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| S0106-S001-2,20 | | 2,00 | 2,20 | | | | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| S0106-S002-0,00 | 07/09/2018 | 0,00 | 0,25 | 338122 | 9694264 | Seca | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| S0106-S002-1,50 | | 1,50 | 1,75 | | | | N.A. | N.A. | N.A. | < 0,0031 | < 0,0038 | < 0,0028 | < 0,0104 | N.A. | N.A. | N.A. |
| S0106-S002-2,25 | | 2,25 | 2,50 | | | | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| S0106-S003-0,40 | 10/05/2018 | 0,00 | 0,40 | 338206 | 9694204 | Húmeda | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| S0106-S003-1,60 | | 1,40 | 1,60 | | | | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| S0106-S003-2,30 | | 2,10 | 2,30 | | | | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| S0106-S004-0,00 | 09/09/2018 | 0,00 | 0,40 | 338115 | 9694171 | Seca | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| S0106-S005-0,00 | 06/09/2018 | 0,00 | 0,25 | 338121 | 9694193 | Seca | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| S0106-S005-0,50 | | 0,50 | 0,75 | | | | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| S0106-S005-1,00 | | 1,00 | 1,25 | | | | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| S0106-S006-0,00 | 06/09/2018 | 0,00 | 0,25 | 338082 | 9694267 | Seca | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | < 0,0142 |
| S0106-S006-1,25 | | 1,25 | 1,5 | | | | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | < 0,0142 |
| S0106-S006-2,00 | | 2,00 | 2,25 | | | | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | < 0,0142 |

| ECA – Uso de suelo: Agrícola | | | | | | | 200 | 1200 | 3000 | 0,03 | 0,37 | 0,082 | 11 | 0,1 | 0,1 | 0,5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Estación de Muestreo | Fecha | Profundidad (m) | | Coordenadas UTM WGS84 ZONA 18 S | | Época de Muestreo | Concentración en mg/kg MS | | | | | | | | | |
| | | Inicial | Final | Este | Norte | | F1 | F2 | F3 | Benceno | Tolueno | Etilbenceno | Xilenos | Benzo (a) Pireno | Naftaleno | PCB Total |
| S0106-S007-2,00 | 09/09/2018 | 0,00 | 3,00 | 338137 | 9694213 | Seca | N.A. | 627,6 | 894,3 | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| S0106-S007-5,20 | | 0,00 | 5,20 | | | | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| S0106-S008-0,40 | 11/05/2018 | 0,00 | 0,40 | 338125 | 9694315 | Húmeda | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| S0106-S008-1,40 | | 1,20 | 1,40 | | | | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| S0106-S008-2,40 | | 2,20 | 2,40 | | | | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| S0106-S009-0,60 | 09/09/2018 | 0,00 | 0,60 | 338144 | 9694254 | Seca | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| S0106-S010-0,00 | 06/09/2018 | 0,00 | 0,25 | 338127 | 9694193 | Seca | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| S0106-S010-1,00 | | 1,00 | 1,25 | | | | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| S0106-S010-2,25 | | 2,25 | 2,50 | | | | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| S0106-S011-0,40 | 10/05/2018 | 0,00 | 0,40 | 338104 | 9694166 | Húmeda | < 0,6 | < 0,9 | 28,1 | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | < 0,0009 | < 0,0006 | < 0,0142 |
| S0106-S011-1,20 | | 1,00 | 1,20 | | | | N.A. | < 0,9 | 27,8 | < 0,0031 | < 0,0038 | < 0,0028 | < 0,0104 | < 0,0009 | < 0,0006 | < 0,0142 |
| S0106-S011-2,20 | | 2,00 | 2,20 | | | | N.A. | < 0,9 | 25,4 | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | < 0,0009 | < 0,0006 | < 0,0142 |
| S0106-S012-1,50 | 09/09/2018 | 0,00 | 1,50 | 333145 | 9694232 | Seca | N.A. | 2099 | 1962 | < 0,0031 | < 0,0038 | < 0,0028 | < 0,0104 | N.A. | N.A. | N.A. |
| S0106-S012-2,30 | | 1,50 | 2,30 | | | | N.A. | 7032 | 15332 | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| S0106-S012-2,50 | | 2,30 | 2,50 | | | | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| S0106-S013-0,40 | 11/05/2018 | 0,00 | 0,40 | 338132 | 9694355 | Húmeda | < 0,6 | < 0,9 | 33,1 | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | < 0,0009 | < 0,0006 | N.A. |
| S0106-S013-1,40 | | 1,20 | 1,40 | | | | N.A. | < 0,9 | < 0,9 | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | < 0,0009 | < 0,0006 | N.A. |

| ECA – Uso de suelo: Agrícola | | | | | | | 200 | 1200 | 3000 | 0,03 | 0,37 | 0,082 | 11 | 0,1 | 0,1 | 0,5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Estación de Muestreo | Fecha | Profundidad (m) | | Coordenadas UTM WGS84 ZONA 18 S | | Época de Muestreo | Concentración en mg/kg MS | | | | | | | | | |
| | | Inicial | Final | Este | Norte | | F1 | F2 | F3 | Benceno | Tolueno | Etilbenceno | Xilenos | Benzo (a) Pireno | Naftaleno | PCB Total |
| S0106-S014-0,40 | 11/05/2018 | 0,00 | 0,40 | 338148 | 9694240 | Húmeda | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| S0106-S014-1,20 | | 1,00 | 1,20 | | | | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| S0106-S015-0,40 | 11/05/2018 | 0,00 | 0,40 | 338178 | 9694295 | Húmeda | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| S0106-S015-1,70 | | 1,50 | 1,70 | | | | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| S0106-S015-2,80 | | 2,60 | 2,80 | | | | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| S0106-S016-1,50 | 09/09/2018 | 1,50 | 3,00 | 338155 | 9694266 | Húmeda | N.A. | 67,4 | 198,2 | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| S0106-S017-0,00 | 08/09/2018 | 0,00 | 0,40 | 338143 | 9694325 | Seca | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| S0106-S018-0,25 | 09/09/2018 | 0,25 | 0,50 | 338209 | 9694194 | Seca | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| S0106-S018-1,50 | | 1,50 | 1,75 | | | | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| S0106-S018-2,25 | | 2,25 | 2,50 | | | | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| S0106-S019-0,80 | 22/09/2018 | 0,80 | 1,00 | 338170 | 9694246 | Seca | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| S0106-S019-1,00 | | 1,00 | 1,25 | | | | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |

**Nota:** Los valores que presentan (<) hacen referencia a los límites de detección de la técnica empleada por los laboratorios.
**Fuente:** Informe de ensayo 26352, 51180, 51256, 51257, 26362 Y 53663 Laboratorio, ALS 2018.

**Tabla 14. (Tabla 3-62) Valores de Parámetros Orgánicos de Suelos Regulados por Normas Internacionales**

| *Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines (CCME 1991)* | | | | | | | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Estación de Muestreo | Fecha | Profundidad (m) | | Coordenadas UTM WGS84 ZONA 18 S | | Época de Muestreo | Concentración en mg/kg MS | | | | | | |
| | | Inicial | Final | Este | Norte | | Benzo (a) Antraceno | Benzo (b) Fluoranteno | Benzo (k) Fluoranteno | Dibenzo (a,h) Antraceno | Fenantreno | Indeno (1,2,3 cd) Pireno | Pireno |
| S0106-S011-0,40 | 10/05/2018 | 0,00 | 0,40 | 338104 | 9694166 | Húmeda | < 0,0009 | < 0,0006 | < 0,0006 | < 0,0009 | < 0,0009 | < 0,0009 | < 0,0009 |
| S0106-S011-1,20 | 10/05/2018 | 1,00 | 1,20 | 338104 | 9694166 | Húmeda | < 0,0009 | < 0,0006 | < 0,0006 | < 0,0009 | < 0,0009 | < 0,0009 | < 0,0009 |
| S0106-S011-2,20 | 10/05/2018 | 2,00 | 2,20 | 338104 | 9694166 | Húmeda | < 0,0009 | < 0,0006 | < 0,0006 | < 0,0009 | < 0,0009 | < 0,0009 | < 0,0009 |
| S0106-S013-0,40 | 11/05/2018 | 0,00 | 0,40 | 338132 | 9694355 | Húmeda | < 0,0009 | < 0,0006 | < 0,0006 | < 0,0009 | < 0,0009 | < 0,0009 | < 0,0009 |
| S0106-S013-1,40 | 11/05/2018 | 1,20 | 1,40 | 338132 | 9694355 | Húmeda | < 0,0009 | < 0,0006 | < 0,0006 | < 0,0009 | < 0,0009 | < 0,0009 | < 0,0009 |

**Nota:** Los valores que presentan (<) hacen referencia a los límites de detección de la técnica empleada por los laboratorios.
**Fuente:** Informe de ensayo 26352 y 26362 Laboratorio, ALS 2018.

**Tabla 15. (Tabla 3-63) Valores de Parámetros Orgánicos de Suelos, Regulados por Normas Internacionales**

| *Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines (CCME 1991)* | | | | | | | 0,0058 | 0,0046 | 0,0004 | 0,00017 | 0,0014 | 0,001 | 0,003 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Estación de Muestreo | Fecha | Profundidad (m) | | Coordenadas UTM WGS84 ZONA 18 S | | Época de Muestreo | Concentración en mg/kg MS | | | | | | |
| | | Inicial | Final | Este | Norte | | Acenafteno | Acenaftileno | Antraceno | Benzo (g,h,i) Perileno | Criseno | Fluoranteno | Fluoreno |
| S0106-S011-0,40 | 10/05/2018 | 0,00 | 0,40 | 338104 | 9694166 | Húmeda | < 0,0009 | < 0,0006 | < 0,0009 | < 0,0006 | < 0,0006 | < 0,0009 | < 0,0009 |
| S0106-S011-1,20 | 10/05/2018 | 1,00 | 1,20 | 338104 | 9694166 | Húmeda | < 0,0009 | < 0,0006 | < 0,0009 | < 0,0006 | < 0,0006 | < 0,0009 | < 0,0009 |
| S0106-S011-2,20 | 10/05/2018 | 2,00 | 2,20 | 338104 | 9694166 | Húmeda | < 0,0009 | < 0,0006 | < 0,0009 | < 0,0006 | < 0,0006 | < 0,0009 | < 0,0009 |
| S0106-S013-0,40 | 11/05/2018 | 0,00 | 0,40 | 338132 | 9694355 | Húmeda | < 0,0009 | < 0,0006 | < 0,0009 | < 0,0006 | < 0,0006 | < 0,0009 | < 0,0009 |
| S0106-S013-1,40 | 11/05/2018 | 1,20 | 1,40 | 338132 | 9694355 | Húmeda | < 0,0009 | < 0,0006 | < 0,0009 | < 0,0006 | < 0,0006 | < 0,0009 | < 0,0009 |

**Nota:** Los valores que presentan (<) hacen referencia a los límites de detección de la técnica empleada por los laboratorios.
**Fuente:** Informe de ensayo 26352 y 26362 Laboratorio, ALS 2018.

**Tabla 16. (Tabla 3-64) Concentración de Metales Pesados Regulados por el ECA y por *Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines.***

| ECA – Uso de suelo: Agrícola | | | | | | | 50 | 750 | 250 | 1,4 | N/A | 0,4 | 6,6 | N.A. | 70 | 20 | 130 | 250 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines | | | | | | | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | 45 | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| Estación de Muestreo | Fecha | Profundidad (m) | | Coordenadas UTM WGS84 ZONA 18 S | | Época de Muestreo | Concentración en mg/kg MS | | | | | | | | | | | |
| | | Inicial | Final | Este | Norte | | As | Ba | Bario Extraíble (Ba) | Cd | Cr | Cr (VI) | Hg | Ni | Pb | Sb | V | Zn |
| S0106-S001-0,30 | 10/05/2018 | 0 | 0,3 | 338213 | 9694208 | Húmeda | < 3,5 | 153,2 | N.A. | < 0,5 | 8,4 | N.A. | 0,03 | < 1 | 15 | < 2,5 | 50,6 | 30,3 |
| S0106-S001-1,50 | | 1,3 | 1,5 | | | | < 3,5 | 75 | N.A. | < 0,5 | 10,3 | N.A. | 0,07 | < 1 | 16 | < 2,5 | 59,3 | 23,8 |
| S0106-S001-2,20 | | 2 | 2,2 | | | | < 3,5 | 63,5 | N.A. | < 0,5 | 11,8 | N.A. | 0,09 | < 1 | 16 | < 2,5 | 57,4 | 23,7 |
| S0106-S002-0,00 | 7/09/2018 | 0 | 0,25 | 338122 | 9694264 | Seca | < 3,5 | 70,4 | N.A. | < 0,5 | 12,2 | N.A. | N.A. | < 1 | < 2 | < 2,5 | 70,6 | 36 |
| S0106-S002-1,50 | | 1,5 | 1,75 | | | | < 3,5 | 14,7 | N.A. | < 0,5 | 6,3 | N.A. | N.A. | < 1 | < 2 | < 2,5 | 65,8 | 16,3 |
| S0106-S002-2,25 | | 2,25 | 2,5 | | | | < 3,5 | 44,3 | N.A. | < 0,5 | 9,6 | N.A. | N.A. | < 1 | < 2 | < 2,5 | 62,3 | 17,3 |
| S0106-S003-0,40 | 10/05/2018 | 0 | 0,4 | 338206 | 9694204 | Húmeda | < 3,5 | 38,9 | N.A. | < 0,5 | 8,3 | < 0,2 | 0,05 | < 1 | 22 | < 2,5 | 56,8 | 30,7 |
| S0106-S003-1,60 | | 1,4 | 1,6 | | | | < 3,5 | 93,6 | N.A. | < 0,5 | 11,8 | < 0,2 | 0,09 | < 1 | 21 | < 2,5 | 69,5 | 44,8 |
| S0106-S003-2,30 | | 2,1 | 2,3 | | | | < 3,5 | 39,4 | N.A. | < 0,5 | 8,8 | < 0,2 | 0,09 | < 1 | < 2 | < 2,5 | 53,8 | 16,2 |
| S0106-S004-0,00 | 9/09/2018 | 0 | 0,4 | 338115 | 9694171 | Seca | < 3,5 | 147,3 | N.A. | < 0,5 | 9,4 | N.A. | N.A. | < 1 | < 2 | < 2,5 | 62 | 22,6 |
| S0106-S005-0,00 | 6/09/2018 | 0 | 0,25 | 338121 | 9694193 | Seca | < 3,5 | 71 | N.A. | < 0,5 | 7,9 | N.A. | N.A. | < 1 | < 2 | < 2,5 | 70,3 | 46,6 |
| S0106-S005-0,50 | | 0,5 | 0,75 | | | | < 3,5 | 321 | N.A. | < 0,5 | 9,2 | N.A. | N.A. | < 1 | < 2 | < 2,5 | 65,1 | 30,6 |
| S0106-S005-1,00 | | 1 | 1,25 | | | | < 3,5 | 437,6 | N.A. | < 0,5 | 23,6 | N.A. | N.A. | < 1 | 98 | < 2,5 | 70,4 | 157,7 |
| S0106-S006-0,00 | 6/09/2018 | 0 | 0,25 | 338082 | 9694267 | Seca | < 3,5 | 92 | N.A. | < 0,5 | 8,4 | N.A. | N.A. | < 1 | < 2 | < 2,5 | 66,4 | 23,1 |
| S0106-S006-1,25 | | 1,25 | 1,5 | | | | < 3,5 | 32,7 | N.A. | < 0,5 | 15,2 | N.A. | N.A. | < 1 | < 2 | < 2,5 | 61,6 | 34,4 |
| S0106-S006-2,00 | | 2 | 2,25 | | | | < 3,5 | 36,7 | N.A. | < 0,5 | 9 | N.A. | N.A. | < 1 | < 2 | < 2,5 | 46,2 | 42,9 |
| S0106-S007-2,00 | 9/09/2018 | 0 | 3 | 338137 | 9694213 | Seca | < 3,5 | 147,6 | N.A. | < 0,5 | 10,3 | N.A. | 0,25 | < 1 | 48 | < 2,5 | 60,1 | 65,7 |
| S0106-S007-5,20 | | 0 | 5,2 | | | | < 3,5 | 299,6 | N.A. | < 0,5 | 6,1 | N.A. | 0,15 | < 1 | < 2 | < 2,5 | 59,3 | 57 |
| S0106-S008-0,40 | 11/05/2018 | 0 | 0,4 | 338125 | 9694315 | Húmeda | < 3,5 | 37,3 | N.A. | < 0,5 | 8,5 | N.A. | 0,11 | < 1 | < 2 | < 2,5 | 50,6 | 20,3 |

| ECA – Uso de suelo: Agrícola | | | | | | | 50 | 750 | 250 | 1,4 | N/A | 0,4 | 6,6 | N.A. | 70 | 20 | 130 | 250 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines | | | | | | | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | 45 | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| Estación de Muestreo | Fecha | Profundidad (m) | | Coordenadas UTM WGS84 ZONA 18 S | | Época de Muestreo | Concentración en mg/kg MS | | | | | | | | | | | |
| | | Inicial | Final | Este | Norte | | As | Ba | Bario Extraíble (Ba) | Cd | Cr | Cr (VI) | Hg | Ni | Pb | Sb | V | Zn |
| S0106-S008-1,40 | | 1,2 | 1,4 | | | | < 3,5 | 29,4 | N.A. | < 0,5 | 13,1 | N.A. | 0,08 | < 1 | 14 | < 2,5 | 53,1 | 24,2 |
| S0106-S008-2,40 | | 2,2 | 2,4 | | | | < 3,5 | 42,6 | N.A. | < 0,5 | 14,9 | N.A. | 0,04 | < 1 | 30 | < 2,5 | 51,5 | 41,6 |
| S0106-S009-0,60 | 9/09/2018 | 0 | 0,6 | 338144 | 9694254 | Seca | < 3,5 | 140,5 | N.A. | < 0,5 | 7,2 | N.A. | N.A. | < 1 | < 2 | < 2,5 | 62,8 | 24,1 |
| S0106-S010-0,00 | | 0 | 0,25 | | | | < 3,5 | 82,1 | N.A. | < 0,5 | 9,3 | N.A. | N.A. | < 1 | < 2 | < 2,5 | 61,8 | 108,2 |
| S0106-S010-1,00 | 6/09/2018 | 1 | 1,25 | 338127 | 9694193 | Seca | < 3,5 | 30,5 | N.A. | < 0,5 | 12,5 | N.A. | N.A. | < 1 | < 2 | < 2,5 | 71,2 | 20,7 |
| S0106-S010-2,25 | | 2,25 | 2,5 | | | | < 3,5 | 33,8 | N.A. | < 0,5 | 17,4 | N.A. | N.A. | < 1 | < 2 | < 2,5 | 94,4 | 28,4 |
| S0106-S011-0,40 | | 0 | 0,4 | | | | < 3,5 | 48,2 | N.A. | < 0,5 | 12,5 | < 0,2 | 0,08 | < 1 | 14 | < 2,5 | 61,3 | 27,5 |
| S0106-S011-1,20 | 10/05/2018 | 1 | 1,2 | 338104 | 9694166 | Húmeda | < 3,5 | 41,6 | N.A. | < 0,5 | 11,6 | < 0,2 | 0,06 | < 1 | < 2 | < 2,5 | 59,2 | 22,3 |
| S0106-S011-2,20 | | 2 | 2,2 | | | | < 3,5 | 46,4 | N.A. | < 0,5 | 14,7 | < 0,2 | 0,15 | < 1 | 14 | < 2,5 | 61 | 36,5 |
| S0106-S012-1,50 | | 0 | 1,5 | | | | < 3,5 | 6442 | 24,2 | 55 | 16,5 | N.A. | 1,09 | < 1 | 357 | < 2,5 | 60,8 | 2264 |
| S0106-S012-2,30 | 9/09/2018 | 1,5 | 2,3 | 333145 | 9694232 | Seca | < 3,5 | 4406 | 129,9 | < 0,5 | 20,6 | N.A. | 0,37 | < 1 | 111 | < 2,5 | 62 | 1848 |
| S0106-S012-2,50 | | 2,3 | 2,5 | | | | < 3,5 | 412,6 | N.A. | < 0,5 | 4 | N.A. | N.A. | < 1 | < 2 | < 2,5 | 58,3 | 28,4 |
| S0106-S013-0,40 | 11/05/2018 | 0 | 0,4 | 338132 | 9694355 | Húmeda | < 3,5 | 36,9 | N.A. | < 0,5 | 15,9 | < 0,2 | 0,11 | < 1 | 19 | < 2,5 | 62 | 34,4 |
| S0106-S013-1,40 | | 1,2 | 1,4 | | | | < 3,5 | 32,8 | N.A. | < 0,5 | 18,6 | < 0,2 | 0,1 | < 1 | 24 | < 2,5 | 64,8 | 45,4 |
| S0106-S014-0,40 | 11/05/2018 | 0 | 0,4 | 338148 | 9694240 | Húmeda | < 3,5 | 43,6 | N.A. | < 0,5 | 12 | N.A. | 0,09 | < 1 | 12 | < 2,5 | 75,7 | 26 |
| S0106-S014-1,20 | | 1 | 1,2 | | | | < 3,5 | 93,6 | N.A. | < 0,5 | 12,3 | N.A. | 0,1 | < 1 | 11 | < 2,5 | 66,2 | 23,7 |
| S0106-S015-0,40 | | 0 | 0,4 | | | | < 3,5 | 54 | N.A. | < 0,5 | 11,3 | < 0,2 | 0,09 | < 1 | 13 | < 2,5 | 58,5 | 38,3 |
| S0106-S015-1,70 | 11/05/2018 | 1,5 | 1,7 | 338178 | 9694295 | Húmeda | < 3,5 | 53,6 | N.A. | < 0,5 | 6,6 | < 0,2 | 0,05 | < 1 | 13 | < 2,5 | 44,5 | 33,6 |
| S0106-S015-2,80 | | 2,6 | 2,8 | | | | < 3,5 | 277,2 | N.A. | < 0,5 | < 0,9 | < 0,2 | 0,03 | < 1 | 16 | < 2,5 | 47,5 | 21,2 |
| S0106-S016-1,50 | 9/09/2018 | 1,5 | 3 | 338155 | 9694266 | Húmeda | < 3,5 | 486,6 | N.A. | < 0,5 | 9,6 | N.A. | N.A. | < 1 | < 2 | < 2,5 | 66,7 | 46 |

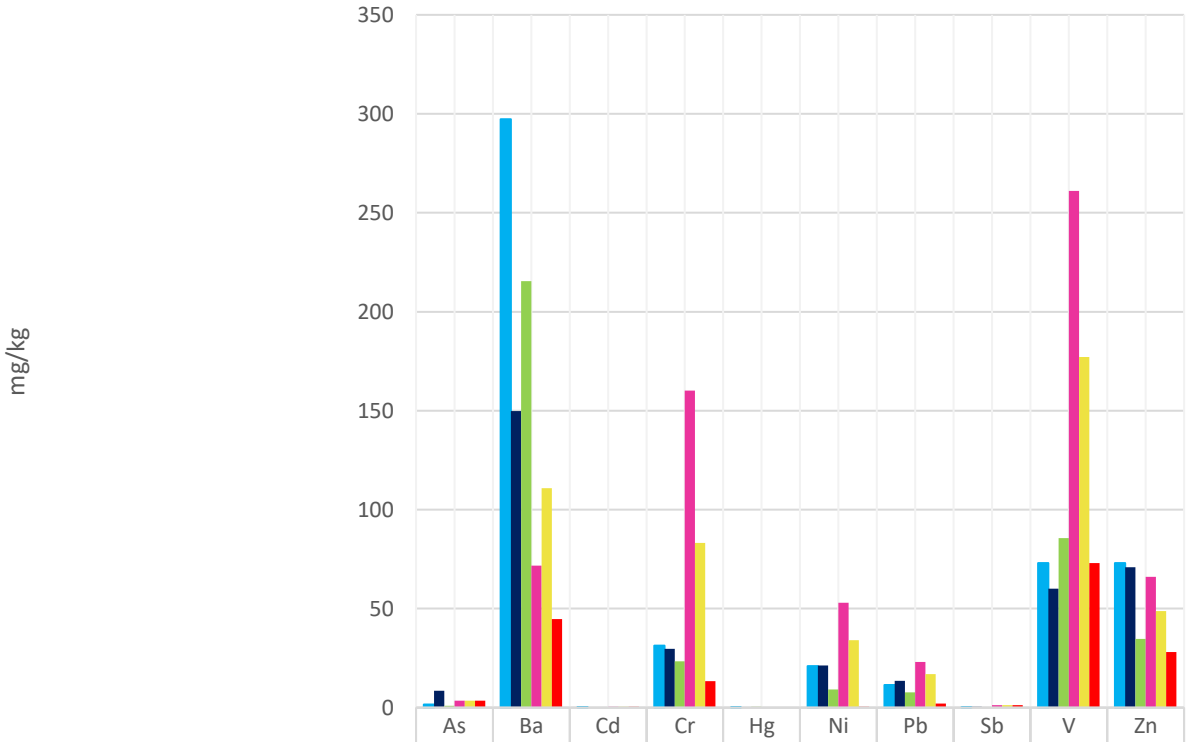
| ECA – Uso de suelo: Agrícola | | | | | | | 50 | 750 | 250 | 1,4 | N/A | 0,4 | 6,6 | N.A. | 70 | 20 | 130 | 250 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines | | | | | | | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | 45 | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| Estación de Muestreo | Fecha | Profundidad (m) | | Coordenadas UTM WGS84 ZONA 18 S | | Época de Muestreo | Concentración en mg/kg MS | | | | | | | | | | | |
| | | Inicial | Final | Este | Norte | | As | Ba | Bario Extraíble (Ba) | Cd | Cr | Cr (VI) | Hg | Ni | Pb | Sb | V | Zn |
| S0106-S017-0,00 | 8/09/2018 | 0 | 0,4 | 338143 | 9694325 | Seca | < 3,5 | 47,9 | N.A. | < 0,5 | 16,7 | N.A. | 0,06 | < 1 | < 2 | < 2,5 | 47,8 | 148 |
| S0106-S018-0,25 | 9/09/2018 | 0,25 | 0,5 | 338209 | 9694194 | Seca | < 3,5 | 70,8 | N.A. | < 0,5 | 6,9 | < 0,2 | N.A. | < 1 | < 2 | < 2,5 | 65,9 | 34,2 |
| S0106-S018-1,50 | | 1,5 | 1,75 | | | | < 3,5 | 63,8 | N.A. | < 0,5 | 9,3 | < 0,2 | N.A. | < 1 | < 2 | < 2,5 | 80,1 | 22,6 |
| S0106-S018-2,25 | | 2,25 | 2,5 | | | | < 3,5 | 34,5 | N.A. | < 0,5 | 6 | < 0,2 | N.A. | < 1 | < 2 | < 2,5 | 61,4 | 13,3 |
| S0106-S019-0,80 | 22/09/2018 | 0,8 | 1 | 338170 | 9694246 | Seca | < 3,5 | 1574 | 408.8 | < 0,5 | 9,7 | N.A. | 0,08 | < 1 | 30 | < 2,5 | 49,7 | 97,6 |
| S0106-S019-1,00 | | 1 | 1,25 | | | | < 3,5 | 5959 | 481.5 | < 0,5 | 12,2 | N.A. | 0,53 | < 1 | 155 | < 2,5 | 49,5 | 507,3 |

**Nota:** Los valores que presentan (<) hacen referencia a los límites de detección de la técnica empleada por los laboratorios.
**Fuente:** Informe de ensayo 26352, 51180, 51256, 51257, 26362 y 53663 Laboratorio, ALS 2018.

## *3.7 Interpretación de Resultados*

*3.7.1.2 Metales Totales en Niveles de Fondo*

A continuación, se muestra la **Figura 1** (Figura 3-29), la concentración de metales totales en las muestras Nivel de Fondo para suelo.




| | As | Ba | Cd | Cr | Hg | Ni | Pb | Sb | V | Zn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gleysol dístrico – Histosol fíbrico (Gld-HSf) | 1.59 | 297.3 | 0.232 | 31.31 | 0.159 | 20.94 | 11.44 | 0.089 | 73.05 | 73.08 |
| Fluvisol eútrico – Gleysol eúrico (Fle-Gle) | 8.567 | 149.8 | 0.268 | 29.74 | 0.0373 | 21.25 | 13.58 | 0.376 | 60.08 | 70.95 |
| Cambisol dístrico – Acrisol háplico (CMd-ACH) | 0.911 | 215.5 | 0.0815 | 23.48 | 0.462 | 9.096 | 7.71 | | 85.63 | 34.7 |
| S0104-NF-1 | 3.5 | 71.7 | 0.5 | 160.1 | 0.17 | 53 | 23 | 1.25 | 261 | 66.1 |
| S0105-NF1 | 3.5 | 110.8 | 0.5 | 83.2 | 0.14 | 34 | 17 | 1.25 | 177.1 | 48.8 |
| S0106-NF1 | 3.5 | 44.8 | 0.5 | 13.4 | 0.12 | 0.5 | 2 | 1.25 | 73 | 28.1 |

Gleysol dístrico – Histosol fíbrico (Gld-HSf) · Fluvisol eútrico – Gleysol eúrico (Fle-Gle) · Cambisol dístrico – Acrisol háplico (CMd-ACH) · S0104-NF-1 · S0105-NF1 · S0106-NF1

**Figura 1. (Figura 3-29) Concentración de Niveles de Fondo de Metales Totales en Suelo**
**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

- **Antimonio (Sb)**: La concentración de Sb, en las muestras Nivel de fondo que se tomaron en los Sitios S0105 (Botadero CS-32), Sitio S0104 (Botadero km 2) y Sitio S0106 (Botadero km 4), es inferior al límite de detección de la técnica analítica (LD<2,5).

- **Arsénico (As)**: La concentración de As, en las muestras Nivel de fondo de los tres Sitios analizados, es inferior al límite de detección de la técnica analítica (LD<3,5).

- **Bario (Ba)**: La concentración de Bario en las muestras de Nivel de fondo de los Sitios S0105 (Botadero CS-32), S0104 (Botadero km 2) y S0106 (Botadero km 4) es igual a 110,8 mg/kg, 71,7 mg/kg y 44,8 mg/kg, respectivamente. Estos valores son inferiores al estándar de calidad reglamentado por el ECA para suelos de uso agrícola (750 mg/kg).

- **Cadmio (Cd)**: La concentración de Cd, en las muestras Nivel de fondo es inferior al límite de detección. (LD<0,5).

- **Cromo (Cr)**: la concentración de Cr, en las muestras de Nivel de fondo de los Sitios S0105 (Botadero CS-32), S0104 (Botadero km 2) y S0106 (Botadero km 4) es igual a 83,2 mg/kg 160,1 mg/kg y 13,4 mg/kg, respectivamente.

- **Mercurio (Hg):** La concentración de Hg, en las muestras de nivel de fondo de los tres Sitios Impactados es inferior al límite de detección de la técnica analítica (LD<0,01).

- **Níquel (Ni):** La concentración de Ni, en la muestra Nivel de fondo que se tomó en el Sitio S0105 (Botadero CS-32) es equivalente a 34 mg/kg; en el Sitio S0104 (Botadero km 2) la concentración es igual a 53 mg/kg, valor que es ligeramente superior al estándar de referencia reglamentado por *Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines (CCME 1999)* (50 mg/kg); pero para el Sitio S0106 (Botadero km 4), la concentración de Ni, es inferior al límite de detección de la técnica analítica (LD<1,0), lo cual indica que las características geoquímicas de los Sitios de la cuenca de Pastaza son muy variadas y diversas.

- **Plomo (Pb)**: La concentración de Plomo en muestra Nivel de fondo del Sitio S0105 (Botadero CS-32) es igual a 17 mg/kg, la concentración de la muestra Nivel de fondo del Sitio S0104 (Botadero km 2) es equivalente a 23 mg/kg, la concentración del punto S0106-NF1-0,25 es menor al límite de detección. Se observa que en ninguno de los casos la concentración de Pb, supera el estándar de referencia.

- **Vanadio (V):** La concentración de V, en la muestra Nivel de fondo que se tomó en el Sitio S0105 (Botadero CS-32) es equivalente a 177, 1 mg/kg; la concentración de V en la muestra del Sitio S0104 (Botadero km 2), es igual a 261 mg/kg, estos dos resultados son superiores al estándar de calidad ambiental reglamentado por *Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines (CCME 1999)* (130 mg/kg); en la muestra tomada en el Sitio S0106 (Botadero km 4), la concentración es igual a 73 mg/kg.

  Los resultados de las muestras Nivel de fondo indican que la concentración del V es alta en los suelos de la cuenca del río Pastaza y que supera en algunos casos los estándares de referencia adoptados por *Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines (CCME 1999)*

- **Zinc (Zn):** La concentración de Zn, en la muestra Nivel de fondo que se tomó en el Sitio S0105 (Botadero CS-32) es equivalente a 48,8 mg/kg; la concentración en la muestra del Sitio S0104 (Botadero km 2), es igual a 66,1 mg/kg, y en el Sitio S0106 (Botadero km 4) es igual 28,1 mg/kg. Estas concentraciones son inferiores al estándar de calidad ambiental reglamentado por *Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines* (130 mg/kg).

Para la zona de estudio se tiene también, el Informe de "*Determinación de Niveles de Fondo y Niveles de Referencia en Tres Asociaciones de Suelo del Departamento de Loreto (2015*)" realizado por OEFA, en este documento se definieron los Niveles de fondo y de referencia para 32 metales:

Cromo hexavalente, Cloruros, fracciones de hidrocarburos F1, F2 y F3 en tres asociaciones de suelo: i) Gleysol dístrico – Histosol fíbrico (Gld-HSf), ii) Fluvisol eútrico – Gleysol eúrico (Fle-Gle) y iii) Cambisol dístrico – Acrisol háplico (CMd-ACH) del departamento de Loreto. En la **Tabla 17** (Tabla 3-97), se describen los parámetros tomados en las perforaciones Exploratorias realizado por la OEFA.

