

PLAN DE REHABILITACIÓN DEL SITIO IMPACTADO S0114 (Sitio 14)

**Servicio de Consultoría para elaborar los Planes de Rehabilitación
de 13 sitios impactados por las actividades de hidrocarburos en la
cuenca del río Corrientes**

Preparado para:



Elaborado por:



Av. La Paz N° 1381, Miraflores, Lima – Perú
RPM: #943903565, Tel. 255-8500 / 986664361
proyectos@jci.com.pe, www.jci.com.pe

PY-1801

Julio, 2019

LIMA-PERÚ

ÍNDICE GENERAL

ACRÓNIMOS.....	21
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	24
INTRODUCCIÓN.....	34
1 DATOS GENERALES.....	35
1.1 Nombre y/o Razón Social del responsable que presenta el Plan de Rehabilitación.....	35
1.2 Nombre y firma del representante legal (en su caso).	35
1.3 Domicilio para recibir notificaciones.	35
1.4 Datos de las empresas (consultoras, laboratorios, etc.) que intervinieron en la elaboración del Plan de Rehabilitación.....	35
2 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA.....	37
2.1 Ubicación.....	37
2.2 Descripción de las condiciones ambientales: geológicas, hidrogeológicas, hidrológicas, topográficas, climáticas, de suelo y cobertura vegetal entre otras.	39
2.2.1 Geología.....	39
2.2.2 Hidrogeología.....	41
2.2.3 Hidrología.....	49
2.2.4 Topografía.....	52
2.2.5 Climáticas.....	52
2.2.6 Suelos.....	53
2.2.7 Geomorfología.....	53
2.2.8 Cobertura vegetal.....	54
2.3 Grupos de interés (actores sociales y claves).	54
3 CARACTERIZACIÓN DEL SITIO IMPACTADO.....	72
3.1 Antecedentes históricos del sitio impactado por las actividades de hidrocarburos (incluye todos los documentos ambientales).	72
3.1.1 Investigación histórica.....	73
3.2 Uso actual del área.....	84
3.3 Características del entorno: fuentes asociados a las actividades de hidrocarburos, focos, vías de propagación, otros aspectos relevantes del entorno de los sitios impactados y el listado de residuos existentes (entiéndase equipos obsoletos, restos de equipos o tuberías y similares).	84
3.3.1 Fuentes potenciales en el entorno.....	84
3.3.2 Focos potenciales de contaminación en el entorno del sitio.....	86
3.3.3 Fuentes potenciales de contaminación dentro del sitio.....	86

3.3.4	Focos potenciales de contaminación dentro del sitio	87
3.3.5	Vías de propagación.....	88
3.4	Fuentes de contaminación asociadas a fugas, derrames visibles, zonas de tanques de combustibles, insumos químicos, pozos, tuberías, pozas de lodos petroleros áreas de almacenamiento de sustancias, residuos y otras fuentes, productos de las actividades de hidrocarburos; e identificación de aspectos que contribuyen a la degradación ambiental.....	88
3.5	Método para la caracterización del sitio impactado:	89
3.5.1	Diseño del plan de muestreo en detalle y alcance.	89
3.5.2	Descripción del trabajo en campo.	94
3.5.3	Materiales y aspectos logísticos.....	104
3.5.4	Custodia y procedimientos de aseguramiento de la calidad de los resultados, aplicando las guías, protocolos emitidos por las autoridades respectivas.	105
3.6	Descripción de los resultados de campo y de laboratorio.	108
3.6.1	Resultados de campo (época húmeda).....	108
3.6.2	Resultados de campo (época seca)	117
3.6.3	Resultados de laboratorio.....	123
3.7	Interpretación de los resultados.....	133
3.7.1	Suelos	133
3.7.2	Agua superficial	144
3.7.3	Sedimentos	144
3.7.4	Geofísica	144
3.7.5	Agua subterránea	150
3.7.6	Componente flora y fauna	151
3.7.7	Hidrobiología	155
3.8	Delimitación del sitio impactado (técnico y topográfico) y estimación de áreas y volúmenes.....	167
3.9	Desarrollo del Modelo Conceptual Inicial, considerando:	175
3.9.1	Fuentes de los contaminantes.....	179
3.9.2	Potenciales receptores de la contaminación.	179
3.9.3	Potenciales rutas y vías de exposición (mecanismos de transporte).	181
3.9.4	Posible migración de los contaminantes de un medio físico a otro.	182
3.9.5	Factores que modifiquen el efecto de los contaminantes sobre los receptores.....	182
3.9.6	Otros factores diferentes a los contaminantes evaluados.	183
3.9.7	Resultados de campo.....	183
3.10	Interpretación de los resultados.....	189

3.10.1	Determinación de los contaminantes.....	195
3.10.2	Aspectos que contribuyen a la degradación ambiental.	195
3.11	Base de información en el sistema informático respectivo.	195
4	EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS Y/O RIESGOS PARA EL AMBIENTE Y LA SALUD DE LA PERSONA.....	197
4.1	Definición del problema. Para los contaminantes identificados se debe evaluar:.....	200
4.2	Peligros identificados a través del Modelo Conceptual Inicial.	222
4.2.1	Determinación de los Contaminantes de Preocupación (CP).....	222
4.2.2	Peligros identificados a través del Modelo Conceptual Inicial.	238
4.3	Evaluación de la toxicidad de los CP.....	242
4.3.1	Toxicidad para seres humanos.....	242
4.3.2	Toxicidad para receptores ecológicos.	242
4.4	Evaluación de la exposición.	247
4.5	Rutas y vías de exposición (mecanismos de transporte) de los contaminantes asociados a las actividades de hidrocarburos.	255
4.6	Posible migración de los contaminantes de un medio físico a otro.	258
4.7	Factores que modifiquen el efecto de los contaminantes sobre los receptores.....	260
4.8	Otros factores de estrés diferentes a los contaminantes evaluados.....	261
4.9	Factores culturales y sociales.....	262
4.10	Análisis de Riesgo en el Ambiente y la Salud de las personas según Guía de Evaluación de Riesgos para la Salud y el Ambiente (ERSA) de MINAM.	278
4.11	Análisis de incertidumbres incluyendo los aspectos relacionados de los costos estimados.	335
4.12	Determinación de los niveles de remediación específicos (para humanos y receptores ecológicos).	343
4.13	Conclusiones y recomendaciones.	346
5	ACCIONES DE REMEDIACIÓN Y REHABILITACIÓN	350
5.1	Objetivos generales y específicos de la rehabilitación del sitio considerando los resultados del ERSA y factores socioculturales de las poblaciones locales.....	350
5.2	Justificación.....	350
5.3	Propuesta de uso futuro del sitio impactado, en función de las consideraciones técnicas posibles y la vocación del suelo intrínsecamente, incluyendo el uso actual y el proyectado.	350
5.4	Alcance de la rehabilitación.....	353
5.5	Descripción y análisis de las alternativas de remediación.	354
5.5.1	Descripción de las alternativas de remediación.....	354

5.5.2	Análisis de alternativas de remediación en base a una matriz de selección de tecnologías con criterios económicos ambientales y sociales incluyendo si al aplicarla requiere transportar equipos y demás aspectos claves para su puesta en marcha.	368
5.5.3	Resultados de ensayos de laboratorio y/o ensayo piloto similares.....	376
5.5.4	Análisis de costo/efectividad de las posibles alternativas.....	397
5.5.5	Propuesta seleccionada de acciones de remediación.....	400
5.5.6	Análisis de los riesgos operacionales para la ejecución de las actividades y en concordancia con la experiencia en campo.....	401
5.5.7	Lista de alternativa de remediación aplicable.....	405
5.6	Planificación detallada de la alternativa seleccionada.....	405
5.6.1	Superficie y volumen a remediar y rehabilitar de acuerdo al objetivo definido.	405
5.6.2	Descripción de las acciones de remediación y rehabilitación que correspondan.	410
5.6.3	Descripción de insumos y mano de obra, así como los costos necesarios.	414
5.6.4	Descripción de las actividades de ingeniería a ejecutar por la empresa remediadora.	414
5.6.5	Descripción de los residuos y/o emisiones.....	421
5.7	Plan de Manejo Ambiental.....	423
5.7.1	Identificación de Impactos Ambientales	423
5.7.2	Medidas de manejo ambiental.....	427
5.8	Plan de Manejo de Residuos.....	432
5.8.1	Residuos sólidos	433
5.8.2	Aguas residuales (residuos líquidos).....	437
5.9	Plan de Control y Monitoreo en la ejecución de las medidas de remediación y rehabilitación.	438
5.9.1	Programa de monitoreo de la calidad de aire y ruido	438
5.9.2	Programa de monitoreo de emisiones.....	439
5.9.3	Programa de Monitoreo de la Revegetación	441
5.10	Plan de Muestreo de comprobación o verificación.	441
5.11	Cronograma y presupuesto de las actividades de remediación y rehabilitación ambiental, incluyendo las especificaciones técnicas, costos y actividades de ejecución de obra.	443
5.12	Plan de Monitoreo post ejecución de obra.	449
5.13	Matriz de beneficios de los impactos sociales.....	451
5.14	Base de datos sistematizada de las atenciones dadas por consultas en el proceso de elaboración a las poblaciones locales.	452

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2-1	Distribución de los sitios impactados por sectores.....	37
Cuadro 2-2	Acceso al sitio S0114 (Sitio 14).....	37
Cuadro 2-3	Características generales de la cuenca del río Corrientes.....	49
Cuadro 2-4	Precipitación media mensual (mm) (2000-2006).....	50
Cuadro 2-5	Ficha social de relevamiento.....	55
Cuadro 2-6	Ficha de observación participante.....	55
Cuadro 2-7	Ficha de percepciones.....	56
Cuadro 2-8	Entrevistas en comunidades.....	56
Cuadro 2-9	Distancia del sitio S0114 (Sitio 14) a la CN Nueva Jerusalén.....	57
Cuadro 2-10	Población de la CN Nueva Jerusalén.....	57
Cuadro 2-11	Institución educativa según nivel educativo y estadísticas.....	60
Cuadro 2-12	Pesca para consumo humano.....	63
Cuadro 2-13	Morbilidad en la CN Nueva Jerusalén.....	65
Cuadro 2-14	Reconocimiento y titulación de la CN Nueva Jerusalén.....	67
Cuadro 3-1	Documentos y estudios técnicos disponibles del sitio impactado.....	72
Cuadro 3-2	Resumen de los alcances de los estudios previos consultados para el sitio S0114 (Sitio 14).....	82
Cuadro 3-3	Registro de fugas y derrames relacionados al sitio S0114 (Sitio 14).....	83
Cuadro 3-4	Fuentes potenciales de contaminación en el entorno del sitio S0114 (Sitio 14).....	86
Cuadro 3-5	Fuentes potenciales de contaminación en el sitio S0114 (Sitio 14).....	87
Cuadro 3-6	Focos potenciales de contaminación en el sitio S0114 (Sitio 14).....	87
Cuadro 3-7	Vías de propagación en el sitio S0114 (Sitio 14).....	88
Cuadro 3-8	Estimación del número de sondeos de identificación por sitio: primera temporada.....	91
Cuadro 3-9	Cálculo del número de sondeos total.....	91
Cuadro 3-10	Sondeos complementarios.....	92
Cuadro 3-11	Rango de lectura de COV's.....	95
Cuadro 3-12	Ubicación de sondeos manuales.....	109
Cuadro 3-13	Ubicación de los puntos de muestreo y código de muestra enviada al laboratorio.....	110
Cuadro 3-14	Ubicación de los sondeos con equipo.....	110
Cuadro 3-15	Identificación de las muestras duplicadas.....	112
Cuadro 3-16	Ubicación de los puntos de muestreo de sedimentos.....	112

Cuadro 3-17	Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial	113
Cuadro 3-18	Ubicación de los perfiles de tomografía eléctrica (ERT)	113
Cuadro 3-19	Características técnicas de la instalación de los piezómetros.....	114
Cuadro 3-20	Medición del nivel freático	115
Cuadro 3-21	Ubicación de los puntos de muestro de calidad de agua subterránea	115
Cuadro 3-22	Ubicación de estaciones de flora y fauna.....	116
Cuadro 3-23	Ubicación de estaciones de muestreo hidrobiológico	116
Cuadro 3-24	Ubicación de estaciones de muestreo de peces	117
Cuadro 3-25	Ubicación de sondeos manuales (complementarios).....	118
Cuadro 3-26	Caudal aforado en el sitio S0114 (Sitio 14) (época seca)	119
Cuadro 3-27	Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial	120
Cuadro 3-28	Ubicación de los puntos de muestreo de sedimentos	120
Cuadro 3-29	Variación del nivel freático	121
Cuadro 3-30	Ubicación de los puntos de muestro de calidad de agua subterránea	121
Cuadro 3-31	Ubicación de estaciones de muestreo hidrobiológico	122
Cuadro 3-32	Ubicación de estaciones de muestreo de peces	123
Cuadro 3-33	Estándares de calidad utilizados para diferentes matrices	124
Cuadro 3-34	Resumen de los resultados de laboratorio muestras de suelo (época húmeda)	125
Cuadro 3-35	Resumen de los resultados de laboratorio muestras de suelo (época seca)	127
Cuadro 3-36	Resumen de los resultados de laboratorio de agua superficial (época húmeda)	128
Cuadro 3-37	Resumen de los resultados de laboratorio de agua superficial (época seca)	128
Cuadro 3-38	Resumen de los resultados de laboratorio de sedimentos (época húmeda)	129
Cuadro 3-39	Resumen de los resultados de laboratorio de sedimentos (época seca)	129
Cuadro 3-40	Resumen de los resultados de laboratorio de aguas subterránea –(época húmeda).....	130
Cuadro 3-41	Resumen de los resultados de laboratorio de aguas subterránea (época seca)	130
Cuadro 3-42	Resumen de los resultados de laboratorio de peces (época húmeda)	131
Cuadro 3-43	Resumen de los resultados de laboratorio de peces (época seca).....	131
Cuadro 3-44	Resumen de los resultados de laboratorio muestras de suelo para calidad agrícola o suelo agrícola	132
Cuadro 3-45	Análisis de los niveles de fondo	134

Cuadro 3-46	Estadístico de valores de metales no contemplados en normas peruanas en el sitio S0114 (Sitio 14)	139
Cuadro 3-47	Concentraciones de MEH	143
Cuadro 3-48	Lista de especies de flora registrada con uso potencial.....	151
Cuadro 3-49	Lista de especies de fauna más comunes dentro del área de estudio	153
Cuadro 3-50	Número de especies de fitoplancton por estación de monitoreo.....	155
Cuadro 3-51	Abundancia del fitoplancton por estación de monitoreo	156
Cuadro 3-52	Número de especies, individuos e índices de diversidad de fitoplancton....	156
Cuadro 3-53	Número de especies de zooplancton por estación de monitoreo.....	157
Cuadro 3-54	Abundancia del zooplancton por estación de monitoreo	157
Cuadro 3-55	Número de especies, individuos e índices de diversidad de zooplancton...	158
Cuadro 3-56	Número de especies de perifiton por estación de monitoreo	159
Cuadro 3-57	Abundancia del perifiton por estación de monitoreo	159
Cuadro 3-58	Número de especies, individuos e índices de diversidad de perifiton	160
Cuadro 3-59	Número de especies de macroinvertebrados bentónicos por orden	161
Cuadro 3-60	Abundancia de especies de bentos por orden en las estaciones de monitoreo	162
Cuadro 3-61	Número de especies, individuos e índices de diversidad de bentos	162
Cuadro 3-62	Lista de especies de peces en época húmeda y época seca	163
Cuadro 3-63	Número de especies de peces por orden taxonómico	164
Cuadro 3-64	Abundancia de especies de peces por orden en las estaciones de monitoreo	165
Cuadro 3-65	Número de especies, individuos e índices de diversidad del neoton	166
Cuadro 3-66	Valores de metales pesados en peces durante muestreo del sitio S0114 (Sitio 14) respecto a LMP en RDE N° 057-2016-SANIPES-DE y el D. S. 004-2017 MINAM	167
Cuadro 3-67	Volúmenes y superficies contaminadas por profundidad para el sitio impactado S0114 (Sitio 14)	168
Cuadro 3-68	Tipos de uso/aprovechamiento de las especies de flora, fauna terrestre y peces por parte de las poblaciones locales.	181
Cuadro 3-69	Resumen de excedencias de las muestras de suelos - sitio S0114 (Sitio 14) época húmeda	183
Cuadro 3-70	Resumen de excedencias de las muestras de suelos - sitio S0114 (Sitio 14) época seca.....	184
Cuadro 3-71	Resumen de excedencias de las muestras de agua superficial - sitio S0114 (Sitio 14) época húmeda	184

Cuadro 3-72	Resumen de excedencias de las muestras de agua superficial - sitio S0114 (Sitio 14) época seca	185
Cuadro 3-73	Resumen de excedencias de las muestras de agua subterránea - sitio S0114 (Sitio 14) época húmeda	186
Cuadro 3-74	Resumen de excedencias de las muestras de agua subterránea - sitio S0114 (Sitio 14) época seca	186
Cuadro 3-75	Resumen de excedencias de los análisis de peces - sitio S0114 (Sitio 14) época húmeda	187
Cuadro 3-76	Resumen de excedencias de los análisis de peces - sitio S0114 (Sitio 14) época seca.....	188
Cuadro 4-1	Fuentes potenciales de contaminación del sitio S0114 (Sitio 14)	200
Cuadro 4-2	Determinación de los Contaminantes de Preocupación – Suelo en el sitio S0114 (Sitio 14) ubicado en la parte sur	224
Cuadro 4-3	Determinación de los Contaminantes de Preocupación – Suelo en el sitio S0114 (Sitio 14) ubicado en la parte norte	225
Cuadro 4-4	Determinación de los Contaminantes de Preocupación – Agua Subterránea en el sitio S0114 (Sitio 14) ubicado en la parte sur	225
Cuadro 4-5	Determinación de los Contaminantes de Preocupación – Agua Subterránea en el sitio S0114 (Sitio 14) ubicado en la parte norte.....	226
Cuadro 4-6	Parámetros no seleccionados como Contaminantes de Preocupación	227
Cuadro 4-7	Receptores Humanos del sitio S0114 (Sitio 14).....	229
Cuadro 4-8	Contaminantes de preocupación para el escenario humano	230
Cuadro 4-9	Contaminantes de Preocupación para Escenario Ecológico – Suelo en el sitio S0114 (Sitio 14) - Sur.....	232
Cuadro 4-10	Contaminantes de Preocupación para Escenario Ecológico – Suelo en el sitio S0114 (Sitio 14) -Norte	233
Cuadro 4-11	Contaminantes de preocupación para escenario ecológico - Peces.....	235
Cuadro 4-12	EPA Ecotox usados para peces y otros estudios ecotoxicológicos - sitio S0114 (Sitio 14) Norte y Sur.....	244
Cuadro 4-13	Evaluación de toxicidad para peces en agua superficial del sitio S0114 (Sitio 14) - Sur.....	245
Cuadro 4-14	Evaluación de toxicidad para peces en agua superficial del sitio S0114 (Sitio 14) - Norte.....	245
Cuadro 4-15	NOAEL para CP de la matriz suelos – sitio S0114 (Sitio 14) - Sur	247
Cuadro 4-16	NOAEL para CP de la matriz suelos – sitio S0114 (Sitio 14) - Norte	247
Cuadro 4-17	Receptor/Escenario humano 1 - sitio S0114 (Sitio 14).....	250
Cuadro 4-18	Receptor/Escenario humano 2 - sitio S0114 (Sitio 14).....	250
Cuadro 4-19	Receptor/Escenario humano 3 - sitio S0114 (Sitio 14).....	251

Cuadro 4-20	Parámetros de los contaminantes de preocupación para suelos – sitio S0114 (Sitio 14) ubicado al sur	252
Cuadro 4-21	Parámetros de los contaminantes de preocupación para suelos – sitio S0114 (Sitio 14) ubicado al norte	252
Cuadro 4-22	Parámetros de exposición utilizados para los receptores humanos.....	253
Cuadro 4-23	Fuentes consultadas para el cálculo de la dosis de exposición	254
Cuadro 4-24	Vías de exposición del sitio S0114 (Sitio 14)	260
Cuadro 4-25	Parámetros no seleccionados como contaminantes de preocupación.....	261
Cuadro 4-26	Ficha Social de Relevamiento.....	263
Cuadro 4-27	Ficha de observación participante.....	263
Cuadro 4-28	Ficha de Percepciones.....	264
Cuadro 4-29	Entrevistas en comunidades	264
Cuadro 4-30	Distancia del sitio S0114 (Sitio 14) a la CN Nueva Jerusalén	264
Cuadro 4-31	Población de la CN Nueva Jerusalén.....	265
Cuadro 4-32	Institución educativa según nivel educativo y estadísticas.....	267
Cuadro 4-33	Pesca para consumo humano	271
Cuadro 4-34	Morbilidad en la CN Nueva Jerusalén.....	273
Cuadro 4-35	Reconocimiento y Titulación de la CN Nueva Jerusalén.....	274
Cuadro 4-36	Vías de exposición para los escenarios humanos considerados	279
Cuadro 4-37	Riesgo Cancerígeno según Índice de Riesgo	280
Cuadro 4-38	Índice del riesgo cancerígeno para CP en suelos - Escenario humano 1 ...	282
Cuadro 4-39	Índice del riesgo cancerígeno para CP en suelos - Escenario humano 2 - Adulto	285
Cuadro 4-40	Índice del riesgo cancerígeno para CP en suelos - Escenario humano 2 – Niño	286
Cuadro 4-41	Índice del riesgo cancerígeno para CP en suelos - Escenario humano 3 ...	288
Cuadro 4-42	Riesgo no cancerígeno - Criterios.....	289
Cuadro 4-43	Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas en suelos - Escenario Humano 1	292
Cuadro 4-44	Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas en suelos - Escenario Humano 2 - Adulto	294
Cuadro 4-45	Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas en suelos - Escenario Humano 2 - Niño	296
Cuadro 4-46	Resultados del escenario humano de pobladores de la CN para sustancias no cancerígenas en la ingestión de pescado - Sitio S0114 (Sitio 14) – Sur.....	298
Cuadro 4-47	Resultados del escenario humano de pobladores de la CN para sustancias no cancerígenas en la ingestión de pescado - Sitio S0114 (Sitio 14) – Norte..	299

Cuadro 4-48	Índice de Peligrosidad para CP no cancerígenas en suelos - Escenario humano 3	301
Cuadro 4-49	Factor corrector para evaluación de biodisponibilidad de metales (Tessier).....	305
Cuadro 4-50	Parámetro I _{ECA}	306
Cuadro 4-51	Parámetro I _{MEDIO} (N° medios afectados)	306
Cuadro 4-52	Parámetro I _{PARA EXCED}	307
Cuadro 4-53	Parámetro in situ (suelo)	308
Cuadro 4-54	Parámetro F _{in-situ} (sedimentos)	308
Cuadro 4-55	Parámetro F _{in-situ} (agua superficial)	309
Cuadro 4-56	Parámetro F _{in-situ} (flora/fauna)	309
Cuadro 4-57	Parámetro F _{EXT} (factor extensión)	310
Cuadro 4-58	Parámetro F _{ACT} (actividad foco)	310
Cuadro 4-59	Parámetro F _{Inund} (inundabilidad).....	311
Cuadro 4-60	Parámetro Topografía	312
Cuadro 4-61	Parámetro K (permeabilidad)	312
Cuadro 4-62	Parámetro CV (cobertura vegetal)	312
Cuadro 4-63	Parámetro PGw1 (profundidad agua)	313
Cuadro 4-64	Parámetro PGw2.....	313
Cuadro 4-65	Índice transporte (agua superficial)	313
Cuadro 4-66	Índice transporte (cadena trófica).....	314
Cuadro 4-67	Categoría de protección (RE1).....	314
Cuadro 4-68	Presencia de ecosistemas frágiles (RE2)	315
Cuadro 4-69	Distancia a ecosistemas frágiles (RE3).....	315
Cuadro 4-70	Cálculo del NRS - I _{foco}	315
Cuadro 4-71	Cálculo del I _{ECA} , I _{medio} e I _{clases}	316
Cuadro 4-72	Cálculo del Factor <i>in situ</i>	316
Cuadro 4-73	Calculo del I _{trans} (ESC)	319
Cuadro 4-74	Calculo del I _{trans} (SUBT)	319
Cuadro 4-75	Rangos del riesgo para I _{receptor ecológico}	320
Cuadro 4-76	Rangos del riesgo para escenario ecológico	321
Cuadro 4-77	Criterios para estimar el riesgo en el suelo	322
Cuadro 4-78	Clasificación de los HAPs por el N° de anillos bencénicos	324
Cuadro 4-79	Movilidad de los HAPs en el suelo	324
Cuadro 4-80	Determinación del riesgo de los CP en el suelo – sitio S0114 (Sitio 14) Sur	326

Cuadro 4-81	Clasificación de los HAPs por el N° de anillos bencénicos	328
Cuadro 4-82	Movilidad de los HAPs en el suelo	328
Cuadro 4-83	Determinación del riesgo de los CP en el suelo – sitio S0114 (sitio 14) Norte	330
Cuadro 4-84	Resumen de riesgo para el escenario humano, ecológico y abiótico – Sitio S0114 (Sitio 14) – Sur	333
Cuadro 4-85	Resumen de riesgo para el escenario humano, ecológico y abiótico – Sitio S0114 (Sitio 14) – Norte	334
Cuadro 4-86	Rangos de incertidumbres	336
Cuadro 4-87	Valoración de los aspectos considerados dentro del análisis de incertidumbres	342
Cuadro 4-88	Niveles de remediación para suelo – sitio S0114 (sitio 14) Sur	345
Cuadro 4-89	Niveles de remediación para suelo – sitio S0114 (sitio 14) Norte	345
Cuadro 5-1	Elemento contaminante con excedencia por componente evaluado	355
Cuadro 5-2	Niveles de remediación para suelo – sitio S0114 (sitio 14) Sur	355
Cuadro 5-3	Niveles de remediación para suelo – sitio S0114 (sitio 14) Norte	356
Cuadro 5-4	Lista de alternativas de remediación aplicables para el sitio S0114 (Sitio 14)	367
Cuadro 5-5	Aspectos, variables y ponderación por sitio	369
Cuadro 5-6	Evaluación de alternativas de remediación sitio S0114 (Sitio 14)	375
Cuadro 5-7	Resultados de alternativas de matriz del sitio S0114 (Sitio 14)	376
Cuadro 5-8	Ejemplos en USA de la aplicación de la E/S como técnica para la inmovilización de residuos contaminantes peligrosos	380
Cuadro 5-9	Otros ejemplos en USA de la aplicación de la E/S como técnica para la inmovilización de residuos contaminantes peligrosos	381
Cuadro 5-10	Tratamientos térmicos ex situ para suelos, sedimentos y lodos.	391
Cuadro 5-11	Resumen de alternativa sitio S0114 (Sitio 14)	399
Cuadro 5-12	Resultados del análisis costo-efectividad sitio S0114 (Sitio 14)	399
Cuadro 5-13	Área y volumen de suelo con valores de TPH (F2) y HAPs mayores al NR requerido en el sitio S0114 (Sitio 14)	406
Cuadro 5-14	Tecnologías de desorción térmica a ser utilizada en el sitio impactado S0114 (Sitio 14)	415
Cuadro 5-15	Resumen de personal para la ejecución de la remediación	420
Cuadro 5-16	Actividades asociadas a la remediación con Desorción Térmica	420
Cuadro 5-17	Generación de residuos sólidos domésticos	421
Cuadro 5-18	Generación de efluentes domésticos	422
Cuadro 5-19	Emisiones de material particulado y gases	423