**Tabla 17. (Tabla 3-97) Resultados de Niveles de Fondo del Informe de OEFA (mg/kg)**

| Parámetro | Gleysol dístrico – Histosol fíbrico (Gld-HSf) | Fluvisol eútrico – Gleysol eúrico (Fle-Gle) | Cambisol dístrico – Acrisol háplico (CMd-ACH) |
|---|---|---|---|
| Antimonio (Sb) | 0,089 | 0,376 | N.D. |
| Arsénico (As) | 1,59 | 8,567 | 0,911 |
| Bario total (Ba) | 297,3 | 149,8 | 215,5 |
| Cadmio (Cd) | 0,232 | 0,268 | 0,0815 |
| Cromo total (Cr) | 31,31 | 29,74 | 23,48 |
| Mercurio (Hg) | 0,159 | 0,0373 | 0,462 |
| Níquel (Ni) | 20,94 | 21,25 | 9,096 |
| Plomo (Pb) | 11,44 | 13,58 | 7,71 |
| Vanadio (V) | 73,05 | 60,08 | 85,63 |

**Fuente:** Informe de Determinación de Niveles de Fondo y Niveles de Referencia en Tres Asociaciones de Suelo del Departamento de Loreto, 2015.

Al comparar los resultados de la muestra Nivel de fondo identificada con el código S0105-NF001-0,25, con el informe de determinación de los Niveles de fondo elaborado por OEFA, se encuentra una diferencia significativa en la concentración de Bario total; según los estudios de OEFA, el valor máximo para Bario es igual a 215 mg/kg, la medición del Nivel de fondo realizada en campo arroja un resultado de 110,1 mg/kg.

La concentración del Sb, en las muestras Nivel de fondo que se tomaron en los Sitios S0105 (Botadero CS-32), S0104 (Botadero km 2) y S0106 (Botadero km 4), es similar a la concentración del informe OEFA.

La concentración de Ni, en la muestra Nivel de fondo del Sitio S0106 (Botadero km 4), es inferior al límite de detección (LD<1), pero según los resultados de OEFA, el valor promedio es equivalente a 20 mg/kg.

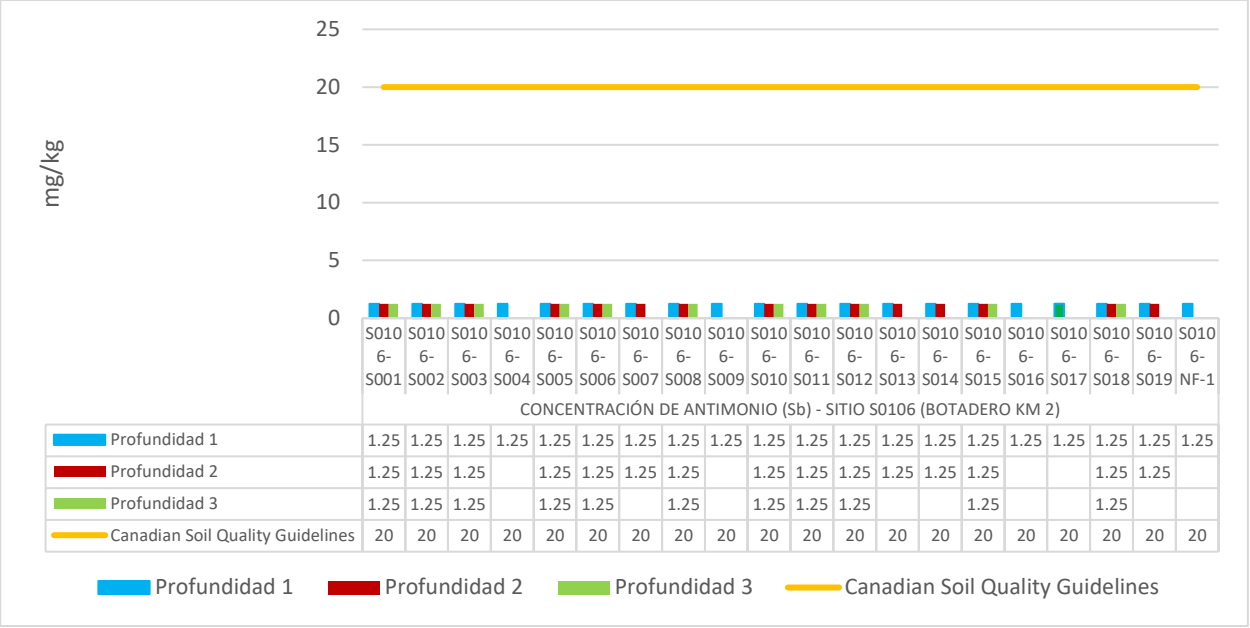
La concentración de V, en la muestra Nivel de fondo "S0105-NF1" es igual 177,1 mg/kg; en la muestra S0104-NF1 es igual a 261 mg/kg, estas concentraciones superan el valor obtenido por OEFA.

Los parámetros restantes son similares en su concentración.

### *3.7.1.8 Metales Totales en Suelo*

*3.7.1.8.1 Antimonio (Sb)*

A continuación, en la **Figura 2** se presenta la concentración del Antimonio (Sb), registrada en los puntos de muestreo del Sitio S0106 (Botadero km 4).




| | S0106-S001 | S0106-S002 | S0106-S003 | S0106-S004 | S0106-S005 | S0106-S006 | S0106-S007 | S0106-S008 | S0106-S009 | S0106-S010 | S0106-S011 | S0106-S012 | S0106-S013 | S0106-S014 | S0106-S015 | S0106-S016 | S0106-S017 | S0106-S018 | S0106-S019 | S0106-NF-1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Profundidad 1 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.25 |
| Profundidad 2 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | | | 1.25 | 1.25 | |
| Profundidad 3 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | | 1.25 | 1.25 | | 1.25 | | 1.25 | 1.25 | 1.25 | | | 1.25 | | | 1.25 | | |
| Canadian Soil Quality Guidelines | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |

**Figura 2. Concentración de Antimonio (Sb) en Suelo.**
**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

La concentración de Antimonio (Sb), en todas las muestras analizadas es inferior al límite de detección de la técnica analítica (LD<2,5 mg/kg).

## 2.2. Observación N° 9

De la revisión del ítem 3.5.1.5.7 del PR del Sitio S0106 – *"Número de Puntos de Muestreo"* (Folio 82), así como de las Tablas 3-61 - *"Valores de parámetros orgánicos regulados por el ECA de Suelos"* (Folios 153 y 154) y 3-63 - *"Concentración de metales totales regulados por el ECA de Suelos"* (Folios 155 al 157), se observa lo siguiente:

(i) En el ítem 3.5.1.5.7 del PR del Sitio S0106 se indicó que *"El número de puntos de muestreo está determinado por el tamaño del área de potencial interés (…)"*; no obstante, se advierte que para la delimitación del Área Potencial de Interés (API), no consideró el punto de muestreo ***"BOT-KM4-SU05"***, el cual se encuentra fuera del Sitio y presenta excedencia de cadmio, conforme a lo indicado en la Tabla 3-3 - *"Resultados obtenidos en el Informe 018-2017-OEFA/DE-SDCA-CSI"* (Folio 66).

(ii) En el ítem 3.5.1.5.7 del PR del Sitio S0106 se indicó que *"(…) Para determinar el número de muestreos se tiene en cuenta los muestreos realizados por OEFA en el informe 00018-2017/OEFA (…)"* (Folio 82); sin embargo, se advierte que no se realizó el muestreo en los puntos ***"BOT-KM4-SU02"*** y ***"BOT-KM4-SU05"***, en donde se presentaron excedencias de cadmio

(iii) En el ítem 3.5.1.5.7 del PR del Sitio S0106 se indicó *que "(…) estos puntos obedecen a la existencia de depósitos de acumulación de materiales que tienen el potencial de generar sustancias peligrosas como metales pesados, complejos catiónicos, óxidos de diferente naturaleza, lixiviados, etc. Para determinar el número de muestreos se tiene en cuenta los muestreos realizados por OEFA en el informe 00018-2017/OEFA (…)"* (Folio 82) (agregado subrayado); sin embargo, se advierte que no se realizó el muestreo en las siguientes áreas

(a) **Anomalía dentro del Sitio** con código ***"SO-106 GPR14",*** ubicada dentro del Sitio, en la cual se evidencia residuos de plástico, vidrio y acero (Folio 1312).

(b) **Fuentes de contaminación,** tales como: Chatarra, llantas de caucho de maquinaria pesada, Filtros, Cilindros cortados, Botellas plásticas y de vidrio, Residuos metálicos, Residuos metálicos oxidados, Bombillas y filtro metálico, Aros de rines de vehículos, filtros, cilindro metálico en las raíces de un árbol, entre otros; conforme a lo indicado en la Tabla 3-5 - *"Posibles Fuentes de Contaminación que Contribuyen a la Degradación Ambiental"* (Folio 70).

(iv) No se consideró puntos de muestreo alrededor de los siguientes puntos:

(a) **Punto de muestreo *"S0106-S005-1,00"* presentó excedencia de plomo**; sin embargo, no continuó el sondeo para delimitar el área a nivel vertical. Además, no presentó puntos de muestreo en áreas alrededor del mencionado punto, a fin de delimitar el área a nivel horizontal.

(b) **Punto de muestreo *"S0106-S012-2,30"* presentó excedencias de fracciones de hidrocarburo F2 y F3**; sin embargo, no continuó el sondeo para delimitar el área a nivel vertical. Además, no presentó puntos de muestreo en áreas alrededor del mencionado punto, a fin de delimitar el área a nivel horizontal.

(c) **Punto de muestreo *"S0106-S012"* presentó excedencias de cadmio y Plomo a 1.5 m y, Plomo 2.3m**; sin embargo, no presentó puntos de muestreo en áreas alrededor del mencionado punto, a fin de delimitar el área a nivel horizontal.

(d) **Punto de muestreo *"S0106-S019"* presentó excedencias de bario y bario extraíble a 0.80 m y, bario, bario extraíble y plomo a 1.0 m**; sin embargo, no continuó el sondeo para delimitar el área a nivel vertical. Además, no presentó puntos de muestreo alrededor del mencionado punto, a fin de delimitar el área a nivel horizontal.

(v) Se indicó que realizó diecinueve (19) muestras de suelo, de las cuales dos (2) muestras presentan excedencias del parámetro Fracción de Hidrocarburos F2, una (1) muestra presenta excedencias del parámetro Fracciones de Hidrocarburos F3, cuatro (4) muestras presentan excedencias para metales (bario y plomo) y una (1) muestra para cadmio; no obstante, se advierte que no realizó el muestreo de detalle considerado en la Tabla N° 6 de la Guía de Muestreo de Suelos.

En ese sentido, deberá cumplir con lo siguiente:

(i) Realizar la delimitación del API del Sitio S0106, considerando lo señalado en el literal (i), en función a ello, precisar el área en $m^2$.

(ii) Realizar el muestreo en los puntos ***"BOT-KM4-SU02"*** y ***"BOT-KM4-SU05"***, con la finalidad de identificar si se encuentran CP.

(iii) Realizar el muestreo en la anomalía y las fuentes de contaminación, según lo indicado en la presente Observación, con la finalidad de identificar si se encuentran CP.

(iv) Complementar el muestro en los puntos ***"S0106-005", "S0106-012"*** y ***"S0106-S019"***, según lo indicado en la presente Observación.

(v) En atención a la nueva delimitación del API, deberá complementar, de corresponder, el número de puntos de muestreo de identificación conforme a la Tabla N° 5 de la Guía de Muestreo de Suelo, y, en función de dichos resultados, proceder al muestreo de detalle conforme la Tabla N° 6 del referida Guía. Cabe indicar que, deberá adjuntar la información sustentatoria (Informe de ensayos y cadena de custodia). Asimismo, deberá corregir el mapa de distribución de puntos de muestreo de suelo contenido en el Anexo 6.4 del PR del Sitio S0106 (Folio 556), en el cual se plasme el API y deberá estar suscrito por el/la profesional responsable de su elaboración.

(vi) Para las muestras complementarias a realizar de acuerdo con los numerales (i), (ii), (iii) y (iv) de la presente Observación en el caso que presenten excedencias para metales, deberá realizar el análisis de TCLP.

**Respuesta:**

(i) El punto de muestreo "*BOT-KM4-SU05*", se encuentra a 80 m, hacia el oriente de la línea divisoria del área impactada, sobre el borde de la carretera que conduce hacia los pozos Capahuari norte, por lo tanto; el sector adyacente hacia el oeste del punto de muestreo "*BOT-KM4-SU05*", se caracteriza por ser una zona boscosa de suelo no intervenido en donde no hay evidencia de actividades de origen antropogénico, por estas consideraciones no se realizó el muestreo en estas coordenadas.

No se realizó el muestreo de suelo en las coordenadas del punto "*BOT-KM4-SU05*" por las razones anteriormente expuestas.

A continuación, en la **Figura 3**, se presenta la ubicación del punto de muestreo "*BOT-KM4-SU05*".

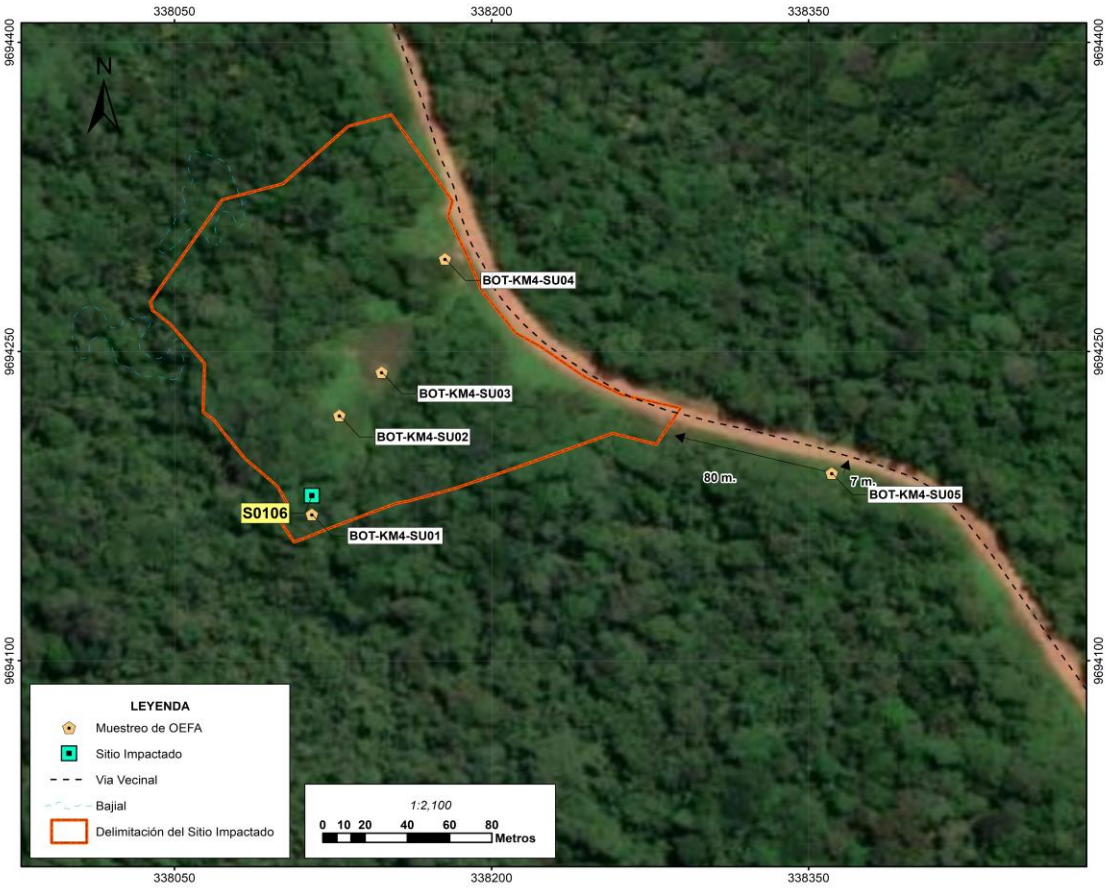



**Figura 3. Ubicación del Punto BOT-KM4-SU05.**
**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

(ii) A una distancia de 9,5 m., del punto "*BOT-KM4-SU02*", se realizó el muestreo en el punto S0106-S007, en donde los resultados analísticos indican que la concentración de los compuestos orgánicos e inorgánicos es inferior al estándar de referencia, cabe señalar que las coordenadas de estos dos puntos no coinciden totalmente debido al error del GPS.

A continuación, en la **Figura 4**, se presenta la ubicación del punto de muestreo "*BOT-KM4-SU02*".

**Figura 4. Ubicación del Punto BOT-KM4-SU02.**
**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

(iii) Anomalías identificadas dentro del Sitio:

(a) Efectivamente la prospección con el GPR indica que en el sector "*S0-106 GPR14*", con coordenadas UTM WGS84 ZONA 18 S, 338192,057 (E) y 9694194, 960 (N), en un área de 21 m2 y a una profundidad de 1,15 m., existen anomalías por acumulación de residuos como hierro y plástico; por lo tanto, para descartar incertidumbres que puedan estar relacionadas con la calidad del suelo, la información arrojada por el Georradar será empleada para calcular el área y volumen de suelo a remediar.

En la respuesta a la Observación N° 23, se presenta la metodología empleada para realizar el cálculo del área y volumen de suelo a remediar.

(b) En la Tabla 3-5 "*Posibles Fuentes de Contaminación que Contribuyen a la Degradación Ambiental*", figuran las coordenadas de los residuos como plásticos, botellas, bombillos, piezas metálicas que están dispersos a través del área de potencial interés, los cuales no necesariamente generan la deposición de metales pesados y compuestos tóxicos, sino que su efecto está fundamentalmente asociado a aspectos de modificación negativa del paisaje.

Existe otra gama de materiales y residuos industriales peligrosos de naturaleza orgánica e inorgánica, los cuales potencialmente pueden causar efectos negativos sobre el componente biótico y abiótico, así que a partir de la identificación de las

características genéricas de los residuos y evidencias organolépticas, se tomó la determinación de realizar el muestreo de suelo en las áreas circundantes a los residuos considerados como potencialmente tóxicos, por ejemplo, en el punto con coordenadas UTM WGS84 18S, 338125 (E) y 9694312 (N), en donde se encontró un cilindro dentro de un árbol y unos sacos con una sustancia no identificada, se tomó la muestra de suelo S0106-S10; en el punto con coordenadas 338131 (E) y 9694313 (N) en donde se encontró un regulador para un cilindro de oxígeno se tomó la muestra en el punto S0106-S017.

(iv) Sobre el muestreo alrededor de los siguientes puntos se aclara:

(a) **En el Plan de muestreo se determinó realizar el análisis de suelos en dos fases:** El primer muestreo se realizó en época húmeda, se muestrearon en esta fase los puntos perimetrales para demarcar el perímetro del API.

El segundo muestreo se realizó en época seca (menos húmeda) dentro de los límites del API y tuvo como principal finalidad determinar los contaminantes de preocupación para elaborar el ERSA, en concordancia con lo definido en los TDR, no se proyectó realizar un tercer ingreso para desarrollar muestreos complementarios en las áreas circundantes a los puntos en donde la concentración de los contaminantes fuese superior a los estándares de calidad ambiental.

El Punto "*S0106-S005*" fue caracterizado en época seca (menos húmeda) y como se señaló anteriormente no estaba contemplado realizar muestreos adicionales.

(b) **Punto de muestreo "*S0106-S012*":** A través de sondeos mecanizados realizados con una retroexcavadora, se identificó la existencia de una celda con residuos enterrados hasta la profundidad de 2,30 m.

En esta celda, se encontraron evidencias organolépticas de la existencia de sustancias orgánicas a la profundidad de 1,50 m., y 2,30 m., a la profundidad de 2,50 m., el perfil litológico indica el inicio de una capa de arcillas naturales y compactas, es por esta razón que el muestreo se realizó hasta la profundidad de 2,30 m.

(c) **Punto de muestreo "*S0106-S012*"**: No se realizó el muestreo en áreas adyacentes debido a que según los términos de referencia el muestreo el muestreo se realizaría en las dos estacionalidades y no contemplaron realizar un tercer ingreso para corroborar datos analíticos registrados en campo.

(d) **Punto de muestreo "*S0106-S019*":** Efectivamente las muestras de suelo se tomaron a la profundidad entre 0,80 - 1,0 m; y 1,0 - 1,25 m., la tercera muestra no se logró tomar debido a que, tal y como está consignado en el formato de campo, se encontró una capa de residuos que imposibilitaron continuar con la perforación.

(v) Los criterios técnicos considerados para realizar un muestreo de detalle y establecer el número de puntos de muestreo en el Sitio S0106 (Botadero km 4), fueron los siguientes:

(a) **Informe 00018-2017-OEFA/DE-SDCA-CSI y 00022-2015-OEFA-SDCA-CEAI del OEFA, 2015:** El primer informe reseñado determinó que la concentración Cd supera el ECA y el segundo informe estableció los valores Niveles de fondo. OEFA en el marco de sus competencias declaró al Sitio S0106 (Botadero Km 4), como Sitio Impactado.

(b) **Ley N° 30321:** A través de esta Ley se crea el Fondo de Contingencia para Remediación Ambiental y mediante el Decreto Supremo N° 039 de 2016-EM, se aprueba el reglamento de la Ley No. 30321, en el artículo N° 11 del mencionado Decreto se asigna al OEFA la responsabilidad de la identificación de los Sitios Impactados. También en el artículo 12-Identificación de Sitios Impactados, se reglamenta que es el OEFA, la entidad que realiza la respectiva identificación de los Sitios Impactados, prepara un informe, que en este caso los informes mencionados anteriormente, así mismo en las Disposiciones Complementarias Transitorias del

mencionado Decreto Supremo No. 039 de 2016-EM, clausula segunda se concluye que "*Las medidas administrativas dictadas por el OEFA antes de la entrada en vigencia del presente Reglamento, relativas a los Sitios Impactados, mantienen sus efectos y exigibilidad*"

(c) **Guía para el Muestreo de Suelos del MINAM:** Con el informe de OEFA descrito anteriormente y de acuerdo con la Tabla N°6 "*Número mínimo de puntos de muestreo en el Muestreo de Detalle*", se determinó realizar el muestreo de suelo en dieciséis (16) puntos.

(d) **Características del área impactada:** Teniendo en cuenta la información secundaria sobre el Sitio impacto, determinando la naturaleza de los contaminantes presentes en el área de estudio, reconociendo directamente en campo las fuentes con el potencial de aportar al medio ambiente metales pesados, delimitando claramente cuál es el área impactada, entendiendo la geomorfología y topografía, el entorno como vías y/o plataformas industriales, se consideró realizar el muestreo de suelo en dieciséis (16) puntos de muestreo para el Sitio S0106 (Botadero km 4).

El número de puntos de muestreo realizado, permitió determinar la presencia de hidrocarburos, así como también identificar sectores en donde se ha presentado la deposición de metales pesados. Los criterios establecidos para realizar un muestreo de Detalle están en concordancia con lo mencionado en la Guía para el Muestreo de Suelos Contaminados. Los planos relacionados en el Anexo 6.4, serán debidamente suscritos por el profesional responsable de su elaboración.

## 2.3. Observación N° 10

De la revisión del ítem 3.5.1.8.4 del PR del Sitio S0106 – "*Localización y Número de Puntos de Muestreo*" (Folios 99 y 100), así como de las Tablas 3-79 - "*Concentración de HAPs y HTP*" (Folio 171) y 3-80 - "*Metales Totales en Sedimentos*" (Folio 172), se observó que no consideró lo siguiente:

(i) **Excedencias reportadas en el cuerpo de agua ubicado al Este del Sitio en evaluación:** en donde se colectó un (1) punto de muestreo (S0106-Sed002-0,00), el cual reportó excedencias de TPH (3892 mg/kg) y Mercurio Total (0,2 mg/kg); no obstante, no se presentaron puntos de muestreo en los alrededores de la excedencia para delimitar la extensión del contaminante a lo largo del cuerpo de agua.

(ii) **Excedencia reportada en el cuerpo de agua ubicado al Norte del Sitio en evaluación:** en donde se colectó un (1) punto de muestreo (S0106-Sed001-0,00), el cual reportó excedencia en TPH de 1260 mg/kg; no obstante, no se presentaron puntos de muestreo en los alrededores de la excedencia para delimitar la extensión del contaminante a lo largo del cuerpo de agua.

En ese sentido, deberá delimitar el área afectada de cada uno de los cuerpos de agua identificados en el Sitio S0106, para lo cual deberá realizar puntos de muestreo complementarios de sedimentos en puntos cercanos alrededor de las excedencias, los cuales deberán encontrarse a la misma profundidad, hasta encontrar sedimentos limpios. Además, deberá presentar los respectivos informes de ensayo y cadenas de custodia de las muestras complementarias de sedimentos.

**<u>Respuesta</u>:**

(i) El cuerpo de agua en donde se realizó el muestreo de sedimentos "*S0106-Sed002*" con coordenadas UTM — WGS 84 – (E: 338005, N: 9694260), es un bajial estacional que tiene un área de 50 $m^2$, aproximadamente, hacia donde discurren por escorrentía las aguas desde sectores adyacentes y desde la parte alta del botadero, la velocidad de la corriente es muy baja.

Cabe señalar que los hidrocarburos no son un contaminante que se encuentre sistemáticamente en toda el área del Sitio Impactado, solamente en la parte alta de la terraza se identificó un sector focalizado en donde enterraron grasas y lubricantes, los residuos fueron recubiertos con una capa de arcillas, las cuales por sus propiedades de baja permeabilidad están evitando la infiltración de los derivados del petróleo.

La concentración de Mercurio (Hg), en el punto de muestreo de sedimentos "*S0106-Sed002"* es igual a 0,2 mg/kg. Esta concentración es inferior al límite de referencia reglamentado por *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia,* el cual es equivalente a 0,486 mg/kg.

La concentración de Hg, en el punto *S0106-Sed001,* es igual a 0,13 mg/kg., y en el punto *S0106-Sed003,* es equivalente a 0,09 mg/kg., por lo tanto, los resultados de Hg en sedimentos indican que no existe un riesgo asociado a este contaminante para la matriz de sedimentos y tampoco para la matriz de suelos en donde la concentración de Hg., oscila entre 0,03 mg/kg., y 1,09 mg/kg, valores que son inferiores al estándar de referencia de calidad ambiental (6,6 mg/kg).

(ii) El cuerpo de agua en donde se realizó el muestreo de sedimentos "*S0106-Sed001*", con coordenadas UTM — WGS 84 – (E: 338074, N: 9694319) es un cuerpo de agua estacional que presenta un área de 50 $m^2$ aproximadamente. La concentración de hidrocarburos totales de petróleo en este punto es equivalente a 1260 mg/kg.

En la respuesta a la Observación N° 41, se presentan las consideraciones técnicas para no remover los sedimentos de los cuerpos de agua estacionales del Sitio S0106 (Botadero km 4).

## 2.4. Observación N° 14

En el ítem 3.6 del PR del Sitio S0106 - *"Descripción de los Resultados de Campo y Laboratorio"* (Folios 146 al 201) y en el Anexo 6.10 - *"Informes de ensayos de laboratorio"* (Folio 1149 al 1296), se presentaron los resultados de los parámetros analizados en cuarenta y cinco (45) muestras de suelo, dos (2) muestras de agua superficial y tres (3) muestras de sedimentos, correspondientes a las evaluaciones realizadas en el Sitio en las épocas húmeda y/o seca.

No obstante, de la información que obra en el Expediente, se advierte que no realizó el muestreo de la totalidad de los parámetros considerados en el ítem 3.5.1 del PR del Sitio S0106 – "Diseño del plan de muestreo en detalle y alcance" (Folios 74 al 117), ni presentó el sustento que justifique la exclusión de tales parámetros. A continuación, se detallan los parámetros que no fueron analizados:

(i) **Calidad de Suelo:** No analizó los siguientes parámetros: (i) Mercurio Total en diecinueve (19) muestras, (ii) Cromo Hexavalente en treinta y uno (31) muestras, (iii) Fracciones de Hidrocarburos F1 en cuarenta y tres (43) muestras, (iv) Fracción de Hidrocarburos F2 en treinta y seis (36) muestras, (v) Fracción de Hidrocarburos F3 en treinta y seis (36) muestras, (vi) HAPs[17] en cuarenta (40) muestras, (vii) Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno en cuarenta y dos (42) muestras, y (viii) PCB´s en treinta y nueve (39) muestras.

(ii) **Calidad de Agua Superficial:** No realizo la toma de muestra en el segundo ingreso, en el punto de muestreo "S0106-As001".

Al respecto, deberá cumplir con lo siguiente:

(i) Completar y presentar para cada matriz ambiental, los resultados analíticos de todos los *"Parámetros de Interés"* que defina en atención a la presente Observación y a las Observaciones N° 9 y N° 10. Para sustentar dichos resultados, deberá adjuntar los informes de ensayos y cadenas de custodia; caso contrario, deberá precisar y sustentar los criterios

técnicos que utilizó para no analizar todos los parámetros de interés en cada muestra, debiendo considerar para dicho sustento la ubicación, profundidad y las características del parámetro de interés en función de la actividad, respecto a la distancia de las fuentes/focos potenciales de contaminación identificados.

(ii) En atención a lo observado en los numerales (a) y (b), deberá corregir, en lo que corresponda, las Tablas 3-61, 3-62, 3-63, 3-69, 3-70, 3-71, 3-72, 3-73 y 3-74, considerando los *"Parámetros de Interés",* conforme a la absolución de las Observaciones N° 9 y N° 10.

**Respuesta:**

(i) **Calidad de suelo:** Se realizó la inclusión como parámetros de interés al Níquel (Ni), Antimonio (Sb), Vanadio (V) y Zinc (Zn).

Se definieron los estándares de referencia que reglamentan la concentración en suelos de uso agrícola para el Acenaftileno, Acenafteno, Fluoreno, Antraceno, Fluoranteno, Criseno, Benzo (ghi)Perileno y Cromo total.

En la respuesta a la Observación N° 8, se relacionan los parámetros de interés para cada matriz y los estándares de referencia.

Respecto a los parámetros de calidad de suelo, los criterios técnicos aplicados se presentan en la **Tabla 18.**

**Tabla 18. Criterios Técnicos para los Parámetros de Calidad de Suelo**

| Parámetro | Criterios Técnicos |
|---|---|
| Cromo Hexavalente | Este parámetro no se considera asociado a la actividad de hidrocarburos; sin embargo, se tomaron algunas muestras como control.<br><br>Cabe mencionar, en el informe de identificación de Sitios contaminados del componente suelo realizado por OEFA (Informe N° 00018-2017-OEFA/DE-SDCA-CSI), no se han presentado concentraciones por encima del límite de detección del método analítico empleado por el laboratorio. Es decir, históricamente no se presenta el parámetro Cromo VI en los Sitios identificados.<br><br>Por otro lado, no se presentaron concentraciones detectables por el método analítico durante el muestreo de suelos en el marco del Plan de Rehabilitación del Sitio S0106 (Botadero km 4).<br><br>Los TDR determinaron realizar un muestreo en el 25% de las muestras.<br><br>En virtud de lo anteriormente señalado, no sería necesario realizar muestreos complementarios en el Sitio S0106 (Botadero km 4), para este parámetro. |
| Fracción de hidrocarburos F1 | Es considerado parámetro de interés, la cantidad de muestras están en relación con lo solicitado en las especificaciones técnicas del servicio (10%), además por las propiedades fisicoquímicas de estas sustancias (elevada presión de vapor) no se espera que se presente altas concentraciones en derrames de más de 20 años de antigüedad; esta afirmación fue confirmada posteriormente con los resultados de laboratorio en el ámbito de la elaboración del Plan de Rehabilitación.<br><br>Cabe mencionar, en el informe de identificación de Sitios contaminados del componente suelo realizado por OEFA (Informe N° 00018-2017-OEFA/DE-SDCA-CSI), no se han presentado concentraciones por encima del estándar de calidad ambiental para el parámetro Fracción de Hidrocarburos F1 en los diferentes Sitios evaluados en el informe mencionado. |

| Parámetro | Criterios Técnicos |
|---|---|
| | Por lo mencionado, no sería necesario realizar muestreos complementarios en el Sitio S0106 para este parámetro. |
| Fracción de hidrocarburos F2 (>C10-C28) | Las fracciones de hidrocarburos F2 (>C10-C28), química y térmicamente son estables, son sustancias apolares poco reactivas.<br><br>Se realizó su análisis químico en el 100% de las muestras extraídas de Sitios en donde las fuentes de los contaminantes están asociadas directamente a Plantas de tratamiento y bombeo de hidrocarburos y/o a pozos petroleros productivos que han causado la dispersión de hidrocarburos a través de corrientes de agua o por escorrentía. A este tipo de Sitios corresponden el Sitio S0101 (Ushpayacu) y S0102 (Sitio 2).<br><br>En Sitios clasificados como Botaderos en donde la dispersión de hidrocarburos no es continua ni sistemática, sino que la contaminación está focalizada en celdas y sectores específicos se realizó el análisis en el 10% de las muestras; específicamente las muestras se tomaron de sectores en donde existían trazas y evidencias organolépticas de presencia de hidrocarburos.<br>A este tipo de Sitios corresponden el Sitio S0100 (Sitio 22), S0103 (Botadero km 3), S0104 (Botadero km 2), S0105 (Botadero CS-32) y S0106 (Botadero km 4). |
| Fracción de hidrocarburos F3 (>C28-C40) | Las fracciones de hidrocarburos F3 (>C28-C40), química y térmicamente son muy estables y persistentes en el medio ambiente.<br>Molecularmente están conformadas por parafinas, naftenos, hidrocarburos saturados e insaturados.<br><br>Se realizó su análisis químico en el 100% de las muestras extraídas de Sitios en donde las fuentes de los contaminantes están asociadas directamente a Plantas de tratamiento y bombeo de hidrocarburos y/o a pozos petroleros productivos que han causado la dispersión de hidrocarburos a través de corrientes de agua o por escorrentía. A este tipo de Sitios corresponden el Sitio S0101 (Ushpayacu) y S0102 (Sitio 2).<br><br>En Sitios clasificados como Botaderos en donde la dispersión de hidrocarburos no es continua ni sistemática, sino que la contaminación está focalizada en celdas y sectores específicos se realizó el análisis en el 10% de las muestras; específicamente las muestras se tomaron de sectores en donde existían trazas y evidencias organolépticas de presencia de hidrocarburos.<br><br>A este tipo de Sitios corresponden el Sitio S0100 (Sitio 22), S0103 (Botadero km 3), S0104 (Botadero km 2), S0105 (Botadero CS-32) y S0106 (Botadero km 4). |
| Hidrocarburos aromáticos Policíclicos | Son considerados parámetros de interés, la cantidad de muestras está con relación a lo solicitado en las especificaciones técnicas del servicio (25% del total de las muestras de suelo); además por las propiedades fisicoquímicas de estas sustancias no se espera que se presenten en derrames de más de 20 años de antigüedad; esta afirmación fue confirmada posteriormente con los resultados de laboratorio en el ámbito del Plan de Rehabilitación del Sitio S0106.<br><br>Cabe mencionar, en el informe de identificación de Sitios contaminados del componente suelo realizado por OEFA (Informe N° 00017-2018-OEFA/DE-SDCA-CSI), no se han presentado concentraciones que superen del límite de detección del método analítico empleado por el laboratorio. Es decir, históricamente no se presenta el parámetro HAPs en los Sitios identificados.<br><br>En virtud de lo anteriormente señalado, no sería necesario realizar muestreos complementarios en el Sitio S0106 para este parámetro. |
| Benceno, Tolueno, | Son considerados parámetros de interés, la cantidad de muestras está con relación a lo solicitado en las especificaciones técnicas del servicio (10% del total de las muestras de suelo); además por las propiedades fisicoquímicas de estas sustancias |

| Parámetro | Criterios Técnicos |
|---|---|
| Etilbenceno y Xilenos | (elevada volatilidad) no se espera que se presenten en derrames de más de 20 años de antigüedad; esta afirmación fue confirmada posteriormente con los resultados de laboratorio en el ámbito del Plan de Rehabilitación.<br><br>Cabe mencionar, dado que los BTEX forman parte de las fracciones de hidrocarburos F1, estos están también por debajo del estándar de calidad ambiental para suelo de uso agrícola.<br><br>En virtud de lo anteriormente señalado, no sería necesario realizar muestreos complementarios en el Sitio S0106 para este parámetro. |
| Mercurio | Este parámetro usualmente presente en forma de trazas en el crudo; sin embargo, se tomaron algunas muestras como control.<br><br>Cabe mencionar, en el informe de identificación de Sitios contaminados del componente suelo realizado por OEFA (Informe N° 00018-2017-OEFA/DE-SDCA-CSI), en su mayoría se han presentado concentraciones por debajo del límite de detección del método analítico empleado por el laboratorio. Es decir, históricamente no se presenta el parámetro Mercurio no exceden los estándares de calidad ambiental para suelo de uso agrícola.<br><br>Por otro lado, no se presentaron concentraciones detectables por el método analítico durante el muestreo de suelos en el marco del Plan de Rehabilitación del Sitio S0106.<br><br>En virtud de lo anteriormente señalado, no sería necesario realizar muestreos complementarios en el Sitio S0106 para este parámetro. |
| PCB | Los resultados analíticos obtenidos en las muestras realizadas indican que la concentración es inferior al límite de detección. |

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

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD REFERENCIAL | ESPECIFICACIONES TÉCNICAS |
|---|---|---|---|
| e.4) Análisis de BTEX en suelos. | Und | 22 | Corresponde al 10% del total de muestras de suelo (10% de 224). Cabe mencionar que, este valor de 10% del total de muestras será elegido para aquellas muestras donde **El Consultor** considere conveniente la presencia BTEX. |
| e.5) Análisis de Fracción de Hidrocarburos en Suelos (F2). | Und | 224 | Corresponde al total de muestras de suelo donde se analizarán las Fracciones de Hidrocarburos (F2). |
| e.6) Análisis de Fracción de Hidrocarburos en Suelos (F3). | Und | 224 | Corresponde al total de muestras de suelo donde se analizarán las Fracciones de Hidrocarburos (F3). |
| e.7) Análisis de Fracción de Hidrocarburos en Suelos (F1). | Und | 22 | Corresponde al 10% del total de muestras de suelo (10% de 224). Cabe mencionar que, este valor de 10% del total de muestras será elegido para aquellas muestras donde **El Consultor** considere conveniente la presencia de la Fracción F1. |
| e.8) Análisis de Hidrocarburos Poliaromáticos - 16 sustancias individuales, "Priority pollutants" según de la US EPA (naftaleno, acenaftileno, acenafteno, fluoreno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, benzo[a]antraceno, criseno, benzo[b]fluoranteno, benzo[k]fluoranteno, benzo[a]pireno, dibenz(ah)antraceno, benzo[ghi]perileno, indeno[1,2,3-cd]pireno. | Und | 56 | Corresponde al 25% del total de muestras de suelo (25% de 224). Cabe mencionar que, este valor de 25% del total de muestras será elegido para aquellas muestras donde **El Consultor** considere conveniente la presencia de Hidrocarburos Poliaromáticos. |
| | | | |
| **Análisis de Muestras acuosas (aguas subterráneas y superficiales)** | | | |
| e.9) Análisis de metales pesados y metaloides en agua (mínimo: As, Ba, Cd, Hg, Pb). | Und | 28 | Corresponde a la sumatoria total de muestras de agua superficiales y subterráneas. |
| e.10) Análisis BTEX en Aguas | Und | 28 | Corresponde a la sumatoria total de muestras de agua |

**Figura 5. Matriz de Especificaciones Técnicas**
**Fuente:** Bases Integradas del Concurso Público Internacional Nª 04-2017-FONAM

Sobre las consideraciones de realizar muestreos complementarios en áreas adyacentes a sectores en donde los resultados analíticos superan los estándares de referencia, en la respuesta a la Observación N° 9, se señala para realizar el cálculo de áreas impactadas y volúmenes de suelo a remediar, se determinaron unos buffers considerando la movilidad de los contaminantes. Ver respuesta a la Observación N° 9.

Sobre la necesidad de realizar muestreos complementarios para determinar las áreas afectadas de los cuerpos de agua estacionales, en la respuesta a la Observación N° 10 y N° 41, se presentan los argumentos para no realizar la remoción y retiro de los sedimentos de los cuerpos de agua del Sitio S0106 (Botadero km 4).

En la respuesta a la Observación No. 8, se realiza la actualización de los numerales *3.6. Descripción de los Resultados de Campo y Laboratorio y 3.7 Interpretación de los Resultados* del Plan de Rehabilitación, porque se realizó la inclusión de nuevos parámetros de análisis en la matriz de suelo.

- Considerando que se realizó la inclusión como parámetros de interés al Níquel (Ni), Antimonio (Sb), Vanadio (V) y Zinc (Zn) y se definieron los estándares de referencia que reglamentan la concentración en suelos de uso agrícola para el Acenaftileno, Acenafteno, Fluoreno, Antraceno, Fluoranteno, Criseno, Benzo (ghi)Perileno y Cromo total, en la respuesta a la Observación N° 8 de este documento se realiza la actualización de las siguientes tablas:

  - **Tabla 13** (Tabla 3-61). Valores de Parámetros Orgánicos Regulados por el ECA de Suelos.
  - **Tabla 14** (Tabla 3-62). Valores de Parámetros Orgánicos de Suelos Regulados por Normas Internacionales.
  - **Tabla 15** y **Tabla 16** (Tabla 3-63). Valores de Parámetros Orgánicos de Suelos, Regulados por Normas Internacionales: Se realizó la inclusión del límite de Referencia del Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo (g,h,i) Perileno, Criseno, Fluoranteno, Fluoreno.
  - **Tabla 16** (Tabla 3-64). Concentración de Metales Pesados Regulados por el ECA y por *Interim Soil Quality Criteria of Canadian Soil Quality Guidelines:* Se incluyeron los resultados y el estándar de referencia para el Cr, Ni, Sb, V y Zn.

(ii) En el Plan de Rehabilitación, en el ítem *3.5.2.2.4 "Justificación de Modificación de Plan de Muestreo"*, se indica que no se realizó el muestreo de agua superficial en el punto de muestreo *"S0106-As001"* con coordenadas E: 338074 y N: 9694319, debido a que es estacional, esto fue debidamente certificado y acreditado por FONAM (PROFONANPE), Supervisión y por los Monitores Ambientales.

Las siguientes Tablas, no serán modificadas:

- **Tabla 3-69.** Parámetros Físico Químicos en Aguas Superficiales: Conductividad, Oxígeno Disuelto, pH, Potencial Óxido-Reducción, Temperatura y Turbidez de la muestra.
- **Tabla 3-70.** Concentración de Aceites y Grasas, Cloruros, Fenoles y Sulfuros.
- **Tabla 3-71.** Concentración de Compuestos Orgánicos en Agua Superficial Regulados por el ECA.
- **Tabla 3-72.** Concentración de Compuestos Orgánicos en Agua Superficial, Regulados por la Norma Internacional.
- **Tabla 3-73.** Valores de Parámetros Orgánicos en Agua Superficial, Regulados por Normas Internacionales.
- **Tabla 3-74.** Concentración de Metales Totales Regulados por el ECA en Agua superficial.

## 2.5. Observación N° 15

En el ítem 3.6.2 del PR del Sitio S0106 – *"Descripción de los Resultados de Campo y Laboratorio para aguas subterráneas"* (Folios 159 al 164), se desprende que realizó la evaluación de cuatro (4) Sondajes Eléctricos Verticales (SEV) y dos (2) perforaciones exploratorias, de las cuales se presentaron sus respectivos resultados y concluyó que no se encontró presencia de agua subterránea en las dos (2) perforaciones realizadas; no obstante, de la revisión que obra en el Expediente se advierte lo siguiente:

(i) De la revisión de la ubicación de los Sondajes Eléctricos Verticales (SEV), se advierte que las coordenadas de los sondeos que figuran en el Anexo 6.11.2 – *"Estudio Sondeo Eléctrico Vertical"* (Folio 1323 al 1345), no coinciden con las coordenadas que figuran en las Tablas 3-43 - *"Evaluación SEV en el Sitio S0106 (Botadero Km 4)"* (Folio 128) y 3-65 - *"Coordenadas de los Sondeos Eléctricos Verticales – SEV"* (Folio 159).

(ii) De la revisión de las cuatro (4) fichas de registro SEV de campo (Folios 973 al 975), se observa que no consignó la siguiente información: (a) Unidades de medición de los parámetros registrados, tales como; "*ΔVn", "ΔVc"* e "*I"* y (b) Valores y unidades de medición de los parámetros "*ΔV*" y resistividad aparente "*pa*". Asimismo, se advierte que dichas fichas no se encontraban suscritas por el/la profesional responsable de su ejecución.

(iii) El Anexo 6.11.2 - *"Estudio Sondeo Eléctrico Vertical"* (Folios 1323 al 1345) no se encuentra suscrito por el/la profesional de la especialidad responsable de su procesamiento, interpretación y elaboración.

(iv) No se presentaron las fichas litológicas de las dos (2) perforaciones realizadas, a fin de sustentar la información litológica que precisa en las Tablas 3-67 - *"Perfil Litológico del Pozo Exploratorio, S0106-PZ-01"* (Folio 162) y 3-68 - *"Perfil Litológico del Pozo Exploratorio, S0106-PZ-02"* (Folio 163).

En ese sentido, deberá cumplir con lo siguiente:

(i) Corregir y precisar las coordenadas de los cuatro (4) registros SEV realizados.

(ii) Presentar todas las fichas de registro SEV, precisando la siguiente información: (i) Unidades de medición de los parámetros registrados, tales como *"ΔVn", "ΔVc"* y *"I",* y (ii) Valores y unidades de medición de los parámetros *"ΔV"* y resistividad aparente "*pa*". Cabe indicar que, dichas fichas deberán estar suscritas por el/la profesional responsable de su ejecución.

(iii) Presentar el estudio de sondeo eléctrico vertical del Anexo 6.11.2, suscrito por el/la profesional responsable de su procesamiento, interpretación y elaboración.

(iv) Presentar las dos (2) fichas litológicas debidamente firmadas por el/la profesional o empresa perforadora responsable de su ejecución.

**<u>Respuesta</u>:**

(i) En la Tabla 3-43 "*Evaluación SEV en el Sitio S0106 (Botadero km 4)*" del Plan de Rehabilitación se presentan las coordenadas definidas en gabinete y consignadas en el Plan de muestreo

La Tabla 3-65 "*Coordenadas de los Sondeos Eléctricos Verticales – SEV*" del PR, será modificada, esta se presenta en la **Tabla 19** del presente informe; asimismo se actualizarán las coordenadas para que estén en concordancia con lo consignado en el Anexo 6.11.2 – "*Estudio Sondeo Eléctrico Vertical*" (Folio 1323 al 1345) y con lo realizado en campo.

**Tabla 19. (Tabla 3-65) Coordenadas de los Sondeos Eléctricos Verticales - SEV**

| Sitio Impactado | | SEV | Coordenadas UTM WGS84 ZONA 18 S | |
|---|---|---|---|---|
| CÓD. OEFA | Nombre del Sitio | | Este | Norte |
| S0106 | Botadero km4 | 1 | 338071 | 9694283 |
| | | 2 | 338112 | 9694205 |
| | | 3 | 338197 | 9694215 |
| | | 4 | 338150 | 9694285 |

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

(ii) Unidades de los parámetros de medición:

- **AB/2**: distancia entre los electrodos que transmiten la corriente eléctrica a la tierra. Unidad de medida: Metro [m]
- **I**: Intensidad de la corriente. Unidad de medida: mili Amperio [mA]
- **ΔV**: Diferencia de potencial. Unidad de medida: mili Voltio [mV]. Se emplea para calcular la resistividad aparente.
- **ΔVn**: Potencial natural de la tierra en un punto específico en donde se realiza su medición. [mV].
- **ΔVc**: Potencial creado por el paso de la corriente eléctrica. [mV]
- **K**: constante geométrica del dispositivo, depende de la geometría para inyectar y medir la corriente. Factor de distribución de los electrodos. Unidad de medida [m].
- **ρa**: Resistividad aparente. Unidad de medida: Ohm por metro [Ω.m]
- **ρa**= ΔV*K/I

(iii) En el **Anexo MINEM Observación Nº 15** se presenta el Estudio de Sondeo Eléctrico Vertical firmado por el responsable.

(iv) En el **Anexo MINEM Observación Nº 15** se presentan fichas litológicas y fichas SEV.

## 2.6. Observación N° 17

De la revisión del ítem 3.6.4 del PR del Sitio S0106 – *"Descripción de los Resultados de Campo y Laboratorio de Sedimentos"* (Folios 169 al 172), se advierte lo siguiente:

(i) Presentó la Tabla 3-79 - *"Concentración de HAPs y HTP"* (Folio 171), en la cual señaló que los puntos de muestreo S0106-Sed001-0,00 y S0106-Sed002-0,00 se encuentran con excedencia de Hidrocarburos Totales de Petróleo (C9-C40) y fueron muestreados de 0,00-0,95 m y de 0,00-1,20 m, respectivamente; no obstante, de la revisión del Anexo 6.5.2 *"Ficha de muestreo de sedimentos"* (Folio 894), se aprecia que la profundidad de la zona donde se realizó el muestreo es de 2,48 m y 1,70 m, respectivamente.

(ii) Presentó la Tabla 3-80 - *"Metales Totales de Sedimentos"* (Folio 172), en la cual señaló que el punto de muestreo S0106-Sed002-0,00 se encuentra con excedencia de Mercurio Total y fue muestreado de 0,00-1,20 m; no obstante, de la revisión del Anexo 6.5.2 *"Ficha de muestreo de sedimentos"* (Folio 894), se aprecia que la profundidad de la zona donde se realizó el muestreo es de 1,70 m.

En tal sentido se deberá sustentar por qué no realizó el muestreo de sedimentos hasta alcanzar una profundidad de 2,48 m y 1,70 m para los puntos de muestreo S0106-Sed001-0,00 y S0106-Sed002-0,00, respectivamente. Caso contrario, deberá profundizar el muestreo hasta asegurar que la última muestra de sedimento recolectada a la máxima profundidad no sobrepase los valores de referencia, determinando de esta manera la extensión vertical del Sitio contaminado e incorporando el análisis comparativo con los valores de referencia, y de ser el caso que en el sedimento se identifiquen contaminantes de preocupación (CP), éstos deberán considerarse en el

**ERSA**. Para tal efecto, deberá presentar los informes de ensayo y cadenas de custodia de las muestras analizadas.

**<u>Respuesta</u>:**

(i) En los formatos de muestreo de campo se describen los perfiles de cada uno de los puntos de muestreo de sedimentos y la profundidad considerada como más representativa para analizar los parámetros fisicoquímicos de los sedimentos, a partir de la revisión de este formato se realizan las siguientes aclaraciones:

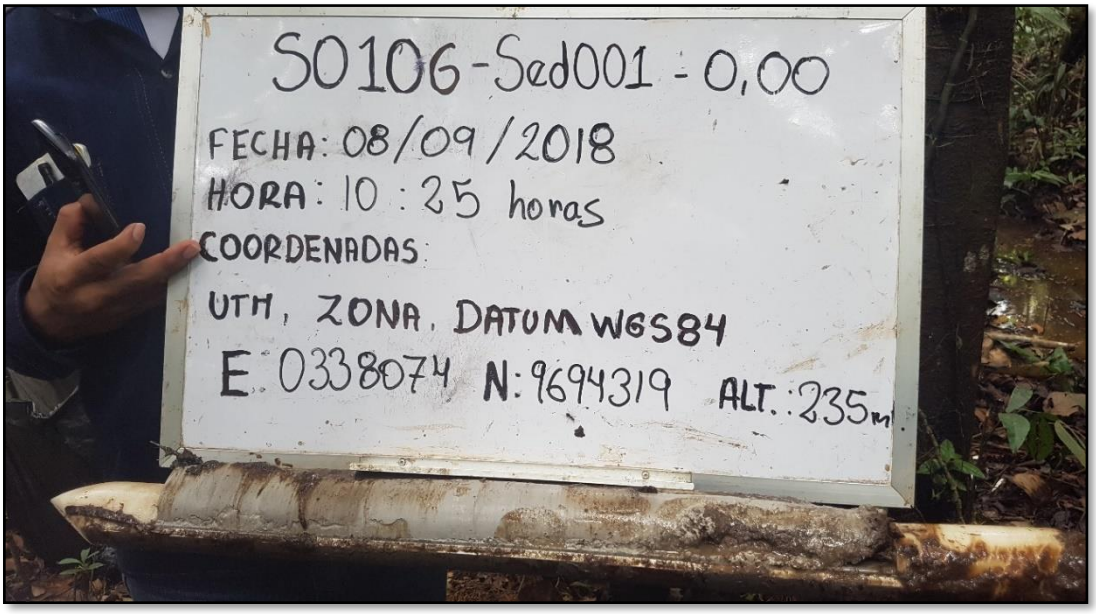
- **Punto de muestreo S0106-Sed001**: Este punto con coordenadas UTM — WGS 84 – (E: 338074, N: 9694319), está ubicado en un cuerpo de agua pantanoso y estacional, hacia donde discurren por escorrentía las aguas desde la parte alta del botadero, por las condiciones geomorfológicas de la microcuenca hidrográfica, la velocidad de la corriente es muy baja; sobre las riberas del cuerpo de agua crece una vegetación exuberante, razón por la cual sobre las riberas y en el lecho del cuerpo de agua se acumula una gran cantidad de materia orgánica.

  El espejo de la columna de agua tiene una profundidad de 0,15 m.; entre los 0,15 m hasta los 0,95 m, de profundidad, el sustrato se caracteriza por una secuencia de materia orgánica compuesta por hojas, madera, residuos vegetales, etc.; entre los 0,95 m., y 2,48 m., la secuencia se caracteriza por una acumulación de limos, arenas finas mezcladas con una elevada carga de materia orgánica; a partir de los 2.48 m., el lecho del cuerpo de agua estacional está conformado por arcillas compactas.

  La muestra que fue enviada a laboratorio para el análisis de los parámetros fisicoquímicos de los sedimentos corresponde al sustrato que fue extraído a la profundidad de 0,95 m., a 2,48 m., debido a que este sustrato estaba conformado por limos, arenas finas y materia orgánica.

  En la **Fotografía 1** y **Fotografía 2** que a continuación se presentan, se puede observar las características físicas generales de las dos muestras de sedimentos (*S0106-Sed001*), extraídas del cuerpo de agua.

**Fotografía 1.Textura de la Muestra de Sedimentos Extraía a la Profundidad 0,00 – 0,95 m. Punto de Muestreo S0106-Sed001.**
**Fuente:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.




**Fotografía 2.Textura de la Muestra de Sedimentos Extraía a la Profundidad 0,95– 2,48 m. Punto de Muestreo S0106-Sed001.**
**Fuente:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

En la respuesta a la Observación N° 41, se presentan los sustentos del porque no se realizará la remoción de los sedimentos de los cuerpos de agua estacional.

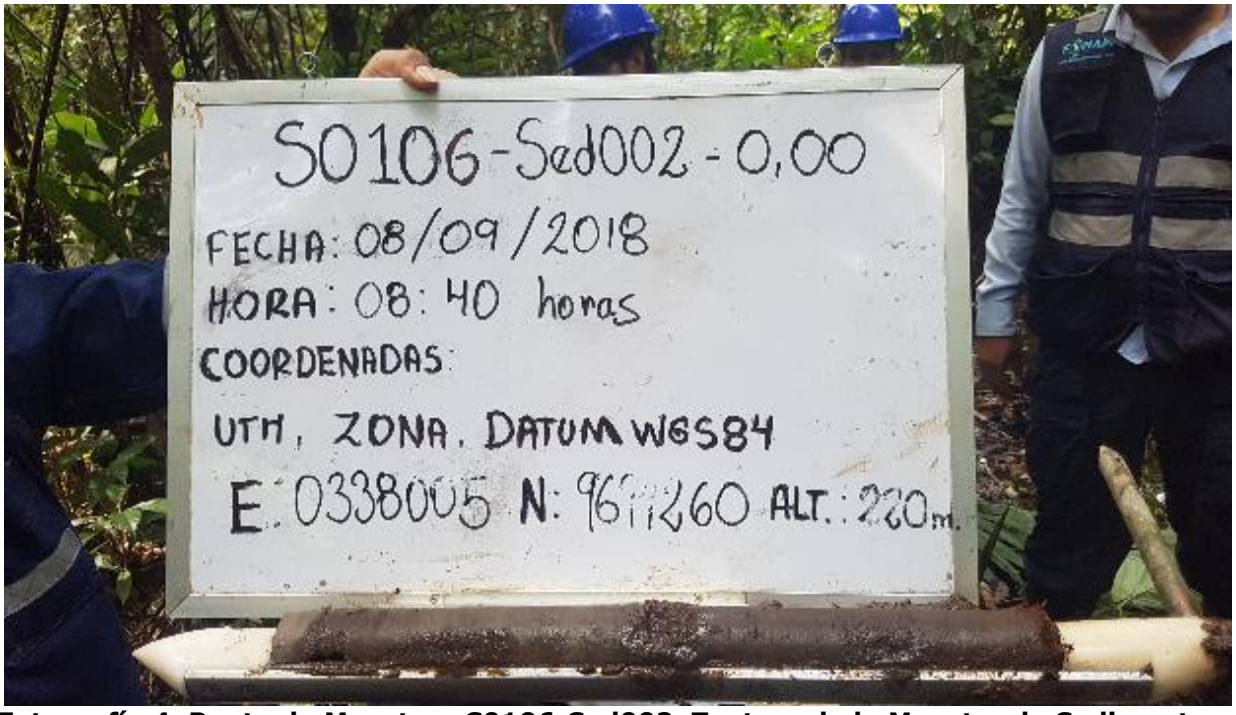
- **Punto de muestreo S0106-Sed002:** Este punto con coordenadas UTM — WGS 84 – (E: 338005, N: 9694260), también se tomó en un cuerpo de agua pantanoso y estacional.

  El espejo de agua tiene una profundidad de 0,35 m.; la columna comprendida entre 0,35 m. y 1,60 m. de profundidad se caracteriza por una acumulación significativa de materia orgánica. A la profundidad de 0,50 m., existe un banco de arcilla de unos 0,05 m; el sustrato comprendido entre 1,60 y 1,70 m., es arcilloso con acumulación de materia orgánica, y a partir de 1,70 m., el material es arcilloso.

  En la **Fotografía 3** se puede observar la naturaleza del cuerpo de agua del punto en donde se realizó la toma de la muestra de sedimentos "*S0106-Sed002*".

**Fotografía 3. Punto de Muestreo S0106-Sed002 - Cuerpo de Agua Estacional.**
**Fuente:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

En la **Fotografía 4** se observar las características de la muestra de sedimentos.




**Fotografía 4. Punto de Muestreo S0106-Sed002. Textura de la Muestra de Sedimentos Extraía a la Profundidad 0,95– 1,70 m.**

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

En la respuesta a la Observación N° 41, se presentan los sustentos del porque no se realizará la remoción de los sedimentos de los cuerpos de agua estacional.

## 2.7. Observación N° 19

En el ítem 3.6.6 del PR del Sitio S0106 - *"Descripción de los Resultados de Campo y de Laboratorio del Componente Biótico"* (Folios 175 al 201), se presentaron los resultados del muestreo de flora y fauna; asimismo, en el ítem 3.7.6 del PR del Sitio S0106 - *"Interpretación de los Resultados del Componente Biótico"* (Folios 237 al 241), se presentó la interpretación de los resultados de la evaluación del componente biológico.

De la revisión de dicha información, se advierte lo siguiente:

**<u>Para el componente Fauna</u>**

(i) No presentaron los resultados del muestreo de fauna, diferenciándolos por parcela o transecto (dentro y fuera del API).

(ii) No identificó las especies bioindicadoras.

(iii) En el ítem 3.5.2.6 del PR del Sitio S0106 – *"Muestreo Componente Biótico – Componente Fauna"* (Folios 135 al 137), indicó lo siguiente: *"Se realizaron tres (3) salidas de campo, la primera en el mes de enero de 2018 con el fin de identificar, delimitar y definir metodologías de trabajo en el área de estudio, la segunda en mayo de 2018 para muestrear fauna en época húmeda y la tercera en septiembre de 2018 para la caracterización de fauna en época seca."*; no obstante, de la revisión del Anexo 6.5.2 del PR del Sitio S0106 – *"Documentación del muestreo de detalle"* (Folios 953 al 955), presentó los formatos de levantamiento de fauna, en el cual indicó que los muestreos fueron realizados del 04 al 06 de setiembre de

2018 (época seca) y no presentó los formatos de levantamiento de fauna de la temporada húmeda.

**Para el componente Flora**

(iv) No presentaron los resultados del muestreo de flora (recurso forestal y epifito), diferenciándolos por parcelas o transecto (dentro y fuera del API).

(v) No identificó las especies como: (a) Especies de importancia ecológica, (b) Especies de importancia económica, (c) Especies de importancia social (alimentos, medicinal y rituales – alucinógenas) y (d) Tipo de hábito en flora.

En tal sentido, deberá cumplir con lo siguiente:

**Para el componente Fauna**

(i) Presentar el inventario de especies del muestreo de fauna, diferenciándolos por cada parcela, transecto o recorridos libres (dentro y fuera del API).

(ii) Indicar las especies bioindicadoras de calidad ambiental, señalando las especies generalistas que indiquen una perturbación antrópica.

(iii) Presentar los formatos de levantamiento de fauna para la temporada húmeda y, de corresponder, deberá corregir la información correspondiente al ítem 3.5.2.6 del PR del Sitio S0106 en lo referido a las fechas de muestreo de la fauna en dicha temporada.

**Para el componente Flora**

(iv) Presentar los resultados del muestreo de flora (recurso forestal y epífitas), diferenciándolos por parcelas o transecto (dentro y fuera del API).

(v) Identificar las especies detectadas, según el siguiente detalle: (a) Especies de importancia ecológica (bioindicadoras, sensibles, amenazadas, endémicas, entre otras), (b) Especies de importancia económica, (c) Especies de importancia social (alimentos, medicinal y rituales – alucinógenas) y (d) Tipo de hábito en flora.

Es importante mencionar, en atención a la presente Observación, deberá reformular la información consignada en el ítem 3.7.6 del PR del Sitio S0106 – *"Interpretación de los resultados del Componente Biótico".*

**Respuesta:**

**Para el componente Fauna:**

(i) Respecto a la presentación del inventario de fauna por parcelas y transectos:

En el **Anexo MINEM Observación Nº 19,** se presenta el inventario de fauna con las coordenadas de ubicación de cada especie.

(ii) Respecto a las especies bioindicadoras de calidad ambiental

Los bioindicadores constituyen un gran grupo de especies vegetales, hongos o animales, cuya presencia o estado en un ecosistema determinado brinda información sobre ciertas características ecológicas de este o el posible impacto ambiental de ciertas prácticas sobre el mismo. Estos se utilizan principalmente para la evaluación de la calidad ambiental de los ecosistemas. Todos los bioindicadores deben cumplir una serie de requisitos para su empleo, tales como: dispersión y abundancia en el territorio, sedentarismo y tolerar los agentes contaminantes en concentraciones similares a las del ecosistema contaminado sin efectos letales. Así mismo, la guía de inventario de fauna silvestre publicada por MINAM en el año 2015 amplía su definición proponiendo otros factores para tener en cuenta para definir una "especie indicadora" los cuales son: Especies de importancia ecológica, aquellas cuya presencia indique perturbación antrópica, sensibilidad o vulnerabilidad local y especies legalmente protegidas.

Tomando como referencia dicha información y extrapolando su definición al presente proyecto, se infiere que, las especies bioindicadoras pueden hacer referencia a, bioindicadoras de contaminación, en cuyo caso no es aplicable debido a que se conoce que la contaminación se produjo hace más de 20 años por lo cual deben ser pocas las evidencias visibles sobre los vertebrados terrestres tal y como se pudo comprobar sobre la fauna observada y capturada posiblemente porque los individuos que sufrieron dicha afectación ya no están presentes en el área (cambio generacional o desplazamiento). Por otra parte, las bioindicadoras de recuperación natural pueden ser de interés en esta fase del proyecto ya que hacen referencia a todas aquellas especies que han logrado repoblar con el paso de los años el área afectada, diferenciando entre las que están asociadas a ambientes intervenidos y aquellas con requerimientos de hábitat más específicos (fauna que puede indicar un proceso de recuperación natural).

**Tabla 20. Especies de Fauna Registrada en el Sitio S0106 –que pueden Indicar que se Trata de una Zona Intervenida y/o en Proceso de Recuperación Natural**

| Clase | Orden | Familia | Nombre Científico | Nombre Común | Posibles Bioindicadores |
|---|---|---|---|---|---|
| AMPHIBIA | Anura | Aromobatidae | *Allobates cf. trilineatus* | Rana | Área en posible recuperación |
| | | | *Allobates sp.* | Rana | área en posible recuperación |
| | | Bufonidae | *Amazophrynella amazonicola* | Sapito | área en posible recuperación |
| | | | *Rhinella margaritifera* | Sapo | área intervenida |
| | | Craugastoridae | *Pristimantis sp.* | Rana | área en posible recuperación |
| | | Hylidae | *Scinax sp.* | Rana | área intervenida |
| | | Leptodactylidae | *Engystomops freibergi* | Rana | área en posible recuperación |
| | | | *Leptodactylus pentadactylus* | Hualo | área en posible recuperación |
| | | Microhylidae | *Chiasmocleis sp.* | Rana | área en posible recuperación |
| | Caudata | Plethodontidae | *Bolitoglossa peruviana* | Salamandra | área en posible recuperación |
| AVES | Accipitriformes | Accipitridae | *Rupornis magnirostris* | Gavilán | área intervenida |
| | Apodiformes | Apodidae | *Chaetura Sp.* | Vencejo | área en posible recuperación |
| | | Trochilidae | *Phaethornis sp.* | Colibrí ermitaño | área en posible recuperación |
| | Columbiformes | Columbidae | *Patagioenas plumbea* | Paloma | área en posible recuperación |
| | Coraciiformes | Alcedinidae | *Chloroceryle aenea* | Martín pescador | área en posible recuperación |
| | | | *Chloroceryle inda* | Martin pescador | área en posible recuperación |
| | Cuculiformes | Cuculidae | *Crotophaga ani* | Vacamuchacho | área intervenida |
| | Passeriformes | Emberizidae | *Ammodramus aurifrons* | Arrocero | área intervenida |
| | | Furnariidae | *Glyphorynchus spirurus* | Trepatroncos | área en posible recuperación |
| | | | *Xiphorhynchus guttatus* | Trepatroncos | área en posible recuperación |
| | | Pipridae | *Ceratopipra erythrocephala* | Saltarín | área en posible recuperación |
| | | | *Manacus manacus* | Saltarín | área en posible recuperación |
| | | Thamnophilidae | *Cercomacroides serva* | Hormiguerito | área en posible recuperación |
| | | | *Cf. Myrmotherula longipennis* | Hormiguero | área en posible recuperación |
| | | | *Willisornis poecilinotus* | Hormiguero | área en posible recuperación |
| | | Thraupidae | *Cyanerpes caeruleus* | Tangara | área en posible recuperación |
| | | | *Ramphocelus carbo* | Cardenal | área intervenida |
| | | | *Ramphocelus nigrogularis* | Cardenal | área en posible recuperación |

| Clase | Orden | Familia | Nombre Científico | Nombre Común | Posibles Bioindicadores |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | *Tachyphonus cristatus* | Tangara | área en posible recuperación |
| | | | *Tangara chilensis* | Tangara | área en posible recuperación |
| | | Tyrannidae | *Mionectes oleagineus* | Atrapamoscas | área en posible recuperación |
| | | | *Todirostrum chrysocrotaphum* | Atrapamoscas | área en posible recuperación |
| | Piciformes | Capitonidae | *Capito auratus* | Carpintero | área en posible recuperación |
| MAMMALIA | Artiodactyla | Cervidae | *Mazama nemorivaga* | Venado | área en posible recuperación |
| | | Tayassuidae | *Pecari tajacu* | Sajino | área en posible recuperación |
| | Carnivora | Felidae | *Leopardus pardalis* | Tigrillo | área en posible recuperación |
| | | Procyonidae | *Potos flavus* | Chosna | área en posible recuperación |
| | Cingulata | Chlamyphoridae | *Priodontes maximus* | Carachupa mama | área en posible recuperación |
| | | Dasypodidae | *Dasypus cf. novemcinctus* | Carachupa | área en posible recuperación |
| | | | *Dasypus novemcinctus* | Carachupa | área en posible recuperación |
| | Rodentia | Cricetidae | *Hylaeamys laticeps* | Sacha cui | área en posible recuperación |
| | | | *Hylaeamys sp.* | Sacha cui | área en posible recuperación |
| | | Cuniculidae | *Cuniculus paca* | Majas | área en posible recuperación |
| | | Echimyidae | *Proechimys cf. cuvieri* | Sachacui | área en posible recuperación |
| | | | *Proechimys sp* | Sachacui espinosa | área en posible recuperación |
| REPTILIA | Squamata | Columbidae | *Oxybelis fulgidus* | Serpiente Cazadora | área en posible recuperación |
| | | Sphaerodactylidae | *Gonatodes humeralis* | Lagartija | área en posible recuperación |
| | | Teiidae | *Ameiva* | Lagartija | área intervenida |

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

Es importante resaltar que la riqueza y abundancia del área no es muy alta en términos de lo esperado para un hábitat propio de la Amazonia debido posiblemente al grado de contaminación ha causado que la recuperación natural sea lenta o a la cercanía con centros poblados cuyas actividades (tala, cacería, actividad extractiva de hidrocarburos, entre otros) ejercen una presión adicional que evita su recuperación.