Cuadro 5-20	Actividades durante la etapa de construcción	424
Cuadro 5-21	Actividades durante la etapa de operación	424
Cuadro 5-22	Actividades durante la etapa de abandono	424
Cuadro 5-23	Componentes y factores ambientales	425
Cuadro 5-24	Matriz de identificación de impactos y riesgos ambientales del Plan de Remediación – Etapa de construcción, operación y abandono.....	426
Cuadro 5-25	Tipos de residuos No Peligrosos – Etapa de construcción	433
Cuadro 5-26	Tipos de residuos No Peligrosos – Etapa de operación.....	433
Cuadro 5-27	Tipos de residuos No Peligrosos – Etapa de abandono	433
Cuadro 5-28	Tipos de residuos Peligrosos – Etapa de construcción.....	434
Cuadro 5-29	Tipos de residuos Peligrosos – Etapa de operación	434
Cuadro 5-30	Tipos de residuos Peligrosos – Etapa de abandono	434
Cuadro 5-31	Identificación de recipientes por tipo de residuos.....	435
Cuadro 5-32	Fuentes y medidas de manejo de efluentes.....	438
Cuadro 5-33	Estación de evaluación de calidad de aire y niveles de ruido	438
Cuadro 5-34	Parámetros de evaluación – Calidad de Aire	439
Cuadro 5-35	Parámetros de evaluación – Emisiones	440
Cuadro 5-36	Estaciones a monitorear	440
Cuadro 5-37	Parámetros de evaluación	441
Cuadro 5-38	Parámetros de evaluación	441
Cuadro 5-39	Muestreo de comprobación – Técnica Desorción Térmica	442
Cuadro 5-40	Cálculo del número de sondeos total	442
Cuadro 5-41	Cronograma de ejecución	447
Cuadro 5-42	Presupuesto resumen de la ejecución	448
Cuadro 5-43	Estaciones a monitorear	450
Cuadro 5-44	Matriz de impactos sociales	452
Cuadro 5-45	Percepción acerca del entorno y medio ambiente	453
Cuadro 5-46	Base de datos sistematizada de las atenciones dadas por consultas en los procesos de elaboración a las poblaciones locales	454

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1	Ubicación de los 13 sitios impactados	38
Figura 2-2	Modelo de columna lito estratigráfica del área de estudio	40
Figura 2-3	Perfil litológico del sitio S0114 (Sitio 14) - cerca de la Batería Dorissa	42

Figura 2-4	Perfil litológico del sitio S0114 (Sitio 14) al sur de la Batería Dorissa	43
Figura 2-5	Perfil hidrogeológico del sitio S0114 (Sitio 14) cerca de la Batería Dorissa ..	45
Figura 2-6	Perfil hidrogeológico del sitio S0114 (Sitio 14) al sur de la Batería Dorissa ..	46
Figura 2-7	Isolíneas de la profundidad del nivel freático del sitio S0114 (Sitio 14) - época húmeda	48
Figura 2-8	Histograma de precipitación (2000-2006) estación teniente López.....	51
Figura 2-9	Histograma de precipitación estaciones cercanas al Lote 1AB (Ex lote 1AB) (2000-2006).	51
Figura 3-1	Desarrollo histórico de las actividades de perforación en el Lote 192.....	74
Figura 3-2	Evolución cronológica de los usos y ocupación del área de estudio.....	80
Figura 3-3	Evolución cronológica de eventos relacionados al sitio S0114 (Sitio 14).....	81
Figura 3-4	Imagen histórica del sitio S0114 (Sitio 14)	85
Figura 3-5	Imagen actual del sitio S0114 (Sitio 14).....	85
Figura 3-6	Croquis en la etapa de reconocimiento del sitio S0114 (Sitio 14)	89
Figura 3-7	Número de puntos de muestreo (identificación).....	90
Figura 3-8	Número de puntos de muestreo (caracterización)	91
Figura 3-9	Detalles constructivos típicos de terminación de pozos	96
Figura 3-10	Configuración de los electrodos del arreglo polo-dipolo.....	100
Figura 3-11	Modelo de resistividad eléctrica del subsuelo en una tomografía eléctrica .	100
Figura 3-12	Diagrama de traslado de muestras y conservación de temperatura	105
Figura 3-13	Acta de conformidad del traslado de muestras	106
Figura 3-14	Concentraciones de plomo	135
Figura 3-15	Concentraciones de fracción de hidrocarburo F2.....	136
Figura 3-16	Concentraciones de fracción de hidrocarburo F3.....	136
Figura 3-17	Concentraciones de naftaleno	137
Figura 3-18	Área impactada por hidrocarburos en sitio S0114 (Sitio 14) (puntos demarcados en rojo)	138
Figura 3-19	Presencia de antigua poza de lodos (mancha oscura a la derecha).....	138
Figura 3-20	Modelamientos de Isoconcentraciones	141
Figura 3-21	Modelamientos de Isoconcentraciones	142
Figura 3-22	Perfil Tomográfico Eléctrico 1 (S0114-GEO-001)	146
Figura 3-23	Perfil Tomográfico Eléctrico 2 (S0114-GEO-002)	147
Figura 3-24	Perfil Tomográfico Eléctrico 3 (S0114-GEO-003)	148
Figura 3-25	Perfil Tomográfico Eléctrico 4 (S0114-GEO-004)	149

Figura 3-26	Delimitación del sitio impactado (Fracción integrada de hidrocarburos F2 y F3)	170
Figura 3-27	Delimitación del sitio impactado (Fracción de hidrocarburos F2)	171
Figura 3-28	Delimitación del sitio impactado (Fracción de hidrocarburos F3)	172
Figura 3-29	Delimitación del sitio impactado (Metales - Pb).....	173
Figura 3-30	Delimitación del sitio impactado (Metales – Pb).....	174
Figura 3-31	Área potencial de interés (API) de acuerdo con el MCI	176
Figura 3-32	Proceso del modelo conceptual	177
Figura 3-33	Modelo conceptual actualizado con puntos confirmatorios	178
Figura 3-34	Mapa sinóptico	180
Figura 3-35	Interpretación de resultados.....	192
Figura 3-36	Conceptualización dinámica hidrogeológica	194
Figura 4-1	Diagrama de Flujo de las etapas del ERSA	199
Figura 4-2	Concentraciones de plomo – Época húmeda	203
Figura 4-3	Concentraciones de fracción de hidrocarburo F2 – Ambas épocas	204
Figura 4-4	Concentraciones de fracción de hidrocarburo F3 – Ambas épocas	205
Figura 4-5	Concentraciones de naftaleno – Ambas épocas	206
Figura 4-6	Concentraciones de Benzo(a) antraceno – Ambas épocas	207
Figura 4-7	Concentraciones de Benzo(b) fluoranteno – Ambas épocas	208
Figura 4-8	Concentraciones de pH – Época húmeda.....	209
Figura 4-9	Concentraciones de pH – Época seca	209
Figura 4-10	Concentraciones de Fósforo – Época húmeda	210
Figura 4-11	Concentraciones de Aluminio – Época húmeda.....	211
Figura 4-12	Concentraciones de Aluminio – Época seca.....	211
Figura 4-13	Concentraciones de Arsénico – Época húmeda	212
Figura 4-14	Concentraciones de Arsénico – Época seca.....	212
Figura 4-15	Concentraciones de Cobre – Época húmeda	213
Figura 4-16	Concentraciones de Cobre – Época seca	213
Figura 4-17	Concentraciones de Manganeseo – Época húmeda.....	214
Figura 4-18	Concentraciones de Manganeseo – Época húmeda.....	214
Figura 4-19	Concentraciones de Mercurio – Época húmeda	215
Figura 4-20	Concentraciones de Plata – Época húmeda	215
Figura 4-21	Concentraciones de Plomo – Época húmeda	216
Figura 4-22	Concentraciones de Zinc – Época húmeda	216

Figura 4-23	Concentraciones de Zinc – Época seca	217
Figura 4-24	Concentraciones de Plomo – Época húmeda	217
Figura 4-25	Concentraciones de Cadmio – Época húmeda	218
Figura 4-26	Concentraciones de Cadmio – Época seca	218
Figura 4-27	Concentraciones de Bario – Época húmeda	219
Figura 4-28	Concentraciones de Bario – Época seca	219
Figura 4-29	Modelo conceptual inicial del sitio S0114 (Sitio 14) – Zona Sur	236
Figura 4-30	Modelo conceptual inicial del sitio S0114 (Sitio 14) – Zona Norte	237
Figura 4-31	Esquema de los criterios de valoración y puntuación del Nivel de Riesgo por Sustancias	303
Figura 4-32	Imagen actual del sitio S0114 (Sitio 14)	318
Figura 5-1	Ubicación del sitio S0114 (Sitio 14)	352
Figura 5-2	Diagrama de los pasos seguidos para la selección de alternativas de remediación	357
Figura 5-3	Proceso para la evaluación de la lista larga de alternativa tecnológicas	358
Figura 5-4	Universo de alternativas tecnológicas de remediación	359
Figura 5-5	Relación costo-efectividad	399
Figura 5-6	Resultado Gráfico del ACE por técnica evaluada	400
Figura 5-7	Distribución espacial del área de suelo con TPH (F2) y HAPs en el sitio S0114 (Sitio 14)	408
Figura 5-8	Representación de TPH para remediar en el del perfil estratigráfico del sitio S0114 (Sitio 14)	409
Figura 5-9	Representación de tornillo sin fin	413
Figura 5-10	Esquema representativo de desorción térmica	414
Figura 5-11	Esquema de ingeniería a ejecutar por la empresa remediadora	418
Figura 5-12	Flujograma de actividades del PMA	419
Figura 5-13	Esquema de localización de puntos de muestreo en un área irregular	442
Figura 5-14	Configuración para la zanja de anclaje (instalación de geomembrana)	444
Figura 5-15	Distribución de trochas de acceso	444
Figura 5-16	Vista aérea del polígono impactado a remediar	445

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 2-1	Comunidad nativa Nueva Jerusalén	58
Fotografía 2-2	institución Educativa Comunidad Nativa Nueva Jerusalén	60
Fotografía 2-3	Preparando terrenos de cultivo	61

Fotografía 2-4	Alimentación basado en la caza entre los Achuar.....	62
Fotografía 3-1	Infraestructura cercana al sitio S0114 (Sitio 14).....	86
Fotografía 3-2	Evidencias de contaminación o focos asociados al sitio S0114 (Sitio 14)	87
Fotografía 3-3	Muestreo de suelos con barreno manual - sitio S0114 (Sitio 14)	94
Fotografía 3-4	Muestreo de suelos con equipo - sitio S0114 (Sitio 14)	95
Fotografía 3-5	Construcción de piezómetros - sitio S0114 (Sitio 14).....	97
Fotografía 3-6	Desarrollo de piezómetros - sitio S0114 (Sitio 14)	98
Fotografía 3-7	Muestreo de agua superficial y sedimentos - sitio S0114 (Sitio 14)	99
Fotografía 3-8	Tomografía - sitio S0114 (Sitio 14).....	101
Fotografía 3-9	Medición de caudal en campo	119
Fotografía 3-10	<i>Lepidocaryum tenue</i> "Irapay" (Utilizado para construcción)	151
Fotografía 4-1	Flora identificada en el sitio S0114 (Sitio 14)	248
Fotografía 4-2	Comunidad nativa Nueva Jerusalén	266
Fotografía 4-3	institución Educativa Comunidad Nativa Nueva Jerusalén	267
Fotografía 4-4	Preparando terrenos de cultivo	268
Fotografía 4-5	Alimentación basado en la caza entre los Achuar.....	270
Fotografía 4-6	Evidencias de contaminación en el sitio S0114 (Sitio 14)	317
Fotografía 4-7	Bosque de colinas Bajas (BcB) en el sitio S0114 (Sitio 14)	317

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2-1	Grupos de Interés CN Nueva Jerusalén	67
Gráfico 4-1	Grupos de Interés CN Nueva Jerusalén	275

LISTA DE ANEXOS

- 6.1 Planos, mapas y demás gráficos didácticos, para el entendimiento de las poblaciones locales
 - 6.1.1 Figura didáctica del sitio S0114 (Sitio 14) – Comunidad Nativa Nueva Jerusalén
- 6.2 Mapas de ubicación (generales, por cuenca y microcuencas)
 - 6.2.1 Mapa de ubicación general del área de estudio
 - 6.2.2 Mapa geológico del sitio S0114 (Sitio 14)
 - 6.2.3 Mapa geomorfológico del sitio S0114 (Sitio 14)
 - 6.2.4 Mapa hidrogeológico del sitio S0114 (Sitio 14)
 - 6.2.5 Mapa de cuencas, subcuencas y microcuencas del sitio S0114 (Sitio 14)
 - 6.2.6 Mapa climático del sitio S0114 (Sitio 14)
 - 6.2.7 Mapa de suelos del sitio S0114 (Sitio 14)
 - 6.2.8 Mapa de cobertura vegetal del sitio S0114 (Sitio 14)
 - 6.2.9 Mapa de comunidades del sitio S0114 (Sitio 14)
- 6.3 Planos detallados de cada sitio y/o grupo de sitios
 - 6.3.1 Mapa de ubicación del sitio S0114 (Sitio 14)
- 6.4 Mapa con la ubicación de los puntos de muestreo (suelo, agua, sedimentos, u otros del plan de muestreo de detalle) por época húmeda y seca
 - 6.4.1 Mapa de ubicación de puntos de muestreo de suelos y niveles de fondo del sitio S0114 (Sitio 14) - Época húmeda
 - 6.4.2 Mapa de ubicación de puntos de muestreo de suelos del sitio S0114 (Sitio 14) - Época seca
 - 6.4.3 Mapa de Ubicación de puntos de muestreo de agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0114 (Sitio 14) - Época húmeda
 - 6.4.4 Mapa de Ubicación de puntos de muestreo de agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0114 (Sitio 14) - Época seca
 - 6.4.5 Mapa de ubicación de puntos de muestreo de biología e hidrobiología del sitio S0114 (Sitio 14) - Época húmeda
 - 6.4.6 Mapa de ubicación de puntos de muestreo de hidrobiología del sitio S0114 (Sitio 14) - Época seca
- 6.4.1 Mapas con los resultados del muestreo de suelos diferenciado por tipo de contaminante, por época húmeda y seca
 - 6.4.1.1 Mapa de excedencias en suelos del sitio S0114 (Sitio 14) - Época húmeda y seca
- 6.4.2 Mapas con los resultados de muestreo de agua subterráneas, superficiales, sedimentos, hidrobiología por época húmeda y seca
 - 6.4.2.1 Mapa de Excedencias en agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0114 (Sitio 14) - Época húmeda

- 6.4.2.2 Mapa de excedencias en agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0114 (Sitio 14) - Época seca
- 6.4.2.3 Mapa de excedencias de hidrobiología del sitio S0114 (Sitio 14) - Época húmeda
- 6.4.2.4 Mapa de excedencias de hidrobiología del sitio S0114 (Sitio 14) - Época seca
- 6.4.3 Mapas de las zonas a intervenir con las acciones de rehabilitación
 - 6.4.3.1 Mapa de la zona a intervenir con las acciones de rehabilitación del sitio S0114 (Sitio 14)
 - 6.4.3.2 Figura de definición de áreas operacionales para la determinación de los niveles de remediación del Sitio S0114 (Sitio 14)
- 6.4.4 Planos con propuestas de infraestructuras de soporte para remediación
- 6.5 Documentación del muestreo de detalle
 - 6.5.1 Niveles de fondo
 - 6.5.2 Barrenos
 - 6.5.3 Percusión
 - 6.5.4 Agua superficial y sedimentos
 - 6.5.5 Construcción de pozos
 - 6.5.6 Purga y monitoreo de agua subterránea
 - 6.5.7 Hidrobiología
 - 6.5.8 Flora y fauna
 - 6.5.9 Tomografía
 - 6.5.10 Especificaciones técnicas y certificados de calibración de equipos
 - 6.5.11 Formatos de verificación de equipos
 - 6.5.12 Fichas de relevamiento y entrevista al monitor
- 6.6 Tablas y representación gráfica de resultados
 - 6.6.1 Análisis Estadística CP
 - 6.6.2 Tablas de los CP
 - 6.6.3 Propiedades de CP
 - 6.6.4 Parámetros de exposición
 - 6.6.5 Cálculo de riesgo humano
 - 6.6.6 Resultados del cálculo de riesgo humano
 - 6.6.7 Datos RBCA
 - 6.6.9 Entrevista ERSA
- 6.7 Memoria fotográfica del sitio y de los trabajos efectuados
- 6.8 Documentos sobre procedimientos administrativos (MINEM, OEFA, u otros)
- 6.9 Hojas de datos de seguridad de materiales

- 6.10 Informes de ensayo de laboratorio
 - 6.10.1 Época Húmeda
 - 6.10.2 Época Seca
 - 6.10.3 Ensayos de suelo agrícola (Época seca y húmeda)
 - 6.10.4 Muestras de control (Época seca y húmeda)
 - 6.10.5 Cadena de custodia (Época seca y húmeda)
 - 6.10.6 Acreditación de los laboratorios
- 6.11 Estudios técnicos básicos y específicos (topográficos, hidrológicos, precipitaciones y otros de soporte para las obras de ingeniería)
- 6.12 Acta de socialización del Plan de Rehabilitación en la CN Nueva Jerusalén

ACRÓNIMOS

AF:	Área fuente
AGQ:	Laboratorio AGQ Perú SAC
Al:	Aluminio
API:	Área de potencial interés
As:	Arsénico
ASTM:	American Society for Testing & Materials
ASTM:	Sociedad Americana de Ensayos de Materiales.
AT:	Área de transporte
AV:	Área de validación
B:	Boro
Ba:	Bario
BTEX:	Familia de los alquilbencenos (benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos).
Ca:	Calcio
Cd:	Cadmio
CdP ₁ :	Coefficiente de peligro determinado para el receptor humano 1
CdP ₂ :	Coefficiente de peligro determinado para el receptor 2
CN:	Comunidad Nativa
Co:	Cobalto
COSV:	Compuestos orgánicos semi volátiles
COV:	Compuestos orgánicos volátiles
CP:	Contaminante de preocupación.
CPP:	Contaminantes de Preocupación Potencial
Cr:	Cromo
Cu:	Cobre
DBO:	Demanda Bio-química de Oxígeno
DdR (Derm.):	Dosis de referencia dérmica (mg/kg/día)
DdR (Oral):	Dosis de referencia oral (mg/kg/día)
DIRESA:	Dirección Regional de Salud
DQO:	Demanda Química de Oxígeno
DQO:	Objetivos de Calidad de los Datos
ECA:	Estándar de Calidad Ambiental.
Eco-SSLs:	Ecological Soil Screening Levels
Eh:	Potencial Redox
EPA:	Agencia de Protección Ambiental
ERSA:	Evaluación de Riesgos a la Salud y al Ambiente.
ERT:	Perfil de tomografía eléctrica
F1, F2, F3:	Fracción 1, Fracción 2 y Fracción 3 de hidrocarburos.
FBC:	Factor de bioconcentración
FBD _R :	Factor de biodisponibilidad relativa
Fe:	Hierro
FECONACO:	Federación de Comunidades Nativas del Corrientes
FECONACOR:	Federación de Comunidades Nativas de la Cuenca del Corrientes
FECONAT:	Federación de Comunidades Nativas del Tigre
FONAM:	Fondo Nacional del Ambiente

FONCODES:	Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social
f-SSDs	field-based species sensitivity distributions
GPR:	Georadar o Radar de Penetración en el Suelo.
HAPs:	Hidrocarburos aromáticos policíclicos
Hg:	Mercurio
IARC:	International Agency for Research on Cancer
IdR ₁ :	Índice de riesgo determinado para el receptor humano 1
IdR ₂ :	Índice de riesgo determinado para el receptor 2
INACAL:	Instituto Nacional de Calidad
IP _T :	Índice de peligrosidad (acumulativo)
IR _T :	Índice de riesgo total (acumulativo)
JCI-HGE:	Consortio J.C. Ingenieros & Consultores S.A.C. - Hidrogeocol Cía Ltda
K:	Potasio
Kp:	Coeficiente de permeabilidad
LDA:	Límite de detección analítico
LDM:	Límite de detección del método
Li:	Litio
LOAEL:	Lowest observed adverse effect level
Log (K _d):	Coeficiente de distribución suelo-agua (@ 20 – 25 °C)
Log (K _{oc}):	Constante de partición octano agua (@ 20 – 25 °C)
MBC:	Muestra Blanco de Campo
MBE:	Muestra Blanco de Equipo
mbns:	Metros bajo el nivel del suelo
MC:	Muestreo Comprobatorio
MD:	Muestreo detallado
MDUC:	Muestra Duplicada de Campo
ME:	Muestreo Exploratorio
MF:	Muestreo de Fondo
mg/L:	Miligramos por litro
Mg:	Magnesio
MINAM:	Ministerio del Ambiente
MINEM:	Ministerio de Energía y Minas
Mn:	Manganeso
Mo:	Molibdeno
N:	Nitrógeno
Na:	Sodio
Ni:	Níquel
NOAEL:	No observed adverse effect level
NRE:	Niveles de remediación, conocido también como SSTL en RBCA
OEFA:	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
OPCP	Occidental Petroleum Corporation del Perú
OSINERGMIN:	Organismo Supervisor de Energía y Minería
OXY:	Occidental Petroleum Corporation
P:	Fósforo
P0:	Presión de vapor (@ 20 – 25 °C) mm Hg
PAC:	Plan Ambiental Complementario
PAH:	Hidrocarburos aromáticos policíclicos
Pb:	Plomo

PCB	Polychlorinated Biphenyls = Bifenilos policlorados
PDS:	Plan de Descontaminación de Suelos.
pH:	Potencial de hidrógeno
PID:	Photoionization Detector = Detector portátil de fotoionización
PMA:	Peso Molecular Alto
PMA:	Plan de Manejo Ambiental
PMB:	Peso Molecular Bajo
ppm:	Partes por millón (= mg/Kg = % x 10 ⁴)
PPN:	Pluspetrol Norte S.A.
QA/QC:	Quality Assurance / Quality Control = Aseguramiento de la Calidad/Control de la Calidad
QA:	Aseguramiento de la Calidad
RECV:	Riesgo extra de cáncer de por vida
RME:	Exposición Máxima Razonable
S:	Azufre
SANIPES:	Organismos Nacional de Sanidad Pesquera
Si:	Silicio
SO ₂ :	Dióxido de Azufre
SPT:	Prueba de Penetración Estándar
TCLP:	Procedimiento de Lixiviación de Características Tóxicas.
Ti:	Talio
TPH:	<i>Total Petroleum hydrocarbons</i> = Hidrocarburo de petróleo total
UCL95:	Límite Superior del Intervalo de Confianza Unilateral del 95% de la media aritmética
UTM:	Universal Transverse Mercator = Sistema de Coordenadas Transversal de Mercator
V:	Vanadio
VRT	Valores de Toxicidad de Referencia
WGS 84	World Geodetic System 84 = Sistema Geodésico Mundial 1984
WWF	World Wildlife Fund = Fondo Mundial para la Naturaleza
Zn:	Zinc
µg/L:	Microgramos por litro

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Absorción: Proceso por el cual una sustancia tóxica atraviesa las membranas de las células de un organismo a través de la piel, pulmones, tracto digestivo o branquias y luego es transportado hacia otros órganos.

Actividad cinegética: Actividad antrópica de caza de animales silvestres.

Acuífero: Formación de cualquier formación geológica o conjunto de formaciones geológicas hidráulicamente conectados entre sí, por las que circulan o se almacenan aguas del subsuelo que pueden ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento y cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales del subsuelo.

Agente: Cualquier entidad biológica, química o física que puede producir un efecto adverso.

Agua potable: Agua que puede beberse sin riesgos para la salud.

Agua subterránea: Se consideran aguas subterráneas las que, dentro del ciclo hidrológico, se encuentran en la etapa de circulación o almacenadas debajo de la superficie del terreno y dentro del medio poroso, fracturas de las rocas u otras formaciones geológicas, que para su extracción y utilización se requiere la realización de obras específicas.

Agua subterránea afectada: Es aquella agua subterránea cuyas funciones ecosistémicas se encuentran deterioradas o que presenta una calidad que no es apta para su uso por el hombre, como consecuencia de la alteración de sus características naturales por influencia antropogénica.

Agua: Líquido inodoro, incoloro e insípido, ampliamente distribuido en la naturaleza. Representa alrededor del 70 % de la superficie de la Tierra. Componente esencial de los seres vivos. Está presente en el planeta en cada ser humano, bajo la forma de una multitud de flujos microscópicos.

Aguajal: Hábitat natural de muchas especies vegetales de suma importancia, especialmente el aguaje.

Aguas residuales: También llamadas "aguas negras". Son las contaminadas por la dispersión de desechos humanos, procedentes de los usos domésticos, comerciales o industriales. Llevan disueltas materias coloidales y sólidas en suspensión. Su tratamiento y depuración constituyen el gran reto ecológico de los últimos años por la contaminación de los ecosistemas.

Aire: Capa delgada de gases que cubre La Tierra y está conformado por nitrógeno, oxígeno y otros gases como el bióxido de carbono, vapor de agua y gases inertes. Es esencial para la vida de los seres vivos. El hombre inhala 14.000 litros de aire al día.

Alterador endocrino: Agente químico exógeno o mezclas que alteran la(s) función(es) del sistema endócrino, tanto en la producción, liberación, transporte, metabolismo, enlace, acción, o eliminación de hormonas naturales, y por consecuencia, causa efectos adversos en el organismo, su descendencia o (sub) poblaciones.

Amazonia: Se denomina a la zona de Sudamérica ubicada en la parte septentrional central del continente, comprendiendo parte de los países de Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Guayana, Perú, Bolivia, Surinam y Venezuela, cubriendo una superficie aproximada es de 6 millones de Km² por lo que se le considerada la "Reserva Forestal del Mundo".

Ambiente: Es el conjunto de fenómenos o elementos naturales y sociales que rodean a un organismo, a los cuales este responde de una manera determinada. Estas condiciones naturales pueden ser otros organismos (ambiente biótico) o elementos no vivos (clima, suelo, agua). Todo en su conjunto condicionan la vida, el crecimiento y la actividad de los organismos vivos.

Ambiente acuático: Ambientes localizados en cuerpos de agua. Por ejemplo: ríos, arroyos, lagos, lagunas, esteros, canales.

Ambiente terrestre: Ambientes localizados en tierra. Por ejemplo: bosques, selvas, desiertos.

Área de influencia: Perímetro inmediato del emplazamiento donde hay indicio o alguna evidencia de contaminación potencial del suelo.

Área de potencial interés (API): Extensión de terreno sobre el que se realizarán efectivamente las labores de muestreo. Se trata de áreas identificadas durante la Fase de Identificación en las cuales existe alguna evidencia de potencial contaminación del suelo.

Área de transporte (AT): Polígono que comprende la ruta de transporte por el cual el contaminante se desplazó desde la AF hasta el área potencialmente impactada.

Área de validación (AV) o confirmatoria: Representa aquella área continúa al API, donde no se tiene evidencia de contaminación, pero se requiere validar el área API con mayor precisión.

Área fuente (AF): Polígono que engloba el lugar donde potencialmente se originó el evento que dio lugar a la contaminación de cada sitio (área donde se encuentra la fuente).

Área natural protegida: Espacios continentales y/o marinos del territorio nacional, expresamente reconocidos y declarados como tales, incluyendo sus categorías y zonificaciones, para conservar la diversidad biológica y demás valores asociados de interés cultural, paisajístico y científico, así como por su contribución al desarrollo sostenible del país.

Atmósfera: Es la envoltura gaseosa del planeta Tierra. Está conformada por un 78 % de nitrógeno, 21 % de oxígeno y otros elementos como el argón, dióxido de carbono, trazos de gases nobles como neón, helio, kriptón, xenón, además de cantidades aún menores de hidrógeno libre, metano, y óxido nitroso.

Bajiales: Son áreas de playa dejadas por un río después de una avenida.

Baritina o Barita: Es un sulfato de Bario, es usado para incrementar la densidad de todos los fluidos de perforación y es químicamente inerte con los aditivos de los fluidos de perforación.

Barrera fisiológica. - Elementos que impiden o limitan la interacción entre elementos internos y externos de un organismo. Ejemplos: bombas de intercambio iónico (barreras fisiológicas), tejido epitelial, mucosidades, escamas (barreras anatómicas).

Basura: Desechos, generalmente de origen urbano y de tipo sólido. Hay basura que puede reutilizarse o reciclarse. En la naturaleza, la basura no sólo afea el paisaje, sino que además lo daña; por ejemplo, puede contaminar las aguas subterráneas, los mares, los ríos etc.

Bentónico: Organismos que viven en el fondo de un ambiente acuático (lago, laguna, mar entre otros), que se desplazan desde la superficie hasta la zona más profunda.

Bioacumulación: Concentración resultante acumulada en el ambiente o en los tejidos de organismos a partir de la incorporación, distribución y eliminación de contaminantes obtenidos por todas las rutas de exposición por ejemplo por aire, agua, suelo, sedimento y alimento.

Biodegradable: Sustancia que puede descomponerse a través de procesos biológicos realizados por acción de la digestión efectuada por microorganismos aerobios y anaerobios. La biodegradabilidad de los materiales depende de su estructura física y química. Así el plástico es menos biodegradable que el papel y este a su vez menos que los detritos.

Biodisponibilidad: Característica de las sustancias tóxicas que indica la facilidad de incorporarse a los seres vivos mediante procesos o mecanismos, inhalación, ingesta o absorción, y que están influenciados por diferentes parámetros como, las rutas de exposición, las características fisiológicas del receptor y las características químicas del xenobiótico (se puede interpretar como la fracción soluble de un elemento potencialmente tóxico que puede atravesar barreras biológicas de intercambio del organismo receptor).

Bioensayo de toxicidad: Prueba para establecer la magnitud y la naturaleza del efecto que producirá un agente químico sobre organismos expuestos a él bajo condiciones específicas. Es preciso tener en cuenta que, en el área de la ecotoxicología, los agentes incluyen muestras ambientales de agua, suelo o sedimentos, efluentes domésticos e industriales, extractos de sedimentos o suelos contaminados, etc. Un bioensayo de toxicidad evalúa la porción de organismos afectados (resultado cuantitativo) o el grado de efecto (resultado cualitativo) después de la exposición a niveles específicos de un estímulo (concentración o dosis de un químico o mezcla de químicos).

Biota: Es el conjunto formado por la fauna y flora de una región.

Botadero: Donde se depositan -de forma no controlada-, los residuos de tipo orgánico, inorgánico e industriales.

Cadena de Custodia: Procedimiento documentado de la obtención de muestras, su transporte, conservación y entrega de éstas al laboratorio para la realización de pruebas de análisis fisicoquímico, realizado por el personal responsable.

Calidad de suelos: Es la capacidad natural del suelo de cumplir diferentes funciones como por ejemplo ecológicas, agronómicas, económicas, culturales, arqueológicas y recreacionales. Es el estado del suelo en función de sus características físicas, químicas y biológicas que le otorgan una capacidad de sustentar un potencial ecosistémico natural y antropogénicas.

Cancerígeno(a): Cualquier sustancia que pueda causar cáncer.

Caracterización de sitios contaminados: Determinación cualitativa y cuantitativa de los contaminantes químicos o biológicos presentes, provenientes de materiales o residuos peligrosos, para estimar la magnitud y tipo de riesgos que conlleva dicha contaminación.

Cauce o Álveo: Continente de las aguas durante sus máximas avenidas, constituye un bien de dominio público hidráulico.

Componente ecológico: Cualquier parte del sistema ecológico incluyendo individuos, poblaciones, comunidades, sus interacciones, relaciones y al mismo ecosistema.

Comunidad: Grupo de poblaciones de diferentes especies que interaccionan entre sí y que habitan en una misma área.

Comunidad nativa: Tienen origen en los grupos tribales de la selva y ceja de selva y están constituidas por conjuntos de familias vinculadas por los siguientes elementos principales: idioma o dialecto; características culturales y sociales; y tenencia y usufructo común y permanente de un mismo territorio con asentamiento nucleado o disperso (Decreto - Ley 22175)

Concentración: La relación de una sustancia disuelta o contenida en una cantidad dada de otra sustancia.

Concentración total: Masa del elemento químico regulado por unidad de masa del suelo en estudio, expresada en términos del Sistema General de Unidades de Medida, extraído del suelo por digestión ácida (agua regia) o alcalina.

Contaminación: (Del latín contaminare = manchar). Es un cambio perjudicial en las características químicas, físicas y biológicas de un ambiente o entorno. Afecta o puede afectar la vida de los organismos y en especial la humana.

Contaminación del suelo: Es el depósito de desechos degradables o no degradables que se convierten en fuentes contaminantes del suelo.

Contaminación hídrica: Cuando la cantidad de agua servida pasa de cierto nivel, el aporte de oxígeno es insuficiente y los microorganismos ya no pueden degradar los desechos contenidos en ella, lo cual hace que las corrientes de agua se asfixien, causando un deterioro de la calidad de estas, produciendo olores nauseabundos e imposibilitando su utilización para el consumo.

Contaminado: Aquel suelo cuyas características químicas han sido alteradas negativamente por la presencia de sustancias químicas contaminantes depositadas por la actividad humana, en concentraciones tal que en función del uso actual o previsto del sitio y sus alrededores represente un riesgo a la salud humana o el ambiente.

Contaminante: Cualquier sustancia química que no pertenece a la naturaleza del suelo o cuya concentración excede la del nivel de fondo susceptible de causar efectos nocivos para la salud de las personas o el ambiente.

Contaminante de preocupación: Contaminante elegido por su toxicidad y peligrosidad para realizar la caracterización del riesgo.

Contaminante de preocupación potencial: Sustancia con propiedades potencialmente dañinas para la salud humana o el ecosistema determinados en la fase de identificación.

Cuenca hidrográfica: Es una porción del terreno definido, por donde discurren las aguas en forma continua o intermitente hacia un río mayor, un lago o el mar.

Degradación: Proceso de descomposición de la materia, por medios físicos, químicos o biológicos.

Dérmico(a): Relativo a la piel. La absorción dérmica significa absorción de algún elemento a través de la piel.

Derrame: Cualquier descarga, liberación, rebose o vertido debido a una práctica inadecuada o hecho accidental de hidrocarburos o líquidos peligrosos en el suelo.

Desechos tóxicos: También denominados desechos peligrosos. Son materiales y sustancias químicas que poseen propiedades corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas e inflamables que los hacen peligrosos para el ambiente y la salud de la población.

Diversidad Biológica: Variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas.

Dosis. Cantidad de una sustancia disponible que interactúa con el proceso metabólico o biológico de los receptores una vez que ha cruzado las barreras externas del organismo.

Dosis de exposición (DE). Cantidad de sustancia a la que se expone el organismo y el tiempo durante el que estuvo expuesto. La dosis de exposición determina el tipo y magnitud de la respuesta biológica.

Dosis de referencia (DdR). Es el índice de toxicidad que más se utiliza en la evaluación de riesgos por exposición a sustancias no-cancerígenas. Es el nivel de exposición diaria que no produce un riesgo apreciable de daño en poblaciones humanas, incluyendo las subpoblaciones sensibles.

Dosis suministrada. Cantidad o concentración del agente químico que está presente en la superficie de contacto durante un período especificado y que se expresa por unidad de masa corporal del individuo expuesto.

Ecosistema: Complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional.

Ecosistemas frágiles: Son ecosistemas importantes, con características y recursos singulares, incluyendo sus condiciones climáticas importantes y su relación con desastres naturales. Son ecosistemas en peligro de que sus poblaciones naturales, su diversidad o sus condiciones de estabilidad decrezcan peligrosamente o desaparezcan debido a factores exógenos. Comprenden, entre otros, desiertos, tierras semiáridas, montañas.

Emergencia: Cuando la contaminación de sitios derive de una circunstancia o evento, indeseado o inesperado, que ocurra repentinamente y que traiga como resultado la liberación no controlada, incendio o explosión de uno o varios materiales peligrosos o residuos peligrosos que afecten la salud humana o el ambiente, de manera inmediata.

Emplazamiento. Las áreas en las que el titular tiene instaladas sus facilidades para el desarrollo de sus actividades productivas, extractivas o de servicios.

Envase: Recipiente de diferente material, forma y tamaño destinado a contener muestras de suelos para su conducción desde el lugar de muestreo hacia el laboratorio y que reúne características para conservar las propiedades de la muestra a ser analizadas.

Especie análoga: Especie con una similitud importante pero no se originan de un ancestro común. Ocupan el mismo nicho ecológico en diferentes escenarios de estudio.

Especie crítica. Especie con interés ecológico o económico, o que es clasificada con algún estatus de protección por la legislación peruana y por lo tanto se requiere conocer su vulnerabilidad a los efectos de un contaminante y es elegida para realizar el estudio de riesgo ambiental. Término relacionado: especie de interés especial u organismo blanco.

Especie receptora: Especie crítica que recibe o está en contacto con los contaminantes.

Estándar de Calidad Ambiental (ECA): Es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos.

Evaluación de la toxicidad: Selección de los valores adecuados de los parámetros que miden la peligrosidad de las sustancias tóxicas presentes en el sitio, acompañados por la calificación de la calidad de esa información. El parámetro que se usa en evaluación de riesgos es el índice de toxicidad.

Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente (ERSA): Es el estudio que tiene por objeto definir si la contaminación existente en un sitio representa un riesgo tanto para la salud humana como para el ambiente, así como los niveles de remediación específicos del sitio en función del riesgo aceptable y las acciones de remediación que resulten necesarias.

Exposición: Coocurrencia del contacto entre el agente estresante y el componente ecológico.

Factor de incertidumbre: Factor aplicado a una concentración de exposición o a una concentración o dosis de efecto para corregirlo por una fuente de incertidumbre identificada.

Foco de contaminación: Comprende los componentes ambientales afectados por las fuentes primarias de contaminación, que se caracterizan por presentar altas concentraciones de contaminantes y ser potenciales generadores de contaminación en otros componentes ambientales. Se conoce también como fuente secundaria.

Fracción de hidrocarburos F1 o hidrocarburos fracción ligera: Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contienen entre cinco (5) y diez (10) átomos de carbono (C5 a C10). Los hidrocarburos fracción ligera deben analizarse en los siguientes productos contaminantes: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, gasavión, gasolvente, gasolinas, gas nafta.

Fracción de hidrocarburos F2 o hidrocarburos fracción media: Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contengan entre diez (10) y veintiocho (28) átomos de carbono (C10 a C28). Los hidrocarburos fracción media deben analizarse en los siguientes productos contaminantes: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, gasóleo, diésel, turbosina, queroseno, mezcla de creosota, gasavión, gasolvente, gasolinas, gas nafta.

Fracción de hidrocarburos F3 o hidrocarburos fracción pesada: Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contengan entre veintiocho (28) y cuarenta (40) átomos de carbono (C28 a C40). Los hidrocarburos fracción pesada deben analizarse en los siguientes productos contaminantes: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, combustóleo, parafinas, petrolatos, aceites derivados del petróleo.

Fuente de contaminación: Comprende cualquier componente, instalación o proceso de actividades antrópicas, que puede liberar contaminantes al medio ambiente. Se conoce también "fuente primaria".

Geo-referenciación: Es el procedimiento técnico-científico por el cual se define la localización espacial de un objeto, en un sistema de coordenadas y datum determinado.

Gestión ambiental: Es el conjunto de actividades dirigidas a manejar de manera integral el ambiente de un territorio dado y así contribuir con el desarrollo sostenible del mismo. Sus componentes principales, como son: las políticas ambientales, los instrumentos jurídicos, normativas y reglamentos ambientales y los procesos administrativos (gubernamentales).

GPS: Sistema de posicionamiento Global o, NAVSTAR GPS (Navigation System and Ranging-Global Positioning System, sistema de navegación y determinación de alcance, y sistema de posicionamiento mundial) es el sistema que permite determinar la posición geográfica en cualquier parte del mundo de un objeto, persona o nave y funciona mediante una red de satélites en órbita sobre el planeta.

Incertidumbre: Conocimiento imperfecto relacionado con el estado presente y futuro de un sistema en consideración. Componente del riesgo que resulta de un conocimiento imperfecto del grado de peligrosidad o de su patrón de expresión especial o temporal.

Índice de peligro: Es la relación entre la concentración de exposición y un valor de referencia.

Infiltración: Penetración de un líquido a través de los poros o intersticios de un suelo, cualquier material poroso natural o sintético.

Ingestión: Tragar (como cuando se come o se bebe). Las sustancias químicas pueden ser ingeridas en el alimento, la bebida, utensilios, manos, suelo. Luego de la ingestión, las sustancias químicas pueden ser absorbidas en la sangre y distribuidas en todas partes del cuerpo.

Inhalación: Respiración. La exposición puede ocurrir por inhalación de los contaminantes, porque éstos se pueden depositar en los pulmones, transportarse en la sangre o ambos.

Límite máximo de exposición: Límite legal para la exposición de una persona, el cual es socialmente aceptable, y se expresa por lo general en partes por millón (ppm) de la sustancia en el aire, o a veces en miligramos por metro cúbico (mg/m³).

Lixiviado: Líquido que se forma por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos y que contiene en forma disuelta o en suspensión, sustancias que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan los residuos y que puede dar lugar a la contaminación del suelo y de cuerpos de agua, provocando su deterioro y representar un riesgo potencial a la salud humana y de los demás organismos vivos.

Logeo: Término en geología para indicar el proceso de descripción litológica.

Marcador biológico: Parámetro que se puede usar para identificar un efecto tóxico en un organismo y también en la extrapolación entre especies o como un indicador que señala un evento o condición en un sistema biológico o muestra y proporciona una medida de la exposición, efecto o sensibilidad. Sinónimo de Biomarcador.

Materiales y residuos peligrosos: Aquellos que por sus características fisicoquímicas y/o biológicas o por el manejo al que son o van a ser sometidos, pueden generar o desprender polvos, humos, gases, líquidos, vapores o fibras infecciosas, irritantes, inflamables, explosivos, corrosivos, asfixiantes, tóxicos o de otra naturaleza peligrosa o radiaciones ionizantes en cantidades que representan un riesgo significativo para la salud, el ambiente o a la propiedad.

Matriz ambiental: Elemento de un ecosistema en donde pueda estar incidiendo un contaminante después de su emisión. Puede ser el agua (de un río, laguna, estero o mar), el sedimento, el suelo o el aire.

Mecanismo de acción tóxica: Proceso por el cual el efecto de un tóxico es inducido, por ejemplo: narcosis aguda, inhibición de la enzima acetil colinesterasa.

Mecanismo de liberación: Proceso físico, químico o biológico mediante el cual se hacen disponibles los contaminantes que se encuentran en un medio ambiental o compartimiento, como por ejemplo la fase sólida del suelo.

Mecanismo de transporte: Proceso físico mediante el cual los contaminantes migran hacia un ambiente y de él hacia otro medio.

Medio ambiente: Es el conjunto de factores físico-naturales, sociales, culturales, económicos y estéticos que interactúan entre sí, con el individuo y con la sociedad en que vive, determinando su forma, carácter, relación y supervivencia.

Medios ambientales: Cualquier elemento natural (suelo, el agua, el aire, las plantas, los animales o cualquier otra parte del ambiente) que participa en los flujos de materia y energía en el sistema y que puede contener contaminantes. También referidos como compartimientos.

Modelo conceptual: Relato escrito y/o representación gráfica del sistema ambiental y de los procesos físicos, químicos y biológicos que determinan el transporte de contaminantes desde la fuente, a través de los medios que componen el sistema, hasta los potenciales receptores que forman parte de él.

Morbilidad: Enfermedad, donde la tasa de morbilidad es el número de enfermedades o casos de enfermedad en una población.

Muestra compuesta: Es aquella constituida por un conjunto de muestras simples (submuestras), convenientemente mezcladas, y llevadas al laboratorio para su correspondiente análisis, siendo el resultado un valor analítico medio de la propiedad o compuesto analizado. El número de submuestras dependerá de la variabilidad de la sustancia o propiedad a analizar en el área de estudio y tiene la ventaja de permitir un muestreo mayor sin aumentar el número de muestras a analizar.

Muestra duplicada para contaminantes no volátiles: Muestra que se toma después de la homogenización del material del cual se toma la muestra original.

Muestra duplicada para COVs: Es una muestra que se toma del muestreador, contigua a la muestra original.

Muestra en profundidad: Muestra obtenida de los horizontes o capas del suelo en donde se ubican y lixivian los contaminantes que se desean evaluar.

Muestra simple: Las muestras colectadas en un tiempo y en un lugar particular son llamadas muestras simples. Este tipo de muestras representa las condiciones puntuales de una muestra de la población en el tiempo que fue colectado. Estas muestras siempre se aplicarán para compuestos orgánicos volátiles (COV's), Hidrocarburos y Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Xilenos (BTEX).

Muestreo biológico o dosimetría interna: Determinación cuantitativa de la concentración del tóxico o sus metabolitos en uno o más medios corporales del organismo expuesto. Se usa para estimar la exposición que experimentan cada uno de los tejidos del cuerpo, con el fin de estimar la magnitud de la exposición ambiental y para demostrar que existió una exposición efectiva. El simple hecho de que el tóxico se encuentre dentro del organismo es la prueba de que existió la exposición.

Muestreo de comprobación: Es aquel orientado a comprobar si se alcanzaron con los ECA para suelo, los niveles de fondo, los niveles de remediación determinados en el ERSa u otros objetivos de remediación establecidos.

Muestreo de detalle: Es aquel orientado a identificar el área y el volumen del suelo contaminado, y de ser el caso, de otros medios afectados por las sustancias señaladas en el Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM.

Muestreo de identificación: Es aquel orientado a identificar si el suelo está contaminado o no. Entiéndase que toda referencia hecha al muestreo exploratorio en el Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, se entenderá como referida al muestreo de identificación.

Muestreo de nivel de fondo: Es aquel orientado a identificar el nivel de fondo en el suelo.

Muestreo dirigido: Es la actividad por medio de la cual se toman muestras representativas sobre puntos específicamente determinados, cuando se cuenta con información previa del sitio, se conoce el producto derramado y/o es evidente la extensión de la afectación.

Nivel de fondo: Concentración en el suelo de los químicos que no fueron generados por la actividad objeto de análisis y que se encuentran en el suelo de manera natural o fueron generados por alguna fuente antropogénica ajena a la actividad bajo análisis.

Organismo: Individuo; en el caso de organismos multicelulares se refiere a individuos formados por un sistema de órganos.

Organismo blanco: Especie crítica con valor económico o ecológico que se elige para su estudio. (Se refiere a una especie crítica elegida para estudio).

Organismos y/o poblaciones no humanas. En evaluación integral de riesgos se refiere a todos los seres vivos, sean plantas, animales superiores o microorganismos. Estos son denominados biota en las ciencias biológicas.

Pantanos: Tierras bajas cubiertas total o parcialmente de agua, salvo que sean drenada artificialmente.

Patrón de muestreo: Es la distribución espacial de los puntos de muestreo en el plano horizontal, para cada sitio en particular en base a las características y el objetivo del muestreo. Los patrones pueden ser: i) de distribución uniforme (rejillas regulares, rejillas triangulares, rejillas circulares, sobre una línea, diagonales múltiples), ii) de distribución aleatoria (aleatorios, aleatorios en una rejilla regular, aleatorios desalineados en una rejilla regular), iii) de muestreo con distribución heterogénea (diagonal simple, diagonales cruzadas rotantes).

Peligro: Capacidad inherente de un (o varios) agente (s) de estrés de causar efecto(s) adverso(s) cuando el hombre, sistemas o poblaciones están expuestos a él.

Plan de descontaminación de suelos: Instrumento de gestión ambiental que tiene por finalidad remediar los impactos ambientales originados por una o varias actividades pasadas o presentes en los suelos. Los tipos de acciones de remediación que se podrán aplicar, sola o en combinaciones, son: - acciones de remediación para la eliminación de los contaminantes del sitio, acciones para evitar la dispersión de los contaminantes, acciones para el control del uso del suelo, y acciones para monitoreo del sitio contaminado. La presentación del Plan de Descontaminación de Suelos no exime de la responsabilidad de elaborar y presentar ante la autoridad competente, los demás instrumentos de gestión ambiental propios de la actividad.

Plan de muestreo: Documento que contiene la información y programación relacionada con cada una de las etapas que conforman el muestreo y señala los criterios para la toma de muestras.

Plancton: Conjunto de organismos flotantes del reino animal que viven prácticamente en todas las aguas naturales. Conjunto de seres vivos, animales y vegetales, generalmente microscópicos, que flotan a la deriva en las aguas dulces y marinas.

Plano: Representación gráfica técnica de un sitio impactado, puede darse como un dibujo técnico, en especial en el nivel local, donde se presenten los detalles requeridos en la evaluación de riesgos a la salud y el ambiente tales como linderos, calles, instalaciones, drenajes, edificaciones. En el nivel regional puede ser un plano o una fotografía aérea con suficiente resolución que permita identificar la información requerida y que haya sido geo-referenciada con coordenadas UTM, en ningún caso podrán ser utilizadas fotografías aéreas o satelitales que no permitan distinguir claramente los elementos requeridos en esta guía.

Población: Grupo de organismos de la misma especie que viven en un área definida y en un tiempo concreto.

Población potencialmente expuesta. - Grupos de individuos de la misma especie situados en el mismo tiempo y espacio en la proximidad o dentro de un sitio contaminado, que pueden entrar en contacto con

Población receptora: Poblaciones (humanas o biota) que están expuestas a los contaminantes, la población receptora es entonces la población expuesta.

Problema ambiental: Daño aparente, real o potencial al medio ambiente que no está acompañado de acción popular.

Punto de muestreo: Lugar (punto o área determinada) del suelo donde se toman las muestras, sean éstas superficiales o de profundidad.

Puntos de Exposición: Lugares donde es posible encontrar presencia de contaminantes y donde los receptores, a través de alguna vía, pueden entrar en contacto con los medios contaminados (medios de contacto).

Receptor: Organismo, población o comunidad que está expuesta a contaminantes.

Reciclaje: Consiste en convertir materiales ya utilizados en materias primas para fabricar nuevos productos.

Recursos naturales: Son aquellos bienes existentes en la Tierra y que la humanidad aprovecha para su subsistencia, agregándoles un valor económico. Tales recursos son: el aire, la energía, los minerales, los ríos, la flora, la fauna, etc.

Rehabilitación: Conjunto de técnicas y métodos que sirven para recuperar un sitio impactado, mejorando la calidad del mismo y de los seres vivos que se desarrollan en ellos.

Remediación: Tarea o conjunto de tareas a desarrollarse en un sitio impactado con la finalidad de eliminar o reducir contaminantes, a fin de asegurar la protección de la salud humana y la integridad de los ecosistemas.

Residuos peligrosos: Todos aquellos residuos en cualquier estado físico que, por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológico-infecciosas, irritantes o mutagénicas, representan un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente.

Riesgo: Probabilidad o posibilidad de que un contaminante pueda ocasionar efectos adversos a la salud humana, en los organismos que constituyen los ecosistemas o en la calidad de los suelos y del agua, en función de las características y de la cantidad que entra en contacto con los receptores potenciales, incluyendo la consideración de la magnitud o intensidad de los efectos asociados y el número de individuos, ecosistemas o bienes que, como consecuencia de la presencia del contaminante, podrían ser afectados tanto en el presente como en escenarios futuros dentro del uso actual o previsto del sitio.