Durante la fase de campo, se buscaron evidencias que indicaran en alguna de las especies registradas indicios por contaminación de metales pesados con el fin de descartar que en la actualidad la fuente contaminante aún pudiera estar causando efectos sobre la fauna. En especial se buscaron evidencias relacionadas con alteraciones en la reproducción, cambios de comportamiento, disminución del tamaño y/o alteraciones en la embriogénesis que en términos generales pueden ser efectos por contaminación con metales pesados en individuos de fauna silvestre. Sin embargo, ninguna de las especies registradas mostró alguna de las evidencias anteriormente descritas.

La gran mayoría de especies identificadas en cada uno de los Sitios de muestreo se caracterizó por tener hábitos generalistas, lo cual dificulta realizar un análisis de "especies bioindicadoras", ya que, el único factor que las determina en esta categoría es el de indicadora de perturbación antrópica. Hecho que se analizó en cada Sitio en el ítem discusión, al mencionar que la riqueza y aparición de especies con hábitos más específicos estaban relacionadas con la distancia a los centros poblados, es decir, mientras más lejos se encontrara el Sitio, había más probabilidad de encontrar mayor diversidad de especies y en algunos casos, con requerimientos de hábitat más específicos. En el caso del Sitio S0106, la comunidad tiene otras actividades como la tala selectiva y la cacería, dificultando la recuperación natural del Sitio afectado.

Dentro de la categoría de especie bioindicadora, se tuvo en cuenta un criterio adicional y fue la verificación del estado de la salud de los individuos capturados, verificando indicios de contaminación en estructuras tegumentarias por medio de inspección visual y/o malformaciones físicas que pudieran indicar algún posible grado de afectación. Sobre esto se detectaron algunos lagartos con crudo en su piel indicando que la fuente aún se encuentra activa.

(iii) Respecto a los formatos de levantamiento de fauna para la temporada húmeda y corregir la información correspondiente al ítem 3.5.2.6 del PR del Sitio S0106 en lo referido a las fechas de muestreo de la fauna:

Se verificó la información y se ajustará en el documento. Se presenta a continuación el texto tal como se modificará en el PR versión final:

*3.5.2.6.1 Muestreo Componente Biótico-Fauna*

- Periodos de Realización de Muestreo

Se realizaron tres (3) salidas de campo, la primera en el mes de enero de 2018 con el fin de identificar, delimitar y definir metodologías de trabajo en el área de estudio, la segunda en abril de 2018 para muestrear fauna en época húmeda y la tercera en septiembre de 2018 para la caracterización de fauna en época seca.

En el **Anexo MINEM Observación Nº19,** se presentan los formatos de levantamiento de fauna para la temporada húmeda y seca.

**Para el componente Flora:**

(iv) Respecto de la presentación de resultados del muestreo de flora (recurso forestal y epífitas), diferenciándolos por parcelas o transecto (dentro y fuera del API).

Para el caso del **recurso forestal**, se aclara que de acuerdo con la metodología presentada en el Plan de Trabajo correspondiente al expediente de *Autorización para la realización de estudios del patrimonio en el marco del IGA, como parte del proyecto "Planes de rehabilitación de los Sitios Impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Tigre y Pastaza"* aprobada por la R.M. 327-2018-MINAGRI-SERFOR-DGGSPFFS, la caracterización de flora del Sitio S0106 no incluye evaluaciones dentro y fuera del Sitio.

Así mismo, se aclara que la evaluación de caracterización se hizo únicamente mediante parcelas, la metodología aprobada no incluye transectos. Las parcelas se escogieron por similitud con el objetivo de tener representatividad la evaluación de flora.

Se indica a la autoridad que la caracterización fuera del Sitio no era objetivo de la evaluación del componente flora en el Plan de Rehabilitación (PR) del Sitio S0106. A continuación se detallan los objetivos de caracterización del componente flora y sus resultados:

La caracterización del componente flora del Plan de Rehabilitación del Sitio S0106 se realizó dentro de las áreas identificadas y delimitadas por OEFA, a través de una metodología de caracterización y evaluación rápida con la finalidad de obtener los siguientes objetivos: i) Caracterizar la comunidad vegetal asociada a la delimitación del Sitio Impactado durante la temporada húmeda y ii) Determinación del nivel de riesgo por ingesta de tejido vegetal en las comunidades asociadas al Sitio S0106, durante la temporada menos húmeda.

La caracterización de la comunidad vegetal dentro del Sitio S0106 implicó la caracterización de la cobertura vegetal; composición florística y estructura a través de una metodología de caracterización y evaluación rápida mediante el establecimiento de parcelas de 10x100 m durante la temporada húmeda. Debido a que el Sitio Impactado presenta un área pequeña de evaluación (2.51 ha), se evidencian algunas parcelas fuera del área de interés, pero muy cercana a ella; por esta razón, la metodología utilizada para la caracterización de la flora leñosa fue considerablemente

menos detallada que la realizada en estudios de impacto ambiental o de proyectos de investigación científica. Los resultados asociados a este objetivo se encuentran en el en el ítem 3.6.6.1 "Descripción de Resultados en Campo de Flora" del PR.

Por otro lado, se realizó colecta de tejido vegetal dentro del Sitio S0106 durante la temporada menos húmeda, con el objetivo de determinar el nivel de riesgo por ingesta de tejido vegetal asociadas a las poblaciones. Los resultados asociados a este objetivo se encuentran en el ítem 3.6.2.2 "Descripción de Resultados de Laboratorio Flora" y en el ítem …. Del PR.

Por lo que, se concluye que los objetivos iniciales planteados en el Plan de Trabajo para el componente flora fueron realizados; y se enfatiza en la presente respuesta que la caracterización fuera del Sitio no era un objetivo establecido, por lo que se cumplió con la metodología presentada en el Plan de Trabajo correspondiente a la Autorización para la realización de estudios del patrimonio en el marco del IGA, como parte del proyecto "Planes de rehabilitación de los Sitios Impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Tigre y Pastaza" aprobada por la R.M. 327-2018-MINAGRI-SERFOR-DGGSPFFS.

Para el caso de la **vegetación epífita**, cabe resaltar que se realizó una caracterización cualitativa rápida al interior de cada una de las parcelas de evaluación del recurso forestal.

La unidad de muestreo para la evaluación de epifitas es la planta hospedera o forófito de acuerdo con la Guía para la elaboración de la línea base en el marco del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (MINAM, 2018). Asimismo, se recomienda un esfuerzo muestral por unidad de vegetación mínimo de 8 forófitos para la evaluación de epífitas vasculares y el registro de datos adicionales de cada forófito como estado fenológico y la estimación de abundancia-dominancia de cada especie por cada forófito. Estas indicaciones aplican para una evaluación semicuantitativa de estas especies, la cual requiere de periodos de evaluación muy mayores al del presente estudio.

En el caso del Sitio S0106, sólo se realizó un reconocimiento visual de las especies epífitas presentes en todos los individuos de porte arbóreo evaluados (un total de 139 individuos o forófitos), teniéndose como resultado la identificación de 34 especies distribuidas en tres grandes grupos (Polypodiopsyda, Liliopsida y Magnoliopsida), 9 órdenes y 11 familias, presentadas en el ítem 3.6.6.1.7 del PR.

Cabe resaltar, además que la evaluación de especies epífitas no es objetivo principal del estudio de flora como parte del Plan de Rehabilitación del Sitio S0106, debido a que el proceso de rehabilitación se realizará a través del desbosque y revegetación con especies de porte arbóreo, siendo éstas el componente principal para la recuperación del bosque en áreas degradadas por actividades de hidrocarburos donde el suelo es el principal componente ambiental afectado

(v) Se presenta lo solicitado a continuación:

En la siguiente tabla se presentan especies detectadas en el Sitio S0106, según el siguiente detalle: (a) Especies de importancia ecológica (bioindicadoras, endémicas, entre otras), (b) Especies de importancia económica (venta), (c) Especies de importancia social (alimentos, medicinal y rituales – alucinógenas) (tipo de hábito).

**Tabla 21. Especies de Importancia Ecológica, Económica y Cultural del Sitio S0106**

| Familia | Nombre Científico | Nombre Común | Hábito | Importancia | | | Uso | Fuente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Ecológica | Económica | Cultural | | |
| Annonaceae | Guatteria sp. 1 | Carahuasca | Árbol | | | X | Madera | Valderrama, 2003[8] |
| Annonaceae | Xylopia cuspidata | Espintana | Árbol | | X | | Madera | Valderrama, 2003 |

[8] Valderrama H., 2003. Plantas de Importancia Económica y Ecológica en el Jardín Botánico - Arboretum El Huayo, Iquitos, Perú. FOLIA AMAZÓNICA 14 (1). IIAP.

| Familia | Nombre Científico | Nombre Común | Hábito | Importancia | | | Uso | Fuente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Ecológica | Económica | Cultural | | |
| Arecaceae | Euterpe precatoria | Huasai | Árbol | | X | X | Alimento, artesania, medicinal | Valderrama, 2003 |
| Arecaceae | Mauritia flexuosa | Aguaje | Palma | | X | | Alimento, medicinal | Valderrama, 2003 |
| Arecaceae | Socratea exorrhriza | Cashapona | Palma | | | X | Ornamental, artesania, medicinal | Valderrama, 2003 |
| Bignoniaceae | Jacaranda macrocarpa | Jacaranda | Árbol | X | | | Indicador de purma | Pacheco, 2011[9] |
| Burseraceae | Trattinnickia aspera | Copal | Árbol | | | X | Ornamental, artesania, medicinal | Valderrama, 2003 |
| Clusiaceae | Garcinia macrophylla | Charichuelo | Árbol | | | X | Alimento | Valderrama, 2003 |
| Euphorbiaceae | Alchorneopsis floribunda | Coshamuyo | Árbol | X | | | Corteza | Valderrama, 2003 |
| Euphorbiaceae | Croton sp. | -- | Árbol | X | | | Indicador de purma | Pacheco, 2011 |
| Euphorbiaceae | Croton tessmannii | -- | Árbol | X | | | Indicador de purma | Pacheco, 2011 |
| Fabaceae | Hymaenea coubaril L. | Aceite | Árbol | | X | | Alimento, medicinal | Valderrama, 2003 |
| Fabaceae | Inga sp | Shimbillo | Árbol | | | X | Alimento | Valderrama, 2003 |
| Fabaceae | Parkia sp. | Pachaca | Árbol | | X | | Madera | Ysmodes, 2014[10] |
| Hypericaceae | Vismia sp. | Pichirina | Árbol | X | | | Indicador de purma | Pacheco, 2011 |
| Lauraceae | Nectandra sp | Moana | Árbol | | X | | Madera | Ysmodes, 2014 |
| Malvaceae | Lueheopsis althaeiflora | Sapotillo | Árbol | | X | | Madera | Ysmodes, 2014 |
| Malvaceae | Guazuma crinita | Bolaina | Árbol | | X | | Madera | Ysmodes, 2014 |
| Meliaceae | Guarea gomma | Requia | Árbol | | X | | Madera | Zarate & Mori, 2010[11] |
| Moraceae | Ficus sp. | Ficus | Árbol | | | X | Medicinal | Valderrama, 2003 |
| Myristicaceae | Virola sp. | Cumala | Árbol | | X | | Madera | Valderrama, 2003 |
| Urticaceae | Pourouma guianensis | Uvillo | Árbol | | X | | Alimento | Valderrama, 2003 |

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

(vi) La información consignada para la subsanación de la presente observación no ha adicionada ni restada data respecto a aquella presentada en el Plan de Rehabilitación del Sitio S0106. No ha sido modificada la cantidad de individuos registrada, la cantidad de especies ni los resultados del análisis de los mismos. Por tanto, no se considera necesario reformular la información presentada en el ítem "*3.7.6.1 Interpretación de los resultados de Flora*" del mencionado Plan de Rehabilitación.

[9] Pacheco T., 2011. Valoración Económica de Purmas de diferentes edades en la Comunidad Nativa de Santa Mercedes, Rio Putumayu, Perú. Tesis de Maestría UNAP.

[10] Ysmodes S., 2014. Estructura y Biodiversidad Florística en Cuatro Parcelas del Arboretum "El Huayo", Ciefor - Puerto Almendras, Iquitos – Perú. Tesis de Pregrado UNAP.

[11] Zarate & Mori, 2010. Vegetación, informe temático. Proyecto Mesozonificación Ecológica y Económica para el Desarrollo Sostenible de la selva de Huánuco, convenio entre el IIAP, DEVIDA. Iquitos - Perú

## 2.8. Observación N° 21

En el ítem 3.7.1 del PR del Sitio S0106 – *"Interpretación de Resultados de Suelos"* (Folios 202 al 221), presentó la interpretación de los resultados del muestreo de suelo, los cuales se plasman en las Figuras 3-39 *"Isoconcentración de la Fracción de Hidrocarburos F2 (>C10-C28) en Suelo"* (Folio 207), 3-41 - *"Isoconcentración de la Fracción de Hidrocarburos F3 (>C28-C40) en Suelo"* (Folio 209), 3-43 - *"Isoconcentración de Bario (Ba) en Suelo"* (Folio 212), y 3-49 - *"Isoconcentración de Plomo (Pb) en Suelo"* (Folio 218). Asimismo, la información consignada en dicho ítem se sustenta en el Anexo 6.11.3 de PR del Sitio S0106 (Folios 1346 al 1354), en el cual se adjunta el Informe Estadístico Geoquímico de Multivariables del Sitio S0106 (en adelante, Informe Estadístico del Sitio).

De la revisión de dicha información, se observa lo siguiente:

(i) En el ítem 3 del Informe Estadístico del Sitio – *"Descripción de datos"*, se indicó que el número de muestras procesadas fue de cuarenta y cinco (45); no obstante, se observa lo siguiente:

(a) De la de la revisión de la Tabla 3-61 - "Valores de Parámetros Orgánicos Regulados por el ECA de Suelos" (Folios 153 al 155), se advierte que solo se realizó el muestreo solo en nueve (9) muestras para F2 y F3; toda vez que en las muestras restantes de dichos parámetros se consignó el valor 0.90 tal como se aprecia en el ítem 3 del Informe Estadístico del Sitio.

Asimismo, de la revisión la Tabla 3-63 - *"Concentración de Metales Totales Regulados por el ECA de Suelo"* (Folios 155 al 157), se advierte que realizó el muestreo de Mercurio Total en solo veintiséis (26) muestras, toda vez que en las muestras restantes de dicho parámetro se consignó el valor 0.90 tal como se aprecia en el ítem 3 del Informe Estadístico del Sitio.

(b) No se realizó el análisis estadístico y el cálculo de las isoconcentraciones para el metal cadmio (Cd).

(ii) En el ítem 11 del Informe Estadístico del Sitio - *"Conclusiones",* se indicó lo siguiente*: "Los mapas de iso concentraciones, representan el patrón de distribución espacial del elemento analizado en el área potencial de interés; cabe resaltar que para* ***su simulación se realizó una ponderación matemática (valor promedio de la totalidad del barreno perforado) (…)";*** no obstante, se advierte lo siguiente: (a) No se señaló el método de interpolación de isoconcentraciones empleado y (b) Para efectos de la interpolación de las isoconcentraciones, no se debió considerar el promedio total del barreno, sino el resultado de la totalidad del muestreo de suelo en las diferentes profundidades a fin que la interpolación realizada grafique el comportamiento real de los contaminantes en el área.

(iii) Para sustentar lo señalado en el ítem 3.7.1 del PR del Sitio S0106, se presentaron los mapas S0106-CEV-RE-01B1 – *"Isoconcentraciones de Bario del Sitio Impactado S0106"* (Folio 564), S0106-CEV-RE-01B2 – *"Isoconcentraciones de Plomo del Sitio Impactado S0106"* (Folio 565), S0106-CEV-RE-01B3 – *"Isoconcentraciones de F2 del Sitio Impactado S0106"* (Folio 566) y S0106-CEV-RE-01B4 – *"Isoconcentraciones de F3 del Sitio Impactado S0106"* (Folio 567); sin embargo, de la revisión de dichos mapas, se observa lo siguiente:

(a) No se visualiza la ubicación de los puntos de muestreo de suelo empleado para la representación de las isoconcentraciones.

(b) No se realizó la correcta interpolación de las isoconcentraciones de los contaminantes, teniendo en consideración la totalidad de los resultados de muestreo y las diferentes profundidades.

(c) El rango y escala de colores no permite visualizar las zonas de valores de concentraciones más elevadas

En atención a lo señalado, deberá cumplir con lo siguiente:

(i) En relación con el ítem 3 del Informe Estadístico del Sitio:

(a) Sustentar por qué consignó el valor de 0.9 para los parámetros F2, F3 y Mercurio en las muestras en las que no realizó el respectivo ensayo; caso contrario, deberá corregir la información consignada. Asimismo, deberá considerar la totalidad de las muestras analizadas para la interpolación de las isoconcentraciones, incluyendo los resultados del muestreo complementario en función a las Observaciones N° 9 y N° 10.

(b) Analizar el comportamiento de las isoconcentraciones del cadmio e incluirlas en el Anexo 6.11.3, así como en los mapas del Anexo 6.4 y en la Geodatabase.

(ii) Realizar la interpolación de las isoconcentraciones, a diferentes profundidades; asimismo, deberá indicar la metodología de interpolación empleada, presentando el sustento de su elección.

(iii) En atención a lo indicado en el Numeral (ii) de la presente Observación, deberá corregir los mapas S0106-CEV-RE-01B1, S0106-CEV-RE-01B2, S0106-CEV-RE-01B3 y S0106-CEV-RE-01B4, en los cuales se deberá:

(a) Graficar la ubicación de los puntos de muestreo de suelo empleado para la representación de las isoconcentraciones, precisando las concentraciones detectadas en los parámetros analizados.

(b) Graficar la corrida resultante de la interpolación de las isoconcentraciones de los parámetros analizados en el Sitio S0106 según las profundidades.

(c) Simbolizar en la leyenda los rangos de isoconcentraciones según escala de colores, acotando los rangos de distribución, de manera que se pueda visualizar las zonas que presentan mayores concentraciones; por ejemplo, respecto de las concentraciones de Fracciones de Hidrocarburos F2, se podría considerar rangos de valor mínimo - 100, 100 – 250, 250 - 500, 500 – 1000, 1000 - 1200, 1200 - 2000, 2000 -4000, 4000 - 5000 y 5000 - al valor máximo.

(d) Los mapas deberán estar suscritos por el/la profesional responsable de su elaboración.

(iv) En atención a las observaciones (i) y (ii), deberá corregir y actualizar la delimitación de las isoconcentraciones de la Figura 3-39, 3-41, 3-43 y 3-49, considerando los resultados de los muestreos realizados.

**Respuesta:**

(i) Sobre el informe de Isoconcentraciones se realizan las siguientes modificaciones:

(a) Por error se tomó la referencia "N.A." como sinónimo de por debajo del límite de detección (<L.D.) aplicando como valor 0.9. En el nuevo informe de Isoconcentraciones, se realiza la corrección de los datos para el análisis estadístico y el modelamiento de las isoconcentraciones de las Fracciones de hidrocarburos F2, F3 y metales pesados.

En la base de datos de Geoestadística de la nueva versión del Informe de Isoconcentraciones, se procesan solamente aquellos valores para los cuales existen resultados analíticos y se considera la totalidad de las muestras analizadas para la interpolación de las isoconcentraciones en tres profundidades.

Respecto al muestreo complementario en función a las Observaciones N° 9 y N° 10.

(b) Se incluye el análisis de la isoconcentración del Cadmio (Cd) a dos profundidades, nivel 1 (0m a 1m) y nivel 2 (1m a 2 m), no se realizó interpolación para el nivel 3 (2 m a 3m) debido a que todas las muestras presentaron valores por debajo del límite de detección del método (0.05 mg/kg).

(c) En los mapas se presentan los rangos de iso concentraciones según escala de colores, acotando los rangos de distribución, de manera que visualizan las zonas que presentan mayores concentraciones.

(d) Se presentan los mapas suscritos por el profesional responsable de su elaboración.

(ii) La metodología de interpolación empleada fue del tipo "Estimación Local" usando el algoritmo matemático Distancia Inversa Ponderada (por sus siglas en ingles IDW- Inverse distance weighted) (https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/help/analysis/geostatistical-analyst/how-inverse-distance-weighted-interpolation-works.htm).
Se precisa que inicialmente se planteó el uso del Kriging como herramienta para la modelación de las iso concentraiones, pero se detectó que el valor predictivo en algunos casos no guardaba relación con los valores registrados (por ejemplo, para el nivel 1 del parámetro Bario), lo cual generaba que la media del error fuera muy alta, por este motivo se optó por el modelo determinístico IDW.

Geostatistical wizard - Kriging step 5 of 5 - Cross Validation

| Source ID | Included | Measured | Predicted | Error | Standard Error | Standardized Error | Normal Value |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | Yes | 153.2 | 849.3 | 696.099999... | 1635.94560... | 0.42550314592... | 0.45785194534458373 |
| 1 | Yes | 70.4 | 655.08571... | 584.685714... | 1614.55977... | 0.36213321079... | -0.14798709767258367 |
| 2 | Yes | 38.9 | 755.73333... | 716.833333... | 1623.50477... | 0.44153447934... | 0.6289042206775763 |
| 3 | Yes | 147.3 | 822.86666... | 675.566666... | 1644.18719... | 0.41088184450... | 0.2993069191684776 |
| 4 | Yes | 321 | 730.25 | 409.25 | 1635.94560... | 0.25016112982... | -0.6289042206775763 |
| 5 | Yes | 92 | 743.48 | 651.48 | 1635.94560... | 0.39822840037... | 0.14798709767258367 |
| 6 | Yes | 147.6 | 761.82500... | 614.225000... | 1623.50477... | 0.37833273504... | 0 |
| 7 | Yes | 37.3 | 257.4125 | 220.1125 | 1654.43144... | 0.13304419478... | -0.8207920773456228 |
| 8 | Yes | 140.5 | 618.45999... | 477.959999... | 1610.96786... | 0.29669120662... | -0.45785194534458373 |
| 9 | Yes | 48.2 | 833.87777... | 785.677777... | 1644.18719... | 0.47785178051... | 0.8207920773456225 |
| 10 | Yes | 6442 | 209.91428... | -6232.0857... | 1614.55977... | -3.8599287694... | -1.8895099751827007 |
| 11 | Yes | 36.9 | 60.32 | 23.42 | 1708.68945... | 0.01370641104... | -1.049131383750566 |
| 12 | Yes | 43.6 | 588.875 | 545.275 | 1607.81836... | 0.33913967624... | -0.2993069191684776 |
| 13 | Yes | 54 | 863.22 | 809.22 | 1635.94560... | 0.49464969938... | 1.0491313837505656 |
| 14 | Yes | 47.9 | 943.41111... | 895.511111... | 1644.18719... | 0.54465277116... | 1.8895099751827007 |
| 15 | Yes | 70.8 | 896.27000... | 825.470000... | 1635.94560... | 0.50458279250... | 1.3517022391431253 |
| 16 | Yes | 1574 | 519.97333... | -1054.0266... | 1610.96786... | -0.6542816209... | -1.3517022391431253 |

(iii) En el **Anexo MINEM Observación N° 21**, se presenta la nueva versión del Informe de isoconcentraciones y los respectivos mapas. En el **Anexo MINEM Observación N° 21**, se presentan los Mapas de isoconcentraciones de Bario, Plomo, Cd, F2 y F3.

- S0106-CEV-RE-01B1 Isoconcentraciones de Bario del Sitio Impactado S0106
- S0106-CEV-RE-01B2 Isoconcentraciones de Plomo del Sitio Impactado S0106
- S0106-CEV-RE-01B3 Isoconcentraciones de F2 del Sitio Impactado S0106
- S0106-CEV-RE-01B4 Isoconcentraciones de F3 del Sitio Impactado S0106
- S0106-CEV-RE-01B5 Isoconcentraciones de Cadmio del Sitio Impactado S0106

### 2.9. Observación N° 37

En el desarrollo de la respuesta a la presente Observación, se presentó un análisis de selección de alternativas para el **tipo de contaminante de hidrocarburo**; sin embargo, en el Sitio S0106 no hay presencia de dicho contaminante, sino **contaminación por metales y mixta** en la matriz suelo, por lo que para el análisis de selección de alternativa deberá retirar el análisis del tipo contaminantes hidrocarburo y sólo mantener el análisis de selección de alternativa para contaminación por metales y mixta. Además, se advierte lo siguiente:

**i) Con relación a la Fase Inicial – Análisis de Viabilidad de los Tipos de Técnicas**

a) Respecto a la modificación de la matriz filtro 1 que incluya las siguientes tecnologías: "Fitorremediación + adición de enmiendas", "Desorción térmica + lavado (Washing)", "Electromigración + lavado de suelos (flushing)", "Bioestimulación enzimática + Solidificación" y "Estabilización Fisicoquímicas indicó que en la Tabla 5-1 "Descripción de las Técnicas de Remediación Aplicables al Sitio S0106 (Botadero Km 4)" en la columna "Viabilidad de aplicación en el Sitio" se realizó la evaluación de la viabilidad de las tecnologías de remediación en el Sitio.

   Sin embargo, de la revisión de dicha Tabla, se advierte que no se realizó la evaluación de la viabilidad de las tecnologías de remediación propuestas tales como: Fitorremediación + adición de enmiendas", "Desorción térmica + lavado (Washing)", "Electromigración + lavado de suelos (flushing)", "Bioestimulación enzimática + Solidificación" y "Estabilización Fisicoquímica"– las mismas que no fueron consideradas ni evaluadas en la Fase Inicial (Matriz Filtro 1 modificada) ya que fueron retiradas el cual no ha sido sujeto del pedido en el requerimiento de la observación, por lo que deberá aclarar y considerar dichas tecnologías inicialmente estudiadas.

b) En relación al retiro del criterio del porcentaje de remoción de contaminantes en el análisis "Metodología determinación para el análisis de alternativas de Remediación para Suelos – Sitio S0106 (Botadero Km 4)" presentó el ítem 5.5.2.1.2. "Selección de Alternativa de Remediación" donde se evidencia el retiro del criterio "porcentaje de remoción de contaminantes" en la metodología inicial; asimismo, se precisó que en el **Anexo MINEM Observación N°37** "Metodología de Selección de alternativas" se retiró dicho criterio, de la revisión del Folio 1737 de la información presentada, se verifica que el criterio de remoción de contaminantes ha sido retirado.

   Adicionalmente, en relación a la información relacionada a las incertidumbres de las siguientes tecnologías: "Atenuación natural (in situ)", "Bioestimulación (in situ)", "Extracción de agua – Pump and Treat (ex situ)", "Oxidación / Reducción Química (ex situ)", "Bioventilación / Bioaspersión (ex situ)", "Incineración (ex situ)", "Pirolisis (ex situ)", "Vertederos Controlados (ex situ)" y "Biochar (in situ)" se precisó que dicha información se encuentra en **el Anexo MINEM observación N° 37 "**Matriz y Criterios de Selección de alternativas Suelo – S0106".

   De la revisión de dicho Anexo, se advierte que en el Cuadro "Generalidades de las Tecnologías de Remediación" (folios 583 al 585 de la información complementaria N° 5) han sido presentadas la información de las incertidumbres de las siguientes tecnologías: "Atenuación natural (in situ)", "Bioestimulación (in situ)", "Extracción de agua – Pump and Treat (ex situ)", "Oxidación / Reducción Química (ex situ)", "Bioventilación / Bioaspersión (ex situ)", "Incineración (ex situ)", "Pirolisis (ex situ)", "Vertederos Controlados (ex situ)" y "Biochar (in situ)"; sin embargo, en tanto subsista en literal (a) del presente numeral (i) sobre la inclusión de la tecnologías retiradas, no es posible validar la información presentada.

c) En relación a la Matriz Filtro 1 modificada y las tablas 5-1 y 5-6 se precisó que se realizó el ajuste en la cantidad y el tipo de tecnologías viables para la evaluación de estas en la Fase Intermedia; sin embargo, en tanto subsista en literal (a) del presente numeral (i) sobre la inclusión de las tecnologías retiradas, no es posible validar la información presentada. Cabe precisar que el análisis deberá estar enfocado al tipo de contaminación presente en el sitio S0106, es decir selección de tecnologías para contaminación por metales y contaminación mixta.

ii) Con relación a la Fase Intermedia – Evaluación de las Tecnologías de Remediación seleccionadas se tiene lo siguiente:

a) Respecto a la inclusión de las tecnologías: "Desorción Térmica", "Lavado de Suelo (Flushing)", "Pantallas o barreras de aislamiento", "Bioestimulación" y "Estabilización fisicoquímica" en la Matriz filtro 2, se indicó que se realizó el ajuste en la cantidad y el tipo de tecnologías viables para la evaluación de estas en la Fase Intermedia los cuales han sido presentados en el Anexo MINEM Observación N° 37

Sin embargo, de la revisión del Anexo MINEM Observación N° 37, se advierte que en la Tabla 5-3. "Tecnologías de Remediación resultantes de la Fase Inicial", no se contemplaron las tecnologías señaladas, resultando esto incongruente con lo planteado inicialmente en el Plan de rehabilitación.

b) Respecto a la información que permita sustentar que la combinación de tecnologías de remediación que apliquen a un mismo contaminante resulta más eficiente respecto a la aplicación de una sola tecnología, precisó que 5.5.2.1.2. "Selección de Alternativa de Remediación" se reeditaron las tecnologías evaluadas donde solamente se tomaron dos escenarios de contaminación correspondientes a Contaminación por Metales Pesados y Contaminación por HTP, por lo cual no se tuvo en cuenta el escenario de contaminación mixto.

Ante ello se advierte que en mérito de que el punto a) del ítem i) de la presente observación permanece subsistente y que el requerimiento era sobre el análisis del escenario con combinación de tecnologías para un contaminante y no el análisis de una contaminación mixta (orgánicos y metales pesados) el presente ítem permanece subsistente. Cabe precisar que el análisis deberá estar enfocado al tipo de contaminación presente en el sitio S0106, es decir selección de tecnologías para contaminación por metales y mixta.

c) En relación a la corrección de la Matriz filtro 2 se tiene lo siguiente:

- Respecto al Subcriterio 1.1, no presentó información que absuelva el presente extremo de la Observación.
- Respecto al Subcriterio 1.2 y la información bibliográfica que permitan <u>sustentar la eficacia con respecto al objetivo de remediación</u> se indicó lo siguiente:

  - Consideró el documento "Técnicas de Recuperación de Suelos Contaminados" de la autora Irene Ortiz Bernad (2007), para el sustento de las siguientes tecnologías:

    "Tratamiento Biológico en fase líquida - bioslurry", "Landfarming", "Bioceldas o Biopilas", "Fitorremediación con hidrocarburos", "Bioaumentación", "Lavado (Washing)", "Fitorremediación con metales pesados", "Oxidación/reducción química", "Remediación electrocinética", "solidificación ex situ"; sin embargo, se advierte que dicho documento no describe el sustento para el porcentaje de remoción asignado a cada tecnología evaluada.

- Asimismo, consideró el documento "Remoción de hidrocarburos de petróleo de un suelo de baja permeabilidad: biorremediación y electro remediación" de la Revista Mexicana de Ingeniería química de México, 2017, para el sustento de la tecnología de "Electrobiorremediación" sin embargo, se advierte que dicho documento no describe el sustento para el porcentaje de remoción asignado a cada tecnología evaluada.