Ruta de exposición: Es el camino que sigue un agente químico en el ambiente desde el lugar donde se emite hasta que llega a establecer contacto con la población o individuo expuesto. El análisis de la ruta de exposición describe la relación que existe entre las fuentes (localizaciones y tipo de derrames ambientales) y los receptores (localización de las poblaciones, patrones de actividad, etc.). Se consideran como rutas significativas las que dan lugar a exposición humana. Las rutas de exposición consisten generalmente de cuatro elementos: a) fuentes y mecanismos de emisión de tóxicos, b) medio de retención y transporte (o medios en el caso de que haya transferencias de un medio a otro), c) punto de contacto potencial entre el medio contaminado y los individuos; y d) vía de ingreso al organismo.

Ruta de exposición completa: Ruta de exposición que cuenta con todos sus elementos, deberá ser considerada para su evaluación dentro del estudio de ERSA.

Ruta de exposición incompleta: Ruta que carece de uno o más de sus elementos o los elementos no están conectados. Hay evidencia sólida que los receptores no están expuestos. Rutas de exposición incompletas no deben ser consideradas en el estudio de ERSA.

Ruta de exposición potencial: Ruta de exposición donde uno o más elementos no están presentes, pero éstos pueden estar ocurriendo, ocurrieron en el pasado o puede que ocurran en un futuro cercano. Se recomienda que sean analizadas separadamente y la contribución relativa a la exposición total sea estimada para su consideración en el estudio de ERSA.

Sedimento: Materiales de depósito o acumulados por arrastre mecánico de las aguas superficiales o el viento depositados en los fondos marinos, fluviales, lacustres y depresiones continentales.

Sistema de coordenadas cartográficas UTM: Sistema de Coordenadas Transversal Universal de Mercator (en inglés Universal Transverse Mercator, UTM), identifica un punto de la superficie “terrestre”, y tiene como unidad de medida el metro. Es un sistema cilíndrico transverso conforme, secante al globo terráqueo el cual se encuentra relacionado con el elipsoide del Sistema de Referencia Geodésico 1980-Geodetic Reference System 1980 (GRS80), siendo de utilización más idónea, del cual deriva el WorldGeodeticSystems-WGS84. (Resolución Jefatural N.º 112-2006-IGN/OAJ/DGC/J).

Sitio contaminado: Área en la cual el suelo contiene contaminantes provenientes de actividades antrópicas, en concentraciones que pueden representar riesgos para la salud o el ambiente, debido a que superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, estándares internacionales (ver Cuadro 3-33) aprobados por el MINAM o los niveles de fondo, siempre que estos últimos presenten valores que excedan dichos estándares. El área identificada como sitio contaminado puede comprender el agua subterránea subyacente, los sedimentos u otros componentes ambientales, que resulten afectados por la contaminación del suelo, cuando se encuentren dentro de esta.

Sitio impactado: Área geográfica que puede comprender pozos e instalaciones mal abandonadas, efluentes, derrames, fugas, residuos sólidos, emisiones, restos, depósitos de residuos, suelos contaminados, subsuelo y cuerpo de agua cuyas características físicas, químicas y/o biológicas han sido alteradas negativamente como consecuencia de las Actividades de Hidrocarburos.

Sitio potencialmente contaminado: Área en la cual el suelo puede contener contaminantes provenientes de actividades antrópicas. El sitio potencialmente contaminado puede comprender el agua subterránea subyacente, los sedimentos u otros componentes ambientales, cuando estos resulten afectados por la presunta contaminación del suelo.

Suelo: Material no consolidado compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, que comprende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad.

Suelo agrícola: Suelo dedicado a la producción de cultivos, forrajes y pastos cultivados. Es también aquel suelo con aptitud para el crecimiento de cultivos y el desarrollo de la ganadería. Esto incluye tierras clasificadas como agrícolas, que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias, además de flora y fauna nativa, como es el caso de las áreas naturales protegidas.

Suelo contaminado: Suelo cuyas características químicas, han sido alteradas negativamente por la presencia de sustancias contaminantes depositadas por la actividad humana, según lo establecido en el D.S. N.º 002-2013-MINAM.

Suelo industrial/extractivo: Suelo en el cual, la actividad principal que se desarrolla abarca la extracción y/o aprovechamiento de recursos naturales (actividades mineras, hidrocarburos, entre otros) y/o, la elaboración, transformación o construcción de bienes.

Territorio: Es el espacio físico en el que se desenvuelven el conjunto de actividades humanas con los elementos del medio natural que lo conforman (concepto eco sistemático). Es el suelo, subsuelo, dominio marítimo y el espacio aéreo que los cubre (concepto político – administrativo).

Textura de suelo: Es la propiedad física derivada de la composición granulométrica, constituida por arena, limo y arcilla, cuyos diámetros están contempladas en la escala de la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo.

Toxicidad: La propiedad de una sustancia o mezcla de sustancias de provocar efectos adversos en la salud o en los ecosistemas.

Toxicidad aguda. El grado en el cual una sustancia o mezcla de sustancias puede provocar, en un corto periodo de tiempo o en una sola exposición, daños o la muerte de un organismo (tiempo corto con respecto al tiempo generacional de los organismos).

Toxicidad ambiental. La característica de una sustancia o mezcla de sustancias que ocasiona un desequilibrio ecológico.

Toxicidad crónica. Es la propiedad de una sustancia o mezcla de sustancias de causar efectos dañinos a largo plazo en los organismos, generalmente a partir de exposiciones continuas o repetidas y que son capaces de producir efectos cancerígenos, teratogénicos o mutagénicos.

Toxicidad subletal. Capacidad de un agente de causar efectos a concentraciones por debajo de las que causan la muerte (concentraciones letales). Los efectos pueden ser a nivel conductual, bioquímico, fisiológico o histológico.

Toxicocinética. Proceso que incluye la incorporación de compuestos tóxicos al cuerpo del organismo receptor, la biotransformación, la distribución de él y de sus metabolitos en el tejido y su eliminación (del tóxico inicial y de los metabolitos) del cuerpo del organismo receptor.

Toxicodinámica. Proceso de interacción de compuestos tóxicos con sitios blancos (se refiere a sitios para comparación) y las consecuencias bioquímicas y fisiológicas que causan un efecto adverso.

Umbral: Concentración o dosis de exposición debajo del cual no es probable que ocurra un efecto.

UTM: La Proyección Transversal Universal de Mercator, sistema utilizado para convertir coordenadas geográficas esféricas en coordenadas cartesianas planas.

Vía de exposición: Proceso por el cual el contaminante entra en contacto directo con el cuerpo, tejidos o barreras de intercambio del organismo receptor, por ejemplo, ingestión, inhalación y absorción dérmica.

Vulnerabilidad: Conjunto de condiciones que limitan la capacidad de defensa o de amortiguamiento ante una situación de amenaza y confieren a las poblaciones humanas, ecosistemas y bienes, un alto grado de susceptibilidad a los efectos adversos que puede ocasionar el manejo de los materiales o residuos, que, por sus volúmenes y características intrínsecas, sean capaces de provocar daños a la salud y el ambiente.

Fuentes para la elaboración del glosario:

Elaboración propia JCI-HGE, a partir de la revisión de diversas fuentes:

- ✓ Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM: Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo Guía para el muestreo de suelos, en el marco del DS-002-2013-MINAM.
- ✓ Guía para la elaboración de Planes de Descontaminación de suelos, en el marco del DS-002-2013-MINAM.
- ✓ Guía para la elaboración de estudios de evaluación de riesgos a la salud y el ambiente (ERSA) en sitios contaminados.
- ✓ Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de la Ley N° 30321, Ley que crea el Fondo de Contingencia para Remediación Ambiental. DECRETO SUPREMO N° 039-2016-EM.
- ✓ Glosario de términos sitios contaminados MINAM.

INTRODUCCIÓN

El Fondo Nacional del Ambiente (en adelante: FONAM) somete a concurso público internacional N° 07-2017-FONAM la “Contratación de servicios de consultoría para elaborar los planes de rehabilitación de 13 sitios impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Corriente” en el cual el consorcio J. Cesar Ingenieros & Consultores S.A.C.-Hidrogeocol Ecuador Cía Ltda (en adelante: JCI-HGE), obtiene la buena pro para la ejecución del servicio, como parte de los 32 sitios priorizados por la Junta de Administración del Fondo de Contingencia para la Remediación Ambiental, creado mediante Ley N° 30321; el cual tiene como fin prevenir, minimizar, rehabilitar, remediar y compensar los impactos ambientales negativos derivados de las actividades de hidrocarburos, que impliquen riesgos a la salud y el ambiente, ameritando así su atención prioritaria.

Los 13 sitios impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes, se ubican en el ámbito de intervención del Lote 192 (Ex Lote 1 AB) en el distrito de Trompeteros, provincia y departamento de Loreto; donde las operaciones en la producción de petróleo iniciaron en el año 1971, con la entrada en operación de la empresa Occidental Petroleum Corporation del Perú (OPCP) y fueron masificándose en los años posteriores con la habilitación del Oleoducto Norperuano.

El siguiente documento comprende el **Plan de Rehabilitación** para el **Sitio impactado S0114 (Sitio 17)**, ubicado en los predios de la Comunidad Nativa Nueva Jerusalén, como parte de los alcances de los servicios de consultoría referidos al inicio. Se elabora de acuerdo con los lineamientos establecidos en la Resolución Ministerial N° 118-2017-MEM/DM.

Contempla las generalidades y características del área, la caracterización de sitio impactado, la evaluación de los impactos y/o riesgos para el ambiente y la salud de la persona, las acciones de remediación y rehabilitación, así como sus respectivos anexos.

Para el desarrollo del Plan de Rehabilitación del mencionado sitio el proyecto pasó por distintas etapas, las cuales se puntualizan a continuación:

- Reconocimiento inicial del área de potencial interés
- Desarrollo de modelos conceptuales
- Caracterización del sitio (época húmeda y época seca)
- Evaluación e interpretación de resultados
- Evaluación de riesgo a la salud y el ambiente
- Evaluación de alternativas de remediación
- Selección de alternativa de remediación
- Desarrollo del Plan de Rehabilitación
- Evaluación del Plan por las autoridades (MINEM)
- Desarrollo de la Ingeniería de detalle para la alternativa de remediación

Este documento compila, de manera articulada y estructurada, los resultados de cada una de las etapas (a excepción de la ingeniería de detalle) antes referidas.

1. DATOS GENERALES

Esta sección presenta los datos generales de la entidad que presenta el Plan de Rehabilitación y las empresas que intervinieron en su elaboración.

1.1 Nombre y/o razón social del responsable que presenta el Plan de Rehabilitación.

Dirección General de Hidrocarburos (DGH)

1.2 Nombre y firma del representante legal (en su caso).

Francisco Javier Torres Madrid
Director General
Dirección General de Hidrocarburos (DGH)

1.3 Domicilio para recibir notificaciones.

Av. Las Artes Sur 260 San Borja. Lima-Perú

1.4 Datos de las empresas (consultoras, laboratorios, etc.) que intervinieron en la elaboración del Plan de Rehabilitación.

Elaboración del Plan de Rehabilitación: Consorcio JCI-HGE.

Empresa Supervisora del Contrato: Tema Litoclean S.A.

Análisis de muestras: Laboratorio AGQ Perú S.A.C.

Análisis de muestras duplicadas: SGS Perú S.A.C.

Alojamiento del personal en campo: Servicio proporcionado por la CN Nueva Jerusalén.

Alimentación del personal en campo: Servicio proporcionado por la CN Nueva Jerusalén.

Apoyos locales: Servicio proporcionado por la CN Nueva Jerusalén.

Empresa Consultora



Julio Cesar Minga
Representante Legal
J. Cesar Ingenieros & Consultores S.A.C.



Danny Miguel Castro Bardález
Responsable de Aspectos Biológicos
J. Cesar Ingenieros & Consultores S.A.C.



Oscar Gómez Benítez
**Responsable de Medidas de
Remediación Ambiental**
J. Cesar Ingenieros & Consultores S.A.C.



Julio Cesar Minga
Responsable de Aspectos de Toxicología
J. Cesar Ingenieros & Consultores S.A.C.



Miguel Pedro Huamanchaqui Adauto
**Responsable de Aspectos de
Ingeniería de Petróleo**
J. Cesar Ingenieros & Consultores S.A.C.



Guillermo Luján Vizcarra
**Responsable de Diseño, Procesos
y Presupuestos**
J. Cesar Ingenieros & Consultores S.A.C.



Jessica Becerra Flores
Responsable de la Información Geográfica
J. Cesar Ingenieros & Consultores S.A.C.



Nélica Quispe Ecos
Responsable de Evaluación Económica
J. Cesar Ingenieros & Consultores S.A.C.



Nella Arrieta Rodríguez
Responsable de Relaciones Comunitarias
J. Cesar Ingenieros & Consultores S.A.C.



Nelson Gabriel Navarro C.
Responsable de Gerencia del Proyecto
J. Cesar Ingenieros & Consultores S.A.C.

2 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA

Los datos que se presentan en este capítulo han sido obtenidos mediante información bibliográfica, complementada con data obtenida en campo durante las labores de muestreo en las épocas húmeda y seca.

2.1 Ubicación.

Los trece (13) sitios objeto de estudio se ubican al norte de la Amazonía Peruana y se encuentran políticamente ubicados en el distrito de Trompeteros, provincia y departamento de Loreto; geográficamente dentro de la cuenca del río Corrientes.

Los sitios impactados fueron agrupados en cuatro (4) sectores con fines estratégicos y para la logística de la ejecución de las actividades de campo, considerando la distancia entre los sitios para su definición. Ver Anexo 6.2.1 Mapa 6.2.1: Mapa de ubicación general del área de estudio.

El sitio S0114 (Sitio 14) se ubica en el Sector 3 el cual tiene como instalaciones cercanas a la Batería Dorissa, dentro del área de influencia de la comunidad nativa Nueva Jerusalén.

Cuadro 2-1 Distribución de los sitios impactados por sectores

Sector	Sitio
SECTOR 1	S0111, S0112, S0118
SECTOR 2	S0107, S0108, S0109, S0110
SECTOR 3	S0113, S0114 (Sitio 14) , S0115, S0116
SECTOR 4	S0117, S0119

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

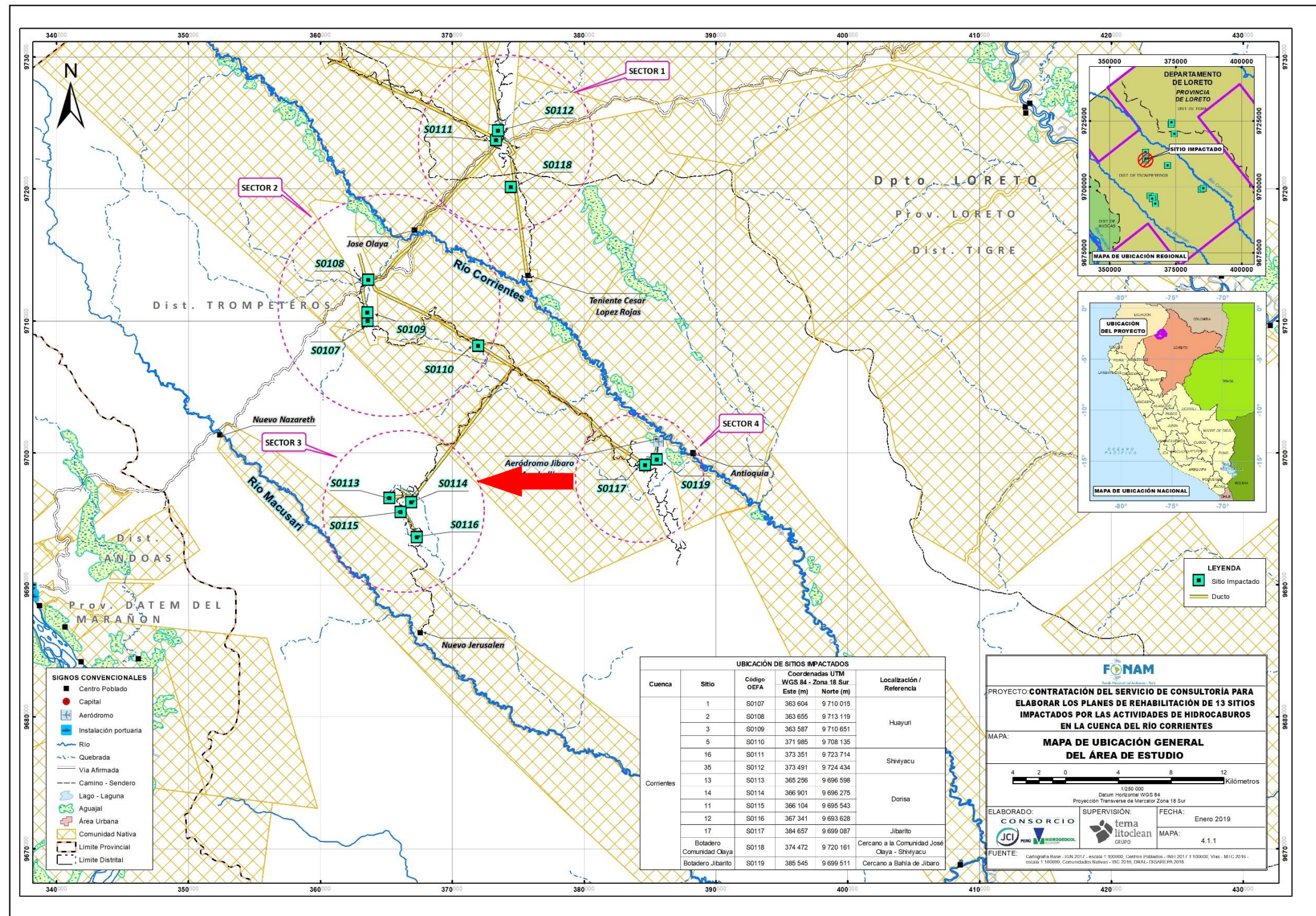
Para acceder al sitio se parte desde Lima vía aérea hacia Tarapoto, para luego tomar la carretera con destino a la ciudad de Yurimaguas en un tiempo estimado de 2 h; de aquí se toma un transporte fluvial en el puerto Abel Guerra con destino a la comunidad Nativa Nueva Andoas, cuya travesía dura 2 días aproximadamente, con pernocte en la comunidad de Ushpayacu. Para acceder a la comunidad nativa Nueva Jerusalén, se toma la vía afirmada partiendo desde la comunidad Nativa Nueva Andoas en un tiempo estimado de 4 h aproximadamente; de aquí se toma la vía afirmada hacia la batería Dorissa. (Ver Figura 2-1 Ubicación de sitios impactados).

Cuadro 2-2 Acceso al sitio S0114 (Sitio 14)

Partida	Sitio	Vía afirmada / Referencia	Estado de la vía
Comunidad Nativa nueva Jerusalén	Sitio S0114 (Sitio 14)	Por carretera de tierra hacia batería Dorissa.	En buen estado

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Figura 2-1 Ubicación de los 13 sitios impactados



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

2.2 Descripción de las condiciones ambientales: geológicas, hidrogeológicas, hidrológicas, topográficas, climáticas, de suelo y cobertura vegetal entre otras.

En el presente ítem se detallarán las características geológicas, hidrogeológicas, hidrológicas, topográficas, climáticas, de suelo y biológicas del área de estudio, con énfasis en las características específicas del sitio S0114 (Sitio 14).

2.2.1 Geología

Los 13 sitios impactados se localizan en el denominado Llano Amazónico de la selva del norte del país, cuyo relieve se encuentra dominado por colinas, lomadas y terrazas aluviales, la estratigrafía de la cuenca del río Corrientes lo integra formaciones rocosas sedimentarias, cuyas edades van desde el terciario superior (Mioceno) hasta el cuaternario reciente (Holoceno).

La unidad geológica presente en el área que abarca el sitio S0114 (Sitio 14) es la Formación Ipururo^a ^b. Ver Anexo 6.2 Mapa 6.2.2: Mapa geológico del sitio S0114 (Sitio 14). No obstante, se podrían generar Depósitos Aluviales Recientes a lo largo del curso de la quebrada.

- Formación Ipururo (Ts-ip): Se encuentra constituida por una secuencia de areniscas y arcillitas. Las areniscas son poco coherentes y de grano medio a grueso, calcáreas o no calcáreas, predominando colores grises, pardos y amarillentos. Las arcillitas, algunas veces calcáreas, son de colores rojizos, blanquecinos, marrones, grises y abigarrados, afloran en capas gruesas a finamente laminadas.

^a Boletín N° 30 Serie A: Carta Geológica Nacional. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET - 1999).

^b Mapa Geológico del cuadrángulo de Andoas, 1999. Carta 5-k.

Figura 2-2 Modelo de columna lito estratigráfica del área de estudio

Sistema	Serie	Unidad Litoestratigráfica	Grosor (m)	Columna Litológica	A.D.	Descripción
CUATERNARIO	HOLOCENA	Depósitos fluviales			CA	Arenas limoarcillas y gravas
		Depósitos palustres			CL	Arcillas, lodolitas, grises
		Depósitos aluviales			CA	Arenas, limoarenas, en niveles masivos, delgados, con restos de plantas
NEÓGENO	PLEISTOCENA	Depósito aluvial 1 y 2			C	Arenas, limoarcillas en niveles masivos, delgados, con restos de plantas
		Depósito Ucamara				Arcillas, lodolitas, grises, verdosas.
	PLIOCENA	Formación Naula	M sup. M inf.			Arenas finas a gravosas, gris claras a blanquecinas cuarzosas, angulosas, micáceas, ocasionalmente presentan arenas gris oscuras de grano fino, constituido de fragmentos de cuarcita oscura . Limoarcillas beige a rojizas, caolinita, delznable, intercaladas con capas delgadas de limolita y arenas finas, con algunos lentes, de grava.
		Formación Ipururo	1880 - 303			Areniscas grises a marrones, en parte conglomerádicas, de grano grueso a medio, mal seleccionadas.
	MIOCENA					C

Fuente: Boletín N.º 130, Serie A (Carta Geológica Nacional), pág. 44.

2.2.2 Hidrogeología

Este ítem contiene la descripción de las características hidrogeológicas del área del sitio S0114 (Sitio 14). El flujo del agua en el área es en un medio poroso, estando controlado básicamente por las características detríticas de la zona, la litología detrítica domina el movimiento del flujo subterráneo.

Mediante la descripción del presente ítem se definirá la hidrogeología conceptual, el cual definirá el comportamiento del movimiento de flujo, la interrelación agua superficial - agua subterránea.

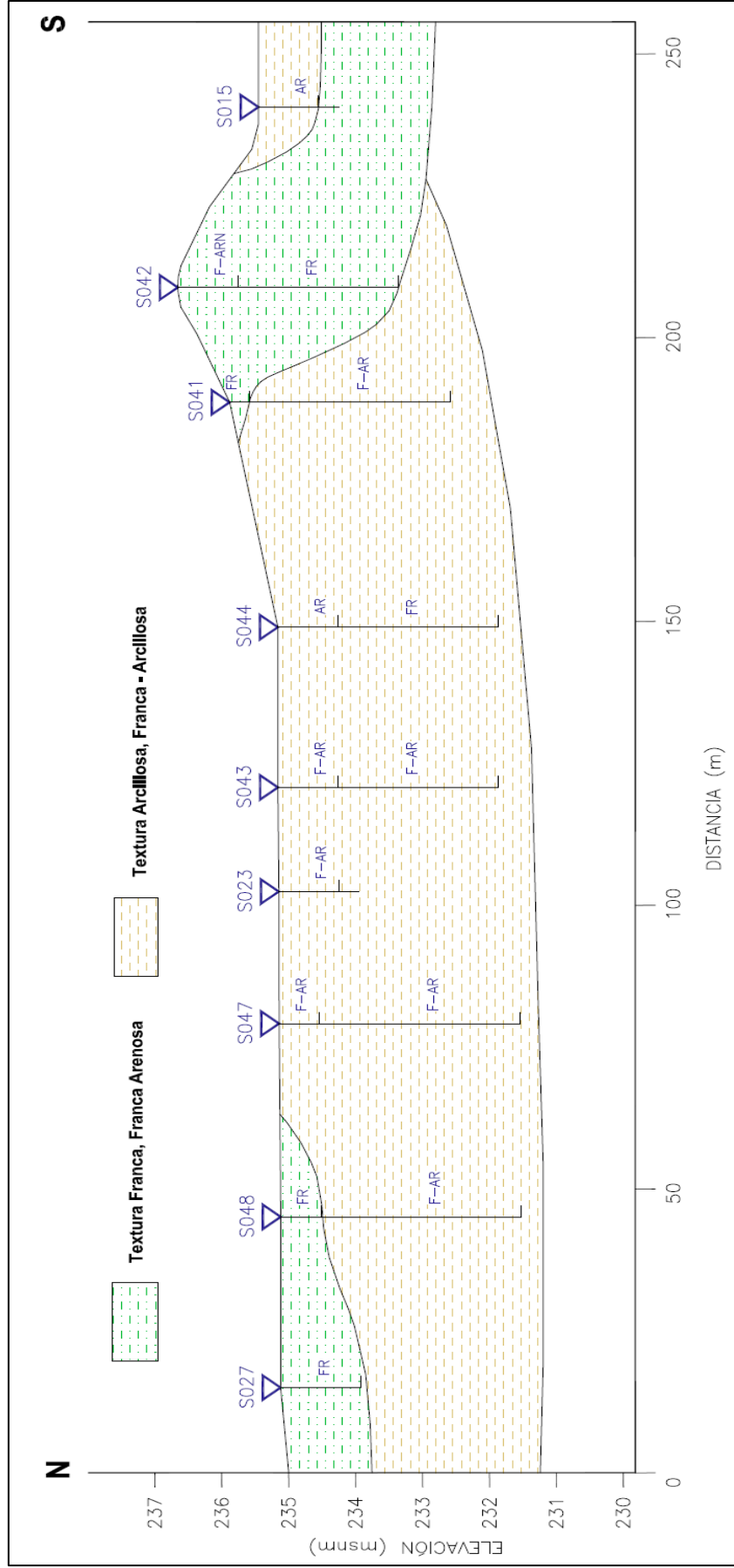
El flujo en medio poroso se encuentra gobernado por la ley de Darcy, el cual en forma empírica describe el movimiento subterráneo en medios poroso, siendo aquellos formados por agregados de partículas que dejan intersticios o poros entre ellos, circulando a través de ellos el agua subterránea.

La hidrogeología conceptual se basa en la información geofísica (época húmeda), sondeos manuales (ambas temporadas), sondeos con equipo (época seca) y perforación e instalación de piezómetros (época húmeda), las cuales se contrastan con la geología de la zona para definir el comportamiento del flujo subterráneo. Lo descrito se detalla más adelante en sus respectivos ítems.

En el mapa hidrogeológico nacional se describe como acuíferos detríticos en lo largo de la selva, pero para este ítem se infirió el comportamiento hidrogeológico local. Ver Anexo 6.2 Mapa 6.2.4: Mapa hidrogeológico del sitio S0114 (Sitio 14).

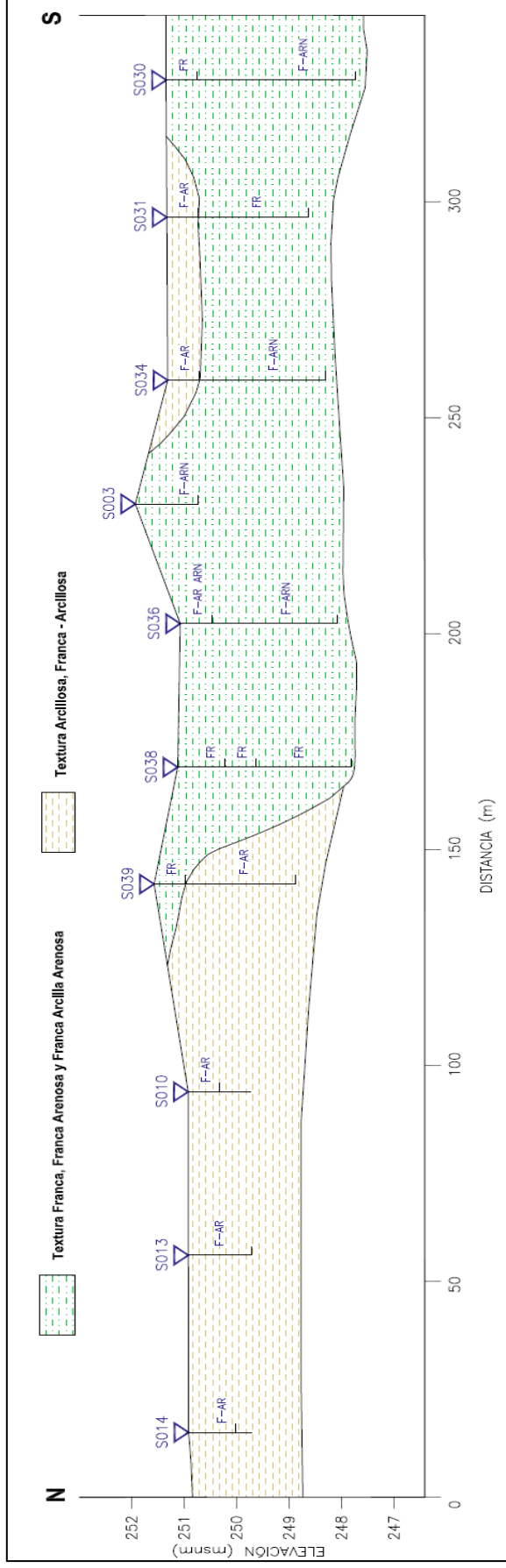
En la Figura 2-3 y la Figura 2-4 muestran los perfiles litológicos elaborados a partir de los sondeos manuales y con equipos, con el fin de diferenciar las diferentes litologías del suelo, asimismo identificar las unidades hidrogeológicas. Los perfiles fueron elaborados en base la clasificación textural de los resultados de laboratorio y la descripción de los sondeos, sin embargo, estos perfiles no se encuentran en línea recta proyectándose los sondeos, es la unión de los sondeos que se consideró representativos para la construcción estratigráfica del sitio impactado.

Figura 2-3 Perfil litológico del sitio S0114 (Sitio 14) - cerca de la Bateria Dorissa



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Figura 2-4 Perfil litológico del sitio S0114 (Sitio 14) al sur de la Bateria Dorissa



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

2.2.2.1 Caracterización hidrogeológica

En este ítem se describirán las características hidrogeológicas del sitio S0114 (Sitio 14) definiendo la hidrogeología conceptual, el cual definirá el comportamiento del movimiento de flujo, la interrelación agua superficial-agua subterránea.

El flujo de agua subsuperficial en un medio poroso, estando gobernado por la ley de Darcy, el cual en forma empírica describe el movimiento del agua subterránea en medios porosos, siendo aquellos formados por agregados de partículas que dejan intersticios o poros entre ellos, circulando a través de ellos el agua subterránea.

En el sitio S0114 (Sitio 14) geológicamente tiene como basamento lo sedimentos de la formación Ipururo donde la litología varía entre areniscas y arcillitas, y superficialmente corresponde a una litología de los cuaternarios antiguos y recientes (preferentemente en las quebradas), compuesta por limo-arenas, limos, arcillas con escasa consolidación y no consolidadas. Tal como se muestra en la columna lito estratigráfica de la Figura 2-2. Con respecto a las zonas más probables para almacenar y transmitir el agua, para este tipo de depósitos, serían las arenas por tener buena permeabilidad. Es común encontrar agua subsuperficial de poca capacidad esto es a causa del dinamismo del río (la deposición y erosión constante).

A. Unidades hidrogeológicas

Basándose en la litología de la geología regional, información textural de las perforaciones con sondeo con equipo, sondeos manuales y *logueo* de las muestras recuperadas por sondeos o sondeos con equipos de forma visual en campo, ha sido posible determinar las posibles unidades hidrogeológicas presentes en el área de impacto del sitio S0114 (Sitio 14). Así mismo se han clasificado de acuerdo con su importación hidrogeológica relativa.

- **Unidad hidrogeológica 1**

Esta unidad hidrogeológica está compuesta por dos (2) tipos de suelo: Arcillosa y Franca Arcillosa. Donde el suelo predominante es la arcilla.

Desde el punto de vista hidrogeológico constituye una unidad propia que se comporta como un medio detrítico casi impermeable. Superficialmente en época de lluvia permite la recarga por infiltración de agua subsuperficial lentamente, la recarga lenta está ligada al grado compactación *in situ*.

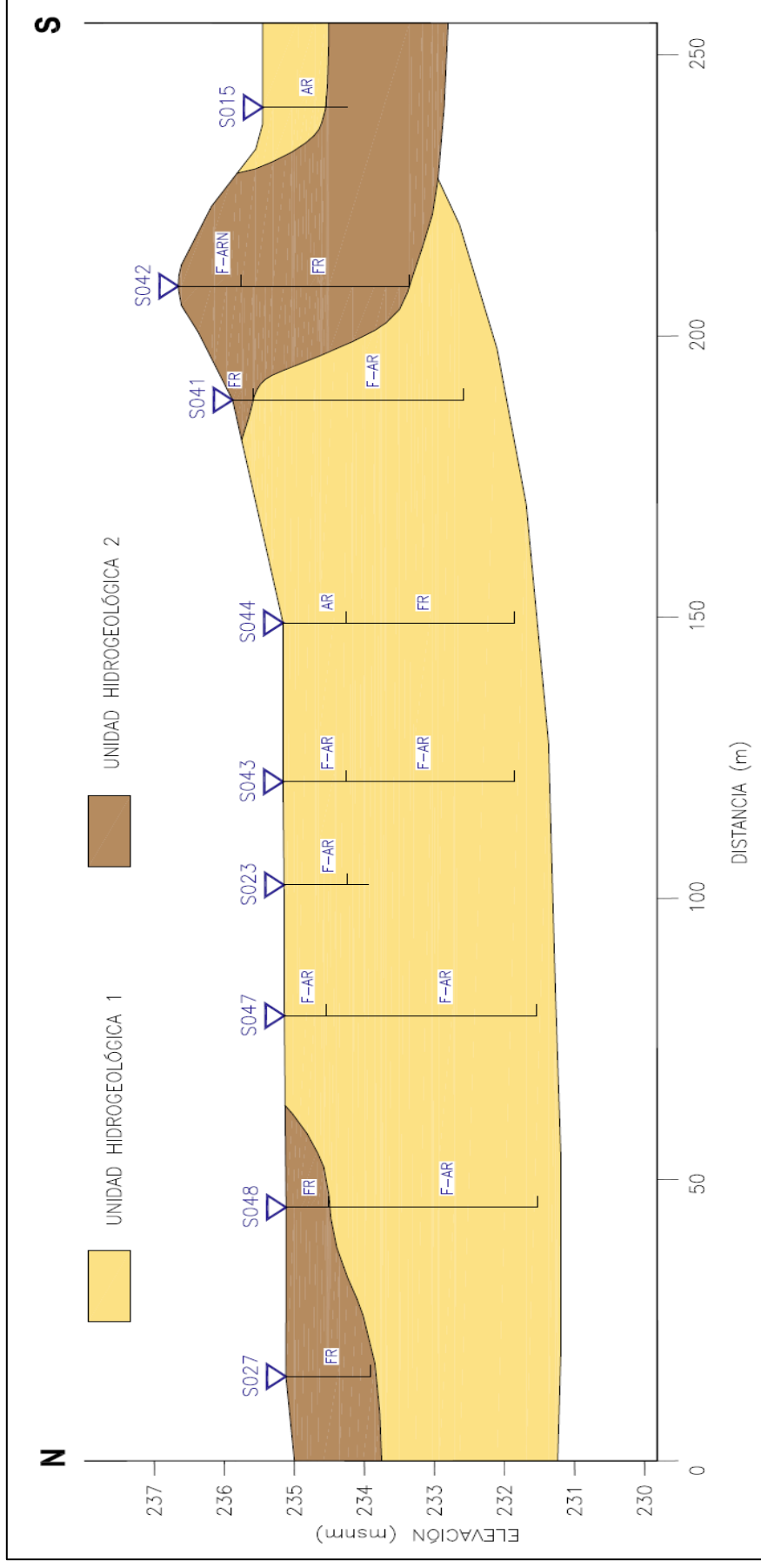
- **Unidad hidrogeológica 2**

Esta unidad hidrogeológica está compuesta por dos (2) tipos de suelo: Franca y Franca Arenosa. En estos suelos la diferencia en porcentajes entre arenas, limos y arcillas no están muy lejanas, pero aun así las arenas predominan por poco sobre los limos y arcillas.

Desde el punto de vista hidrogeológico constituye una unidad propia que se comporta como un medio detrítico de permeabilidad baja. Superficialmente en época de lluvia permite una recarga lenta de agua subsuperficial, la recarga lenta está ligada al grado compactación *in situ*.

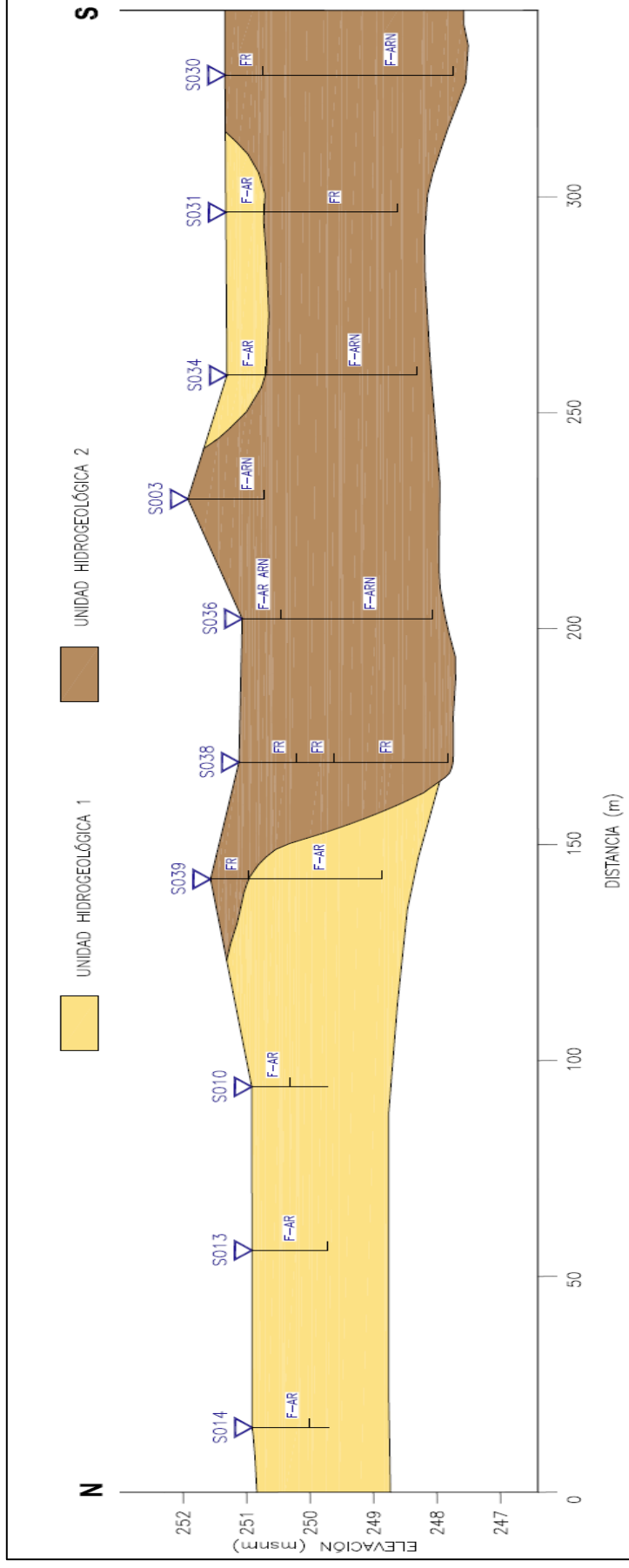
En la Figura 2-5 y Figura 2-6 se muestra los perfiles hidrogeológicos según el análisis realizado mediante sondeo con equipo de mayor profundidad y geofísica, donde se muestra el comportamiento de las unidades hidrogeológicas. Estos perfiles fueron elaborados en base a los perfiles litológicos de las Figuras 2-3 y 2-4.

Figura 2-5 Perfil hidrogeológico del sitio S0114 (Sitio 14) cerca de la Bateria Dorissa



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Figura 2-6 Perfil hidrogeológico del sitio S0114 (Sitio 14) al sur de la Bateria Dorissa



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

B. Isóbatas y dirección de flujo subterráneo

La concepción del flujo subterráneo a través del medio poroso del área del sitio S0114 (Sitio 14), se presenta en base a los niveles freáticos medidos en los piezómetros durante la campaña de campo realizada en junio/julio y setiembre del 2018, los cuales nos indican que la existencia de una fluctuación del nivel dependiendo la época del año.

A partir de estos niveles se construye la morfología de las profundidades del nivel freático y posibles líneas de flujo en las áreas cercanas a los piezómetros en donde podemos inferir el comportamiento en los alrededores de la instalación de la batería Dorissa donde se encuentran los piezómetros 1 y 2, y el mismo análisis de la morfología de las profundidades del nivel freático y a la posible dirección de flujo se realizó para zona impactada que se encuentra hacia el sur de la batería Dorissa.

Estos resultados se infieren a partir de los monitoreo de nivel del agua en los piezómetros construidos en el sitio, a pesar de contar con solo dos piezómetros y no una red piezométrica que brindaría una información más detallada del comportamiento de la napa freática en toda el área de estudio, se cuenta al menos con información de métodos indirectos como la tomografía eléctrica realizada para definir los sitios más recomendables para la ubicación de los piezómetros (ítem 3.6.1.4), también con las fichas de campo de los sondeos con equipo (anexo 6.5 documentación de detalle) y adicionando el sustento o análisis de los especialistas que participaron en los levantamientos de campo, lo anterior permitió definir de manera conceptual la isóbata de nivel freático cercanas a cada piezómetro e inferir de manera conceptual la profundidad del nivel freático para las zonas impactadas.

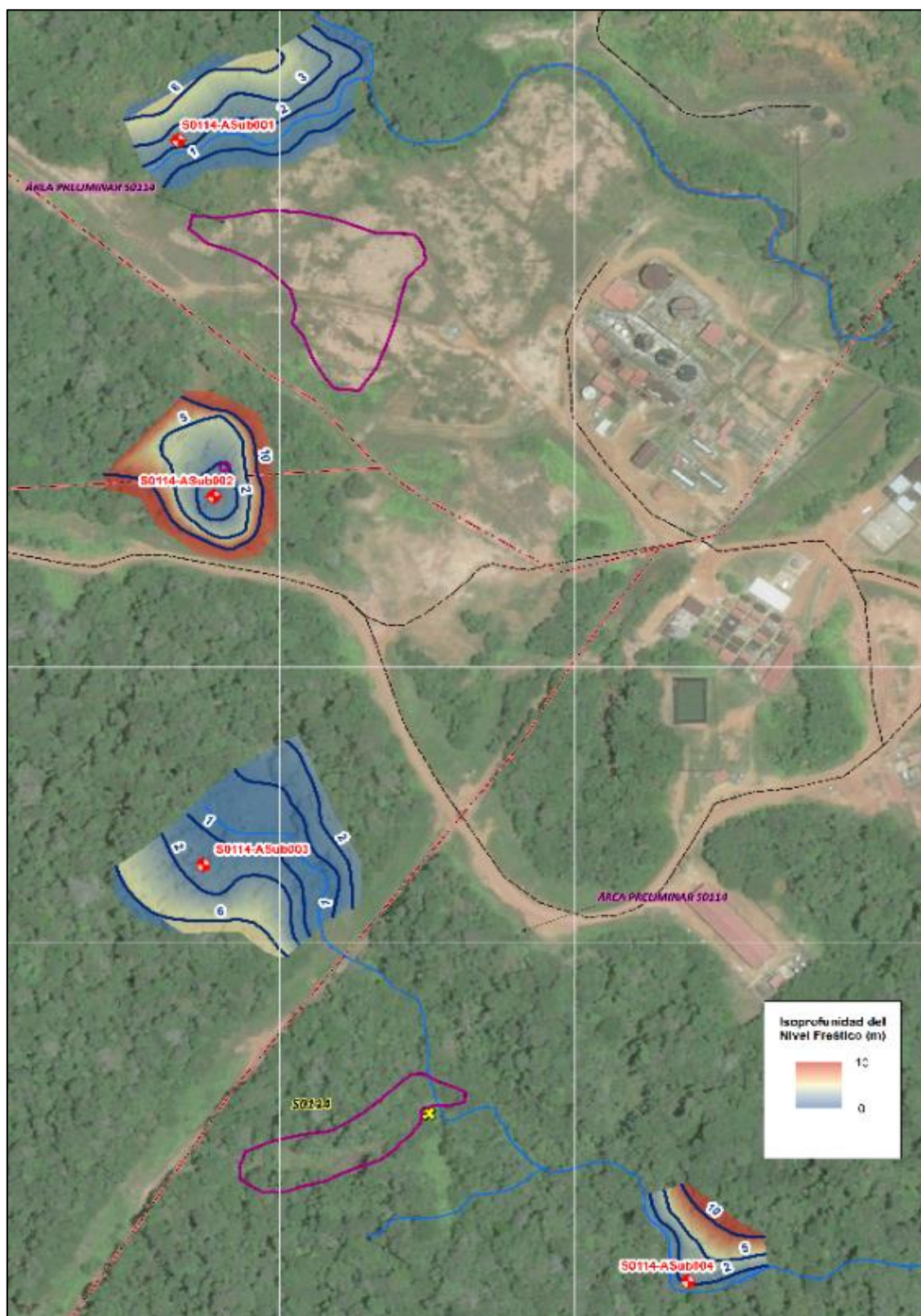
El área impactada se compone de dos polígonos los cuales se describen a continuación:

En el caso del sitio (polígono norte), que se encuentra cercano a la Batería Dorissa, el nivel freático se estima alrededor de los 8 a 15 m de profundidad, considerando la variación topográfica. La dirección del flujo subterráneo se asume es noroeste a sureste cerca del Pz-01 y por la aparente forma de la topografía el flujo cerca del Pz-02 es de norte a sur.

Por otra parte, en el caso del sitio (polígono sur), se estima que el nivel freático se encuentra a una profundidad de 1 a 3 m, considerando su cercanía a las quebradas. La dirección de flujo subterránea se asume es suroeste a noreste en dirección a la quebrada cerca del Pz-03 y de noreste a suroeste en las cercanías del Pz-04.

La Figura 2-7 muestra de manera conceptual las profundidades del nivel freático del agua subterránea para la época húmeda.

Figura 2-7 **Isolíneas de la profundidad del nivel freático del sitio S0114 (Sitio 14) - época húmeda**



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Para la época seca el comportamiento de la superficie del nivel freático tiene el mismo comportamiento, según los resultados obtenidos en la medición de los niveles en la etapa de campo el nivel freático baja, comprobándose así que el comportamiento de la superficie freática esta correlacionado con temporalidad.

2.2.3 Hidrología

2.2.3.1 Descripción de la cuenca del área de estudio

El área de estudio se sitúa dentro de la subcuenca media-alta del río Tigre (Anexo 6.2 Mapa 6.2.5) el cual tiene sus orígenes en los andes ecuatorianos y se tiene como principales afluentes a los ríos Macusari, Platanoyacu, Capirona y Colpayacu (margen derecha) y el río Pavayacu (margen izquierda). Se caracteriza por ser meandriforme, con un canal que migra libremente en una llanura aluvial de suave pendiente, formando meandros y brazos abandonados; además por el sector teniendo López, su cauce ha formado barras laterales arenosas y areno-gravosas, en ambas márgenes.

Por lo general sus aguas son turbias, de rápida corriente y cauce encajonado, aunque navegable. Sus tributarios muestran un sistema de drenaje moderadamente dendrítico a subdendrítico, con un fuerte control estructural y topográfico, dados por la geología del Lote 192. Ver Anexo 6.2 Mapa 6.2.5: Mapa de cuencas, subcuencas y microcuencas del sitio S0114 (Sitio 14).

Cuadro 2-3 Características generales de la cuenca del río Corrientes^c

Área (km ²)	Perímetro (km)	Longitud Cauce (km)	Pendiente Cauce Principal (m/km)	Longitud Cuenca (km)	Pendiente Cuenca (m/km)
12 207,81	2411,68	499,83	0,18	251,92	0,36

Fuente: Walsh Perú, EIA 20 Pozos de Desarrollo Lote 1AB

Respecto a la variabilidad de los niveles de agua, estos están definidos por dos (2) periodos principalmente: Periodo de aguas bajas, el cual está comprendido entre setiembre y diciembre y las fluctuaciones de los niveles de agua son uniformes; y el Periodo de aguas altas, comprendido entre enero y agosto, y sus aguas fluctúan entre 0,45 y 2,22 m.

2.2.3.2 Datos climáticos

• Datos hidrometeorológicos

De acuerdo con el análisis de la data disponible proveniente de las estaciones meteorológicas cercanas y representativas al área de estudio, en el Cuadro 2-4 y Figura 2-8 se muestra las precipitaciones medias mensuales de cada estación.

^c Estudio de Impacto Ambiental para la perforación de 20 pozos de desarrollo en los yacimientos de Carmen Noreste, Huayurí Norte, Huayurí Sur, Shiviayacu Noreste, Dorissa, Jibaro-Jibarito y Capahuari Sur en el Lote 1 AB

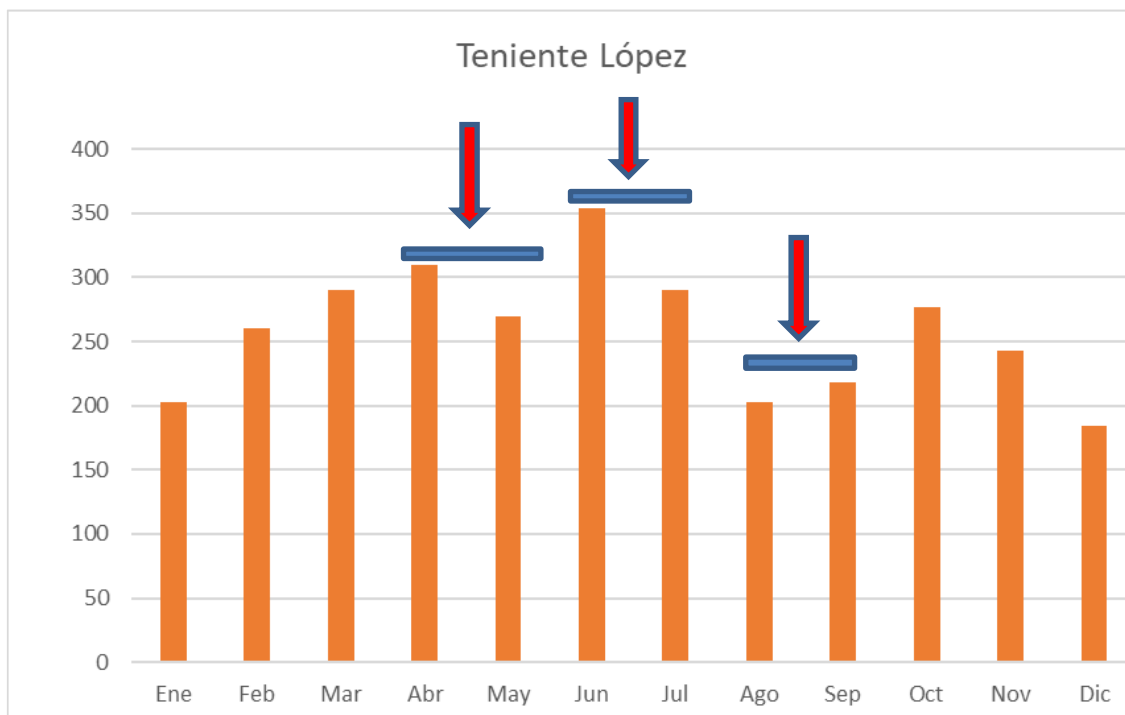
Cuadro 2-4 Precipitación media mensual (mm) (2000-2006)

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
CHINGANAZA	191	162	253	331	391	284	280	123	191	121	182	175
TENIENTE PINGIO	173	159	237	164	223	189	214	289	183	226	158	143
BARRANCA	202	188	234	293	234	184	134	138	179	170	264	254
BONA	260	263	347	301	362	256	230	237	219	314	322	293
SOPLÍN	165	155	171	178	171	192	158	119	169	151	181	150
ANDOAS*	182	246	253	276	329	270	215	208	234	388	207	205
BARTRA	207	172	257	241	253	277	278	216	204	202	210	199
SARGENTO LORES*	245	244	247	231	250	234	222	200	231	246	251	247
TENIENTE LÓPEZ*	203	260	290	310	269	354	290	203	218	277	243	184
Promedio	203	205	254	258	276	249	225	193	203	233	224	206
Desviación Estándar	31	44	47	52	56	54	50	50	23	73	48	49
Máximos	260	263	290	331	391	284	290	289	234	388	322	254
Mínimos	165	155	171	178	171	184	134	123	179	121	181	143
Curtosis	-0,05	-2,27	2,30	-0,96	-0,65	0,03	-0,62	-0,54	-1,61	-0,10	0,23	-0,65
Coef. Asimetría	-0,05	-2,27	2,30	-0,96	-0,65	0,03	-0,62	-0,54	-1,61	-0,10	0,23	-0,65
Coef. Variación	0,154	0,213	0,184	0,202	0,204	0,217	0,221	0,260	0,115	0,315	0,216	0,238
Perc. 75 %	226	253	273,5	305,5	345,5	280,5	279	226,5	225	295,5	257,5	250,5
Perc. 50 %	202	188	253	276	253	256	222	203	204	226	210	199
Perc. 25 %	177,5	160,5	235,5	204,5	228,5	190,5	186	130,5	181	160,5	181,5	162,5

*Estaciones más cercanas al área de estudio.