- Finalmente consideró la información del documento "Remediation Technologies Screening Matriz and Reference Guide, Version 4.0 3.1 In Situ Biological Treatment 4.2 Enhanced Bioremediation" de la Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR) U.S.A para el sustento de la tecnología de "Biorremediación mejorada aeróbica" sin embargo, se advierte que dicho documento no describe el sustento para el porcentaje de remoción asignado a cada tecnología evaluada.

En ese sentido, se deberá corregir o aclarar dicho apartado. En caso que no cuente con información bibliográfica que sustente la eficacia con respecto al objetivo de remediación, se deberá considerar valores mínimos para el presente criterio.

- Respecto al Subcriterio 2.3 y la información bibliográfica que permitan <u>sustentar el tiempo de duración del proceso de remediación</u> se indicó lo siguiente:

  - Consideró el documento "Remediation Technologies Screening Matriz and Reference Guide, Version 4.0 3.1 In Situ Biological Treatment" de la Federal Remediation Technologies Roundtable - FRTR (20), para el sustento de las siguientes tecnologías:

    "Tratamiento Biológico en fase líquida – bioslurry", "Landfarming", "Bioceldas o Biopilas"," "Fitorremediación con hidrocarburos", "Bioaumentación", "Lavado (Washing)", "Fitorremediación con metales pesados", "Oxidación/Reducción química", "Remediación electrocinética" y "Solidificación ex situ".

  - Asimismo, de la revisión del link adjunto para el sustento del tiempo de remediación para la electrobiorremediación, se advierte que es una página web que no funciona, por lo que deberá corregir o aclarar dicho apartado.

  - Adicionalmente, consideró el documento "Remediation Technologies Screening Matriz and Reference Guide, Version 4.0 In Situ Biological Treatment – enhanced biorremediation" para el sustento de la tecnología de "Biorremediación mejorada aeróbica", sin embargo, se advierte que dicho documento no describe el sustento para el tiempo de remediación asignado.

  En ese sentido, deberá corregir o aclarar dicho apartado. En caso que no cuente con información bibliográfica que sustente el tiempo de duración del proceso de remediación, se deberá considerar valores mínimos para el presente criterio.

- Respecto al Subcriterio 1.4 sobre la cantidad de permisos por entidades, se verifica que todas mantienen la misma puntuación según lo requerido.

- Respecto al Subcriterio 3.1 sobre la generación y eliminación de residuos (durante la remediación) se advierte lo siguiente:

  - Con relación a la generación de ácidos orgánicos e inorgánicos, hidróxidos, solventes solubles en agua como metanol, agentes complejantes como el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), y surfactantes, se indicó que algunas tecnologías generarán estos tipos de residuos y otras no durante la operación; sin embargo, de la

revisión de la información presentada, se advierte que no se justificó para cada una de las tecnologías si generará o no dichos residuos, por lo que deberá corregir o aclarar dicho apartado.

- Con relación a la generación de aguas industriales, para las tecnologías "Electrobiorremediación (Electrocinética + bioestimulación)", "Bioestimulación Enzimática + Solidificación (ex situ - on site)", "Remediación electrocinética" y "Solidificación ex situ", se precisa que corrigió las valoraciones, por lo que señaló que para la solidificación se precisó la generación de aguas industriales; sin embargo, se advierte que no consideró que para la solidificación se requiere de un volumen de agua solo para la mezcla de cemento y no generación de aguas industriales. En atención a ello, se advierte que deberá corregir la puntuación considerando que dicha tecnología **no** generará aguas industriales en su proceso de operación.

- En relación a la generación de gases que implican su tratamiento, se indicó que la tecnología "Remediación electrocinética" **sí** generará gases para su tratamiento; sin embargo, se advierte que no consideró que dicha tecnología utiliza un bajo consumo de Energía, por lo que se desprende que **no** generará gases que impliquen su tratamiento. En atención a ello, se advierte que deberá corregir la puntuación considerando que dicha tecnología **no** generará gases que impliquen su tratamiento.

d) En los Folios 567 y 568 de la información presentada, se verifica que se realizaron ajustes a las Tablas 5-6 "Matriz Técnica de Selección de Alternativas para Metales Pesados" y 5-7 "Matriz Técnica de Selección de Alternativas por Hidrocarburos".

Al respecto, se advierte que no es posible validar dicha información, en tanto que no se tiene certeza de las tecnologías que serán evaluadas en la Fase Intermedia, considerando que se encuentra pendiente de subsanar lo advertido en los numerales (i) y (ii) de la presente Observación. Cabe precisar que el análisis deberá estar enfocado al tipo de contaminación presente en el sitio S0106, es decir selección de tecnologías para contaminación por metales y mixta.

iii) Con relación a la Fase final se tiene lo siguiente:

a) Respecto a la justificación del retiro de los subcriterios listados en el Cuadro N° 12 se precisa lo siguiente:

En relación con el Subcriterio 1.1 - "Eficacia del cumplimiento con los objetivos de remediación", se precisa que dicho subcriterio fue analizado en la fase intermedia de la selección de tecnologías, por lo que no correspondería su evaluación en esta fase.

En relación con el Subcriterio 1.2 "Grado de monitoreo ambiental requerido post-remediación" se precisa que dicho subcriterio fue analizado en la fase intermedia de la selección de tecnologías, por lo que no correspondería su evaluación en esta fase.

En relación con el Subcriterio 1.3 "Requerimiento de autorizaciones previa a las acciones de remediación." se precisa que dicho subcriterio fue analizado en la fase intermedia de la selección de tecnologías, por lo que no correspondería su evaluación en esta fase.

En relación con el Subcriterio 2.3 – "Generación de residuos" se precisa que dicho subcriterio fue analizado en la fase intermedia de la selección de tecnologías, por lo que no correspondería su evaluación en esta fase.

En relación con el Subcriterio 2.5 – "Nivel de Experiencia en la Técnica de Remediación" se precisa que dicho subcriterio fue analizado en la fase intermedia de la selección de tecnologías, por lo que no correspondería su evaluación en esta fase.

En relación al Subcriterio 2.6 – "Requerimiento de Acciones complementarias Post-remediación del Sitio", se precisa que dicho subcriterio fue analizado en la fase intermedia de la selección de tecnologías, por lo que no correspondería su evaluación en esta fase.

En relación al Subcriterio 2.7 – "Consumo/afectación de los recursos naturales (agua superficial, agua subterránea, suelo, especies forestales)", se precisa que dicho subcriterio fue analizado en la fase intermedia de la selección de tecnologías, por lo que no correspondería su evaluación en esta fase.

En relación al Subcriterio 3.5 – "Tipos y fuentes de energía", se precisa que dicho subcriterio fue analizado en la fase intermedia de la selección de tecnologías, por lo que no correspondería su evaluación en esta fase.

En relación al Subcriterio 4.1 – "Riesgos a los receptores", se precisa que dicho subcriterio fue analizado en la fase intermedia de la selección de tecnologías, por lo que no correspondería su evaluación en esta fase.

En relación al Subcriterio 4.2 – "Tiempo de respuesta de la Técnica de Remediación", se precisa que dicho subcriterio fue analizado en la fase intermedia de la selección de tecnologías, por lo que no correspondería su evaluación en esta fase.

Respecto a la actualización de la "Metodología Determinación para el Análisis de Alternativas de Remediación para Suelos", en los folios 1734 al 1759 del Anexo MINEM observación N° 37 presentó la actualización de dicha metodología donde se observó la actualización de los ponderados a los criterios analizados, sin embargo, debido a que se encuentra subsistente los ítems i y ii precedentes no es posible dar por válida la actual información.

Asimismo, en el folio 1761 del Anexo MINEM observación N° 37 presentó el diagrama de flujo de la selección de alternativas de remediación actualizado

b) Se advierte lo siguiente:

- Con relación al sustento de los valores de los subcriterios considerados para las tecnologías de remediación evaluadas, se indicó que en la Tabla "Fase Final Criterios Adicionales por escenario de contaminación (HTP y MP)" del Anexo MINEM Observación 37 se presentaron los sustentos bibliográficos de los criterios evaluados. Sin embargo, de la revisión de dicho Anexo, se advierte que dicha Tabla no se encuentra en el citado documento.

- En relación a la reformulación del ítem 5.5.1.2 "Selección de la tecnología de remediación", se advierte que en el Anexo MINEM Observación N° 37, se indicó que se presentó el ítem 5.5.1.2 "Selección de la tecnología de remediación" actualizado y corregido; sin embargo, dicha información no puede ser corroborada toda vez que el ítem i) y ii) de la presente observación permanece subsistente.

2) Con relación a la **fase intermedia** y la inclusión de las características del contaminante (tiempo de meteorización, biodisponibilidad del contaminante y disponibilidad del contaminante) así como de las características del suelo del Sitio, abióticas (potencial de óxido - reducción, pH,

contenido de humedad, textura, entre otros) y bióticas del entorno del Sitio (mecanismos de absorción de los microorganismos, tolerancia a la toxicidad de los contaminantes presentes en el Sitio, entre otros) en las tecnologías de remediación, se indicó que en el **Anexo MINEM Observación N° 37,** Sección 5.5.2.1.2. "Selección de Alternativa de Remediación", se presentaron los cambios solicitados; además, se señaló que, durante el desarrollo de la etapa de ingeniería de detalle, se realizarán pruebas piloto para determinar los parámetros ideales de proceso que garanticen la viabilidad y eficiencia de la técnica.; sin embargo, de la revisión de dicho Anexo, se advierte lo siguiente:

- La matriz "Asignación de Puntajes a los Criterios de Selección" la cual pertenece al filtro de la fase intermedia, no presenta las consideraciones indicadas en el presente numeral como lo son la meteorización, mecanismos de absorción de los microorganismos y tolerancia a la toxicidad de los contaminantes presentes en el Sitio.

- No es posible validar dicha información, en tanto que no se tiene certeza de las tecnologías que serán evaluadas en la Fase Intermedia, considerando que se encuentra pendiente de subsanar lo advertido en los numerales (i) y (ii) de la presente Observación.

- La realización de pruebas piloto para determinar los parámetros ideales de proceso que garanticen la viabilidad y eficiencia de la técnica, durante el desarrollo de la ingeniería de detalle (posterior a la aprobación del PR del Sitio S0106), no debe estar condicionada para garantizar la viabilidad y eficiencia de la técnica, ni mucho menos para sustentar que las tecnologías alcanzan los niveles de remediación establecidos en el PR del Sitio S0106; por el contrario, para la selección de la tecnología de tratamiento, se deberá considerar los criterios de efectividad y nivel de experiencia de las tecnologías de remediación que obtengan mayor puntuación presentando información sustentatoria (resultados de proyectos anteriores o de estudios piloto en condiciones similares al sitio a remediar, citar y presentar la fuente bibliográfica) en el PR del Sitio S0106. En caso no cuente con dicha información, deberá realizar, como mínimo, ensayos a nivel de laboratorio de las tecnologías evaluadas, a fin de evidenciar el porcentaje de recuperación asignado en el análisis de selección de la alternativa idónea, debiendo adjuntar los informes de ensayo, cromatogramas, entre otros documentos.

3) Con relación a las tecnologías mixtas propuestas se tiene que en el folio 96 y 97 del Anexo MINEM Observación N° 37 precisó que el ajuste sobre el número de tecnologías (eliminación de tecnologías mixtas) se realizó desde las respuestas en la fase inicial de selección de tecnologías hasta la fase intermedia, es por ello que no consideraron pertinente el análisis del escenario en contaminación mixta. Al respecto se advierte lo siguiente:

- No presentó el sustento de la eliminación de dichas tecnologías mixtas; asimismo, el pedido recaía en realizar el análisis de alternativas de remediación para un mismo tipo de contaminante, pero con métodos de remediación complementarios para el mismo contaminante.

- El análisis para la selección de la tecnología debe estar enfocado al tipo de contaminante presente en el sitio S0106, es decir selección de tecnologías para contaminación por metales y mixta.

4) Con relación a la selección de la tecnología de tratamiento en el sitio en evaluación, se advierte lo siguiente:

a) Con respecto a los criterios de efectividad y nivel de experiencia, se precisó que en el Anexo MINEM Observación N° 37 se presentaron "Precisiones de la Tecnología Propuesta", "Experiencia de la Biorremediación mejorada aeróbica" y "Viabilidad de la tecnología para crudos intemperizados"; sin embargo, en tanto subsista lo advertido en los numerales (i) y (ii)

de la presente Observación, sobre la selección de las tecnologías, no corresponde evaluar la información presentada.

b) Con relación a la técnica de solidificación, y la presentación del sustento técnico a través de referencias bibliográficas para demostrar la inmovilidad y la estabilidad de los CP, no se precisó información pertinente para la evaluación.

En atención a ello, considerando que en el Sitio S0106 se presentan concentraciones relativamente bajas de contaminante orgánico y con más de 10 años de antigüedad, la sola técnica de solidificación podría ser aplicada en el Sitio S0106, de acuerdo con lo señalado en las siguientes referencias bibliográficas:

- Estabilización y Solidificación de Suelo Contaminado y Residuo: Un Manual de Experiencias. E. Bates y C. Hills. (setiembre, 2015).
  Obtenido de https://clu-in.org/download/techfocus/stabilization/s-smanual-of-ractice.pdf.

- Solidificación/Estabilización y su aplicación en residuos materiales EPA/530/R-93/012(junio,1993).
  Obtenido de http://dtsc.cs.gov/wpcontent/uploads/sites/31/2018/05/EPATTechnical ResourceDocumentsolidificationstabilization.pdf.

c) Con relación a los resultados de ensayos analíticos solicitados si la propuesta no cumpliera con la remediación, en el Folio 98 de la información presentada, se precisó los aditivos necesarios para la remediación por solidificación en la Tabla N° 26 "Lista de aditivos a emplear – Solidificación"; asimismo, se señaló que durante el desarrollo de la etapa de la ingeniería de detalle, se realizarán pruebas piloto para determinar los parámetros ideales de proceso que garanticen la viabilidad y eficiencia de la técnica. Además, se indicó que en el presente PR se tienen dos escenarios de contaminación por Metales pesados y por HTP. Al respecto, de la revisión de la información se advierte lo siguiente:

- La realización de pruebas piloto para determinar los parámetros ideales de proceso que garanticen la viabilidad y eficiencia de la técnica, durante el desarrollo de la ingeniería de detalle (posterior a la aprobación del PR del Sitio S0106), no debe estar condicionada para garantizar la viabilidad y eficiencia de la técnica, ni mucho menos para sustentar que las tecnologías alcanzan los niveles de remediación establecidos en el PR del Sitio S0106; por el contrario, para la selección de la tecnología de tratamiento, se deberá considerar los criterios de efectividad y nivel de experiencia de las tecnologías de remediación que obtengan mayor puntuación presentando información sustentatoria (resultados de proyectos anteriores o de estudios piloto en condiciones similares al sitio a remediar, citar y presentar la fuente bibliográfica) en el PR del Sitio S0106. En caso no cuente con dicha información, deberá realizar, como mínimo, ensayos a nivel de laboratorio de las tecnologías evaluadas, a fin de evidenciar el porcentaje de recuperación asignado en el análisis de selección de la alternativa idónea, debiendo adjuntar los informes de ensayo, cromatogramas, entre otros documentos.

- De acuerdo con lo advertido en el literal b) del presente acápite, se deberá considerar la tecnología de solidificación de los suelos para suelos con contaminación mixta y metales pesados, **puesto que las bajas concentraciones de fracciones de hidrocarburo F2 y F3** en el Sitio S0106, pertenecen a tan **solo un (1) punto de muestreo S0106-S012** (valores de hasta 7,032 mg/kg de F2 y 15,332 mg/kg de F3).

- En el Sitio S0106, para el Sitio S0106 no hay presencia de contaminación sólo de hidrocarburo, sino **contaminación por metales y contaminación mixta**; por lo que, para el análisis de selección de alternativa, se deberá retirar el análisis del tipo

contaminante hidrocarburo y sólo mantener el análisis de selección de alternativa para contaminación por metales y mixta.

**Respuesta:**

En función a la reunión sostenida con MINEM el 27/Mayo del presente, se recomendó cambiar la respuesta en función a las conclusiones de dicha reunión. Recordar que la conclusión fue: Definir las áreas y volúmenes a remediar, antes de analizar la unificación de la técnica.

### 2.10. Observación N° 38

En el ítem 5.5.2.2 del PR del Sitio S0106 – *"Sedimentos"* – *"Selección de la Tecnología de Remediación"* (Folios 369 al 374), describió por fases la metodología empleada para la selección de las alternativas de remediación a fin de determinar cuál de estas es la más viable para el Sitio. Al respecto, se advierte lo siguiente:

(i) De la revisión de la Tabla 5-16 - *"Matriz de Selección de Tecnologías de Remediación de Contaminación por Hidrocarburos Totales de Petróleo"* (Folios 372 y 373) y la Matriz Final Hidrocarburos, no se presentó una subescala cuantitativa y/o rangos para la determinación del valor de cada subcriterio.

(ii) No se sustentaron los valores asignados a los subcriterios considerados para las tres (3) tecnologías de remediación evaluadas, por ejemplo:

- En el Subcriterio 1.1 - *"Eficacia del cumplimiento con los objetivos de remediación",* no sustentó el valor asignado a cada una de las tecnologías respecto del porcentaje de remoción del contaminante.
- En el Subcriterio 1.2 - *"Riesgo asociado al componente ambiental (agua, aire, suelo, sedimento, biológico (flora y fauna), hidrobiológico",* no se sustentó el valor asignado a cada una de las tecnologías respecto del riesgo asociado al componente ambiental.
- En el Subcriterio 2.1 - *"Grado y tipo de contaminación"*, no sustentó el valor asignado a cada una de las tecnologías respecto del grado y tipo de contaminante.
- En el Subcriterio 2.5 - *"Nivel de experiencia en la técnica de remediación"*, no sustentó el valor asignado a cada una de las tecnologías respecto del nivel de experiencia en las tecnologías propuestas.

En ese sentido, deberá reformular el ítem 5.5.2.2 - *"Sedimentos"* – *"Selección de la Tecnología de Remediación"* – a efectos de sustentar mediante un procedimiento de ponderación cada subcriterio en función a una escala cuantitativa y/o rangos debidamente justificados para cada aspecto. Asimismo, en la modificación del ítem 5.5.2.2 deberá considerar para la selección de la tecnología de tratamiento en el Sitio en evaluación, los criterios de efectividad y nivel de experiencia de las tecnologías de remediación que obtengan mayor puntuación presentando información sustentatoria (citar y presentar la fuente bibliográfica).

Además, deberá proponer tecnologías que permitan la remediación de todos los contaminantes de preocupación, como por ejemplo Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP), entre otros, en la matriz, en donde se priorizará la eliminación del contaminante o la transformación a un componente menos tóxico.

**Respuesta:**

En concordancia con los argumentos presentados en la respuesta a las Observaciones N° 41, y *considerando el hecho que no se realizará la remoción y retiro de los sedimentos de los dos cuerpos de agua estacionales del Sitio S0106 (Botadero km 4)*, se realizará la modificación del numeral 5. Acciones de Remediación y Rehabilitación, en su sub numeral *5.5.1.2. Sedimentos; 5.5.2.2. Sedimentos*.

*5.5.1.2. Sedimentos*

En sedimentos la máxima concentración de hidrocarburos totales de petróleo alcanzada es igual a 3892 mg/kg., y la concentración del Mercurio (Hg), es igual a 0,2 mg/kg.

No se logró realizar la cuantificación del Índice de Riesgo Total para estos dos contaminantes debido que en las fuentes bibliográficas consultadas que tienen una rigurosidad científica demostrada como la EPA, no citan un Factor Pendiente de Cáncer tanto para los hidrocarburos totales de petróleo como para el Hg.

Se realizó a su vez la cuantificación del Índice de Peligro Total para estos dos contaminantes y los resultados obtenidos según el ERSA son aceptables.

Las fuentes de contaminación que pueden contribuir a la dispersión de fracciones medias y pesadas de hidrocarburos y a la deposición y lixiviación de metales pesados fueron enterradas en la parte alta de la terraza, los sustratos de arcilla propios de la litología del lugar están limitando la migración de los contaminantes.
En los formatos de información primaria levantados en campo, no existen anotaciones que indiquen que organolépticamente se encontraron trazas de hidrocarburos en el espejo de agua o en las muestras de sedimentos; la lectura de la concentración de compuestos orgánicos volátiles realizada a través del equipo de fotoionización indica que el rango es muy bajo y es equivalente a 0,3 ppm.

El entorno de los cuerpos de agua lénticos del Sitio S0106 (Botadero km 4), se caracteriza porque la vegetación nativa es exuberante, en la interfase agua / sedimento, hay una capa orgánica nativa densa.

Las consideraciones anteriormente señalas, llevan a concluir que no es conveniente remover, extraer y retirar los sedimentos de los cuerpos de agua estacionales, máxime que estas actividades tendrán un impacto negativo en los ecosistemas y alterarán el equilibrio hidrobiológico existente.

*5.5.1.2.1. Alternativas de Remediación Viables para el Sitio Impactado.*

Como se señaló en el anterior inciso no se realizará la remoción y extracción de sedimentos de los cuerpos de agua, por lo tanto, no se implementarán acciones de remediación de los sedimentos.

### 5.5.2.2. *Sedimentos*

*5.5.2.2.1. Diagnóstico de Contaminantes*

En la **Tabla 22** (Tabla 5-12) *"Contaminantes identificados en los sedimentos del Sitio S0106 (Botadero Km 4)*, se presentan los contaminantes identificados en los sedimentos de los cuerpos estacionales de agua del Sitio S0106 (Botadero km 4), y el límite de referencia reglamentado por *Environmental Quality Standards for Contaminated Sites* y *Environmental Quality Guidelines for Alberta* (2014) de Canadá.

**Tabla 22. (Tabla 5-12) Contaminantes Identificados en los Sedimentos del Sitio S0106 (Botadero Km 4)**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Environmental Quality Guidelines for Alberta (2014) (mg/kg)<br>ISQG - PEL (mg/kg)*** | | | | | **N/A<br>N/A** | **0,17<br>0,486** |
| ***Environmental Quality Standards for contaminated Sites (2014) Nova Scotia (mg/kg)*** | | | | | **500** | **N/A** |
| **Punto de muestreo** | **Fecha** | **Época de Muestreo** | **Coordenadas UTM WGS84 ZONA 18 S** | | **Concentración en mg/kg MS** | |
| | | | **Este** | **Norte** | **Hidrocarburos Totales de Petróleo (C9-C40)** | **Mercurio Total (Hg)** |
| S0106-Sed001 | 08/09/2018 | Seca | 338074 | 9694319 | 1260 | N.A. |
| S0106-Sed002 | 08/09/2018 | Seca | 338005 | 9694260 | 3892 | 0,2 |

**Nota:** Los valores que presentan (N/A) en los límites establecidos en la normatividad hace referencia a que no se tiene una concentración estándar para estos contaminantes.
Los valores que presentan (N.A.) hacen referencia a los puntos de muestreo donde no se presenta concentración que sobrepasen los límites estándar de referencia.
**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

Tal y como se señaló en el inciso *5.5.1.2. Sedimentos,* no se realizará la remoción y extracción de los sedimentos, así como tampoco un proceso de remediación de la matriz de sedimentos.

*5.5.2.2.2. Selección de la Tecnología de Remediación*

Considerando el hecho que en el Sitio S0106 (Botadero km 4), no se realizarán acciones de remediación de sedimentos, no hay lugar, por lo tanto, a la selección de una alternativa de remediación.

## 2.11. Observación N° 39

En el ítem 5.5.2.2 del PR del Sitio S0106 – *"Sedimentos"* – *"Selección de la Tecnología de Remediación"* (Folios 370 al 374), indicó que *"(…) para el caso de las técnicas (ex situ), los sedimentos deben tener un proceso de secado, esto se realizará por medio de una deshidratación por lechos de secado, en donde se tendrá en cuenta prevenir la filtración por precipitación que pueda afectar el proceso de secado. Dicha actividad se realizará por medio del cubrimiento de las celdas de secado y con la adecuación de canales perimetrales. (…)"* (Subrayado agregado). Sin embargo, se advierte que no indicó el tiempo estimado para para alcanzar el secado del sedimento y las dimensiones del área del lecho de secado.

En tal sentido, deberá presentar el tiempo estimado para alcanzar el secado del sedimento y las dimensiones del área del lecho de secado para su posterior tratamiento mediante la tecnología de Bioestimulación Enzimática.

**Respuesta:**

Después de analizar los resultados de laboratorios, según los cuales en la estación de muestreo S0106-Sed001, la concentración de hidrocarburos totales de petróleo es igual a 1260 mg/kg, y en el punto de muestreo S0106-Sed002 es igual a 3892 mg/kg., valores superiores al estándar de referencia de 500 mg/kg., reglamentado por *Enviromental Quality Standardas for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia.*

Se realizó un análisis de las características del entorno en donde se tomó la muestra de sedimentos; la distancia respecto a las potenciales fuentes de contaminación; las características

físicas y organolépticas de los sedimentos extraídos; la elevada carga de materia orgánica presente en los sedimentos extraídos, a partir de la cual se pueden sintetizar compuestos orgánicos biogénicos; los resultados de la evaluación del riesgo a la salud y al medio ambiente; los resultados del riesgo ecológico se determinó como procedente no realizar la remoción, extracción y tratamiento de los sedimentos de los cuerpos de agua estacionales.

En la respuesta a la Observación N° 41, se describe el sustento técnico para no remover y someter a un proceso de remediación los sedimentos.

## 2.12. Observación N° 40

En el ítem 5.6.1 del PR del Sitio S0106 – *"Superficie y Volumen a remediar y rehabilitar de acuerdo con el objetivo definido"* (Folios 411 al 416), indicó que (…) *"La determinación de la superficie y el volumen a remediar, se realizó partiendo del volumen estimado en la caracterización del Sitio (estimación preliminar de las áreas y volúmenes del Sitio Impactado, ver numeral 3.8.2 del plan de Rehabilitación). Con el volumen definido previamente se realizó una zonificación de las áreas que deben ser intervenidas, las cuales presentan los contaminantes de preocupación (Ba, Pb, Cd, F2 y F3); dicha zonificación también tuvo en cuenta los análisis realizados en el análisis del ERSA y se generó usando el método de las secciones transversales por medio del Software AutoCAD Civil 3D (…)"*; asimismo, se presentó la Figura 5-10 - *"Zonas Contaminadas Identificadas en el Sitio S0106 (Botadero Km 4)"* (Folio 412), en la cual se aprecia, la distribución estimada del contaminante presente en el Sitio a remediar.

De la revisión de la información que obra en el Expediente, se advierte que no realizó la correcta delimitación del área y el volumen a remediar, en la medida que:

(i) La interpolación de las isoconcentraciones para la delimitación del Sitio Impactado deberá ser reformulado según la Observación N° 21.
(ii) No se consideró para la determinación del volumen a remediar el Factor de Esponjamiento (Fw).
(iii) No incluyó las áreas en las que se identificó residuos descritos en el Anexo 6.5.2 *"Formato de muestreo de suelo"* (Folios 895 al 951), conforme se detalla en el siguiente cuadro:

**Tabla 23. Residuos identificados en Puntos de Muestreo**

| Puntos de Muestreo | Observaciones | Folio |
|---|---|---|
| S0106 – S009 | Residuos desde 0.60 metros como residuos plásticos, metal, Misceláneos. | 915 |
| S0106 – S014 | Se hace una perforación hasta una profundidad de 1,20 donde se llega a una galonera, se para la excavación.<br><br>Se hace una segunda excavación a la misma profundidad, se encuentra el mismo residuo. | 948 |
| S0106 – S016 | A los 0,80 metros aceites o algún derivado de hidrocarburo, botellas, residuos de vehículos, bolsas, madera | 924 |
| S0106 – S018 | Ubicado en las faldas de la colina, a simple vista contaminado de basura y otros tipos de contaminantes | 925 |

**Fuente:** Elaborado por la DGAAH sobre la base de la información

En ese sentido, y teniendo en consideración las Observaciones N° 21 y Observaciones N° 23 del presente informe, deberá realizar la correcta delimitación del área y volumen a remediar y, como consecuencia de ello, se deberá cumplir con lo siguiente:

(i) Reformular la información consignada en el ítem 5.6.1 del PR del Sitio S0106, presentando el cálculo del área a remediar y sustentando las profundidades consideradas dicho cálculo.
(ii) Incluir el Factor de Esponjamiento (Fw) para la determinación del volumen a remediar.
(iii) Considerar las áreas correspondientes a los residuos identificados en el Cuadro N.º 10, en donde se identificó presencia de residuos, como áreas impactadas
(iv) Incluir en el Anexo 6.11.4 – *"Cálculo de Volúmenes"* del PR del Sitio S0106, la información del cálculo de volúmenes (tablas, gráficos y perfiles longitudinales y secciones transversales).
(v) Corregir los mapas de los Anexos 6.3. y 6.4. del PR del Sitio S0106, teniendo en cuenta lo señalado en el numeral precedente. Cabe indicar que, la información a ser graficada deberá encontrarse a una escala adecuada que permita visualizar las áreas de corte y profundidad de corte.
(vi) En función a las nuevas áreas y volúmenes a remediar, deberá actualizar la zona de tratamiento para suelos.

**Respuesta:**

(i) En el Plan de Rehabilitación en el numeral 5.6.1. Superficie y Volumen a Remediar y Rehabilitar de acuerdo con el Objetivo Definido, se realizará la siguiente actualización y modificación de la información consignada.

*5.6.1. Superficie y Volumen a Remediar y Rehabilitar de acuerdo con el Objetivo Definido*

A continuación, se describe la metodología empleada para determinar la superficie y volumen a remediar en el Sitio S0106 (Botadero km 4), la reformulación realizada considera el área identificada mediante prospección geofísica con Georradar, los resultados analíticos y los puntos de muestreo OEFA.

- **Anomalía "*S0106-GPR01*"**: Esta sección está comprendida entre la progresiva 0+02 hasta 0+08 del perfil longitudinal 7. Los datos del Georradar indican que esta sección tiene un área de 18 $m^2$ y una profundidad de 1,15 m.

  El volumen a remediar en esta sección es equivalente a 22,14 $m^3$.
- **Anomalía "*S0106-GPR02*"**: Esta sección está comprendida entre la progresiva 0+24 hasta 0+46 del perfil longitudinal 7.
  Esta sección tiene un área de 78,71 $m^2$ y una profundidad de 1,15 m.
  El volumen a remediar en esta sección es equivalente a 93,20 $m^3$.
- **Anomalía "*S0106-GPR03*"**: Esta sección está comprendida entre la progresiva 0+00 hasta 0+06 del perfil longitudinal 6.
  Esta sección tiene un área de 10,53 $m^2$ y una profundidad de corte 1,2 m.
  El volumen a remediar de esta sección es igual a 13,08 $m^3$.
- **Anomalía "*S0106-GPR-04*":** Esta sección está comprendida entre la progresiva 0+00 hasta 0+10, del perfil longitudinal 4. Los datos del Georradar indican que en un área de 37,15 $m^2$ y a una profundidad de 1,5 m, están enterrados diferentes tipos de residuos.
  El volumen a remediar de esta sección es equivalente a 57,80 $m^3$.
- **Anomalía "*S0106-GPR05*"**: Esta sección está comprendida entre la progresiva 0+70 hasta 0+90, del perfil longitudinal 7.
  Esta sección tiene un área de 65,0 $m^2$ y una profundidad de 1,18 m.
  El volumen a remediar es igual a 81,18 $m^3$.
- **Anomalía "*S0106-GPR06*":** Esta sección está comprendida entre la progresiva 0+54 hasta 0+62, del perfil longitudinal 2.
  Esta sección tiene un área de 21,91 $m^2$ y una profundidad de corte de 1,4 m.
  El volumen a remediar es igual a 49,73 $m^3$.
- **Anomalía "*S0106-GPR07*"**: Esta sección está comprendida entre la progresiva 0+38 hasta 0+54, del perfil longitudinal 2.
  Esta sección tiene un área de 79,05 $m^2$ y una profundidad de corte de 1,40 m.

El volumen para remediar de esta sección es igual a 109,50 $m^3$.

- **Anomalía "*S0106-GPR08*"**: Esta sección está comprendida entre la progresiva 0+02 hasta 0+30, del perfil longitudinal 2.
  Considerando que la anomalía S0106-GPR08, se superpone parcialmente con el punto de muestreo S0106-S007, para evitar una duplicidad en el cálculo de los volúmenes a remediar, esta prospección geofísica identificada con georradar se seccionará en dos subsecciones, la subsección A S0106-GPR08, tiene un área de 35,28 $m^2$ y un volumen de residuos de 40,74 $m^3$, la subsección B S0106-GPR08, tiene un área de 56,78 $m^2$., y un volumen de residuos de 63,66 $m^3$.
- **Anomalía "*S0106-GPR09:*** Esta sección está comprendida entre la progresiva 0+28 hasta 0+36, del perfil longitudinal 1.
  El área demarcada por el Georradar es equivalente a 22,52 $m^2$, y la profundidad de corte es equivalente a 1,15 m,
  El volumen para remediar de esta sección es igual a 26,64 $m^3$.
- **Anomalía *"S0106-GPR010":*** Esta sección está comprendida entre la progresiva 0+32 hasta 0+42, del perfil longitudinal 1.
  El área demarcada por el Georradar es equivalente a 22,94 $m^2$, y la profundidad de corte es equivalente a 1,15 m.
  El volumen para remediar de esta sección es igual a 27,60 $m^3$.
- ***Anomalía "S0106-GPR11"***: Esta sección está comprendida entre la progresiva 0+22 hasta 0+30, del perfil longitudinal 01.
  El área demarcada por el Georradar es equivalente a 28,31 $m^2$, y la profundidad de corte es equivalente a 1,15 m.
  El volumen para remediar de esta sección es igual a 33,30 $m^3$.
- ***Anomalía "S0106-GPR12"***: Esta sección está comprendida entre la progresiva 0+02 hasta 0+12, del perfil longitudinal 01.
  El área demarcada por el Georradar es equivalente a 48,44 $m^2$, y la profundidad de corte es equivalente a 1,15 m.
  El volumen para remediar de esta sección es igual a 53,14 $m^3$.
- ***Anomalía "S0106-GPR13"***: Esta sección está comprendida entre la progresiva 0+10 hasta 0+20, del perfil longitudinal 01.
  El área demarcada por el Georradar es equivalente a 30,47 $m^2$, y la profundidad de corte es equivalente a 1,15 m.
  El volumen para remediar de esta sección es igual a 35,16 $m^3$.
- ***Anomalía "S0106-GPR14"***: Esta sección está comprendida entre la progresiva 0+18 hasta 0+26, del perfil longitudinal 01.
  El área demarcada por el Georradar es equivalente a 22,23 $m^2$, y la profundidad de corte es equivalente a 1,15 m.
  El volumen para remediar de esta sección es igual a 25,46 $m^3$.