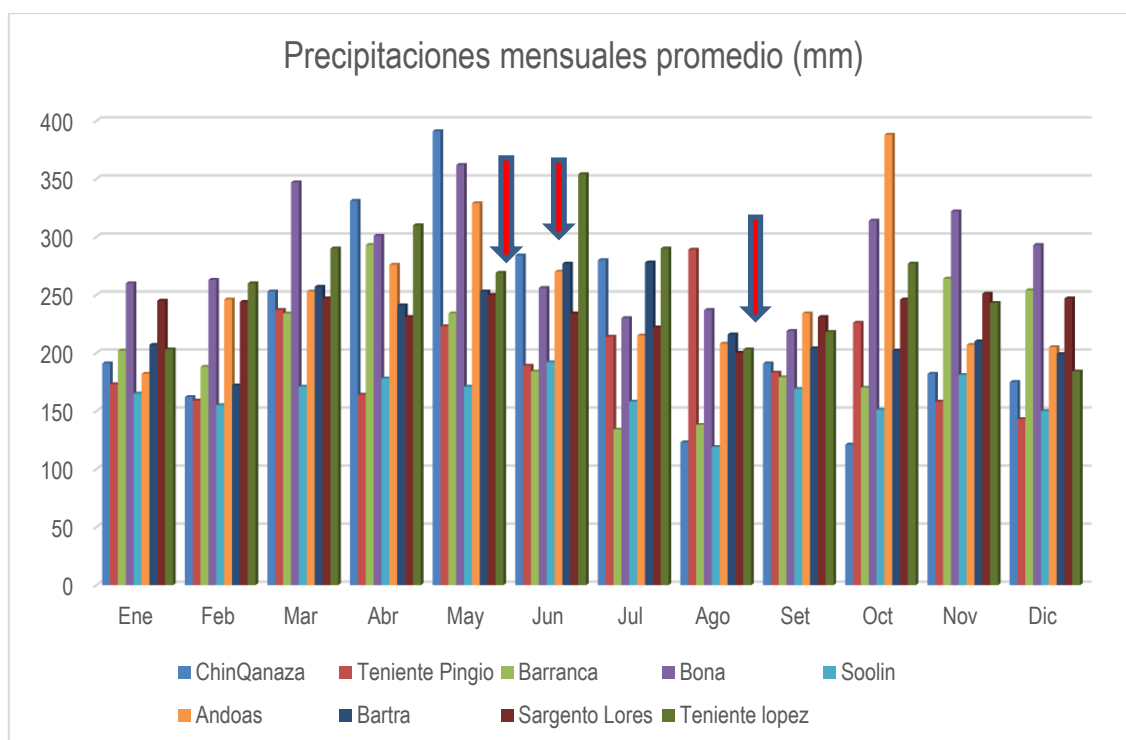
Elaboración: JCI-HGE, 2018. (Adaptado del Estudio de Impacto Ambiental para la perforación de 20 pozos de desarrollo en los yacimientos de Carmen Noreste, Huayurí Norte, Huayurí Sur, Shiviayacu Noreste, Dorissa, Jíbaro-Jíbarito y Capahuari Sur en el Lote 1 AB.)

Figura 2-8 Histograma de precipitación (2000-2006) estación teniente López



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Figura 2-9 Histograma de precipitación estaciones cercanas al Lote 1AB (Ex lote 1AB) (2000-2006).



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

En la Figura 2-9 se muestra el comportamiento de la precipitación media mensual (años 2000-2006) en las estaciones ubicadas en la selva amazónica nororiental, algunas de ellas localizadas dentro del Lote 192.

Como se puede observar, en la mayoría de las estaciones se presenta una precipitación constante durante todo el año, con niveles mayores a 100 mm/día, evidenciándose meses húmedos entre julio y setiembre y meses muy húmedos entre marzo y mayo.

En lo sucesivo las temporadas se identificarán como **época seca** (julio y setiembre) y **época húmeda** (marzo y mayo) (período con mayor intensidad y frecuencia de lluvias).

2.2.4 Topografía

La topografía de detalle será realizada en la segunda fase del estudio a la aprobación de los Planes de Rehabilitación, sin embargo para desarrollo en el análisis de la topografía del sitio en las diferentes matrices se ha recurrido a diferentes fuentes digitales y a los especialistas de campo para obtener un análisis topográfico (vista en planta y perfiles o secciones longitudinales) sobre el sitio impactado, a continuación se detalla el procedimiento utilizado para conceptualizar la topografía del sitio:

- Descarga de información topográfica de las páginas oficiales del estado: Instituto Geográfico Nacional (GEOPORTAL).
- Descarga de imágenes de Google Earth para contrastar las elevaciones topográficas.
- Verificación con los especialistas que participaron en las etapas de campo para contrastar con la información visual de la topografía captada por ellos.
- Finalización de la topografía conceptual utilizada para la representación de secciones en los diferentes ítems.
- Análisis conceptual de la topografía: La topografía de la zona se presenta con poca pendiente al norte de la Batería Dorissa, esta topografía es propia de procesos geológicos naturales ya que se encuentra alterada o modificada sobre todo en la zona de instalación de pozos de explotación y en los alrededores de las instalaciones de la batería.
- Aparentemente al sur del área que se encuentra impactada aún conserva su topografía natural, al tratarse de una zona de altas pendientes (valle tipo V), tal como se constató por los técnicos que participaron en las temporadas de campo durante las fases de muestreo.

2.2.5 Climáticas

El Perú está formado por ocho regiones naturales: Chala o costa, yunga, quechua, suni, puna, janca o cordillera, selva alta y selva baja. En éstas se presentan una diversidad de climas y microclimas que van desde lo costero árido y cálido, pasando por los valles interandinos de tipo templado, frígido y polar hasta los de tipo cálido y lluvioso de la selva.

Tres son los factores que determinan básicamente el clima del Perú: la situación del país en la zona intertropical, las modificaciones altitudinales que introduce la cordillera de los Andes y la Corriente Peruana o de Humboldt, cuyas aguas recorren las costas del país.

Según el Mapa Climático Nacional del Senamhi a la zona de impactada le correspondería un clima de Selva Tropical Muy Húmeda específicamente un clima muy lluvioso, cálido, muy húmedo con invierno seco y abundante precipitación durante todo el año, permanentemente húmedo por alta concentración de vapor de agua en la atmósfera.

El tiempo de esta región está determinada por el Anticiclón del Atlántico Sur, la Baja presión Ecuatorial, ligada a la Zona de Convergencia Intertropical, la baja presión amazónica y en menor medida a las ondas del Este.

Ver Anexo 6.2 Mapa 6.2.6: Mapa climático del sitio S0114 (Sitio 14).

2.2.6 Suelos

Según la información recopilada en el EIA 20 pozos desarrollo y Facilidades de producción – Lote 1AB (PLUSPETROL 2007), el suelo se clasifica como:

Soldado – Huayurí (Sd-Hy/E): Suelos superficiales de textura arenosa a franco arcillo arenosa. El drenaje natural es bueno a moderado, siendo algo excesivo en las áreas de pendientes empinadas. También pueden presentar un color rojo amarillento, de clase textural fina a moderadamente fina (franco arcillo limoso a arcilloso) con pendientes planas a moderadamente empinadas (0-25%).

Estos tipos de suelo fueron contrastados en campo por los especialistas durante las actividades de muestreo de sondeos manuales y con equipo, así también con los resultados de granulometría de los resultados de laboratorio. La característica de los suelos en este sitio impactado esta predominado por las arcillas y limos.

Ver Anexo 6.2 Mapa 6.2.7: Mapa de suelos del sitio S0114 (Sitio 14) y en el Anexo 6.10 Informes de laboratorio se observan los resultados de granulometría.

2.2.7 Geomorfología

El área de estudio general se caracteriza por situarse en el llano amazónico, cuyo relieve está constituido por terrazas medias y bajas, así como un sistema de colinas altas y bajas el cual está desarrollado sobre substratos rocosos algo variados. Estos caracteres fisiográficos esenciales han sido determinados por los eventos geológicos y climáticos acontecidos durante el Terciario superior y Cuaternario, así como los agentes erosivos que actúan a través del tiempo.

Además, se ha identificado las principales características fisiográficas que se presenta en el sitio S0114 (Sitio 14). Ver Anexo 6.2 Mapa 6.2.3: Mapa geomorfológico del sitio 114 (Sitio 14).

2.2.7.1 Fisiografía

El área de estudio general se caracteriza por situarse en el llano amazónico, cuyo relieve está constituido por terrazas medias y bajas, así como un sistema de colinas altas y bajas el cual está desarrollado sobre substratos rocosos algo variados. Estos caracteres fisiográficos esenciales han sido determinados por los eventos geológicos y climáticos acontecidos durante el Terciario superior y Cuaternario, así como los agentes erosivos que actúan a través del tiempo.

Además, se han identificado las principales características fisiográficas que se presenta en el sitio S0114 (Sitio 14):

- Gran Paisaje de Colinas Denudacionales: Las colinas denudacionales del área de estudio se caracteriza por presentar superficies onduladas a disectadas de 8 a 50 % de pendiente. donde se puede identificar lo siguiente:
 - o Paisajes de Colinas Denudacionales del Terciario, constituidas por arcillitas y areniscas de grano fino a medio; además comprende la siguiente unidad fisiográfica para el sitio

S0114 (Sitio 14) es: Colinas Bajas ligeramente disectadas en rocas terciarias y Colinas Bajas Moderadamente Disectadas en Rocas Terciarias.

2.2.8 Cobertura vegetal

Para la descripción de la cobertura vegetal de los sitios impactados durante la fase de campo, se tomó como referencia información secundaria presentada por Pluspetrol (2009), validándose cada una de las coberturas vegetales que se mencionan en dicho estudio, las cuales a su vez tienen correspondencia con las unidades de vegetación propuestas por MINAM (2015). Las coberturas vegetales respecto a los Sitios se presentan en el Anexo 6.2 Mapa 6.2.8: Mapa de cobertura vegetal del sitio S0114 (Sitio 14).

- **Bosque de colinas bajas (Bcb)**

Esta unidad de cobertura vegetal involucra a los bosques desarrollados en dos tipos de geoformas (colinas bajas y lomadas). En cuanto al bosque ubicado en las colinas bajas, cuya superficie es mucho mayor que el de las lomadas, se desarrolla en tierras originadas por acumulación fluvial muy antigua y que se presenta con diferentes grados de disección o erosión, con presencia de pequeñas quebradas que inundan parcialmente la zona en época húmeda. El área impactada representaría un 70 % del área total del sitio. Está fuertemente influenciada por actividad antrópica, puesto que incluye tuberías de oleoducto y su respectivo DDV. Por otro lado, esta red de tuberías es utilizada como camino habitual o zona de desplazamiento para pobladores de la zona.

2.3 Grupos de interés^d (actores sociales y claves).

Para la identificación de los factores sociales y culturales del estudio se ejecutó una **Ficha de Relevamiento** con el objetivo de obtener información específica. Se ejecutó un número promedio de 4 a 10 entrevistas por comunidad, a cargo de la especialista en relaciones comunitarias del equipo. Cabe señalar, que la ficha de relevamiento social contó con la revisión y validación de la empresa supervisora. En el Anexo 6.5 se observa las fichas de relevamiento y la entrevista del monitor ambiental.

Las variables de levantamiento preliminar fueron en número de tres:

- a. Demografía y migración
- b. Actividades económicas
- c. Dieta, nutrición y salud.

La mayor parte de la información social requerida también es posible identificarla en fuentes secundarias, debido a la serie de estudios previos en el Lote 192. Hacer uso de las fuentes secundarias se considera relevante, pues la población ya se encuentra saturada con la investigación social (primaria) de la cual han sido objeto en tiempos pasados debido al levantamiento de información para la obtención de las licencias y permisos ambientales (Estudios de Impacto Ambiental).

En el Cuadro 2-5 se presenta la ficha social de relevamiento.

^d La caracterización de los Grupos de Interés y de los Factores Sociales y Culturales referidos a la Comunidad Nativa Nueva Jerusalén mantienen un mismo texto y análisis para los siguientes sitios: sitio S0110 (Sitio 5), sitio S0113 (Sitio 13), sitio S0114 (Sitio 14), sitio S0115 (Sitio 11) y sitio S0116 (Sitio 12), salvo las particularidades referidas a actividades económicas que pudieran ser propias del sitio en estudio.

Cuadro 2-5 Ficha social de relevamiento

Indicadores	Preguntas Semiestructuradas
a. Demografía y migración.	- N° familias / hogares. - Población (N° hombres, N° mujeres y N° niños. - Características socioculturales de las viviendas. - Lugares de emigración / Motivos de emigración (enfaticar motivos referidos a la actividad de hidrocarburos). - Lugares de inmigración / Motivos de inmigración (enfaticar motivos referidos a la actividad de hidrocarburos).
b. Actividades económicas	- Actividades económico-productivas ejecutadas en torno al casco comunal. - Actividades económico-productivas ejecutadas en torno a los sitios impactados. - Impacto de la actividad de hidrocarburos en las actividades económico-productivas.
c. Dieta, nutrición y salud.	- Particularidades de la dieta cotidiana. - Cambios o introducciones en la dieta por impacto de la actividad de hidrocarburos. - Características de la salud: Condiciones del establecimiento, personal, morbilidad y mortalidad.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Para complementar la ficha social de relevamiento se llevó a cabo la observación participante, vital para identificar otros aspectos tales como los tipos de construcción y materiales de las viviendas, los patrones de comportamiento y aspectos culturales.

Cuadro 2-6 Ficha de observación participante

Indicadores	Preguntas Semiestructuradas
a. Vivienda	- Tipo de vivienda (material de construcción, tipo de piso, tipo de calles, asfaltadas o no asfaltadas), localización del área residencial con respecto a la fuente (distancia, vientos dominantes, etc.), antigüedad del área residencial, proyectos de crecimiento del área residencial. - Patrones de comportamiento en el interior de la vivienda. - Presencia de contaminantes en interiores: Por ejemplo, fumigación con insecticidas, leña para la cocción de alimentos. - Localización del dormitorio y del área de preparación de alimentos. - Presencia de industria familiar: Por ejemplo, carpinterías, ladrilleras, invernaderos.
b. Fuentes de agua y alimentos	- Fuentes de agua potable y alimentos. - Determinar las fuentes de agua potable y alimentos de los receptores, con el propósito de establecer si hay una exposición a contaminantes de preocupación por el consumo de éstos. Se debe considerar además una posible exposición por el uso utensilios de cocina que contengan contaminantes de preocupación.
c. Área de recreación	- Áreas donde juegan los niños, - Tipo de piso del área de recreación, - Localización del área con respecto a la fuente. - Antigüedad del área de recreación, - o Eventos de restauración en el área, - o Frecuencia de juego.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Finalmente, se levantó información sobre aspectos referidos a las preocupaciones de la población en torno al servicio, sus expectativas y recomendaciones para la rehabilitación en base a una Ficha de Percepciones, la cual se detalla a continuación:

Cuadro 2-7 Ficha de percepciones

N°	Temas	Preguntas y uso de mensajes clave
1	Conocimiento acerca del servicio y la empresa ejecutora.	¿Conoce usted sobre el servicio “Elaboración de los Planes de Rehabilitación de 13 sitios impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes”? ¿Conoce a la empresa JCI-HGE? De ser necesario se brindará información en relación con el proyecto. ¿Qué opinión tiene sobre el servicio?
2	Percepciones y expectativas sobre la remediación (impactos)	¿Qué entiende usted por remediación? ¿Qué entiende usted por rehabilitación? Explicación sobre las diferencias y solicitud de opinión. ¿Qué espera usted de los trabajos de remediación o rehabilitación? ¿Qué cosas positivas podría traer la tarea de remediación a la comunidad?
3	Detalles del servicio	¿Conoce usted los tiempos del servicio, la ejecución en campo, la sistematización y la presentación de resultados a las comunidades? ¿Qué riesgos o problemas podría traer la tarea de remediación a la comunidad?
4	Recomendaciones	Recomendaciones a JCI-HGE, FONAM o la Junta de Administración para la ejecución del servicio.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

En el cuadro siguiente se registra el número de entrevistas realizadas en campo considerando la etapa de reconocimiento, y las dos épocas:

Cuadro 2-8 Entrevistas en comunidades

Etapas	Meses (2018)	Número de entrevistas (J. Olaya, Nueva Jerusalén y Antioquia)
Reconocimiento	Febrero	15
Primera Época	Mayo - Junio	22
Segunda Época	Agosto - Setiembre	24
Total entrevistas		61

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

• **Distancias estimadas desde el sitio S0114 (Sitio 14) a la CN Nueva Jerusalén**

El sitio S0114 (Sitio 14) se encuentra ubicado a 15,8 km del casco comunal de la CN Nueva Jerusalén. Es una zona marcada por la presencia de la quebrada Pucacuro, una cocha extensa y bosques inundables, los que fueron objeto de varios derrames de crudo en los últimos 40 años. ^e

^e Entrevista a Monitor Roberto Sandi.

Cuadro 2-9 Distancia del sitio S0114 (Sitio 14) a la CN Nueva Jerusalén

Comunidad	Sitio	Distancia estimada del sitio a la comunidad (kilómetros)	Tipo de recorrido
CN Nueva Jerusalén	S0114 (Sitio 14)	15,8	Carretera / Bosque

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

• Demografía y población

El río Corrientes se encuentra ubicado en la parte nororiental de la Amazonía peruana, distrito de Trompeteros, provincia de Maynas, en el departamento de Loreto. La cuenca del Corrientes alberga a 31 comunidades nativas de los pueblos indígenas Achuar, Kichwa y Urarina, los que involucran una población de 7 mil habitantes. Históricamente, estos pueblos han ocupado su territorio de manera amplia, más allá de los límites de un título de propiedad territorial como una manera de asegurar su subsistencia en base a los recursos del bosque.

La población de José Olaya, Antioquía y Nueva Jerusalén es de origen exclusivamente Achuar y mestiza y asciende a 2 351 habitantes, donde el 46,2 % corresponde a población masculina y el 53,8 % a población femenina.^f

Según los resultados del trabajo de campo, basado en entrevistas y observación participante, la población de la CN Nueva Jerusalén cuenta con 300 pobladores. En el siguiente cuadro se identifica la población estimada para la CN Nueva Jerusalén, pertenecientes al grupo étnico achuar que tienen como lengua materna el achuar.

Cuadro 2-10 Población de la CN Nueva Jerusalén

Comunidad Nativa	Población total estimada - Trabajo de Campo (*)	Población total aproximada (**)
Nueva Jerusalén	300	261

(*) Cifras obtenidas durante las entrevistas a autoridades en las comunidades de estudio.

(**) Fuente: Base de Datos Oficial de Pueblos Indígenas u Originarios. Ministerio de Cultura. Actualización: Agosto, 2017.

• Caracterización de las viviendas

La organización tradicional Achuar se caracterizó por un patrón de asentamiento disperso en la selva; la vivienda estaba ocupada por una familia extensa, es decir más de una unidad nuclear coexistiendo bajo un mismo techo (padres, niños, abuelos, tíos, tías, etc.) y cuya organización respondía a la práctica de la poligamia (varón que puede tener más de una esposa) y el levirato (el hermano del que muere sin hijos se casa con la viuda). Por ello, la vivienda representaba una unidad básica y necesariamente autosuficiente de producción y consumo, de manera que el liderazgo era vital tanto para la gestión de la unidad familiar como para proveer y defender la producción durante los tiempos de guerra.

Antiguamente, los Achuar habitaron enormes casas multifamiliares y espaciales. Hoy, la composición de los hogares achuar, así como el tipo de asentamiento en el territorio, es diversa.

^f Estudio Técnico Independiente del ex Lote 1AB. Lineamientos estratégicos para la remediación de los impactos de las operaciones petroleras en el ex Lote 1AB en Loreto, Perú. PNUD. 2018.

Mientras algunos achuares viven en comunidades en donde las viviendas están aisladas, otros viven en comunidades nativas densamente nucleadas⁹.

Las viviendas Achuar siguen albergando a familias extensas, existiendo casas de una sola habitación, sin paredes o divisiones, como era antiguamente, y otras que ya tienen separaciones o cuartos en su interior. La construcción de las casas en las comunidades de estudio está basada en la combinación de materiales propios de la zona y foráneos, como de estilos de construcción. Si bien se siguen construyendo casas con pona o techos con hojas de palmera tejidas, en algunas casas también se han reutilizado calaminas o bidones abiertos que sirven de cercos o paredes, o plásticos que han sido colocados fuera de las puertas de ingreso de las casas, tarimas de fierro que son empleadas como mesas o lugares para colocar cosas, especies de tubos como bancos, etc. Muchos de estos materiales fueron en algún tiempo propiedad de la empresa petrolera y luego fueron donados o desechados y, posteriormente, reciclados por los pobladores.^h

En otras ocasiones, son los mismos pobladores quienes han adquirido calaminas (zinc) para sus techos o quienes han sido beneficiarios de una donación de calaminas, por parte del Estado o la empresa petrolera. Nueva Jerusalén se caracteriza porque la mayoría de sus viviendas carecen de paredes y existe una mínima separación de espacios internos, sin embargo existen espacios únicos que fungen de “subespacios” para dormitorio, cocina y sala de estar (lugar donde se coloca una o más “hamacas”), lo que posibilita que insumos inflamables o químicos se encuentren a la mano, como el caso de la leña para la cocción de alimentos, combustible o Diesel para el uso de las pequeñas embarcaciones familiares, etc. Esta situación se recrudece en tanto la cocina es contigua a los dormitorios. Los principales insumos para la cocina en Nueva Jerusalén son la leña y el gas.

Fotografía 2-1 Comunidad nativa Nueva Jerusalén



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

⁹ URIARTE, Luis. “Los Achuar”. En: SANTOS GRANERO, Fernando y Frederica BARCLAY (editores). 2007.

^h Estudio Técnico Independiente, PNUD, 2018

- **Áreas de recreación y espacios educativos**

Al igual que en toda sociedad, las actividades de recreación están pautadas por el sistema cultural, de manera que los Achuar cuentan con una serie de actividades lúdicas y de ocio que se llevan a cabo en torno a la vivienda, el bosque y los ríos y quebradas. Sin embargo, el proceso de aculturación de las comunidades Achuar ha privilegiado en los últimos años a la losa deportiva o cancha comunal como el espacio recreativo por excelencia, lo que no descarta que niños y adultos realicen actividades de ocio y recreación en el bosque durante los momentos de caza, pesca o recolección.

El área de recreación está compuesta por un espacio clave denominado “Cancha o Losa Deportiva”, lugar a donde llegan niños, jóvenes y adultos a practicar deportes como el fútbol y voleibol. La CN Nueva Jerusalén cuenta con este como “espacio”, pero carece de piso pulido. La distancia de la “cancha” hacia el sitio S0114 (Sitio 14) es la misma que desde la comunidad (15,8 km). La frecuencia del juego de niños y jóvenes en estas losas es cotidiana, esencialmente en horas de la tarde, después de las actividades escolares y laborales.

Respecto a la educación entre los Achuar, la formación tradicional y educación de los niños y niñas están pautadas por la transmisión de valores para el fortalecimiento de la persona y la búsqueda de una visión, incluyendo fórmulas alimentarias, normas de dieta y abstinencia, purgas, búsqueda de visiones, etc. Es importante para el padre y la madre Achuar el transmitir a sus hijos todo lo referido a las normas de conducta social y el trato con todos los seres - animados o no – del bosque.ⁱ

En relación a la educación formal, la CN Nueva Jerusalén cuenta con los tres niveles de Educación Básica Regular, es decir: inicial, primaria y secundaria. La Institución Educativa N° 610298 es la encargada de brindar la instrucción en primaria y secundaria, y laboran bajo la modalidad polidocente, todas las aulas cuentan con un docente responsable; cada nivel cuenta con su propia dirección y administración. El nivel inicial cuenta con dos docentes

Cada nivel cuenta con una infraestructura propia de material noble, con espacios para aulas divididos por secciones y con servicios higiénicos, aunque el agua potable, así como el desagüe para la disposición de excretas es ineficiente. Las viviendas o los domicilios del alumnado están conglomerados en torno a la infraestructura escolar.

ⁱ Análisis de Situación de Salud del Pueblo Achuar Análisis de Situación de Salud del Pueblo Achuar 2006. Dirección General de Epidemiología. Ministerio de Salud. Perú.

Fotografía 2-2 **institución Educativa Comunidad Nativa Nueva Jerusalén**


Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 2-11 **Institución educativa según nivel educativo y estadísticas**

Nivel Educativo	Institución Educativa	N° Alumnos*	N° docentes	N° aulas
Inicial	N° 714	45	2	2
Primaria	N° 6010928	95	6	6
Secundaria	N° 6010928	35	5	5

* Fuente: Información aproximada del número de alumnos, brindada por actores clave de la CN Nueva Jerusalén.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- Fuentes de agua potable y alimentos: Agricultura, caza y pesca.**

Las condiciones sanitarias son deficientes en la comunidad, careciendo de servicios higiénicos o letrinas por lo que hacen uso del bosque. Se cuenta con un tanque elevado está fuera de funcionamiento y gracias a las iniciativas locales, la comunidad tiene un reservorio de agua ubicado a 300 metros del casco comunal a orillas del río Macusari.

El agua propia de los cursos de agua en torno a los sitios impactados no es utilizada para riego o consumo humano, debido a que se encuentran distantes a los asentamientos y la población local percibe la posibilidad que se encuentren afectadas por el hidrocarburo que llegó a manera de derrame o que se encuentren cercanas a botaderos propios de la actividad de abandono de las petroleras.

- Alimentos propios de la actividad agrícola**

Los suelos de la CN Nueva Jerusalén tienen bajos niveles de nutrientes, las altas temperaturas y lluvias todo el año contribuyen a la lixiviación de los nutrientes químicos del suelo, razones por las que la agricultura es básica limitándose al cultivo en “chacras” familiares, ubicadas muy cerca al casco comunal (no se encuentran chacras en los sitios contaminados en evaluación).

Las especies más cultivadas son: la yuca (usada para el masato, bebida tradicional) y el plátano, ambas no requieren más que agua de lluvia para riego (secano) pues no es posible la canalización del agua de río o quebradas hasta las zonas de cultivo. La población de la comunidad no emplea

fertilizantes químicos ni naturales para el cultivo de sus productos, tampoco reciben asistencia técnica de algún tipo.

Fotografía 2-3 Preparando terrenos de cultivo



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- **Alimentación basada en la caza o carne de monte**

El bosque era y es un espacio vital para los Achuar, pues de él se obtienen alimentos provenientes de la caza y la recolección de frutos silvestres. En la caza, el arma principal era la cerbatana de madera, y su fabricación es una de las formas de especialización técnica en esta sociedad. También se utilizan venenos “curare” para las cerbatanas, trampas y perros para atrapar a algunos animales. En la actualidad, se ha incorporado el uso de escopetas o rifles de poco alcance. La caza es una actividad extendida y practicada por la totalidad de los varones locales mientras que cada mujer achuar posee y cultiva su propia chacra donde se cultiva yuca y plátano esencialmente, ambos productos como base de la dieta alimenticia Achuar juntamente con el pescado y la “carne de monte”ⁱ como fuente proteica.

Debe agregarse que los niños y niñas Achuar también participan ejecutando actividades en el bosque. Desde muy pequeños acompañan a sus padres en sus faenas de caza, pesca o recolección, lo que les permite horas de recreo en el bosque o en alguna quebrada o curso de agua cercano. Los niños – al alcanzar la edad de 10 o 12 años aproximadamente- son instruidos por el padre en la actividad de la caza, aprendiendo a manejar alguna técnica tradicional o siendo adiestrados en el uso de la escopeta. Los niños varones Achuar empiezan sus cercanas incursiones al bosque a muy corta edad, aunque es en la pubertad y adolescencia que se adentran en éste y asumen el rol del cazador de la familia.

La caza requiere un amplio conocimiento, no solo de la etología animal (qué comen, a qué hora, como andan o duermen, cuándo están gordos, etc.) sino de las alteraciones indicativas del entorno (ruidos, pisadas, fecas). La excursión típica de un cazador adulto está basada en el recorrido de

ⁱ URIARTE, Luis. “Los achuares”. En: SANTOS GRANERO, Fernando y Frederica BARCLAY (editores). Guía etnográfica de la Alta Amazonía. Volumen VI. Lima: IFEA, Smithsonian Tropical Research Institute, pp. 1-241. 2007.

30 a 45 km por día, lo que permite la identificación de lugares estacionales de recolección de frutos, especies medicinales u otros recursos (lianas, cortezas, etc.) para diferentes usos.^k

Las especies de caza favoritas son: Huangana, sajino, sachavaca, armadillo, añuje, majas, y aves como: pucacunga, pava, perdiz, paujil, trompetero, tucán, panguana, guacamayos y loros. El tipo de preparación de la carne de monte es esencialmente el asado o “ahumado”, para lo cual la carne es recubierta con algunas hojas de la especie bijao y colocada a la parrilla.

La población local reconoce que no en todos los sitios existen evidencias de zonas de caza, en el, en el sitio S0114 (Sitio 14) no se registraron evidencias del desarrollo de esta actividad; sin embargo, para los análisis y fines del presente estudio, se consideró la presencia de cazadores esporádicos.

Cabe anotarse que la caza entre los Achuar es también una práctica comunal en base a las denominadas “mingas” o trabajo comunitario. En síntesis, la caza y otras actividades económicas (recolección y pesca) permiten relaciones simbólicas y afectivas del poblador con el territorio o el bosque, generándose lazos de identidad con estos que evidencia la interrelación entre seres humanos y no humanos^l (animales, plantas, seres míticos, otros). El bosque también – adicionalmente a una fuente de vida- implica un espacio de conocimiento, espiritualidad y recreación.

Fotografía 2-4 Alimentación basado en la caza entre los Achuar



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- **Alimentación producto de la pesca**

La pesca es otra de las actividades de vital importancia junto con la caza. Esta actividad se desarrolla en el río Corrientes y en cochas con el empleo de canoas pequeñas, redes, diversos tipos de flechas, arpones, anzuelos, etc. y la utilización de vegetales como el tigi, timbo, ganbi y

^k Análisis de Situación de Salud del Pueblo Achuar. Ministerio de Salud, Dirección General de Epidemiología. 2006.

^l Descola, Philippe y Palsson, Gisli, Coord. (2001) [1996]. Naturaleza y sociedad: perspectivas antropológicas. Traducción de Stella Mastrangelo. México: Siglo XXI. Según la literatura etnográfica contemporánea sobre la Amazonía no opera en las ontologías de los pueblos indígenas la división entre sociedad y naturaleza. Se concibe más bien una amplia red social que incluye a los distintos seres humanos o no humanos (animales, vegetales, condiciones meteorológicas, espíritus, etc.), e incluso las cosas y los artefactos.

semilla de asco; plantas que actúan como narcotizantes. La actividad se desarrolla de manera individual o en mingas.

Es la actividad más importante en su aporte a la dieta y nutrición familiar. Las familias consumen diariamente raciones de pescado estimado en 1000 gramos por persona. Sin embargo, en los últimos años, a raíz de la intervención estatal por los temores de la población de exposición al plomo y cadmio, las piscigranjas se han convertido en una estrategia para proveerse de pescado. El pescado se come asado, "envuelto en hoja de bijao", en caldo o frito.

Las especies que se cultivan en las piscigranjas son introducidas: Paco (*Myleus pacu*) y Gamitana (*Colossoma macropomum*) y requieren de alimento y asistencia especializada que reciben de entidades del Estado. En períodos críticos, los cultivos se ven sumamente afectados, perdiéndose la producción de pescado en piscigranja y recurriéndose a quebradas y cochas (lagunas) cercanas a las comunidades.

Cabe anotar que se identificaron en el S0114 (sitio 14) evidencias de quebradas estacionales, para fines de estudio se considera presencia de pescadores esporádicos. Las especies para consumo humano más representativas y que se encuentran en ríos y quebradas de la zona son:

Cuadro 2-12 Pesca para consumo humano

Familia	Especie	Nombre común	Época húmeda	Época seca
Characidae	<i>Leporinus friderici</i>	"lisa"	x	
Characidae	<i>Serrasalmus rhombeus</i>	"paña" (piraña)	x	x
Characidae	<i>Hoplias malabaricus</i>	"fasaco"	x	x
Characidae	<i>Brycon cephalus</i>	"Sábalo"		x
Characidae	<i>Hemibrycon jelskii</i>	"Sábalo"	x	
Characidae	<i>Hemigrammus sp.</i>	"Mojarrita"	x	x
Acestrorhynchidae	<i>Acestrorhynchus falcatus</i>	"Diente de perro"	x	x
Gasteropelecidae	<i>Gasteropelecus sternicla</i>	Pez hacha plateado	x	x
Loricariidae	<i>Hypostomus sp.</i>	"carachama"	x	x

Fuente: Trabajo de campo. Visita de reconocimiento. Febrero 2018.

Estas especies son propias de aguas ligeramente ácidas y suelos arcillosos y pueden ser tolerantes a contaminación orgánica de moderada a muy fuerte.

• Recolección

Esta actividad representa un medio de subsistencia familiar, y como tal, cumple las siguientes funciones: suplemento de alimentos de origen vegetal no obtenidos a través del cultivo, complemento de proteínas vegetales durante las épocas de escasez de caza y pesca, obtención de materias primas para diferentes usos domésticos y utensilios. etc. Se recolecta plantas medicinales como: uña de gato, chuchuhuasi, sachá ajos, suelda con suelda, leche caspi, etc. El método de recolección de los frutos es cortar los árboles con hachas y machetes. Durante el mes de noviembre se recolecta huevos de taricaya (tortuga). Los monitores ambientales no mencionan que el sitio S0114 (Sitio 14) sea una zona de recolección.

• Salud

El pueblo Achuar concibe que la enfermedad es causada por un ser externo y que es reflejo de un desequilibrio en las relaciones sociales. Por ello, el individuo observa normas y prácticas culturales para prevenir y eludir el daño de la enfermedad (fórmulas alimentarias, normas de abstinencia, purgas, tratamientos tonificantes de cuerpo y espíritu, etc.).^m La base del sistema médico Achuar radica en la identificación de la naturaleza del daño o enfermedad dentro de un sistema propio de clasificación de enfermedades.ⁿ

Existen tres categorías básicas de enfermedades en la concepción Achuar: *wáwek*, *sugkúr* y *mímkau*. *Wáwek* o *wáwekratmau* son enfermedades que aparecen súbitamente y conducen a la muerte de manera muy rápida, de manera que son atribuidas a la hechicería o el daño, donde los pacientes deben ser atendidos por un *Wishín shirám* o médico que dieta, emplea la ayahuasca, entona cantos y receta abstinencias, entre otras prácticas propias de su sistema médico. Las enfermedades *súgkur* son aquellas menos graves y que pueden ser tratadas por la medicina occidental. Se incluye dentro de estas enfermedades a las lesiones; mientras que las enfermedades de tipo *mímkau* son patologías graves atribuidas al contacto mágico con un objeto, animal o a la violación de prescripciones rituales del postparto y la lactancia por lo que afectan – especialmente – a niños lactantes cuya salud está pautada por el comportamiento de los padres.^o

Dentro del sistema médico Achuar existen las parteras y los promotores de plantas medicinales. Las *Uchin Takumtikin* o parteras han aprendido de madres y abuelas los conocimientos para atender un parto a través de técnicas como el “enderezar” al bebé, utilizar vegetales para “aliviar” el dolor y facilitar el parto, etc. Los *Nupajar tsuakratin* o promotores de plantas medicinales cuentan con una serie de recursos según la sintomatología. Entre las especies de plantas o vegetales de mayor uso se encuentran el jengibre para hemorragias, enfermedades estomacales, dolores reumáticos, etc. El ajo calma distintos tipos de dolor como el de dientes y de huesos. También se conocen diversas cortezas que se aplican para curar abscesos o heridas. En resumen, existe todo un conocimiento referido a la medicina Achuar que coexiste en la actualidad con el sistema médico occidental.

El poblador Achuar combina esta lógica cultural de tratamiento de la enfermedad con la lógica occidental, por lo que recurre a un establecimiento de salud y accede a tratamiento y medicinas. Sin embargo, la prestación estatal del servicio de salud tiene muchas deficiencias para atender a la población Achuar del Corrientes, aun considerando que la población habita en un entorno de alto riesgo por exposición a emergencias y riesgos sanitarios por desastres antropogénicos provenientes de derrames de petróleo y brotes epidémicos. A esto se añade que las enfermedades prevalentes son la desnutrición crónica, la anemia, la malaria, así como las enfermedades infecciosas y parasitarias, existiendo también una alta tasa de muerte materna y neonatal.^p Adicionalmente, si bien Proyecto Especial Plan Integral de Salud del Corrientes (PEPISCO) - activo entre el año 2005 – 2015 – hizo posible una mejora en cuanto a la infraestructura de salud, existe aún problemas en materia de infraestructura, equipos, mobiliario y personal.

El establecimiento de salud de la CN Nueva Jerusalén es de categoría I-1, es decir puesto de salud o posta de salud con profesional de salud no médico dedicado a la atención de urgencias y emergencias.

^m Análisis de Situación de Salud del Pueblo Achuar. Ministerio de Salud, Dirección General de Epidemiología. 2006.

ⁿ Warren, Patricio; Hess, Carmen & Ferraro, Emilia. Salud y antropología. Serie Hombre y Ambiente, 29, pp 7-46. 1994.

^o Warren, Patricio; Hess, Carmen & Ferraro, Emilia. Salud y antropología. Serie Hombre y Ambiente, 29, pp 7-46. 1994.

^p Salud de los pueblos Indígenas amazónicos y explotación petrolera en los lotes 192 y 8: ¿Se cumplen los acuerdos en el Perú? Defensoría del Pueblo. 2018.

En la comunidad se aprecia familias grandes, en algunos casos con más de siete (7) hijos, por este motivo, y considerando las dificultades que deben afrontar los jefes de hogar para cubrir las necesidades básicas, el personal del establecimiento de salud realiza charlas de planificación familiar. Sin embargo, la principal dificultad en esta labor de concientización es la resistencia a usar métodos anticonceptivos, tanto ellos como sus parejas.

Otras campañas que realiza el personal de salud, son capacitaciones para el cuidado de la salud e higiene y prevención de enfermedades endémicas como la malaria, así como la desparasitación en las instituciones educativas.

Los registros de morbilidad de la Oficina General de Tecnologías de la Información del Ministerio de Salud señalan como principales enfermedades a las infecciones agudas de las vías respiratorias superiores, helmintiasis⁹, Enfermedades infecciosas intestinales, otras infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores y enfermedades de la cavidad bucal con mayor prevalencia en el grupo de edad de 0 a 11 años.

En el cuadro siguiente se detalla la morbilidad por grupos de edad en la CN Nueva Jerusalén, según registros del MINSA.

Cuadro 2-13 Morbilidad en la CN Nueva Jerusalén

Grupos de Categorías	00a - 11a	12a - 17a	18a - 29a	30a - 59a	60a >
(A00 - A09) Enfermedades infecciosas intestinales	30	1	3	2	1
(A20 - A28) Ciertas zoonosis bacterianas	-	-	1	1	-
(A50 - A64) Infecciones c/modo de transmisión predominantemente sexual	-	-	3	-	-
(B00 - B09) Infecciones virales por lesiones de la piel y de las membranas mucosas	1	-	1	-	-
(B35 - B49) Micosis	4	-	5	6	-
(B50 - B64) Enfermedades debidas a protozoarios	26	17	18	18	4
(B65 - B83) Helmintiasis	30	2	6	9	1
(B85 - B89) Pediculosis, ascariasis y otras infestaciones	-	1	-	1	-
(D50 - D53) Anemias nutricionales	9	-	5	3	-
(E65 - E68) Obesidad y otros de hiperalimentación	-	-	-	1	-
(E70 - E90) Trastornos metabólicos	-	-	1	3	-
(F40 - F48) Trastornos neuróticos, trastornos relacionados con el estrés y trastornos somatomorfos	-	-	-	1	-
(G20 - G26) Trastornos extrapiramidales y del movimiento	1	-	-	-	-
(G40 - G47) Trastornos episódicos y paroxísticos	3	5	2	3	1
(G50 - G59) Trastornos de los nervios, de las raíces y de los plexos nerviosos	-	-	-	1	-
(H10 - H13) Trastornos de la conjuntiva	2	2	3	6	1
(H49 - H52) Trastornos de músculos oculares, del movimiento binocular, la acomodación y la refracción	-	-	1	-	-
(H60 - H62) Enfermedades del oído externo	3	-	1	-	-
(H65 - H75) Enfermedades del oído medio y de la mastoides	1	1	-	-	-
(I10 - I15) Enfermedades hipertensivas	-	-	-	3	2
(J00 - J06) Infecciones agudas de las vías respiratorias superiores	91	5	13	22	3
(J09 - J18) Influenza (gripe) y neumonía	3	-	-	1	1

⁹ Enfermedad producida por gusanos parásitos que viven alojados en el intestino o en los tejidos del ser humano y los animales vertebrados.

Cuadro 2-13 Morbilidad en la CN Nueva Jerusalén

Grupos de Categorías	00a - 11a	12a - 17a	18a - 29a	30a - 59a	60a >
(J20 - J22) Otras infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores	32	2	-	-	-
(J30 - J39) Otras enfermedades de las vías respiratorias superiores	1	-	-	-	-
(J40 - J47) Enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores	8	-	-	3	1
(K00 - K14) Enfermedades de la cavidad bucal, de las glándulas salivales y de los maxilares	30	15	33	21	1
(K20 - K31) Enfermedades del esófago, del estómago y del duodeno	2	1	6	12	4
(K80 - K87) Trastornos de la vesícula biliar, de las vías biliares y del páncreas	-	-	1	-	3
(L00 - L08) Infecciones de la piel y del tejido subcutáneo	8	-	4	5	-
(L20 - L30) Dermatitis y eczema	20	1	6	7	-
(L50 - L54) Urticaria y eritema	-	-	2	4	-
(M40 - M54) Dorsopatías	2	-	11	12	5
(M60 - M79) Trastornos de los tejidos blandos	1	-	1	6	-
(N20 - N23) Litiasis urinaria	-	-	-	1	-
(N30 - N39) Otras enfermedades del sistema urinario	3	8	16	19	-
(N70 - N77) Enfermedades inflamatorias de los órganos pélvicos femeninos	-	-	-	1	-
(O20 - O29) Otros trastornos maternos relacionados principalmente con el embarazo	-	-	4	-	-
(O80 - O84) Parto	-	-	-	1	-
(R00 - R09) Síntomas y signos que involucran los sistemas circulatorio y respiratorio	9	-	1	3	-
(R10 - R19) Síntomas y signos que involucran el sistema digestivo y el abdomen	1	1	1	6	-
(R50 - R69) Síntomas y signos generales	58	29	39	35	3
(S40 - S49) Traumatismos del hombro y del brazo	1	-	1	-	-
(S90 - S99) Traumatismos del tobillo y del pie	-	1	1	-	-
(T15 - T19) Efectos de cuerpos extraños que penetran por orificios naturales	1	-	-	-	-
(T20 - T32) Quemaduras y corrosiones	-	-	2	-	-
(T66 - T78) Otros efectos y los no especificados de causas externas	1	1	2	4	-
(T90 - T98) Secuelas de traumatismos, de envenenamientos y de otras consecuencias de causas externas	-	-	1	-	-
(W00 - X59) Otras causas externas de traumatismos accidentales	1	-	1	-	-
Total	383	93	196	221	31

Fuente: MINSA - Oficina General de Tecnologías de la Información. 2018

• Aspectos migratorios

Cabe destacar que la población mestiza ha llegado a establecerse en un número importante en estas comunidades, debido a la relación de éstas con la empresa petrolera, la cual demanda servicios y mano de obra.

Para el caso de las tres comunidades, la emigración se da a localidades cercanas como la Comunidad Nativa Nuevo Andoas, de distancias intermedias como San Lorenzo, Lagunas o Yurimaguas y más distantes como Iquitos, pero no se manifiestan motivos ligados a las actividades de hidrocarburos, si por estudios, salud o negocios. La inmigración es mayoritariamente por motivos laborales ligados a la actividad temporal vinculada a la operadora del Lote 192.

Cabe destacar que la movilidad entre las comunidades de Nueva Jerusalén y José Olaya es muy intensa, muchos tienen familiares y viviendas en ambas localidades. Sin embargo, esta situación difiere en Antioquía donde no se observan foráneos exceptuando a los funcionarios del estado de los sectores educación y salud.

Grupos de interés

El sitio S0114 (Sitio 14) se encuentra ubicado dentro de los territorios de la Comunidad Nativa Nueva Jerusalén (CN Nueva Jerusalén). La CN fue reconocida legalmente el año 1987 y titulada el 20 de enero de 1998 con R.D. 198-87-AG-RA-XXII-L. En el cuadro siguiente, se encuentra información sobre el reconocimiento y la titulación de la comunidad.

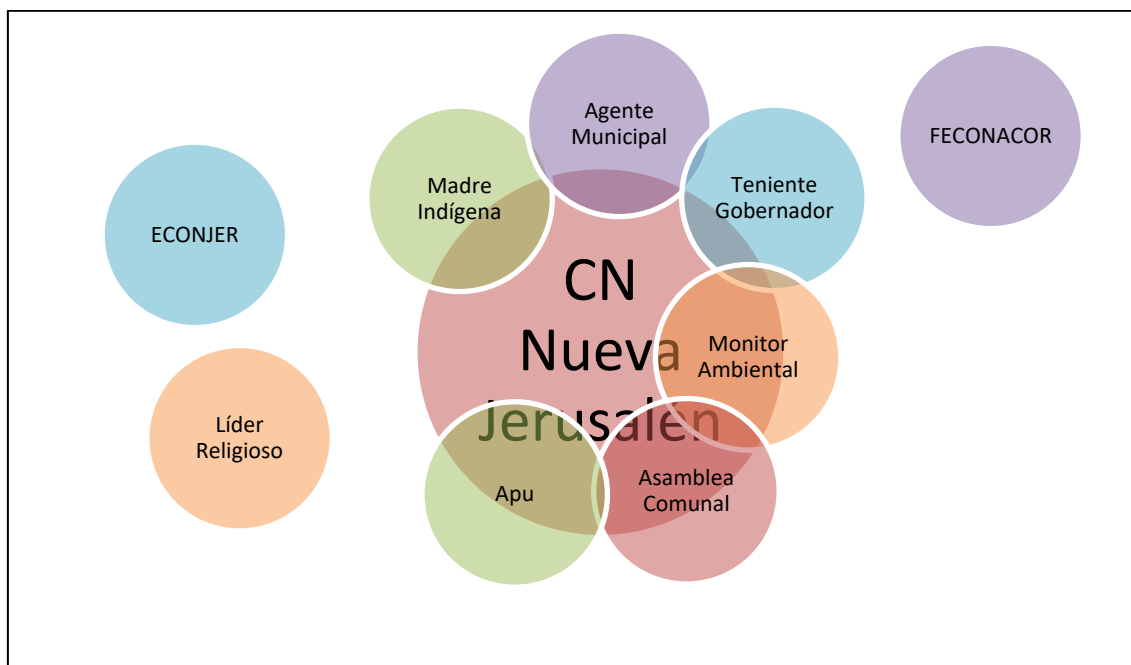
Cuadro 2-1 Reconocimiento y titulación de la CN Nueva Jerusalén

Comunidad	Resolución de reconocimiento	Fecha de resolución de reconocimiento	Título Comunal	Fecha de Titulación Comunal
Nueva Jerusalén	R.D.	6/25/87	R.D.021-98-CTAR-DRA	1/20/98

(*) Fuente: Directorio 2016 comunidades nativas del Perú. SICNA - Sistema de información sobre comunidades nativas de la Amazonía peruana.

Los orígenes de la comunidad nativa data de 1920, siendo fundada por el Sr. Jiyukan Maynas Cariajano. En el siguiente gráfico se aprecia la conformación por Grupos de Interés, donde se pueden observar los actores clave de la comunidad considerando la “distancia” que se percibe de cada uno en función a la comunidad.^r

Gráfico 2-1 Grupos de Interés CN Nueva Jerusalén



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

^r Cabe resaltar que la metodología ejecutada para el presente servicio no consideró un mapeo de poder e influencia por lo que la posición de distancia (influencia) de los grupos de interés es la lectura del investigador.

A continuación, la lista de grupos de interés:

- Federación de Comunidades Nativas de la cuenca del Corrientes (FECONACOR).
- Comunidad Nativa Nueva Jerusalén.
- Autoridades consuetudinarias: Apu / Junta Directiva Comunal.
- Autoridades del Estado: Teniente Gobernador / Agente Municipal.
- Líderes: Madre Indígena / Monitores Ambientales/ Líder religioso evangélico.
- Instituciones Privadas: Empresa Comunal (ECONJER).

Para el detalle y análisis de los grupos de interés se ejecutó en campo - entre los meses de febrero, mayo y julio del presente año- una metodología basada en la observación participante y la entrevista semiestructurada dirigida a un estimado de 5 a 6 autoridades y/o líderes comunales. Esta metodología permitió caracterizar a los grupos de interés y conocer sus percepciones acerca del servicio, así como acerca de la rehabilitación y la remediación.

FECONACOR

La Federación de Comunidades Nativas de la cuenca del Corrientes (FECONACOR) es la organización indígena representativa de la cuenca. Afiliadas a ésta se encuentran 14 comunidades según Asamblea realizada el 4,5 y 6 de agosto del 2017 en la Comunidad Nativa Pampa Hermosa^s. Estas comunidades son:

- 1) José Olaya
- 2) Nueva Jerusalén**
- 3) Antioquía
- 4) Nueva Nazareth
- 5) Pampa Hermosa
- 6) Sauki (anexo de Pampa Hermosa).
- 7) Providencia
- 8) Santa Rosa
- 9) San José de Porvenir
- 10) Nuevo Paraíso
- 11) Nuevo Triunfo
- 12) Trompeteros
- 13) San Ramón
- 14) San José

Cabe anotar que la Inscripción en Registros Públicos de FECONACOR es: Zona Registral N° IV - Sede Iquitos Oficina Registral de Iquitos. N° de Partida 1109637. Resolución del Superintendente Nacional de Registros Públicos N° 124-97 SUNARP.

Su actual presidente es el Sr. Carlos Sandi Maynas, quien lidera una agenda política a favor de los derechos indígenas que se centra en el respeto y defensa del territorio, los recursos y la

^s <http://observatoriopetrolero.org/pronunciamento-de-feconacor-federacion-de-comunidades-nativas-de-la-cuenca-del-corrientes/>

biodiversidad del pueblo Achuar del río Corrientes. La actual junta directiva para el período junio 2017 - junio 2022 es:

- Presidente: Carlos Sandi Maynas.
- Vicepresidente: Nicolás Kukush Sandi.
- Secretaría de actas y archivos: Edinson Ramírez Butuna.
- Secretaría de Educación: Dobías Hualinga Sandi.
- Secretaría de Economía – Tesorero: Federico Díaz Sandi.
- Gerente: Raúl Sosa Rodríguez.

Asamblea comunal

La Asamblea Comunal está conformada por los comuneros o jefes de hogar que residen en la comunidad y que cumplen con una serie de obligaciones como comuneros, tales como la participación en las mingas (trabajo comunal) y la asunción de cargos por designación de la asamblea comunal. La Asamblea General es el órgano máximo y está constituida por comuneros debidamente empadronados y calificados.

Apu

El Apu es la figura más importante en la comunidad, quien la gestiona de la mano con una junta directiva. Es la persona que toma decisiones en base a los acuerdos de sus asambleas comunales, encargándose del cumplimiento de éstos. El Vice Apu lo reemplaza en ausencia.