Considerando que, para las anomalías identificadas a través de prospección geofísica con georradar, no se tienen resultados analíticos que indiquen o descarten la presencia de contaminantes, es importante que en la fase de remediación se tomen muestras puntuales de cada una de las secciones, así mismo dado que los métodos de prospección geofísicos están basados en la interpretación del comportamiento de las ondas electromagnéticas, es recomendable realizar excavaciones mecanizadas para determinar con un mayor nivel de detalle el tipo de residuos que hipotéticamente hay en cada anomalía y cuantificar con mayor exactitud las profundidades, áreas y volúmenes a remediar.

A continuación, se describe la metodología empleada para calcular las áreas y volúmenes a remediar tomando en consideración los resultados analíticos de laboratorio.

- **Punto de muestreo "*S0106-S005*":** Los resultados analíticos indican la presencia de Pb, en concentraciones que superan el ECA, a la profundidad comprendida entre 1,0 m., y 1,25 m. La sección que comprende este punto de muestreo está entre la progresiva 0+04 hasta

0+12, del perfil longitudinal 3. Los resultados analíticos indican que, superficialmente y a la profundidad de 0,50 m., la concentración de Pb es inferior al límite de detección, pero a la profundidad de 1,0 m., su concentración se incrementa significativamente hasta 90 mg/kg., Considerando que la dinámica de movilización propia de los metales es limitada y que está condicionada por factores como el pH, capacidad de intercambio catiónico, contenido de materia orgánica, etc., para esta sección se consideró un área de 25 $m^2$ y una profundidad de 1,5 m., para calcular el volumen de suelo a remediar.

Este punto de muestreo se caracterizó mediante la construcción de una calicata, dado que existe una incertidumbre sobre el volumen total de suelo que pudiese estar Impactado por la deposición de Pb., se recomienda en la fase de remediación realizar un monitoreo complementario para cuantificar con mayor nivel de detalle el volumen de suelo contaminado.

El volumen para remediar de esta sección es equivalente a 43,52 $m^3$.

A continuación, se presenta el perfil litológico del punto de muestreo "*S0106-S005*".

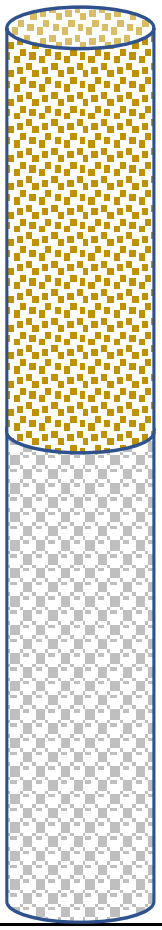
| Profundidad (m) | Espesor (m) | Columna Litológica | Descripción |
|---|---|---|---|
| 0,00 - 0,50 | 0,5 |  | Suelo limoso color marrón. Concentración de Pb: < 2 mg/kg. |
| 0,50 - 1,25 | 0,75 | | Suelo limoso con residuos. Se observa infiltración de agua. Concentración de Pb: 98 mg/kg. |

**Figura 6. Perfil Litológico del Punto de Muestreo "S0106-S005"**
**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

- **Punto de muestreo "*S0106-S007*":** Este punto de muestreo está ubicado en la parte alta de la terraza, con coordenadas UTM WGS84 ZONA 18, 338137 (E) y 9694213 (N), este punto se caracterizó a través de sondeos mecanizados con retroexcavadora, se identificó que hasta una profundidad de 5,20 m., existe una gran variedad de residuos enterrados como autopartes de vehículos, piezas metálicas, plástico, etc., si bien es cierto en el punto de toma de la muestra, los parámetros de metales pesados están dentro de los estándares de calidad ambiental, el suelo de esta sección se considera como un residuo peligroso debido a la gran amalgama de residuos identificados.

  El punto de muestreo S0106-S007, está ubicado en el perfil longitudinal 2, entre la progresiva 0+14 hasta 0+22 y se superpone con el trazado realizado mediante prospección geofísica con georradar S0106-GPR-08, para el calcular el volumen de suelo a remover y remediar de esta sección se tomará en consideración las dimensiones establecidas mediante sondeos mecanizados con retrocargador; esta celda tiene un ancho 4,0 m., y una profundidad de corte 5,2 m.

  Volumen de suelo a remediar: 495,44 $m^3$.

  A continuación, se ilustra la naturaleza de los residuos encontrados en el punto de muestreo "*S016-S007".*

**Fotografía 5. Sondeo con Retroexcavadora - Punto de Muestreo "*S0106-S007*"**
**Fuente:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

**Fotografía 6. Tipo de Residuos Enterrados en la Plataforma Alta – Punto de Muestreo *"S0106-S007"*.**

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

A continuación, se presenta el perfil litológico del punto de muestreo "*S0106-S007*"

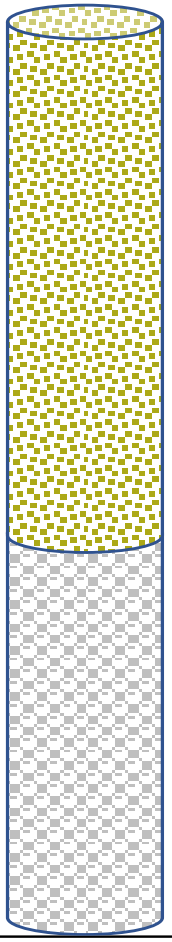
| Profundidad (m) | Espesor (m) | Columna Litológica | Descripción |
|---|---|---|---|
| 0,00 - 3,0 | 3,0 |  | Suelo arcilloso disturbado. |
| 3,0 - 5,20 | 2,2 | | Suelo mezclado con residuos metálicos, plásticos y miscelaneos. Olor a hidrocarburos. |

**Figura 7. Perfil Litológico del Punto de Muestreo "*S0106-S007*"**
**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

- **Punto de muestreo "*S0106-S012*":** Este punto de muestreo se caracterizó mediante excavaciones mecanizadas con retrocargador, los resultados analíticos que indican que, a la profundidad comprendida entre 1,50 m., y 2,30 m., se está presentando la deposición de metales pesados como Cadmio (Cd), Bario (Ba), Plomo (Pb) y la dispersión de Fracciones de Hidrocarburos (F2) y (F3), en concentraciones que superan los estándares de calidad ambiental.

  Esta sección está comprendida entre la progresiva 0+32 hasta 0+46, del perfil longitudinal 5.

  El punto de muestreo S0106-S012, se encuentra dentro de la proyección de la celda ubicada en la parte alta de la terraza, esta celda tiene como origen el punto de muestreo S0106-S007 e interconecta los puntos de muestreo S0106-S012, S0102-S009 y S0102-S016.

El área de esta sección es equivalente a 100 $m^2$ y la profundidad de corte es de 2,5 m. Estas dimensiones se determinaron a partir de las excavaciones mecanizadas realizadas con retroexcavadora.

El volumen de suelo de esta sección es equivalente a 249,8 $m^3$.
Dado que existe una incertidumbre sobre el volumen total de suelo que pudiese estar Impactado por la deposición de Cd, Ba y Pb, se recomienda en la fase de remediación realizar un monitoreo complementario para cuantificar con mayor nivel de detalle el volumen de suelo contaminado.

A continuación, en la siguiente fotografía se ilustran las características del punto de muestreo S0106-S012.

**Fotografía 7. Coordenadas del Punto de Muestreo *"S0106-S012"***
**Fuente:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

**Fotografía 8. Sondeo con Retroexcavadora - Punto de Muestreo "S0106-S012"**
**Fuente:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

A continuación, se presenta el perfil litológico del punto de muestreo "*S0106-S012*".

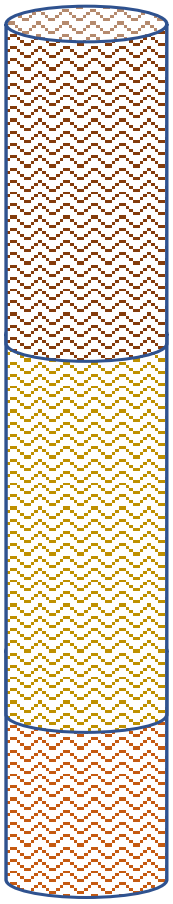
| Profundidad (m) | Espesor (m) | Columna Litológica | Descripción |
|---|---|---|---|
| 0,00-1,50 | 1,5 |  | Suelo arcilloso de color marron oscuro, suelo compacto<br>Resultados analíticos.<br>Fracción F2: 2099 mg/kg.<br>Bario (Ba): 6442 mg/kg<br>Cadmio (Cd): 55 mg/kg<br>Plomo (Pb): 357 mg/kg<br>Zinc (Zc): 2264 mg/kg |
| 1,50-2,30 | 0,8 | | Suelo arcilloso de color marrón y compacto<br>Resultados analíticos.<br>Fracción F2: 7032 mg/kg.<br>Fracción F3: 15332 mg/kg<br>Bario (Ba): 4406 mg/kg<br>Plomo (Pb): 111 mg/kg<br>Zinc (Zc): 1848 mg/kg |
| 2,30-2,50 | 0,22 | | Suelo Arcilloso de color rojizo y compacto. |

**Figura 8. Perfil Litológico del Punto de Muestreo "S0106-S012"**
**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

- **Punto de muestreo "*S0106-S016*":** Este punto de muestreo está ubicado en la parte de la terraza, con coordenadas UTM WGS84 ZONA 18, 338155 (E) y 9694266 (N), este punto se caracterizó a través de sondeos mecanizados con retroexcavadora, se identificó que, a la profundidad de 0,80 m., existen residuos derivados del petróleo; a la profundidad de 3,0 m., el suelo está saturado y se encontraron residuos metálicos y de madera, si bien es cierto en el punto de toma de la muestra, los parámetros de fracciones de hidrocarburos F2 y F3, metales pesados están dentro de los estándares de calidad ambiental, el suelo de esta sección se considera como un residuo peligroso debido a la gran amalgama de residuos identificados.

  Para calcular el volumen de suelo a remediar de esta sección, se empleó solamente un perfil longitudinal el cual está comprendido entre la progresiva 0+00 hasta 0+36 del perfil longitudinal N° 5. La profundidad de corte es equivalente a 3,0 m.
  Volumen a remediar para la sección: 385,94 $m^3$.

  A continuación, se ilustra la naturaleza de los residuos encontrados en el punto de muestreo "*S016-S016*".

**Fotografía 9. Coordenadas del Punto de Muestreo "S0106-S016"**
**Fuente:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

**Fotografía 10. Tipo de Residuos Enterrados parte Alta de Terraza – Punto de Muestreo "S0106-S016"**

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

A continuación, se presenta el perfil litológico del punto de muestreo "*S0106-S016*".

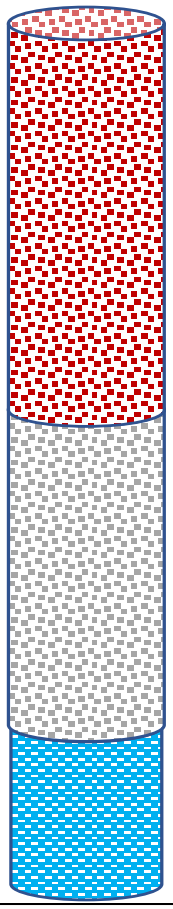
| Profundidad (m) | Espesor (m) | Columna Litológica | Descripción |
|---|---|---|---|
| 0,00 - 1,50 | 1,5 |  | Suelo arcilloso color rojizo. |
| 1,50 - 3,0 | 1,5 | | Suelo saturado, presencia de metales y madera. Zona saturada por infiltración de agua. |

**Figura 9. Perfil Litológico del Punto de Muestreo "S0106-S016"**
**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

- **Punto de muestreo "*S0106-S018*":** Este punto está ubicado entre la progresiva 0+02 y 0+08 del perfil longitudinal 1, a una distancia de 70 m., (aprox.)., de la terraza alta, en un sector de vegetación exuberante ubicado sobre la falda de la colina a una altitud de 238 msnm., se identificó un montículo con residuos de basura de A: 2 m x L: 3 m x H: 1 m. Los resultados analíticos realizados en este punto indican que la concentración de As, Cd, Cr VI., es inferior al límite de detección; la concentración de Ba, es igual a 34,5 mg/kg., y la concentración de Pb es equivalente a 30 mg/kg., lo cual indica que los residuos identificados no están generando la deposición de metales pesados. Considerando que esta acumulación de residuos afecta negativamente el entorno paisajístico se realizará la remoción, retiro y adecuada disposición de 5,72 $m^3$, de residuos.

**Fotografía 11. Tipo de residuos enterrados sobre la falda de la colina. Punto de Muestreo "S0106-S018"**

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

A continuación, se presenta el perfil litológico del punto de muestreo S106-S018.

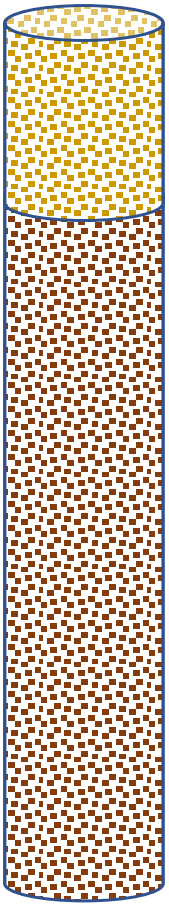
| Profundidad (m) | Espesor (m) | Columna Litológica | Descripción |
|---|---|---|---|
| 0,00-0,50 | 0,5 |  | Suelo Arcillo limoso; color marron claro; Compacto |
| 0,50-1,75 | 1,25 | | Suelo Arcillo limoso; color marrón rojizo; Compacto |
| 1,75-2,50 | 0,75 | | Suelo Arcillo limoso; color marrón rojizo; Compacto |

**Figura 10. Perfil Litológico del Punto de Muestreo "S0106-S018"**
**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

- **Punto de muestreo "*S0106-S019*":** Los resultados analíticos que indican que, a la profundidad comprendida entre 0,80 m., y 1,25 m., se está presentando la deposición de metales pesados como Bario (Ba) y Plomo (Pb). Este punto fue caracterizado mediante sondeos con barreno.
  Esta sección está comprendida entre la progresiva 0+06 hasta 0+14, del perfil longitudinal 4.
  El área de esta sección es equivalente a 25 $m^2$ y la profundidad de corte es de 1,5 m. La caracterización de este punto de muestreo se realizó con barreno.
  Volumen de suelo a remediar es de 34,7 $m^3$.

  Se recomienda en la fase de remediación, realizar un muestreo complementario en sectores adyacentes a esta estación de muestreo para determinar con mayor precisión la dinámica de movilización de los contaminantes identificados y cuantificar con mayor exactitud el volumen de suelo a remediar.

A continuación, se presenta el perfil litológico del punto de muestreo S0106-S019.

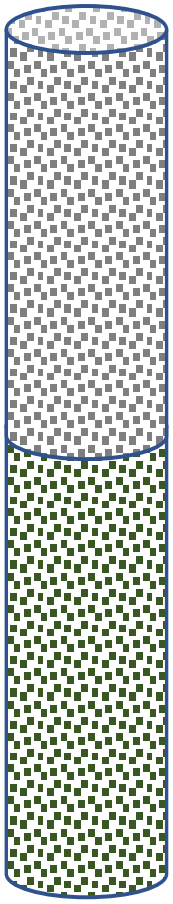
| Profundidad (m) | Espesor (m) | Columna Litológica | Descripción |
|---|---|---|---|
| 0,00-1,00 | 1 |  | Suelo limoso; color gris oscuro; ligeramente Compacto<br>Resultados analíticos:<br>Bario (Ba): 1574 mg/kg<br>Bario Extraible (Ba): 408,8 mg/kg |
| 1,00-1,25 | 0,2525 | | Suelo Limoso; color gris verdoso; ligeramente compacto<br>Resultados analíicos:<br>Bario (Ba): 5959 mg/kg<br>Bario Extraible (Ba): 481,5 mg/kg<br>Plomo (Pb): 155 mg/kg |

**Figura 11. Perfil Litológico del Punto de Muestreo "S0106-S019"**
**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

A continuación, se describe la metodología empleada para calcular las áreas y volúmenes a remediar tomando en consideración los resultados OEFA.

- **Punto de muestreo "*BOT-KM4-SU01*":** Según OEFA en este punto la concentración de Cadmio (Cd) es igual a 2,831 mg/Kg, a una profundidad de 0,40 m. En este mismo sector con coordenadas UTM WGS84 ZONA 18 S, 338115 (E) y 9694171 (N), se realizó el muestreo de suelos en la estación S0106-S004, *los resultados analíticos realizados en el marco de esta consultoría, indican que la concentración de As, Cd y Pb es inferior al límite de detección*, razón la cual este punto OEFA no será considerado como área impactada y no será tenido en cuenta en el cálculo de áreas y volúmenes a remediar.

- **Punto de muestreo "*BOT-KM4-SU03*":** Según OEFA en este punto la concentración de Cd es igual a 2,749 mg/kg. Esta sección se encuentra comprendida entre la progresiva 0+26 hasta 0+34, del perfil longitudinal 5.

En este mismo sector con coordenadas UTM WGS84 ZONA 18 S, 338148 (E) y 9694240 (N), se realizó el muestreo de suelo en la estación S0106-S014, los resultados analíticos indican que la concentración de As y Cd, es inferior al límite de detección y la concentración de Pb es igual a 12 mg/kg. Según los registros de campo en este sector hay residuos diversos y a la profundidad de 1,20 m., existe un cilindro, para efectos de mejorar el aspecto paisajístico se realizará la remoción de los residuos.

El área de esta sección es equivalente a 25 $m^2$, y la profundidad empleada para el cálculo del volumen a remover es de 1,5 m., esta profundidad se calculó considerando que a 1,20 hay probablemente un cilindro y tomando un gradiente de 0,30 m., adicional.
Volumen de suelo a remover: 45,48 $m^3$.

Considerando que OEFA realizó el muestreo sistemáticamente en todos los puntos a la misma profundidad de 0,40 m., y no existen resultados analíticos complementarios que corroboren la concentración del Cd, ni la hipotética movilidad de este metal, para el cálculo del volumen a remediar en los puntos OEFA en donde no exista información adicional de soporte, se empleará una profundidad de 1,5 m.

Dado que no se tienen resultados de contra muestras analíticas que indiquen la presencia de Cd., en concentraciones que superen el ECA, así como tampoco resultados analíticos complementarios a diferentes profundidades, se recomienda que la fase de remediación los puntos OEFA sean monitoreados para cuantificar con mayor nivel de detalle el volumen de suelo Impactado.

A continuación, se presenta el perfil litológico identificado para el punto de muestreo S0106-S014.

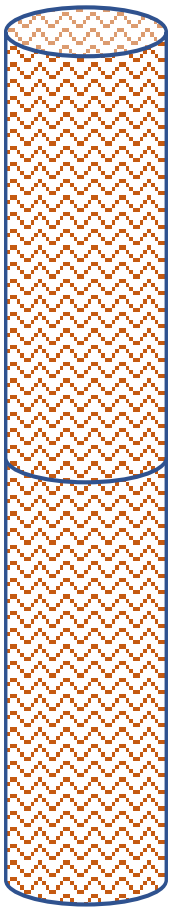
| Profundidad (m) | Espesor (m) | Columna Litológica | Descripción |
|---|---|---|---|
| 0,00-0,40 | 0,4 |  | Suelo arcilloso; color marrón oscuro; suelo compacto.<br><br>Resultados analíticos:<br>Arsénico (As): <3,5 mg/kg<br>Bario (Ba): 43,6 mg/kg<br>Cadmio (Cd): <0,5 mg/kg<br>Plomo (Pb): 12 mg/kg |
| 0,40-1,20 | 0,8 | | Suelo Arcilloso; color marrón; compacto<br>Resultados analíticos:<br>Arsénico (As): <3,5 mg/kg Bario (Ba): 93,6 mg/kg<br>Cadmio (Cd): <0,5 mg /kg<br>Plomo (Pb): 11 mg/kg |

**Figura 12. Perfil Litológico del Punto de Muestreo "S0106-S014"**
**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

- **Caracterización de la parte alta de la terraza del Sitio S0106 (Botadero km 4)**

En la parte alta de la terraza del Sitio S0106 (Botadero km 4), con la finalidad de determinar la existencia de residuos enterrados, se realizaron de una manera aleatoria excavaciones mecanizadas con un retrocargador hasta una profundidad de 5,20 m.

Se realizó una primera excavación en el punto de muestreo S0106-S007 con coordenadas UTM WGS84 ZONA 18 S, 338137 (E) y 9694213 (N), este punto está a 243 msnm., muy cerca al inicio de la pendiente de una colina, se realizó una excavación mecanizada hasta una profundidad de 5,20 m., identificándose piezas metálicas, repuestos de autopartes, plásticos, etc., y otro tipo de residuos industriales; a partir de este punto considerado por su ubicación espacial como el origen de una celda de residuos, siguiendo un trazado hacia el norte y a una distancia de 20 m., se realizó una segunda excavación en el punto de muestreo S0106-S012, el cual tiene una cota de 243,5 msnm., en este sector hasta una profundidad de 2,30 m., se encontraron residuos metálicos; a una distancia de 42,m., del origen de la celda, se realizó otra excavación con retrocargador hasta

una profundidad de hasta 2,40 m., en el punto de muestreo S0106-S009, el cual tiene una cota de 241,25 msnm., en este sector también se identificaron residuos industriales de diferente naturaleza; siguiendo el trazado de un eje imaginario a una distancia de 56 m., del punto de muestreo S0106-S007; se realizó una cuarta excavación hasta una profundidad de 3,0 m., en el punto de muestreo S0106-S016 el cual está ubicado a 241,5 msnm., en este punto se encontraron a partir de una profundidad de 0,80 m., grasas y lubricantes, botellas, partes de vehículos, plástico, etc.

Las excavaciones realizadas con el retrocargador, si bien es cierto se realizaron de una manera aleatoria y no de una manera secuencial y continua, permiten realizar el trazado aproximado de una celda de una longitud de 60 m., y un ancho de 4,0 m., que interconecta al punto de muestreo S0106-S007 con el punto de muestreo S0106-S016.

La profundidad de suelo a retirar de cada uno de los sectores de la celda ubicada en la parte alta de la terraza y de las demás secciones determinadas para el Sitio S0106 (Botadero km 4), se define tomando en consideración el perfil litológico, la profundidad de las capas de arcilla, las cuales por sus propiedades fisicoquímicas actúan como un retenedor de contaminantes, se tomó también en consideración la profundidad hasta la cual se identificaron los residuos enterrados.

El área total de la celda es igual a 322,97 $m^2$., y el volumen de suelo por tratarse de un material peligroso a remover, extraer y remediar es equivalente a 1176,66 $m^3$. (Sin considerar el 20% del factor de esponjamiento).

Tomando en consideración los resultados analíticos de las muestras de suelo extraídas en los puntos de muestreo S0106-S007, S0106-S012, S0106-S009 y S0106-S016, la ubicación espacial de los puntos OEFA, BOT-KM4-SU02 y BOT-KM4-SU03, y las particularidades identificadas en cada una de las excavaciones mecanizadas, la celda se divide en las siguientes zonas:

- **Zona 1**: Tiene como coordenadas de origen UTM WGS84 ZONA 18 S, 338137 (E) y 9694213 (N); esta zona tiene un área de 67,55 $m^2$., y un volumen de suelo con residuos de 495,44 $m^3$. Los resultados analíticos de las muestras de suelo son inferiores al estándar de calidad para suelos de uso agrícola.
- **Zona 2**: El eje central de esta zona tiene coordenadas 333145 (E) y 9694232 (N), las cuales corresponden al punto de muestreo S0106-S012, en donde se identificó la deposición de Ba, Cd, Pb y la presencia de fracciones de hidrocarburos. Esta zona tiene un área de 100 $m^2$., y un volumen de 495,44 $m^3$.
- **Zona 3**: Esta zona se extiende desde la línea limítrofe del punto de muestreo S0106-S012, y se extiende hacia el norte, abarcando los puntos de muestreo S0106-S009 y S0106-S016. El área es equivalente a 130,42 $m^2$., y el volumen de suelo Impactado por la disposición de residuos industriales con el potencial de provocar la deposición de metales pesados es igual a 385,94 $m^3$.
- **Zona 4**: En la intersección de la zona 2 y zona 3, se encuentra el punto OEFA BOT-KM4-SU03, debido a que no se tienen resultados de contramuestras, para esta zona se está considerando un área de 25 $m^2$., y un volumen de suelos de 45,48 $m^3$.
- **Prospección con Georradar S0106-GPR-08:** Mediante la prospección geofísica con Georradar se identificó también el sector S0106-GPR-08, cuyo trazado parcialmente se superpone con el punto de muestreo S0106-S007, para efectos de cuantificar el área y volumen de suelo, que potencialmente puede tener residuos enterrados, el sector S0106-GPR-08, se dividió en dos subsectores.

- **Subsector A**: Está ubicado hacia el occidente del punto de muestreo S0106-S007, tiene un área de 35,28 $m^2$., y un volumen de suelos de 40,74 $m^3$.
- **Subsector B**: Está ubicado hacia el oriente del punto de muestreo S0106-S007, tiene un área de 56,78 $m^2$., y un volumen de suelos de 63,66 $m^3$.

Se recomienda en la fase de remediación realizar un monitoreo a lo largo y ancho de la celda para determinar con mayor grado de precisión la naturaleza y concentración de los contaminantes.

En la siguiente figura se presentan las zonas en las que se subdividió la celda de la terraza alta del Sitio S0106 (Botadero km 4), para efectos de cuantificar el área y volumen de suelo a remover y remediar.

**Figura 13. Esquematización de Áreas de la Terraza.**
**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

En la siguiente fotografía área se representa la distribución espacial de los puntos de muestreo S0106-S007, S0106-S009 y S0106-S016.

**Fotografía 12. Terraza Alta – Distribución Espacial de los Puntos de Muestreo S0106S007, S0106-S012, S0106-S009 y S0106-S016.**
**Fuente:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022**.**

A continuación, se presenta un registro fotográfico sobre las características genéricas de cada una de las excavaciones anteriormente señaladas.

**Fotografía 13. Excavación en el Origen de la Celda de Residuos. Punto S0106-S007**
**Fuente:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022**.**

**Fotografía 14. Tipo de Suelo Extraído de las Excavaciones**
**Fuente:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022

.

**Fotografía 15. Excavación Mecanizada en el Punto de Muestreo S0106-S009**
**Fuente:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

**Fotografía 16. Terraza Alta - Punto de Muestreo S0106-S009**
**Fuente:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

**Fotografía 17. Excavación en Punto de Muestreo S0106-S016**
**Fuente:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

**Fotografía 18. Terraza Alta – Excavación en Punto de Muestreo S0106-S016**
**Fuente:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

A continuación, se presentan las áreas de corte y el volumen de corte para cada perfil longitudinal, valores calculados empleando el Software AutoCAD Civil 3D.

**Tabla 24. Cálculo de Volumen para la Anomalía "S0106-GPR01" - Perfil Longitudinal 7. Software AutoCAD Civil 3D**

| Abscisa | Área de corte(m²) | Volumen de corte (m³) | Volumen de corte acumulado (m³) |
|---|---|---|---|
| 0+02 | 0 | 0 | 0 |
| 0+04 | 5,61 | 5,61 | 5,61 |
| 0+06 | 5,46 | 11,07 | 16,68 |
| 0+08 | 0 | 5,46 | 22,14 |

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

**Tabla 25. Cálculo de Volumen para la Anomalía "S0106-GPR02" - Perfil Longitudinal 7. Software AutoCAD Civil 3D**

| Abscisa | Área de corte (m²) | Volumen de corte (m³) | Volumen de corte acumulado (m³) |
|---|---|---|---|
| 0+24 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0+26 | 6,25 | 6,25 | 6,25 |
| 0+28 | 5,9 | 12,15 | 18,4 |
| 0+30 | 5,58 | 11,48 | 29,88 |
| 0+32 | 5,26 | 10,84 | 40,72 |
| 0+34 | 4,93 | 10,19 | 50,91 |
| 0+36 | 4,61 | 9,54 | 60,45 |
| 0+38 | 4,29 | 8,9 | 69,35 |
| 0+40 | 3,96 | 8,25 | 77,6 |
| 0+42 | 3,64 | 7,6 | 85,2 |
| 0+44 | 2,18 | 5,82 | 91,02 |
| 0+46 | 0,00 | 2,18 | 93,2 |

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

**Tabla 26. Cálculo de Volumen para la Anomalía "S0106-GPR03" - Perfil Longitudinal 6. Software AutoCAD Civil 3D**

| Abscisa | Área de corte (m²) | Volumen de corte (m³) | Volumen de corte acumulado (m³) |
|---|---|---|---|
| 0+00 | 0 | 0 | 0 |
| 0+02 | 3,21 | 3,21 | 3,21 |
| 0+04 | 3,33 | 6,54 | 9,75 |
| 0+06 | 0 | 3,33 | 13,08 |

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

**Tabla 27. Cálculo de Volumen para la Anomalía "S0106-GPR04" - Perfil Longitudinal 4. Software AutoCAD Civil 3D**

| Abscisa | Área de corte (m²) | Volumen de corte (m3) | Volumen de corte acumulado (m³) |
|---|---|---|---|
| 0+00 | 0 | 0 | 0 |
| 0+02 | 2,66 | 2,66 | 2,66 |
| 0+04 | 10,36 | 13,02 | 15,68 |
| 0+06 | 13,95 | 24,31 | 39,99 |

| Abscisa | Área de corte ($m^2$) | Volumen de corte (m3) | Volumen de corte acumulado ($m^3$) |
|---|---|---|---|
| 0+08 | 1,93 | 15,88 | 55,87 |
| 0+10 | 0 | 1,93 | 57,8 |

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

**Tabla 28. Cálculo de Volumen para la Anomalía "S0106-GPR05" - Perfil Longitudinal 7. Software AutoCAD Civil 3D**

| Abscisa | Área de corte ($m^2$) | Volumen de corte ($m^3$) | Volumen de corte acumulado ($m^3$) |
|---|---|---|---|
| 0+70 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0+72 | 4,79 | 4,79 | 4,79 |
| 0+74 | 4,71 | 9,5 | 14,29 |
| 0+76 | 4,61 | 9,32 | 23,61 |
| 0+78 | 4,62 | 9,23 | 32,84 |
| 0+80 | 4,53 | 9,15 | 41,99 |
| 0+82 | 4,44 | 8,97 | 50,96 |
| 0+84 | 4,41 | 8,85 | 59,81 |
| 0+86 | 4,25 | 8,66 | 68,47 |
| 0+88 | 4,24 | 8,49 | 76,96 |
| 0+90 | 0 | 4,24 | 81,2 |

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

**Tabla 29. Cálculo de Volumen para la Anomalía "S0106-GPR06" - Perfil Longitudinal 2. Software AutoCAD Civil 3D**

| Abscisa | Área de corte ($m^2$) | Volumen de corte ($m^3$) | Volumen de corte acumulado ($m^3$) |
|---|---|---|---|
| 0+54 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| 0+56 | 5,56 | 5,56 | 5,56 |
| 0+58 | 7,73 | 13,29 | 18,85 |
| 0+60 | 2,15 | 15,44 | 34,29 |
| 0+62 | 0 | 15,44 | 49,73 |

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

**Tabla 30. Cálculo de Volumen para la Anomalía "S0106-GPR07" - Perfil Longitudinal 2. Software AutoCAD Civil 3D**

| Abscisa | Área de corte ($m^2$) | Volumen de corte ($m^3$) | Volumen de corte acumulado ($m^3$) |
|---|---|---|---|
| 0+38 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| 0+40 | 9,74 | 9,74 | 9,74 |
| 0+42 | 9,19 | 18,93 | 28,67 |
| 0+44 | 8,65 | 17,84 | 46,51 |

| Abscisa | Área de corte ($m^2$) | Volumen de corte ($m^3$) | Volumen de corte acumulado ($m^3$) |
|---|---|---|---|
| 0+46 | 8,11 | 16,76 | 63,27 |
| 0+48 | 7,64 | 15,75 | 79,02 |
| 0+50 | 7,04 | 14,68 | 93,70 |
| 0+52 | 4,38 | 11,42 | 105,12 |
| 0+54 | 0 | 4,38 | 109,50 |

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

**Tabla 31. Cálculo de Volumen para la Anomalía "S0106-GPR08" - Perfil Longitudinal 2. Software AutoCAD Civil 3D**

| Abscisa | Área de corte($m^2$) | Volumen de corte ($m^3$) | Volumen de corte acumulado ($m^3$) |
|---|---|---|---|
| 0+02 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| 0+04 | 4,34 | 4,34 | 4 |
| 0+06 | 4,34 | 8,68 | 13 |
| 0+08 | 4,39 | 8,73 | 22 |
| 0+10 | 4,59 | 8,98 | 30,73 |
| 0+12 | 4,56 | 9,15 | 39,88 |
| 0+14 | 4,92 | 9,48 | 49,36 |
| 0+16 | 4,69 | 9,61 | 58,97 |
| 0+18 | 0,00 | 4,69 | 63,66 |
| 0+20 | 0,00 | 0,00 | 63,66 |
| 0+22 | 4,83 | 4,83 | 68,49 |
| 0+24 | 4,89 | 9,72 | 78,21 |
| 0+26 | 4,93 | 9,82 | 88,03 |
| 0+28 | 4,86 | 9,79 | 97,82 |
| 0+30 | 0,86 | 5,72 | 103,54 |
| 0+32 | 0,00 | 0,86 | 104,40 |

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

**Tabla 32. Cálculo de Volumen para la Anomalía "S0106-GPR09" - Perfil Longitudinal 1. Software AutoCAD Civil 3D**

| Abscisa | Área de corte($m^2$) | Volumen de corte ($m^3$) | Volumen de corte acumulado ($m^3$) |
|---|---|---|---|
| 0+28 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| 0+30 | 2,73 | 2,73 | 3 |
| 0+32 | 7,09 | 9,82 | 13 |
| 0+34 | 3,50 | 10,59 | 23 |
| 0+36 | 0,00 | 3,50 | 26,64 |

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

**Tabla 33. Cálculo de Volumen para la Anomalía "S0106-GPR10" - Perfil Longitudinal 1. Software AutoCAD Civil 3D**

| Abscisa | Área de corte($m^2$) | Volumen de corte ($m^3$) | Volumen de corte acumulado ($m^3$) |
|---|---|---|---|
| 0+32 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| 0+34 | 1,47 | 1,47 | 1 |
| 0+36 | 5,65 | 7,12 | 9 |
| 0+38 | 5,61 | 11,26 | 20 |
| 0+40 | 1,07 | 6,68 | 26,53 |
| 0+42 | 0 | 1,07 | 27,60 |

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

**Tabla 34. Cálculo de Volumen para la Anomalía "S0106-GPR11" - Perfil Longitudinal 1. Software AutoCAD Civil 3D**

| Abscisa | Área de corte($m^2$) | Volumen de corte ($m^3$) | Volumen de corte acumulado ($m^3$) |
|---|---|---|---|
| 0+22 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| 0+24 | 6,11 | 6,11 | 6 |
| 0+26 | 6,16 | 12,27 | 18 |
| 0+28 | 4,38 | 10,54 | 29 |
| 0+30 | 0,00 | 4,38 | 33,30 |

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

**Tabla 35. Cálculo de Volumen para la Anomalía "S0106-GPR12" - Perfil Longitudinal 1. Software AutoCAD Civil 3D**

| Abscisa | Área de corte($m^2$) | Volumen de corte ($m^3$) | Volumen de corte acumulado ($m^3$) |
|---|---|---|---|
| 0+02 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| 0+04 | 0,32 | 0,32 | 0 |
| 0+06 | 12,16 | 12,48 | 13 |
| 0+08 | 11,41 | 23,57 | 36 |
| 0+10 | 2,68 | 14,09 | 50,46 |
| 0+12 | 0,00 | 2,68 | 53,14 |

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

**Tabla 36. Cálculo de Volumen para la Anomalía "S0106-GPR13" - Perfil Longitudinal 1. Software AutoCAD Civil 3D**

| Abscisa | Área de corte ($m^2$) | Volumen de corte ($m^3$) | Volumen de corte acumulado ($m^3$) |
|---|---|---|---|
| 0+10 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| 0+12 | 2,26 | 2,26 | 2 |
| 0+14 | 6,83 | 9,09 | 11 |
| 0+16 | 5,91 | 12,74 | 24 |
| 0+18 | 2,58 | 8,49 | 32,58 |
| 0+20 | 0,00 | 2,58 | 35,16 |

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

**Tabla 37. Cálculo de Volumen para la Anomalía "S0106-GPR14" - Perfil Longitudinal 1. Software AutoCAD Civil 3D**

| Abscisa | Área de corte ($m^2$) | Volumen de corte ($m^3$) | Volumen de corte acumulado ($m^3$) |
|---|---|---|---|
| 0+18 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| 0+20 | 5,21 | 5,21 | 5 |
| 0+22 | 5,39 | 10,60 | 16 |
| 0+24 | 2,13 | 7,52 | 23 |
| 0+26 | 0,00 | 2,13 | 25,46 |

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

**Tabla 38. Cálculo de Volumen para la Anomalía "S0106-S005" - Perfil Longitudinal 3. Software AutoCAD Civil 3D**

| Abscisa | Área de corte ($m^2$) | Volumen de corte ($m^3$) | Volumen de corte acumulado ($m^3$) |
|---|---|---|---|
| 0+04 | 0 | 0 | 0 |
| 0+06 | 6,41 | 6,41 | 6,41 |
| 0+08 | 7,69 | 14,1 | 20,51 |
| 0+10 | 7,66 | 15,35 | 35,86 |
| 0+12 | 0 | 7,66 | 43,52 |

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

**Tabla 39. Cálculo de Volumen para la Anomalía "S0106-S007" - Perfil Longitudinal 2. Software AutoCAD Civil 3D**

| Abscisa | Área de corte ($m^2$) | Volumen de corte ($m^3$) | Volumen de corte acumulado ($m^3$) |
|---|---|---|---|
| 0+14 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| 0+16 | 30,07 | 30,07 | 30 |
| 0+18 | 86,08 | 116,15 | 146 |
| 0+20 | 58,46 | 174,61 | 321 |
| 0+22 | 0,00 | 174,61 | 495 |

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

**Tabla 40. Cálculo de Volumen para la Anomalía "S0106-S012" - Perfil Longitudinal 5. Software AutoCAD Civil 3D**

| Abscisa | Área de corte ($m^2$) | Volumen de corte ($m^3$) | Volumen de corte acumulado ($m^3$) |
|---|---|---|---|
| 0+32 | 0 | 0 | 0 |
| 0+34 | 18,54 | 18,54 | 18,54 |
| 0+36 | 25,47 | 44,01 | 62,55 |
| 0+38 | 25,47 | 50,94 | 113,49 |
| 0+40 | 25,49 | 50,96 | 164,45 |
| 0+42 | 25,47 | 50,96 | 215,41 |
| 0+44 | 4,46 | 29,93 | 245,34 |
| 0+46 | 0 | 4,46 | 249,8 |

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

**Tabla 41. Cálculo de Volumen para la Anomalía "S0106-S016" - Perfil Longitudinal 5. Software AutoCAD Civil 3D**

| Abscisa | Área de corte ($m^2$) | Volumen de corte ($m^3$) | Volumen de corte acumulado ($m^3$) |
|---|---|---|---|
| 0+00 | 0 | 0 | 0 |
| 0+02 | 5,43 | 5,43 | 5,43 |
| 0+04 | 12,32 | 17,75 | 23,18 |
| 0+06 | 12,38 | 24,7 | 47,88 |
| 0+08 | 12,38 | 24,76 | 72,64 |
| 0+10 | 12,37 | 24,75 | 97,39 |
| 0+12 | 12,38 | 24,75 | 122,14 |
| 0+14 | 12,39 | 24,77 | 146,91 |
| 0+16 | 12,42 | 24,81 | 171,72 |
| 0+18 | 12,38 | 24,8 | 196,52 |
| 0+20 | 13,59 | 25,97 | 222,49 |
| 0+22 | 13,98 | 27,57 | 250,06 |
| 0+24 | 13,95 | 27,93 | 277,99 |
| 0+26 | 13,97 | 27,92 | 305,91 |
| 0+28 | 14,14 | 28,11 | 334,02 |
| 0+30 | 11,07 | 25,21 | 359,23 |
| 0+32 | 6,65 | 17,72 | 376,95 |
| 0+34 | 1,17 | 7,82 | 384,77 |
| 0+36 | 0 | 1,17 | 385,94 |

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

**Tabla 42. Cálculo de Volumen para la Anomalía "S0106-S018" - Perfil Longitudinal 1. Software AutoCAD Civil 3D**

| Abscisa | Área de corte ($m^2$) | Volumen de corte ($m^3$) | Volumen de corte acumulado ($m^3$) |
|---|---|---|---|
| 0+02 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| 0+04 | 2,07 | 2,07 | 2 |
| 0+06 | 0,79 | 2,86 | 5 |
| 0+08 | 0,00 | 0,79 | 5,72 |

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

**Tabla 43. Cálculo de Volumen para la Anomalía "S0106-S019" - Perfil Longitudinal 4. Software AutoCAD Civil 3D**

| Abscisa | Área de corte ($m^2$) | Volumen de corte ($m^3$) | Volumen de corte acumulado ($m^3$) |
|---|---|---|---|
| 0+06 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| 0+08 | 7,63 | 7,63 | 8 |
| 0+10 | 7,64 | 15,27 | 23 |
| 0+12 | 2,08 | 9,72 | 33 |
| 0+14 | 0,00 | 2,08 | 35 |

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

**Tabla 44. Cálculo de Volumen para la Anomalía "Bot-Km4-SU03"- Perfil Longitudinal 5. Software AutoCAD Civil 3D**

| Abscisa | Área de corte ($m^2$) | Volumen de corte ($m^3$) | Volumen de corte acumulado ($m^3$) |
|---|---|---|---|
| 0+26 | 0 | 0 | 0 |
| 0+28 | 7,58 | 7,58 | 7,58 |
| 0+30 | 7,58 | 15,16 | 22,74 |
| 0+32 | 7,58 | 15,16 | 37,9 |
| 0+34 | 0 | 7,58 | 45,48 |

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

A partir de los cálculos realizados se obtiene el siguiente volumen de suelo a remediar

**Tabla 45. Superficie y Volumen de Suelo a Remediar en el Sitio S0106 (Botadero Km 4)**

| Tipo de Contaminación | Área ($m^2$) | Volumen ($m^3$) | Factor de Esponjamiento ($m^3$) | Volumen con factor de esponjamiento ($m^3$) |
|---|---|---|---|---|
| Metales Pesados | 50 | 78,22 | 15,64 | 93,86 |
| Mixta (Fracción de Hidrocarburos y Metales) | 100 | 249,8 | 49,96 | 299,76 |
| Residuos a remover | 806,29 | 1664,93 | 398,59 | 1997,92 |
| **Total** | **956,29** | **1992,95** | **398,59** | **2391,54** |

**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.
*El volumen con el factor de esponjamiento no afecta los volúmenes a tratar en dosificación de insumos y uso de áreas de tratamiento.

Se adjunta en el **Anexo MINEM Observación N° 40** las tablas, gráficos, perfiles longitudinales y secciones transversales.

En el **Anexo MINEM Observación N° 40,** se presenta el procedimiento para el análisis en campo de la concentración de hidrocarburos totales de petróleo (TPH), y el método para determinar la concentración de metales pesados como As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb y Zn.

(ii) Para el cálculo del volumen de suelo a remediar, se considera un factor de esponjamiento del 20%. En el inciso anterior en la **Tabla 45** se presentan los cálculos tomando en consideración este factor.

(iii) Las acciones de remediación están tomando en consideración los resultados de la prospección geofísica realizada con Georradar, los puntos OEFA y los sectores en donde los resultados analíticos superan los estándares de calidad ambiental, así como también los sectores en donde las excavaciones mecanizadas indican la presencia de residuos peligrosos que tienen el potencial de generar la deposición de metales pesados. Ver inciso (i) de este numeral.

(iv) En el Anexo 6.11.4 – *"Cálculo de Volúmenes"* del PR del Sitio S0106 (Botadero km 4), se incluirá la información empleada para el cálculo de volúmenes (tablas, gráficos y perfiles longitudinales y secciones transversales). En el **Anexo MINEM Observación N° 40**, se presenta esta información.

(v) En el **Anexo MINEM Observación N° 40**, se presenta los siguientes planos modificados y actualizados:

- Mapa "S0106-CEV-ALT-04A" Mapa de Zonas identificadas con Contaminación según Estándar de Referencia.
- Mapa "S0106-CEV-ALT-04B" Zonas a Intervenir con las Acciones de Remediación.
- Mapa "S0106-CEV-ALT-05A" Cálculos de Áreas y Volúmenes del Sitio Impactado.
- Mapa "S0106-CEV-ALT-05B" Cálculos de áreas y volúmenes para el perfil longitudinal 1.
- Mapa "S0106-CEV-ALT-05C" Cálculos de áreas y volúmenes del Sitio Impactado S0106 para la sección transversal 1.
- Mapa "S0106-CEV-ALT-05D" Cálculos de áreas y volúmenes para el perfil longitudinal 2,3 Y 4.
- Mapa "S0106-CEV-ALT-05E" Cálculos de áreas y volúmenes para las secciones transversales 2,3 y 4.
- Mapa "S0106-CEV-ALT-05F" Cálculos de áreas y volúmenes para el perfil longitudinal 5,6 y 7.
- Mapa "S0106-CEV-ALT-05G" Cálculos de áreas y volúmenes del Sitio Impactado S0106 para las secciones Transversales 5,6.
- Mapa "S0106-CEV-ALT-05H" Cálculos de áreas y volúmenes del Sitio Impactado S0106 para las secciones Transversales 7.

En respuesta a la Observación N° 44 se presentan los vértices de los polígonos de las zonas de tratamiento suelos, sedimentos y el área de solidificación.

## 2.13. Observación N° 41

En el ítem 5.6.1.2 del PR del Sitio S0106 - *"Sedimentos"* (Folios 415 y 416), indicó que *"(…) El volumen de sedimentos a tratar es de 49,75 m$^3$, a una profundidad promedio 0,5 m (…)"*; asimismo, se presentó la Figura 5-13 - *"Zonas Identificadas con Sedimentos Contaminadas en el Sitio S0106 (Botadero Km 4)"* (Folio 416), en la cual se aprecia, de forma gráfica, el polígono (cuadrado) de la zona identificada con el sedimento contaminado.

Por otro lado, de la revisión de la Tabla 3-79 - *"Concentración de HAP´s y HTP"* (Folio 171) y del mapa S0106-CEV-MU-06 *"Puntos de Muestreo de Sedimentos del Sitio Impactado S0106"* (Folio 559), se verificó que realizó el muestreo en sedimentos en tres (3) puntos, de los cuales dos (2) de ellos (S0106-Sed001 y S0106-Sed002) presentaron excedencias en TPH y uno (S0106-Sed002) en Mercurio total.

Al respecto, se advierte lo siguiente:

(i) Se presentó información del área, profundidad y volumen de sedimentos a remediar; sin embargo, no señaló la información (criterios, el cálculo, entre otros) que sustente lo señalado en la Tabla 5-35 - *"Volúmenes y Superficies de Sedimentos del Sitio S0106 (Botadero Km 4)"* (Folio 415).

(ii) La profundidad utilizada para el cálculo del volumen de sedimentos (0.50 m) no guarda relación con lo señalado en el Anexo 6.10 – *"Cadena de custodia de las muestras de sedimentos"* (Folios 893 y 894), toda vez que se señala que en las estaciones de muestreo de sedimentos *"S0106-Sed001"* y *"S0106-Sed002"* se encontró presencia de Hidrocarburos Totales de Petróleo (C9-C40) hasta una profundidad de 0,95m y 1.20m, respectivamente. Además, los sondeos (Folio 894) señalan para el punto de muestreo *"S0106-Sed001"* y *"S0106-Sed002"* una profundidad de 2.48m y 1.70m, respectivamente.

Al respecto, deberá cumplir con lo siguiente:

(i) Presentar la información que sustente el área, profundidad y volumen de sedimentos a remediar, adjuntando la información sustentatoria correspondiente, considerando lo señalado en la Observación N° 10 y Observación N° 17.

(ii) Para la profundidad deberá considerar lo señalado en las cadenas de custodia o la profundidad que fue señalada en el sondeo, según lo observado en los numerales (i) y (ii) de la presente Observación.

(iii) En función a las nuevas áreas y volúmenes a remediar, deberá actualizar la Zona de tratamiento para sedimentos (Folio 428).

Además, reformular la información consignada en el ítem 5.6.1.2 del PR del Sitio S0106 y actualizar la información de la Geodatabase.

**Respuesta:**

(i) En el Plan de Rehabilitación, se realizará la modificación del Ítem *5.6.1.2. Sedimentos;* se presentarán los sustentos y consideraciones para no realizar la remoción y retiro de los sedimentos de los dos cuerpos de agua estacionales que están ubicados en inmediaciones al Sitio S0106 (Botadero km 4).

*5.6.1.2 Sedimentos*

A través del área de influencia directa del Sitio S0106 (Botadero km 4), no discurren cuerpos de agua con un caudal y flujo de agua constante como quebradas o arroyos; en el sector centro-oeste y en el sector noroeste, sobre la parte baja de la terraza hay dos cuerpos de agua estacionales, estos dos cuerpos de agua se caracterizan porque sus aguas están represadas, con una velocidad de corriente muy baja, debido a la espesura de la vegetación que crece sobre sus orillas, sobre su lecho se acumula una gran cantidad de materia orgánica (raíces, ramas, hojas, etc.), estos dos cuerpos de agua estacionales no están interconectados por un cauce común, el cuerpo de agua ubicado en el sector cetro-oeste tiene coordenadas UTM WGS84 ZONA 18 S, 338005 (E) y 9694260 (N) y el cuerpo de agua ubicado en el sector noroeste tiene coordenadas 338074 (E) y 9694319 (N).

Los límites naturales de cada uno de los cuerpos de agua estacionales están definidos por la pendiente de la terraza que se levanta sobre el sector este y por un bajial inundable hacia el sector occidental, el área de cada uno de los cuerpos de agua es equivalente a 50 $m^2$ aproximadamente

- **Características del cuerpo de agua estacional ubicado al noroccidente del emplazamiento – Estación de muestreo "*S0106-Sed001*".**

El cuerpo de agua estacional con coordenadas UTM WGS84 ZONA 18 S, 338074 (E) y 9694319 (N), está ubicado hacia el noroccidente del emplazamiento, en la parte baja de la terraza hacia donde discurren todas las aguas por escorrentía. La velocidad de flujo de la corriente es muy baja y su cauce está delimitado hacia el este por una colina y hacia el oeste por zonas de bajo anegables. El cuerpo de agua tiene un área de 50 m2 (Aprox.)

El espejo de la columna de agua tiene una altura de 0,15 cm., entre 0,15 m., hasta los 0,95 m, de profundidad, el sustrato se caracteriza por una secuencia de materia orgánica compuesta por hojas, madera, residuos vegetales, etc.; entre los 0,95 m., y 2,48 m., la secuencia se caracteriza por una acumulación de limos, arenas finas mezcladas con una elevada carga de materia orgánica; a partir de los 2,48 m., el lecho del cuerpo de agua estacional está conformado por arcillas compactas.

A continuación, en la **Figura 14,** se presentan las características de la estación de muestreo S0106-Sed001.

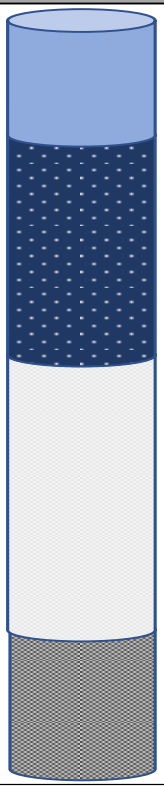
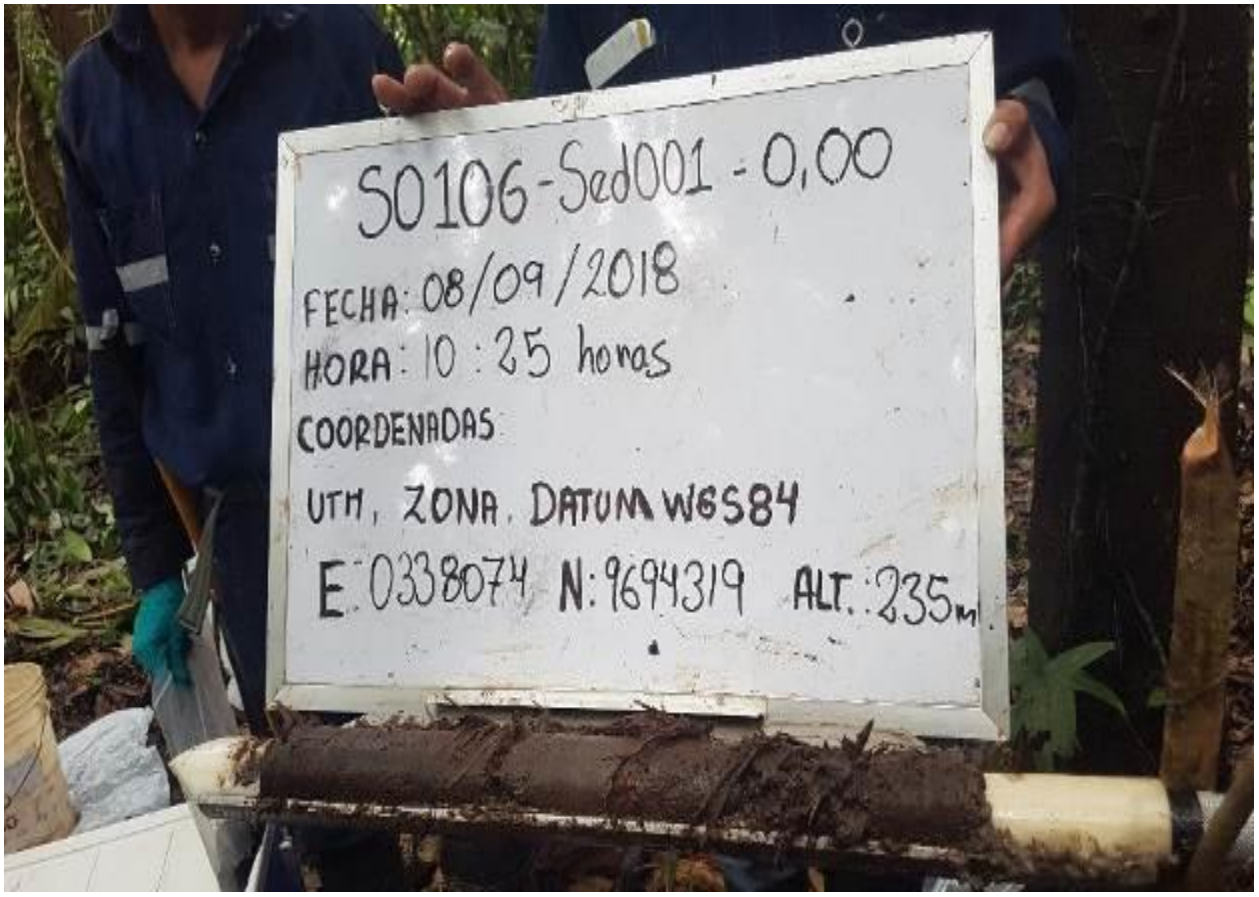
| Profundidad (m) | Espesor (m) | Características de la estación de muestreo | Descripción |
|---|---|---|---|
| 0,00 - 0,15 | 0,15 |  | Espejo de agua |
| 0,15-0,95 | 0,8 | | Materia orgánica (hojas, ramas raíces), sólidos en suspención. Concentración de hidrocarburos totales de petróleo: 1260 mg/kg. |
| 0,95 - 2,50 | 0,6 | | limos, arenas finas mezcladas con una elevada carga de materia orgánica |
| 2,5 | | | Arcillas |

**Figura 14. Características de la Estación de Muestreo S0106-Sed001.**
**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

En las fotografías que a continuación se presentan, se puede apreciar las condiciones del entorno y las características físicas de la muestra de sedimento extraída en el punto de muestreo "*S0106-Sed001-0,00*".

**Fotografía 19. Características del Entorno - Estación "*S0106-Sed001-0,00*"**
**Fuente:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.




**Fotografía 20. Características del Sedimento - Estación "*S0106-Sed001-0,00*"**
**Fuente:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

**Fotografía 21. Medición de VOC's con Equipo de Fotoionización - Estación "*S0106-Sed001-0,00*"**

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

- **Características del cuerpo de agua ubicado al oeste del emplazamiento – Estación de muestreo "*S0106-Sed002*".**

El cuerpo de agua estacional con coordenadas UTM WGS84 ZONA 18 S, 338005 (E) y 9694260 (N), está ubicado hacia el oeste del emplazamiento, en la parte baja de la terraza hacia donde también discurren todas las aguas por escorrentía. La velocidad de flujo de la corriente es muy baja y su cauce está delimitado hacia el este por una colina y hacia el oeste por zonas de bajo anegables.

El espejo de la columna de agua tiene una altura de 0,35 cm., entre 0,35 m., hasta los 1,70 m., de profundidad, el sustrato se caracteriza por una secuencia de limos y arenas finas mezcladas con materia orgánica compuesta por hojas, madera, residuos vegetales, etc.; a partir de los 1,70 m., el lecho del cuerpo de agua estacional está conformado por arcillas compactas.

A continuación, se presentan las características litológicas de la estación de muestreo "*S0106-Sed002*".

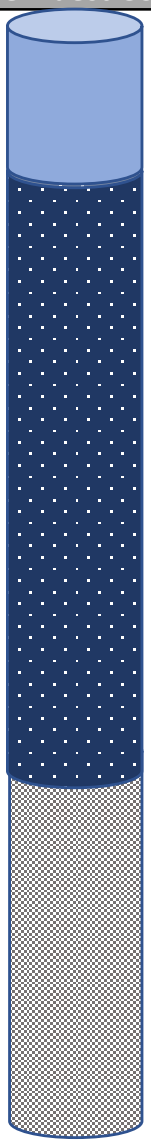
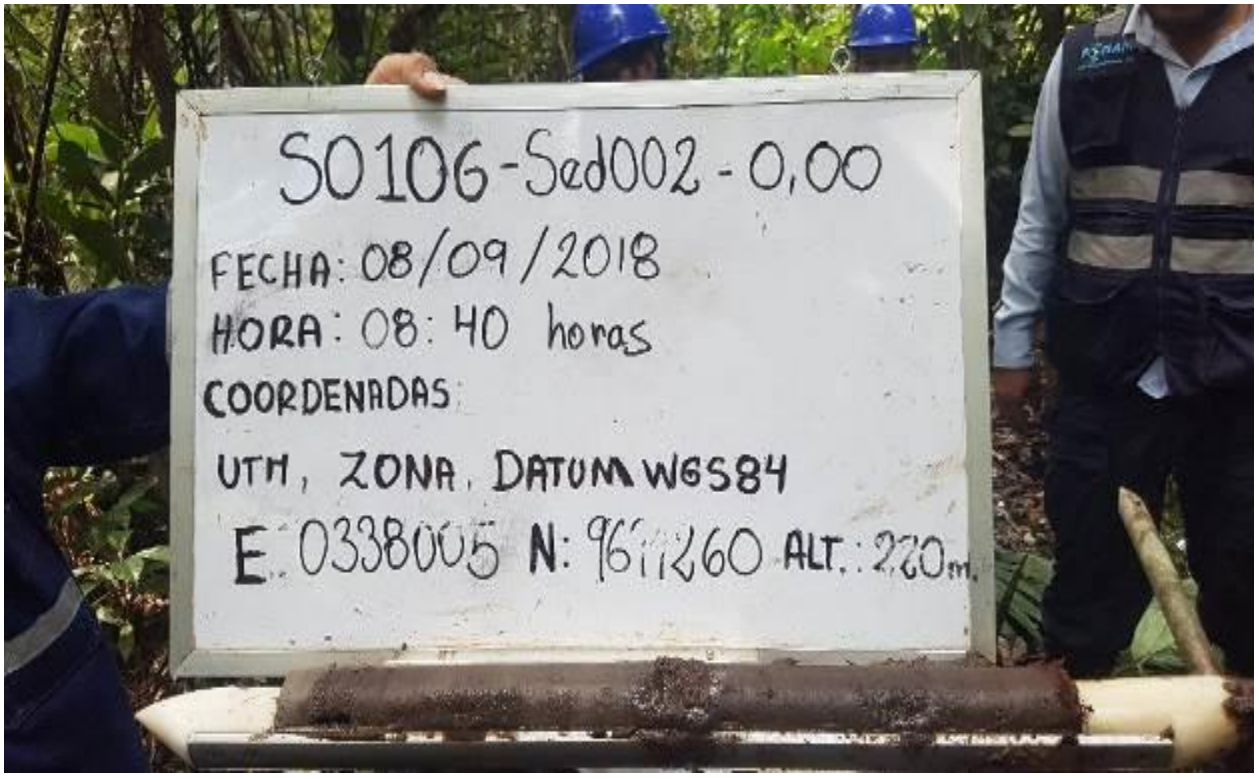
| Profundidad (m) | Espesor (m) | Características de la estación de muestreo | Descripción |
|---|---|---|---|
| 0,00 - 0,35 | 0,35 |  | Espejo de agua |
| 0,35 - 1,70 | 1,35 | | Materia orgánica (hojas, ramas raíces), sólidos en suspención. Concentración de hidrocarburos totales de petróleo: 3892 mg/kg. |
| 1,70 | | | Arcillas compactas de color gris. |

**Figura 15. Características de la Estación de Muestreo "S0106-Sed001"**
**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

En las fotografías que a continuación se presentan, se puede apreciar las condiciones del entorno y las características físicas de la muestra de sedimento extraída en el punto de muestreo "*S0106-Sed002-0,00*".

**Fotografía 22. Características del Entorno - Estación "*S0106-Sed002-0,00*"**
**Fuente:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.




**Fotografía 23. Características del Sedimento - Estación "*S0106-Sed002-0,00*"**
**Fuente:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

En la estación de muestreo S0106-Sed001, como se indició anteriormente la concentración de hidrocarburos totales de petróleo es igual a 1260 mg/kg., y en la estación de muestreo S006-Sed002, la concentración de HTP es igual a 392 mg/kg, valores que son superiores a la concentración de 500 mg/kg., establecida como límite de referencia por *Enviromental Quality Standardas for Contaminated Sites (2014) Nova Scotia.*

En los dos cuerpos de agua *no se realizarán acciones de remoción y retiro de los sedimentos* por las siguientes consideraciones:

1. **La materia vegetal como fuente aportante de compuestos orgánicos volátiles biogénicos (COVBs):**
   Según investigaciones documentadas por la EPA, mediante la técnica de desorción térmica con separación por cromatografía de gases (GC) y detección por espectrometría de masas (MS), a partir de especies vegetales se logró sintetizar compuestos orgánicos como isopreno, monoterpenos, sesquiterpenos, compuestos carbonílicos, alcoholes y ésteres. Según (KELLY-HOOPER, FRANCINE; ANDREA J. FARWELL; GLENNA PIKE; JOCELYN KENNEDY; ZHENDI WANG; ERIC C. GRUNSKY Y D. GEORGE), los métodos analíticos pueden coextraer compuestos COVBs de suelos orgánicos, lo que provoca falsos excesos en las pautas de toxicidad; este fenómeno se podría estar presentando en los resultados analíticos para las muestras de sedimentos del S0106 (Botadero km 4), por lo tanto, la concentración de hidrocarburos totales de petróleo está relacionada con la presencia de compuestos orgánicos biogénicos extraídos del lecho de los cuerpos de agua estacionales.

2. **Cálculo del Análisis de Riesgo para la Salud**:
   El Índice de peligrosidad Total (IPT) por ingesta y contacto dérmico de sedimentos para el receptor adulto y niño, es inferior a 1, por lo tanto, el riesgo es aceptable, es decir que, si los receptores humanos bien sean adultos o niños, eventualmente tienen un contacto directo con los sedimentos a través de diferentes vías de exposición, su salud no sufrirá efectos negativos no cancerígenos.

   El Índice de Riesgo Total (IRT), no fue determinado debido a que no existe un valor pendiente de cáncer para los hidrocarburos totales de petróleo

En el **Anexo MINEM Observación N° 41**, se presentan las pruebas estadísticas de bondad que fueron realizadas con el programa informático ProUCL 5.1, y el cálculo del Nivel de Riesgo para las matrices de suelo y sedimento.

3. **Riesgo ecológico**:
   Los factores de estrés ambiental, dependiendo del nivel de exposición y de la riqueza de los ecosistemas pueden causar efectos adversos en un componente del ecosistema, alterando características o componentes estructurales o funcionales importantes de los ecosistemas, la cuantificación de ese efecto debe tomar en cuenta la intensidad y la escala del efecto, así como el potencial de recuperación. *(Guidelines for Ecological Risk Assessment – EPA/630*).

   El entorno de los cuerpos de agua lénticos del Sitio S0106 (Botadero km 4), se caracterizan porque la vegetación nativa es exuberante, en la interfase agua / sedimento, hay una capa orgánica densa, por lo tanto, las actividades de extracción y remoción de sedimentos podrían alterar el equilibrio hidrobiológico y ecológico existente en la zona.

   En el cuerpo de agua estacional con coordenadas UTM WGS84 ZONA 18 S, 338074 (E) y 9694319 (N), la concentración de Oxígeno disuelto registrada en la estación de muestreo

S0106-As001, en época húmeda, es igual a 1,2 mg/L.; en el cuerpo de agua con coordenadas 338005 (E) y 9694260 (N), su concentración es igual a 1,1 mg/L.

El valor de la concentración de Oxígeno disuelto registrado para agua superficial es propio de cuerpos de agua lénticos con baja diversidad natural de microorganismos, invertebrados, peces, plantas y bacterias aeróbicas, aún, así a pesar de esta condición propia de cuerpos de agua lénticos, se considera procedente no retirar los sedimentos para no alterar el equilibrio hidrobiológico y para no afectar los procesos dinámicos de recuperación y estabilización del ecosistema.

4. **No se encontraron evidencias organolépticas en las muestras de sedimento analizadas**:
En los registros de campo no existen anotaciones que indiquen que organolépticamente se encontraron trazas de hidrocarburos en el espejo de agua o en las muestras de sedimentos; la lectura de la concentración de compuestos orgánicos volátiles realizada a través del equipo de fotoionización indica que el rango es muy bajo y es equivalente a 0,3 ppm.

En el **Anexo MINEM Observación N° 41,** se presenta el registro de campo.

5. **Características del entorno:**

En campo no se identificó una ruta de migración y dispersión desde las fuentes ubicadas en la parte alta de la terraza hacia la zona del bajo inundable.

### 2.14. Observación N° 42

En el ítem 5.6.2 del PR del Sitio S0106 – *"Descripciones de las Acciones de Remediación y Rehabilitación que Correspondan"* (Folios 416 al 436), señaló las fases de la aplicación de las técnicas de *"Bioestimulación Enzimática + Solidificación ex situ".* De la revisión de dicha información, se advierte lo siguiente:

(i) En relación a la ***"Fase 1: Aspectos Logísticos y de Selección de Personal"***, se observa lo siguiente:

(a) Indicó que se adquirirán insumos/productos para la aplicación de la tecnología de remediación, tales como desengrasante biodegradable, emulsificante, modificador de arcilla, aditivo enzimático, regulador de pH, cemento Portland y cal; sin embargo, de la revisión de la información que obra en el Expediente, se observa que no se presentaron las Hojas de Seguridad (MSDS) y la Ficha Técnica de los insumos/productos que empleará. Asimismo, no indicó la dosificación o proporción de los insumos/productos en función al volumen de suelo contaminado.

(b) Por otro lado, en esta fase, no se consideró las acciones destinadas a la obtención de acuerdos para el uso de tierras.

(ii) En la ***"Fase 3: Reconocimiento y Adecuación de la zona de Remediación",*** se observa lo siguiente:

(a) No se indicaron las vías de acceso que implementará para acceder desde las vías existentes a las zonas operativas donde se llevarán a cabo las actividades propuestas en el PR ni propuso las actividades relacionadas a la apertura de dichos accesos.

*(b)* En relación al numeral 3.6, señaló lo siguiente: *"Instalación de la geomembrana en la zona de acopio donde se van a ubicar el material vegetal recolectado y el suelo excavado del Sitio Impactado, con el fin de evitar que los probables lixiviados puedan afectar el suelo en caso de que caiga excesiva lluvia de manera accidental"* ; por otro lado, en el

ítem 5.9.3.1 del PR Sitio S0106 - *"Plan de Control Durante la Ejecución de las Medidas de Remediación"* (Folios 488 y 489), señaló que: *"(…) El montículo de suelo, almacenado temporalmente en la zona de acopio, tiene que estar cubierto por un material impermeable para protegerlo de la precipitación que se presente en la zona y que podrían generar lixiviados".*

En atención a lo señalado, se advierte que la propuesta de cubrimiento con material impermeable no asegura que las precipitaciones no entren en contacto con el material vegetal contaminado y suelo extraído; por lo que, se deberá instalar techos y canaletas en las áreas de acopio de dichos materiales.

(c) En relación al numeral 3.8, mencionó lo siguiente: *"Instalación de un laboratorio portátil en el campamento base, el cual servirá para realizar análisis y monitorear los principales parámetros de la técnica de remediación (…)"*; sin embargo, no indicó ni describió lo siguiente: a) Dimensiones y características del laboratorio, b) Lista de los equipos necesarios para la implementación del laboratorio, c) Tipos y volúmenes de efluentes y residuos a generar, d) Medidas de manejo ambiental a implementar para el manejo de los aspectos generados en el laboratorio portátil y sistemas de control que serán implementados para minimizar cualquier impacto ambiental producto de las actividades propias del manejo de muestras biológicas y productos químicos (manejo de residuos biológicos y químicos, manejo de vertimientos, entre otros).

(iii) En el numeral 4.4 de la ***"Fase 4: Construcción y Adecuación de las Celdas de Tratamiento"*** (Folios 428 al 430), señaló lo siguiente: *"Instalación de la geomembrana en las celdas de tratamiento (impermeabilización) en el suelo, la finalidad es evitar el contacto de suelo contaminado con suelo limpio, también evitará que los lixiviados generados durante el proceso de tratamiento se derramen al suelo y lo contaminen";* asimismo, en la Figura 5-17 - *"Zona de Tratamiento para el Tratamiento del Suelo"* (Folio 428), se presentó la vista transversal y superior de las celdas de tratamiento para suelo y sedimento, respectivamente.

De la revisión de dicha información, se observa que no se presentó un diagrama a detalle que cuente con lo siguiente: (a) diseño de las celdas; (b) Sistema de recolección, canalización y derivación de las aguas de precipitación (lluvia) y lixiviados; (c) Rampa de ingreso y salida de la maquinaria a las celdas; y (d) Distribución de las áreas empleadas en las celdas.

(iv) En el numeral 5.1 de la ***"Fase 5: Excavación, Transporte y Descarga del Suelo Contaminado en la Zona de Tratamiento",*** señaló lo siguiente *"(…) La excavación se debe realizar teniendo en cuenta las profundidades determinadas según los contaminantes de preocupación (…)"*; sin embargo, no propone las medidas para el manejo de las aguas de lluvia durante las actividades de excavación y extracción del material contaminado. Asimismo, no se presentó el diseño del sistema de drenaje para el manejo de las aguas de escurrimiento y no indicó el tratamiento que realizará al agua de escurrimiento, si entra en contacto con el suelo contaminado.

(v) En relación a la ***"Fase 6: Implementación de la Técnica de Remediación de Bioestimulación Enzimática"***, se indicó que los suelos de la zona mixta serán remediados mediante la técnica de Remediación de Bioestimulación Enzimática. Al respecto, se advierte que la zona mixta presenta excedencias para los parámetros Plomo (de 98 hasta 357 mg/kg), Cadmio (55 mg/kg) y Bario (de 4406 hasta 6442 mg/kg); sin embargo, no sustentó que dichas concentraciones no generen interferencias e inhibición en el crecimiento de los microorganismos durante el proceso de Bioestimulación Enzimática.

(vi) En relación a la ***"Fase 7: Implementación de la Técnica de Solidificación ex situ"***, indicó lo siguiente:

(a) En el numeral 7.14, indicó que *"(…) Después de la impermeabilización, para proteger la estructura donde se encuentra la mezcla; se debe recubrir con suelo nativo, en la parte*

*superficial se debe colocar una capa orgánica (top soil)"*; sin embargo, no indicó el espesor de las capas de recubrimiento de suelo nativo y top soil.

(b) En el numeral 7.17, indicó que *"(…) Se debe determinar las propiedades de la mezcla suelo-cemento y del concreto de acuerdo a las pruebas (…)";* sin embargo, se observa lo siguiente:

- No se indicó la proporción de suelo, agua, cemento y otros agregados que implementará para la solidificación del volumen de suelo contaminado.
- No se estableció el rango máximo de la concentración de sulfato presente en el suelo Impactado que será solidificado.

(c) No consideró un sistema de control de lixiviados (tubería de inspección) en la zona de Solidificación que permita verificar la presencia de lixiviados.

(vii) Como consecuencia del desarrollo de las fases de proyecto, propone la instalación de diversas facilidades, tales como Zona de Acopio, Zona de Tratamiento, entre otros; no obstante, de la revisión de la información que obra en el Expediente, específicamente en el ítem 5.7.4 del PR del Sitio S0106 – *"Plan de Habilitación de Campamento"* (Folios 453 al 456), se observa que indicó que, para la determinación de la ubicación del Campamento Base, se tuvo en cuenta lo siguiente: Peligro de deslizamiento o desprendimiento, fallas geológicas activas, desborde de ríos o de otra naturaleza, área de terreno restringido al tamaño mínimo requerido, de preferencia en zona despejada (intervenida), libre de caídas de árboles, entre otros; sin embargo, de la revisión del Mapa S0106-CEV-ALT-02 – *"Estructuras de la Alternativa Seleccionada del Sitio Impactado S0106"* (Folio 579) se advierte que el componente se encuentra sobre una zona boscosa, por lo que, no se habría cumplido con la aplicación de dichos criterios.

Adicionalmente, para las diversas facilidades propuestas como consecuencia del desarrollo de las fases del PR, tales como Zona de Acopio, Zona de Tratamiento, entre otros, se advierte que no establece criterios para la ubicación de dichas facilidades.

Al respecto, deberá cumplir con lo siguiente:

(i) En la ***"Fase 1: Aspectos Logísticos y de Selección de Personal"***

(a) Presentar el listado de insumos/productos que utilizará en el proyecto, con sus respectivas Hojas de Seguridad (MSDS) y la Ficha Técnica de estos, las mismas que deberán contener:

- Información sobre las propiedades físicas y químicas del insumo/producto.
- Números de registro CAS (Chemical Abstract Service) y concentraciones de todos los componentes que contribuyen a la peligrosidad del insumo/producto, incluyendo todos sus elementos e impurezas conocidas.
- Información toxicológica, que describa los efectos tóxicos del insumo/producto sobre la salud humana.
- Información ecológica, que describa los efectos en los ecosistemas, en función de resultados: de toxicidad aguda, bioacumulación, persistencia/degradabilidad, movilidad en el ambiente (movilidad del insumo/producto o subproductos de degradación), entre otros.

Asimismo, considerando la información presentada en las hojas de seguridad (MSDS), deberá establecer los lineamientos para el manejo y almacenamiento de estos productos, los cuales deberán estar contemplados el *"Plan de Manejo de Sustancias Peligrosas y Residuos Peligrosos".*

Además, deberá sustentar el uso y dosificación que utilizará de cada uno de estos productos en función del volumen de suelo a tratar mediante la técnica de bioestimulación enzimática, considerando la información de la Observaciones N° 40 y N° 41, así como las características edáficas del suelo y el tipo de contaminante (hidrocarburos intemperizados).

Respecto al *"modificador de arcillas",* deberá presentar las referencias bibliográficas o información científica y ensayos de campo que sustente la modificación del suelo de textura arcilloso a una textura arenosa; caso contrario, deberá proponer otro insumo/producto que garantice mejorar la textura del suelo.

(b) Incorporar las acciones destinadas a la obtención de acuerdos para el uso de tierras e incluir en el presupuesto general los costos estimados a incurrir por la ejecución de dichas acciones.

(ii) En la ***"Fase 3: Reconocimiento y Adecuación de la Zona de Remediación",*** se deberá cumplir con lo siguiente:

(a) Indicar lo siguiente:

- Identificar aquellas vías de acceso que implementaría para aquellas zonas operativas del proyecto de remediación, precisando las características del acceso (ancho y longitud), así como el mapa georreferenciado, el mismo que deberá estar suscrito por el/la profesional responsable de su elaboración.
- Describir el estado y clasificación (públicas o privadas) de las vías existentes. En caso de vías privadas, deberá indicar que gestionará con el operador del Lote o, su defecto, PERUPETRO S.A. a fin de que antes de iniciar la ejecución del Plan de Rehabilitación, logre obtener la autorización para hacer uso de dichas facilidades.
- Indicar si como consecuencia del proyecto implementará nuevas vías de acceso, precisando sus características (ancho y longitud) y, de ser el caso, deberá presentar el plan de manejo correspondiente, incluyendo el abandono de dichos accesos.
- Detallar las actividades relacionadas a la apertura de accesos incluyendo el plan de manejo correspondiente y el abandono de dichos accesos. Asimismo, incluir los costos de dichas actividades en el presupuesto general.

(b) Incluir la instalación de techos y canaletas en las áreas de acopio de material vegetal contaminado y suelo excavado.

(c) Presentar la información indicada en el literal (b) del numeral (ii) de la presente Observación; asimismo, las medidas de manejo ambiental deberán ser incluidas en el Plan de Manejo Ambiental.

(iii) En la **Fase 4 *"Construcción y Adecuación de las Celdas de Tratamiento",*** presentar un diagrama que cuente con la información detallada en el numeral (iii) de la presente Observación. Asimismo, la zona de tratamiento deberá guardar relación con las Observaciones N° 40 y N° 41.

(iv) En la ***"Fase 5: Excavación, Transporte y Descarga del Suelo Contaminado en la Zona de Tratamiento"***, incluir en el Plan de Manejo Ambiental las medidas para el manejo de las aguas de lluvia durante las actividades de excavación y extracción de material contaminado; asimismo, presentar el diseño del sistema de drenaje a implementar.

(v) En la ***"Fase 6: Implementación de la Técnica de Remediación de Bioestimulación Enzimática",*** sustentar que las concentraciones detectadas de Plomo, Cadmio y Bario no interfieran con la técnica de Bioestimulación Enzimática, propuesta para la remediación de suelos mixtos, o en su defecto proponer otra tecnología.

(vi) En la ***"Fase 7: Implementación de la Técnica de Solidificación ex situ",*** deberá cumplir con lo siguiente:

(a) Indicar el espesor de las capas de recubrimiento de suelo nativo y top soil, para lo cual deberá considerar una capa aislante de material natural con un espesor superior a 1,5 m. a fin de no afectar la estructura con geomembrana ante el crecimiento de especies nativas de porte mayor (arbustos y árboles).

(b) En cuanto al numeral 7.16, deberá:

- Indicar la proporción de suelo, agua, cemento y otros agregados que implementará para la tecnología de remediación propuesta.
- Indicar el rango máximo de la concentración de sulfato presente en el suelo Impactado que será solidificado y, en caso supere el rango máximo, se deberá establecer las medidas destinadas a reducir la concentración de sulfato que asegure la composición idónea de la mezcla.

(c) Presentar el diseño de la celda de solidificación, la cual deberá contemplar el sistema de control de lixiviados. Asimismo, deberá proponer el monitoreo de los lixiviados, precisando frecuencia, duración de monitoreo (considerando mediano y largo plazo), parámetros y norma de comparación.

(vii) En relación a la ubicación de las facilidades del proyecto, deberá cumplir con lo siguiente:

(a) Sustentar la elección del área propuesta para la instalación del campamento; caso contrario, deberá proponer una nueva ubicación del mismo, priorizando áreas que impliquen una menor intervención de áreas boscosas. En el caso se determine una nueva ubicación, se deberá cumplir con los criterios propuestos, y presentar las coordenadas UTM-WGS84 de los vértices del polígono del Campamento Base.

(b) Indicar los criterios empleados para la determinación de la ubicación de las demás facilidades, para lo cual deberá considerar, de manera preferente, el uso de áreas intervenidas, desboscadas, entre otras.

**Respuesta:**

En función a la reunión sostenida con MINEM el 27/Mayo del presente, se recomendó cambiar la respuesta en función a las conclusiones de dicha reunión. Recordar que la conclusión fue: Definir las áreas y volúmenes a remediar, antes de analizar la unificación de la técnica.

### 2.15. Observación N° 43

En el ítem 5.6.2. del PR del Sitio S0106 – *"Descripción de las acciones de remediación y rehabilitación que correspondan"* (Folios 416 al 436), detalló las fases del proyecto y, en el Anexo 6.11.10 del PR del Sitio S0106 – *"Cronograma y Costos"* (Folios 1459 al 1505), se presentaron los costos por fases; sin embargo, de la revisión de la información que obra en el Expediente, se advierte que las fases descritas en el ítem 5.6.2 no coinciden con las indicadas en el Anexo 6.11.10 del PR del Sitio S0106.

Al respecto, deberá corregir la información relacionada a las fases del proyecto y, como consecuencia de ello, se deberá corregir el Anexo 6.11.10 – *"Cronograma y Costos"* del PR del Sitio S0106.

**Respuesta:**

En función a la reunión sostenida con MINEM el 27/Mayo del presente, se recomendó cambiar la respuesta en función a las conclusiones de dicha reunión. Recordar que la conclusión fue: Definir las áreas y volúmenes a remediar, antes de analizar la unificación de la técnica.

### 2.16. Observación N° 44

De la revisión del ítem 5.6.4 *"Descripción de las Actividades de Ingeniería a ejecutar por la empresa remediadora"* del PR del Sitio S0106 – (Folios 447 y 451), se advierte lo siguiente:

(i) En el Anexo 6.4 – *"Plano de Estructura de la Alternativa Seleccionada"* (Folio 577) se observa que no indicó las coordenadas UTM-WGS84 de los vértices de los polígonos de la zona de acopio, zonas de tratamiento (sedimentos y suelos) y área de solidificación. Además, no se presentaron las dimensiones en $m^2$ de los mencionados componentes.

(ii) En la Figura 5-28 - *"Ubicación del Desembarcadero de la Comunidad Nuevo Andoas"* (Folio 451), se visualiza el desembarcadero; sin embargo, no indicó las coordenadas UTM-WGS84 de los vértices del polígono del desembarcadero.

En ese sentido, deberá cumplir con lo siguiente:

(i) Incluir las coordenadas UTM-WGS84 de los vértices de los polígonos de la zona de acopio, zonas de tratamiento (sedimentos y suelos) y área de solidificación en el Mapa *"Estructura de la Alternativa Seleccionada del Sitio Impactado S0106"*, precisando las dimensiones en $m^2$ de dichos componentes. Asimismo, actualizar el Anexo 6.4 – *"Plano de Estructura de la Alternativa Seleccionada"* (Folio 577).

(ii) Con relación al desembarcadero, deberá indicar las coordenadas de ubicación UTM-WGS84 de los vértices del polígono de dicho componente. Cabe indicar que, para efectos del proyecto, se deberá utilizar un desembarcadero existente que cuente con las autorizaciones respectivas.

**Respuesta:**

En función a la reunión sostenida con MINEM el 27/Mayo del presente, se recomendó cambiar la respuesta en función a las conclusiones de dicha reunión. Recordar que la conclusión fue: Definir las áreas y volúmenes a remediar, antes de analizar la unificación de la técnica.

### 2.17. Observación N° 50

En el ítem 5.7.9 del PR del Sitio S0106 - *"Plan de Desbosque y Revegetación"* (Folios 471 al 481), se señaló que se realizarán actividades de desbroce en las áreas destinadas para campamento, manejo de top soil, establecimiento de viveros, restauración de suelos y restauración ecológica. Al respecto, se advierte lo siguiente:

**(i) Plan de Desboque**

No se precisó el área total a ser desboscada, en la cual deberá considerar el área de campamento, área a remediar, zonas de acopio, accesos, entre otros, ni presentó un mapa de ubicación del área total a desboscar.

**(ii) Plan de Revegetación**

Se verificó que el Plan de Revegetación no cuenta con la siguiente información:

- Área total a revegetar, considerando las áreas a remediar (áreas de donde se extraerá el suelo contaminado), área de tránsito de maquinaria, área de campamento, entre otras, en las que se haya perdido cobertura vegetal producto de las actividades del Plan de Rehabilitación.
- Diseño de plantación (número de plantas y área).
- Procedencia del material vegetativo a emplear (vivero, semillas, esquejes, entre otros).
- Especies nativas, incluyendo especies arbóreas y arbustivas, indicando su nombre científico y nombre común[22].
- Programa de monitoreo y post monitoreo en función a las especies a revegetar, precisando frecuencia y duración, así como la metodología para la evaluación de la flora, indicando la unidad de medida del atributo/indicador (DAP, altura, estado fitosanitario, % mortandad, % sobrevivencia, IVI, índices de diversidad, abundancia, cobertura, entre otros).

En atención a ello, deberá cumplir con lo siguiente:

(i) En relación con el Plan de Desboque, deberá indicar el área total a ser desboscada, la cual deberá de guardar relación con la Tabla 81. Asimismo, deberá presentar un mapa de ubicación del área a desboscar, precisando las coordenadas de ubicación. Dicho mapa deberá estar suscrito por el/la profesional responsable de su elaboración.

(ii) En relación al Plan de Revegetación, deberá incluir la información detallada líneas arriba.

**Respuesta:**

En función a la reunión sostenida con MINEM el 27/Mayo del presente, se recomendó cambiar la respuesta en función a las conclusiones de dicha reunión. Recordar que la conclusión fue: Definir las áreas y volúmenes a remediar, antes de analizar la unificación de la técnica.

### 2.18. Observación N° 51

En el ítem 5.7.9.3.2 del PR del Sitio S0106 - *"Manejo del Topsoil"* (Folio 473), se advierte que no indicó lo siguiente:

(i) Ubicación y extensión del área destinada al almacenamiento del topsoil.

(ii) Volumen estimado del topsoil a almacenar.

En ese sentido, deberá cumplir con lo siguiente:

(i) Presentar las coordenadas de ubicación del polígono correspondiente al área destinada al almacenamiento del topsoil, precisando su extensión en $m^2$.

(ii) Presentar el volumen estimado del topsoil a almacenar.

**Respuesta:**

En función a la reunión sostenida con MINEM el 27/Mayo del presente, se recomendó cambiar la respuesta en función a las conclusiones de dicha reunión. Recordar que la conclusión fue: Definir las áreas y volúmenes a remediar, antes de analizar la unificación de la técnica.

### 2.19. Observación N° 52

En el ítem 5.7.9.4.1 del PR del Sitio S0106 – *"Establecimiento de Vivero"* (Folios 473 y 474), recomendó la implementación de un vivero temporal; sin embargo, no se precisó lo siguiente:

(i) Los criterios para su ubicación y las características del vivero (permanente y/o temporal, materiales, techado, entre otros).

(ii) Listado de especies nativas (nombre común y científico) que serán considerados para la producción y el número de plantones que podrían producir en el vivero, las cuales deberán guardar relación con las especies identificadas en el Sitio. Cabe indicar que, para efectos de la determinación del número de plantones, se deberá considerar el 10% de la producción total para recalce.

(iii) Las actividades (mantenimiento, poda y control fitosanitario) para el tratamiento silvicultural de las especies del vivero.

(iv) El cronograma tentativo de producción de plantones, considerando las tasas de crecimiento de las especies seleccionadas.

(v) Procedencia de los insumos (suelo limpio, agua, entre otros) y la cantidad de los mismos.

En ese sentido, deberá reformular la información del ítem 5.7.9 del PR del Sitio S0106, incluyendo lo indicado líneas arriba.

**Respuesta:**

En función a la reunión sostenida con MINEM el 27/Mayo del presente, se recomendó cambiar la respuesta en función a las conclusiones de dicha reunión. Recordar que la conclusión fue: Definir las áreas y volúmenes a remediar, antes de analizar la unificación de la técnica.

### 2.20. Observación N° 55

En el ítem 5.9.3.1 del PR del Sitio S0106 – *"Plan de Control para suelo durante la ejecución de las medidas de remediación"* - "Retiro y Reposición de la Capa Orgánica del Suelo" (Folio 489), indicó lo siguiente: *"(…) Verificar que se realice la reposición del suelo extraído en la zona donde fue removido para el tratamiento, con el mismo suelo tratado y/o con material de préstamo de las áreas aledañas";* sin embargo: (i) No se indicaron los criterios para determinar el área de extracción del material de préstamo y (ii) Los parámetros propuestos para la verificación de la calidad del material de préstamo, no son suficientes.
En ese sentido, deberá cumplir lo siguiente:

(i) Indicar los criterios para determinar la ubicación del área de extracción del material de préstamo, para lo cual deberá considerar lo siguiente: accesibilidad, distancia, no afectación ecosistemas frágiles, estabilidad física, obtención de acuerdo para realizar dicha extracción – tanto municipales como con la comunidad nativa, en caso se realice sobre terrenos de la referida comunidad -.

(ii) En atención a lo indicado en el numeral (i) de la presente Observación, deberá seleccionar el área y, en función a ello, deberá precisar lo siguiente:

(a) Los parámetros a analizar para la determinación de la calidad del material de préstamo, previo a su incorporación en el Sitio. Cabe indicar que, el material de préstamos deberá cumplir con el ECA para Suelo, uso Agrícola.

(b) Las coordenadas de ubicación del área o áreas de extracción del material de préstamo. Dicha información deberá ser plasmada en un mapa, el cual deberá estar suscrito por el/la profesional responsable de su elaboración.

(c) Volumen estimado de material de préstamo.

(d) Medidas de manejo de suelos relacionadas a la extracción de material de préstamo.

**Respuesta:**

En función a la reunión sostenida con MINEM el 27/Mayo del presente, se recomendó cambiar la respuesta en función a las conclusiones de dicha reunión. Recordar que la conclusión fue: Definir las áreas y volúmenes a remediar, antes de analizar la unificación de la técnica.

## 2.21. Observación N° 56

De la revisión del ítem 5.9.4 del PR del Sitio S0106 – *"Plan de Monitoreo durante la ejecución de las medidas de remediación"* (Folios 491 al 500), se advierte lo siguiente:

**Área de excavación**

(i) En relación a la zona impactada, indicó que *"Se debe tomar muestra de control en las 4 paredes y fondo del Sitio donde se hizo la excavación para la remoción del suelo, con el fin de asegurar que en el área no quedo suelo Impactado. La profundidad de la toma de la muestra en la zona impactada, una vez se haya removido el material, será superficial (0,00 a 0,30 metros) y por una sola vez.".* Asimismo, presentó la Tabla 5-52 - *"Ubicación Área para Muestreo de Monitoreo en el Área Excavada",* en la cual se señaló las coordenadas de ubicación de los puntos de muestreo en el área excavada.

Al respecto, de la revisión de la información se advierte que el número de puntos de muestreo, la localización y la distribución en el área de excavación, no cumplen con los criterios establecidos en la Guía de Muestreo de Suelo.

**Celdas de Tratamiento**

(ii) No se indicó el número de muestras que colectará, en cada una de las celdas de tratamiento propuestas, para verificar la efectividad de la técnica antes, durante y al finalizar el proceso de bioestimulación enzimática.

**Parámetros de muestreo**

(iii) En relación al monitoreo microbiológico, mencionó que antes de ejecutar el tratamiento *"Se realizará un conteo de Unidad formadora de colonias para determinar cuantitativamente y cualitativamente el número y tipo de bacterias presentes en el suelo"* (Folio 491), sin embargo, de la revisión de las Tabla 5-53 – *"Parámetros Fisicoquímicos y Frecuencia a Monitorear"* (Folios 495 y 496) y 5-54 - *"Parámetros, Método de Análisis, Límites de Detección y Estándares de Calidad"* (Folios 496 al 498), se advierte que no consideró parámetros que le permitan evidenciar el incremento de los microorganismos degradadores de hidrocarburos durante el proceso de bioestimulación enzimática, debido a que los factores abióticos y bióticos del suelo afectan los procesos de crecimiento, viabilidad y funcionamiento metabólicos de los microorganismos.

*(i)* En relación al monitoreo de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Fósforo (NPK), indicó que la frecuencia de monitoreo de estos parámetros será antes y después del proceso de tratamiento; sin embargo, no consideró realizar el monitoreo de dichos parámetros *"durante"* el proceso de bioestimulación enzimática, toda vez que según la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (US EPA)25 señala que *"(…) los microorganismos necesitan nutrientes inorgánicos, tales como nitrógeno y fósforo para contribuir en el desarrollo de la biomasa microbiana y sustentar los procesos de biodegradación".*

(ii) Con relación al monitoreo de Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP), Fuerza de flexión, Límites de Atterberg y Pruebas de durabilidad, se indicó en la Tabla 5-53 - *"Parámetros*

*Fisicoquímicos y Frecuencia a Monitorear"* que se monitoreará los HTP por colorimetría de forma semanal durante el proceso de tratamiento y los parámetros Fuerza de flexión, Límites de Atterberg y Pruebas de durabilidad, durante el proceso de solidificación. Sin embargo, en la Tabla 5-54 - *"Parámetros, Método de Análisis, Límites de Detección Empleados por Laboratorios y Estándares de Calidad para Suelo",* no se incluyó los parámetros señalados en la Tabla 5-53 y por consiguiente no presentó el límite de detección para dicho monitoreo y el límite de referencia que utilizará para el monitoreo de HTP en campo.

En tal sentido, deberá cumplir con lo siguiente:

**Área de excavación**

(i) Reformular la cantidad y ubicación de puntos de muestreo de suelo (Coordenadas UTM-WGS84), de acuerdo a los criterios establecidos en la Guía de Muestreo de Suelo, con la finalidad de verificar que en el área excavada no quede suelo Impactado.

**Celdas de Tratamiento**

(ii) Determinar y sustentar en función del volumen de tratamiento de cada celda de tratamiento, el número y tipo de muestras requeridas, para verificar la efectividad de la técnica (antes, durante y al finalizar el proceso de biorremediación en la celda de tratamiento); considerando que la concentración promedio deberá ser representativa del volumen de suelo en tratamiento. Cabe indicar que, las muestras que se tomarán *"durante"* la implementación de la técnica, podrán ser analizadas mediante ensayos de campo.

**Parámetros de muestreo**

(iii) Considerar los parámetros *"microorganismos heterótrofos aerobios totales"* y *"microorganismos hidrocarburoclásticos"* (también conocidos como microorganismos oleofílicos o bacterias degradadoras de hidrocarburos), en las Tablas 5-53 y 5-54.

(iv) Incluir en la Tabla 5-53, el monitoreo de los parámetros Nitrógeno, Potasio y Fósforo, **durante** el proceso de tratamiento.

(v) Incluir en la Tabla 5-54 los parámetros Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP), Fuerza de flexión, Límites de Atterberg y Pruebas de durabilidad e indicar el límite de detección y el límite de referencia que utilizará el monitoreo de HTP en campo.

En atención a la presente Observación, deberá corregir la información consignada en el ítem 5.9 del PR del Sitio S0106.

**Respuesta:**

En función a la reunión sostenida con MINEM el 27/Mayo del presente, se recomendó cambiar la respuesta en función a las conclusiones de dicha reunión. Recordar que la conclusión fue: Definir las áreas y volúmenes a remediar, antes de analizar la unificación de la técnica.

## 2.22. Observación N° 58

En el ítem 5.9.4.2 del PR del Sitio S0106 - *"Muestreo de Sedimentos durante los trabajos de Remediación"* (Folios 498 al 500), se señaló que en la *"(…) Zona Impactada: Se recomienda tomar la muestra de sedimento con la herramienta Russian Peat Bore o muestreador de turba en el lecho del cuerpo de agua. La finalidad es de corroborar que se retiró todo el sedimento contaminado y el lecho del cuerpo de agua presente sedimentos con concentraciones menores a 500 mg/kg (…)".* Además, se presentó la Tabla 5-55 - *"Localización de Puntos de Muestreo para Sedimentos".*

Al respecto, en atención a la Observación Nº 41 deberá reformular la Tabla 5-55, indicando la cantidad y ubicación (coordenadas UTM-WGS84) de puntos de muestreo de sedimentos.

**Respuesta:**

En virtud de los sustentos y consideraciones presentados en las Observaciones N° 10, 17, 38 y N°41, según los cuales no se realizarán acciones de remoción, extracción y remediación de los sedimentos, por lo tanto, no es necesario realizar el muestreo de sedimentos durante los trabajos de remediación.

Se realizará, por lo tanto, la modificación del numeral *5.9.4.2. Muestreo de Sedimentos durante los Trabajos de Remediación*, de la siguiente manera:

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

Las actividades de remediación del Sitio S0106 (Botadero Km 4) estarán focalizadas exclusivamente en la reducción de las concentraciones de los contaminantes identificados en el suelo para que los Niveles de riesgo sean aceptables para los seres humanos, no se realizará la extracción de sedimentos por las razones y consideraciones técnicas citadas en el numeral *5.6.1.2 Sedimentos* del Plan de Rehabilitación.

## 2.23. Observación N° 59

En el ítem 5.9.4.2 del PR del Sitio S0106 - *"Muestreo de Sedimentos durante los trabajos de Remediación"* (Folios 498 al 500), se presentaron las Tablas 5-58 - *"Parámetros y frecuencia de monitoreo en aguas superficiales"* y 5-59 - *"Estaciones de Muestreo Agua Superficial",* en las cuales describió la ubicación de los puntos de muestreo, el método y no indicó la frecuencia. Además, debido a que no se tiene la certeza de la ubicación del tramo donde se realizará la extracción de sedimentos conforme a lo indicado en la Observación N° 41, no es posible determinar que la ubicación de los puntos propuestos sea representativa para controlar el agua superficial en los cuerpos de agua, considerando que las actividades de remoción de sedimentos podrían generar dispersión de contaminante en agua.
De acuerdo a lo indicado, y luego de definido el tramo donde se realizará la extracción de sedimentos, deberá verificar la ubicación de los puntos de muestreo aguas abajo del referido tramo. De lo contrario deberá reubicarlos.

Para tal efecto, deberá cumplir con lo siguiente:

(i) Corregir la Tabla 5-59 - *"Estaciones de Muestreo Agua Superficial",* la cual deberá indicar la frecuencia, además deberá presentar las concentraciones presentes en dichos puntos antes de la ejecución de las actividades de remediación.

(ii) Presentar un mapa de los puntos de monitoreo de agua superficial, el mismo que deberá estar suscrito por el/la profesional responsable de su elaboración.

**Respuesta:**

En función a la reunión sostenida con MINEM el 27/Mayo del presente, se recomendó cambiar la respuesta en función a las conclusiones de dicha reunión. Recordar que la conclusión fue: Definir las áreas y volúmenes a remediar, antes de analizar la unificación de la técnica.

## 2.24. Observación N° 60

En atención a las observaciones formuladas en el presente Informe, deberá modificar la información contenida en el Anexo 6.11.10 del PR del Sitio S0106 – *"Cronograma y Costos"* (Folios 1459 al 1505)[26,] para lo cual deberá considerar las nuevas actividades, así como las medidas de manejo ambiental (Planes y Programas) que serán aplicables en el presente proyecto. Cabe indicar

que, los costos de ejecución del proyecto deberán sustentarse con la siguiente información: Cotizaciones a precio de mercado, Fuentes secundarias, casos similares, entre otros; asimismo, dicha información deberá ser presentada en formato Excel.

**Respuesta:**

En función a la reunión sostenida con MINEM el 27/Mayo del presente, se recomendó cambiar la respuesta en función a las conclusiones de dicha reunión. Recordar que la conclusión fue: Definir las áreas y volúmenes a remediar, antes de analizar la unificación de la técnica.