La Junta Directiva es elegida por un periodo de dos a tres años mediante votación mayoritaria en la asamblea comunal, pudiendo ser ratificada o cambiada. El cargo de Apu debe ser asumido por todos los comuneros, aunque existen algunos personajes que son reelegidos como tal debido a su liderazgo y carisma. En Nueva Jerusalén el cargo de Apu está siendo asumido (octubre 2018) por el Sr. Julio Maynas Chimborás.

Teniente Gobernador / Agente Municipal

Los cargos de Teniente Gobernador y Agente Municipal son conferidos por el Estado Peruano. Ambas autoridades representan a la nación y se encargan de velar por el cumplimiento y respeto a la constitución política y el derecho nacional.

El Teniente Gobernador representa un cuerpo de vigilancia o disciplina en la comunidad, mientras que el agente municipal representa a ésta ante la población. El artículo 71 de la Ley Orgánica de Municipalidades indica que cuando se establezcan agencias municipales en comunidades campesinas y nativas, no constituidas como municipalidades delegadas, el alcalde designará agente a la autoridad elegida por la comunidad, de acuerdo con sus usos y costumbres.

A octubre del 2018, el cargo de Teniente Gobernador era asumido por el Sr. David Tapayuri Tanchima y el de Agente Municipal por el Sr. Clever Carijano Sandi.

Madre indígena

La madre indígena es una mujer líder que se destaca por su sabiduría y conocimiento acerca de su cultura y cómo ve el futuro para ésta. Suele participar ampliamente en las asambleas y conduce las opiniones locales. La actual madre indígena de la CN Nueva Jerusalén es Carmen Washington Maynas.

Monitor ambiental

Como resultado de la firma del Acta de Dorissa[†] el año 2006, Pluspetrol acepta la presencia de los monitores comunitarios independientes, a través de los compromisos con las comunidades achuar, cuya capacitación y salarios ha financiado a través del proyecto Plan de Salud en el marco de los acuerdos del Acta.

Los monitores son los encargados de recolectar la información. Elegidos por sus comunidades mediante una asamblea comunal, la mayoría de ellos son jóvenes y tienen un nivel de estudio secundario. La empresa Pluspetrol en acuerdo con el Acta de Dorissa financió las remuneraciones de los monitores mediante un depósito en una cuenta manejada por FECONACO^u de forma independiente. El resto del financiamiento está cubierto por otras organizaciones externas como Rainforest Foundation Noruega, WWF Perú, la Universidad Autónoma de Barcelona o la fundación privada suiza Nuevo Planeta. Cabe mencionar, que el hecho de contar con un financiamiento externo garantiza al programa una mayor independencia.^v

Durante el período de evaluación de JCI-HGE en campo, los monitores ambientales de la CN Nueva Jerusalén que acompañaron toda la experiencia fueron:

- Ely Sandi Maynas.
- Mayer Sandi Maynas.
- Simón Chimborás Maynas.
- Roberto Sandi Maynas.

Líder religioso evangélico

Líder con influencia en los pobladores de la comunidad nativa, por este motivo pobladores y familias acuden a él para recibir sus consejos. Tiene entre sus funciones: predicar la palabra de Dios y la búsqueda de nuevos adeptos, invitándolos a que acudan a sus cultos.

Empresa comunal ECONJER

Con la presencia de la empresa Pluspetrol en el ex Lote 1AB desde 2000, se intensifica la relación económica de las comunidades, siendo la actividad petrolera una importante fuente de ingreso de las comunidades por medio de las empresas comunales.

La Empresa Comunal de Servicios Generales Nueva Jerusalén con RUC 20528122087 fue fundada el 18 de septiembre del 2008. En su Informe de Sostenibilidad^w, Pluspetrol afirma que las empresas comunales promueven la generación de nuevas oportunidades laborales para la población local, a la vez que el grado de organización y capacitación que van adquiriendo les permite acceder a contratos de servicios no solo con Pluspetrol sino con otras empresas que también desarrollan actividades en la zona.

Entre las actividades que realizan las empresas comunales figuran diversos trabajos de mantenimiento de vías, chaleos, construcción de infraestructura, reforestación, talas selectivas, talas masivas, alquiler de camionetas y minimización de los residuos sólidos, entre otros.

A continuación, se presenta información de la Ficha Registral de la empresa Comunal:

^{††} Acta de Dorissa: Acuerdo firmado el 2006 entre los Apus de las comunidades indígenas del Río Corrientes – el MEM – el MINSA – el Gobierno Regional de Loreto y la Empresa Pluspetrol Norte S.A.

^u Organización histórica, previa a FECONACOR.

^v Sistematización de experiencias con el programa de capacitación y vigilancia territorial independiente de FECONACO. Iquitos, Perú febrero 2011. Shinai y FECONACO. Financiado por WWF e IBIS.

^w Informe de Sostenibilidad 2014. Pluspetrol S.A.

- N° partida de Ficha Registral: 1102791
- N° de socios: 28
- Fecha de Constitución: 09 de junio 2008
- Gerente: Raúl Mucushua Cariajano, DNI 70353436

Junta de Administración

- Presidente: Pancho Ramírez Washington, DNI 05627924
- Secretario de Actas y Archivos: Wilder Paima Cariajano, DNI 43428735
- Secretario de Economía: Samuel Cariajano Sandi, DNI 05711615
- Fiscal: Milton Panaifo Díaz, DNI 40558904
- Vocal: Guillermo Ramírez Dahua, DNI 44033287

3 CARACTERIZACIÓN DEL SITIO IMPACTADO

3.1 Antecedentes históricos del sitio impactado por las actividades de hidrocarburos (incluye todos los documentos ambientales).

Para el desarrollo de la investigación histórica, se recopilaron documentos y estudios técnicos previos, a fin de obtener información fidedigna que permita conocer de manera certera los eventos ocurridos en el sitio S0114 (Sitio 14). Las fuentes de información provienen de los organismos estatales como el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (en adelante OEFA), Autoridad Nacional del Agua (en adelante ANA), Fondo Nacional del Ambiente (en adelante FONAM) y el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), y la información base cartográfica, entre otros.

La finalidad de este capítulo es detallar el proceso y/o evolución cronológica del área de estudio, indicando los principales eventos significativos que pudieran haber generado algún impacto sobre el área de evaluación, y las actividades productivas/extractivas que se han desarrollado.

Cuadro 3-1 Documentos y estudios técnicos disponibles del sitio impactado

Tipo de documento	Descripción
Documento Técnico N.º 20 - 1995	Contaminación ambiental en la amazonia peruana - Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana.
Estudio de Impacto Ambiental	Estudio de Impacto Ambiental del proyecto "Central Térmica Guayabal y de Líneas de Distribución de 13.8 KV y 33 KV" - Lote 1 AB - PLUSPETROL NORTE S.A.
Estudio de Impacto Ambiental	Estudio de Impacto Ambiental del proyecto de Centrales de Generación Eléctrica en los Yacimientos Capahuari Sur 15 MW, San Jacinto 15 MW, Huayurí 40 MW y la Unidad de Producción de Combustible de Huayurí Lote 1 AB - PLUSPETROL NORTE S.A.
Estudio de Impacto Ambiental	Modificación del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Sísmica 3D en Capahuari Norte-sur, Tambo Este y Jíbaro Nor Este-Jibarito lote 1-AB - PLUSPETROL NORTE S.A.
Informe Técnico Sustentatorio	Ampliación de componentes del proyecto de reinyección de aguas de producción y facilidades de superficie en el Lote 1 AB - PLUSPETROL NORTE S.A.
Estudio de Impacto Ambiental, aprobado mediante R.D. 394-2008-MEM/AEE	Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de Perforación de 20 Pozos de Desarrollo y Construcción de Facilidades de Producción en los Yacimientos: Carmen Noreste, Huayurí Norte, Huayurí Sur, Shiviayacu Noreste, Dorissa, Jibarito y Capahuari Sur, Lote 1 AB - PLUSPETROL NORTE S.A.
Informe de Monitoreo Integral Independiente-2009	Informe del proyecto de Monitoreo Integral e Independiente de FECONACO-2009.
Informe Técnico N° 008-2013-ANA-DGCRH/CGEL	Resultados del monitoreo de la calidad de agua superficial y sedimentos de la cuenca corrientes en el Lote 1AB.
Reporte Público del monitoreo realizado en CC.NN. de la cuenca del río Corrientes. Abril-mayo 2013	Informe de Monitoreo Participativo realizado por la DIGESA, Monitores y Autoridades en la cuenca del río Corrientes.

Cuadro 3-1 Documentos y estudios técnicos disponibles del sitio impactado

Tipo de documento	Descripción
Informe N° 350-2013-OEFA/DE-SDCA	Evaluación ambiental de calidad de suelos en el Lote 1 AB, correspondiente a la cuenca del Corrientes, en la región de Loreto, realizado del 23 de abril al 2 de mayo de 2013.
Informe N° 411-2014-OEFA/DS-HID	Resumen Ejecutivo sobre la situación ambiental del Lote 1-AB operado por la empresa PLUSPETROL NORTE S.A. - OEFA.
Informe N° 121-2014- OEFA/DE-SDCA	Identificación de sitios contaminados del componente suelo en el Lote 1-AB, correspondiente a la cuenca del río Corrientes, en la región Loreto, realizado del 25 de noviembre al 3 de diciembre de 2013.
Informe N° 2667-2015/DBS/DIGESA	Acciones realizadas en el cumplimiento del Acta del 10/03/2015, en beneficio de la población de las cuencas del Pastaza, Corrientes, Tigre y Marañón, de la región Loreto.
Informe Técnico	Informe de salida de reconocimiento de los 32 sitios impactados en las cuencas de los ríos Pastaza, Corrientes y Tigre.
Informe N° 201-2016-OEFA/DE-SDCA	Informe de reconocimiento de sitios con residuos metálicos durante el monitoreo ambiental participativo en el Lote 192, realizado del 7 al 24 de agosto de 2016, en los distritos de Andoas, Trompeteros y Tigre, provincias de Datem de Marañón y Loreto del departamento de Loreto - OEFA.
Informe N° 421-2016-OS/DSHL	Adecuación de ductos para el transporte de petróleo del Lote 192, remitido Oficio N° 182-2016-OS-GAF.
Reporte de Campo CUC N° 0001-01-2017-22	Visita de reconocimiento de los botaderos y sitios impactados en las cuencas de los ríos Pastaza, Corrientes y Tigre - Lote 192 (Ex Lote 1 AB) del 26 de enero al 9 de febrero de 2017 - OEFA.
Estudio Técnico Independiente del Ex Lote 1 AB - 2018	Lineamientos estratégicos para la remediación de los impactos de las operaciones petroleras en el ex Lote 1AB en Loreto, Perú - Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.1.1 Investigación histórica

Para tener un contexto sobre los eventos ocurridos el sitio S0114 (Sitio 14), es necesario conocer los acontecimientos ocurridos desde los inicios de las actividades hidrocarburíferas del Lote 192 (Ex Lote 1 AB). Todo parte desde el 22 de junio de 1971 donde se suscribió el contrato de operaciones para la explotación de petróleo, entre el gobierno del Perú representado por Petróleos del Perú S.A (en adelante PETROPERÚ) y Occidental Petroleum Corporation del Perú (en adelante OPCP) sobre el Lote 1 A (abarcando una extensión de 529 000 ha) debido al descubrimiento del yacimiento Capahuari Norte, en el cual se perforó el primer pozo (año 1972) denominándolo Capahuari Norte 1-X. El descubrimiento de este yacimiento se confirmó con la perforación del pozo Capahuari Sur 1X en el año 1973.

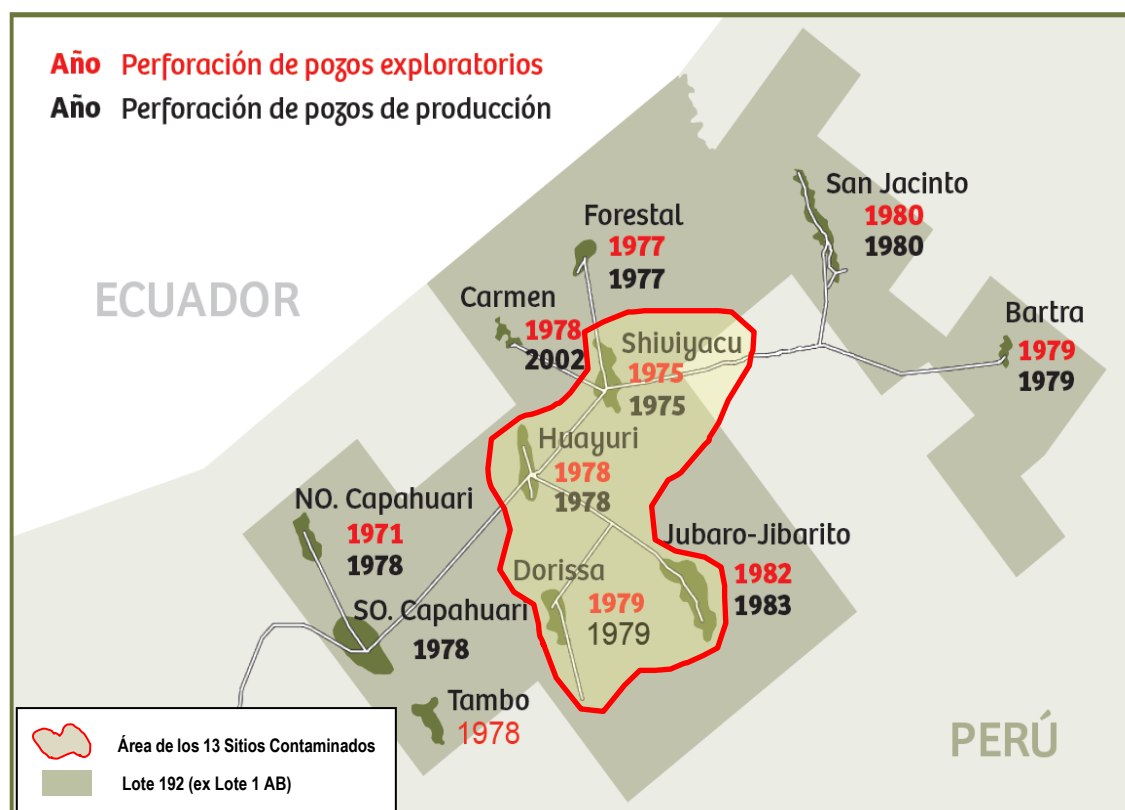
Paralelo a ello, se suscribió un contrato con Union Oil and Gas Group LTD. por el Lote 1B de 479 265 ha de extensión, el cual descubre reservas de crudo con la perforación de su primer pozo Jíbaro (los descubrimientos continuaron hasta 1989). El éxito obtenido fue tal, que conllevó a la perforación de otros pozos en toda la zona, haciendo en total 244 pozos perforados hasta la fecha.

Las actividades de producción conllevaron a la construcción del Oleoducto Norperuano entre 1973 y 1977 y la venta del crudo comenzó en enero de 1975, siendo la producción de 244 bdp/día (2 pozos operativos); la misma ascendió a 7 157 bdp/día a finales de ese mismo año, debido al aumento en el número de pozos operativos (12 pozos). El petróleo obtenido (con un bajo contenido de agua), era bombeado desde el yacimiento Shiviayacu hacia la estación Marsella para su transporte fluvial a través del río Tigre con destino a la ciudad de Iquitos, y con la construcción del Oleoducto Norperuano (ONP) se transportaba el crudo a la Estación N° 1 del Oleoducto Norperuano, situado en San José de Saramuro.

El terminal norte del Oleoducto Norperuano (ONP) se habilitó en el año 1978, contando para ese periodo un incremento importante en la producción de petróleo a 95 000 bdp/día proveniente de los 53 pozos activos. Asimismo, se incorporaron en ese año algunos pozos en los campamentos Carmen, Forestal, Huayurí Sur, Shiviayacu Noreste y Tambo, dando inicio el bombeo de petróleo en la estación recolectora (gathering station) en Comunidad Nativa Nueva Andoas hacia a la estación de bombeo N° 5, en el río Morona (oeste del Lote 192).

En 1979 se implementó el método de levantamiento por gas, que consistía en enviar petróleo ligero a los campos orientales de petróleo pesado para incrementar la producción; asimismo se incrementaron nueve (9) pozos en la estación Bartra y tres (3) pozos en Dorissa, donde la producción ascendió a 111 000 bdp/día. Entre 1980 y 1982 se elevó el promedio de pozos a 79 para mantener la producción, debido a una baja en la producción de petróleo, asimismo, se incorporó un (1) pozo en Jíbaro y siete (7) pozos en Bartra, aumentando la producción a un máximo de 120 000 bdp/día. Ver Figura 3-1.

Figura 3-1 Desarrollo histórico de las actividades de perforación en el Lote 192



Fuente: ETI del Lote 192 (ex Lote 1 AB). PNUD, 2018. Modificado por JCI-HGE, 2019.

Es preciso indicar que, durante la operación, se han producido derrames de hidrocarburos hacia el entorno, generando impactos ambientales negativos significativos; uno de ellos fue el derrame de crudo desde el campamento de producción Capahuari Sur en el año 1982, alcanzando la quebrada Capahuari (afluente del río Pastaza) pasando por la comunidad Alianza Capahuari. El impacto fue tal que al año siguiente se difundieron los primeros estudios de aguas y peces realizados en la zona, donde concluyeron que existía contaminación por cloruros, manganeso, hidrocarburos y cromo en los ríos Corrientes, Tigre y Capahuari, entre otros; habiendo también contaminación por plomo y cobre en peces del río Corrientes. Estos derrames continuaron produciéndose en años posteriores (la descripción de los derrames asociados al sitio S0114 (Sitio 14) se detalla en el Cuadro 3-3).

En 1983 el sistema de levantamiento por gas se reemplazó en la mayoría de los pozos por bombas electrosumergibles, sin embargo, no se logra mejorar la productividad la cual declinaba a un promedio de 89 600 bdp/día, contando con 111 pozos activos en ese entonces. En el año 1986 ambos lotes se fusionan, conformando el Lote 1 AB, con una extensión de 497 000 ha; asimismo, la actividad de perforación disminuye producto al aumento de la fracción de agua de producción en el fluido extraído de los pozos.

En 1984 la producción en ese año fue de 57 057 bdp/día y 750 300 barriles de agua, con 122 pozos activos en 14 campos: Capahuari Norte, Capahuari Sur, Carmen, Huayurí, Huayurí Sur, Dorissa, Jíbaro, Jibarito, Shiviyaçu, Shiviyaçu Sureste, Shiviyaçu Noreste, Forestal, San Jacinto y Bartra; asimismo, hasta ese año se llegó a tener una producción acumulada de 481 millones de barriles de petróleo.

Las primeras denuncias públicas se registraron en el año 1994 por parte de las federaciones indígenas sobre fugas en las tuberías del oleoducto, así como el vertimiento de aguas de producción a los ríos y suelos. Paralelamente en el año 1995 la OPCI se fusionó con Occidental Peruana Inc. Sucursal del Perú (en adelante OXY); asumiendo esta última todos los derechos y obligaciones de la OPCI. Al año siguiente, el alcalde del distrito de Trompeteros denunció públicamente a OXY y a PETROPERÚ ante la Fiscalía de la Nación, donde la Federación de Comunidades Nativas del río Corrientes (FECONACO) solicitó la conformación de una comisión especial para llevar a cabo una auditoría ambiental y la evaluación del grado de contaminación del río Corrientes. En ese mismo año el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) aprobó mediante Resolución Directoral N° 099-96-EM/DGH el Plan de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) del Lote 192, presentado por OXY.

En el año 1997 el MINEM remitió a la Comisión de Ambiente, Ecología y Amazonia del Congreso de la República, un informe técnico donde concluyó que las descargas producidas se encontraban dentro de los límites máximos permisibles, lo que empeoró las relaciones con las comunidades; asimismo, al año siguiente el MINEM documentó altas concentraciones de aceites, grasas y mercurio en todos los ríos del área que reciben las aguas de producción; altas concentraciones de hidrocarburos, bario, plomo y cloruros en los análisis de agua superficial; presencia de petróleo, manchas grandes y manchas delgadas en la superficie de los ríos, así como en los suelos; y, contaminación de los lodos fluviales por metales pesados y cloruros.

En julio del año 2000, mediante el Contrato de Cesión de Posesión Contractual, Pluspetrol Norte S.A. (PPN) recibió la administración del Lote 192 por parte de Occidental Peruana Inc., y suscribió posteriormente con Perupetro (en representación del Estado Peruano) el Contrato de Licencia en junio del año 2001, el cual fue modificado en enero de 2003. Con la nueva administración, se empieza a producir desde 15 000 a 17 000 barriles de crudo por día (bpd). Los pozos de producción se ubicaban en nueve áreas principales, localizadas en Capahuari Norte y Sur, Huayurí, Dorissa, Jibarito, Shiviyaçu, Forestal, San Jacinto y Bartra y la estación recolectora Andoas.

A partir del año 2001, la Dirección Regional de Salud (DIRESA) del Gobierno Regional de Loreto, monitoreó el río Corrientes para determinar la calidad del agua de consumo humano, agua superficial y sedimentos, obteniéndose valores que no cumplían con la normativa vigente en ese entonces (Ley General de Aguas); agudizándose las denuncias públicas de las federaciones indígenas de la zona exigiendo estudios de suelos, agua y metales pesados en sangre.

El 20 de abril de 2005, mediante Resolución Ministerial N° 153-2005-MEM/AAE el MINEM aprobó el Plan Ambiental Complementario (PAC) presentado por PPN, a fin de remediar las zonas contaminadas del Lote 192; las cuales no habían sido remediadas con las medidas propuestas en el PAMA debido a la insuficiencia de los compromisos comprendidos ante la contaminación por hidrocarburos. En marzo de 2006 PPN remitió a OSINERGMIN los resultados analíticos de los suelos remediados (con plazo de ejecución al 31 de diciembre de 2005); paralelo a ello se conformó una Comisión Multisectorial adscrita al MINEM (mediante Resolución Ministerial N° 346-2006-PCM) con el objeto de estudiar, analizar y proponer los mecanismos para mejorar las condiciones socioambientales del área de influencia del ex Lote 192. Sin embargo, en octubre de ese mismo año, el MINEM declaró estas tierras como “tierras eriazas” y de libre disponibilidad (inhabitadas y no productivas), adjudicando el derecho de servidumbre legal de ocupación a favor de la empresa PPN; lo que ocasionó junto con otras situaciones adicionales, el conflicto denominado “Río Corrientes” el cual culminó con la firma del Acta de Dorissa en octubre de 2006.

El 21 de marzo de 2007, PPN remitió a OSINERGMIN el Informe de Cumplimiento Ambiental correspondiente al sitio PAC SHIV12, y el 31 marzo remitió los resultados analíticos de los suelos remediados (con plazo de ejecución al 31 de diciembre de 2006). Para julio del mismo año, el MINEM aprobó el Plan de Manejo Ambiental (PMA) del proyecto de Reinyección de Aguas de Producción y Facilidades de Superficie en el Lote 192, como parte de la modificación del PAC. Asimismo, en noviembre de ese mismo año PPN remitió a OSINERGMIN los resultados analíticos de los suelos remediados en el periodo 2007.

En enero de 2008, PPN remitió a OSINERGMIN los informes de cumplimiento ambiental de los sitios remediados CSUR23, SHIV37, MAR01 y CSUR27 del Lote 192; y el 14 de febrero de ese año presentó los Informes de Cumplimiento Ambiental de los sitios remediados del Lote 192, correspondiente al sitio PAC SHIV 37.

A medida que se suscitaban estos acontecimientos durante la gestión de PPN, en setiembre de 2008 el MINEM aprobó mediante Resolución Directoral N° 394-2008-MEM/AAE el Estudio de Impacto Ambiental y Social del Proyecto de Perforación de 20 Pozos de Desarrollo y Construcción de Facilidades de Producción en los Yacimientos; Carmen Noreste, Huayurí Norte, Huayurí Sur, Shiviayacu Noreste, Dorissa, Jibarito y Capahuari Sur. Como se puede apreciar, la gestión ambiental del Lote 192 ha sido fragmentada, pues no ha contado con un instrumento de gestión ambiental que integre todos los componentes que conforman el referido lote y sus procesos productivos.

Para el mes de abril de 2009, OSINERGMIN inició el procedimiento administrativo sancionador a PPN por haberse detectado en sus instalaciones del Lote 192 el incumplimiento al compromiso establecido en el PAC, relacionado a la excedencia de los niveles objetivos de 30 000 mg/kg de TPH en los sitios remediados de SHIV12 y SHIV37; asimismo, en junio de ese mismo año PPN presentó a OSINERGMIN los resultados de los análisis y ensayos adicionales a los realizados en los sitios remediados SHIV12 y SHIV37 (análisis a cargo del laboratorio EQUAS).

En marzo de 2010 la División de Gas Licuado de Petróleo remitió a la División de Combustibles Líquidos, los montos de sanción para las infracciones cometidas por el incumplimiento a los compromisos establecidos en el PAC. En agosto de ese mismo año, el MINEM solicitó a

OSINERGMIN un informe sobre el cumplimiento del PAC y PMA del Lote 192; el cual le fue remitido el mes de octubre mediante Informe Técnico N° 180859-2010-OS/GFHL-UMAL. Para el mes de noviembre OSINERGMIN requirió a PPN presentar el Plan de Cese de Actividades por no haber cumplido con los compromisos del PAC y PMA; y en el mes de diciembre OSINERGMIN inició el procedimiento administrativo sancionador por los incumplimientos antes mencionados.

Poco después de que OEFA asumiera las funciones de supervisión, fiscalización y sanción ambiental en materia de hidrocarburos provenientes de OSINERGMIN, en marzo de 2012 el OEFA mediante Resolución Directoral N° 056-2012-OEFA/DFSAL sancionó a PPN por no cumplir con el Límite Objetivo de remediación de TPH de 30 000 mg/kg en los sitios de SHIV12 y SHIV37.

Tras las demandas y la reactivación de los conflictos violentos en la zona, entre el 25 al 29 de junio de 2012, la Comisión del Congreso del Grupo de Trabajo sobre la Problemática Socio-Ambiental en las Comunidades Nativas ubicadas en las cuencas de los ríos Pastaza, Corrientes, Tigre y Marañón, realizó una visita al Lote 192 (ex lote 1AB) a fin de verificar las áreas afectadas con hidrocarburos de acuerdo a lo denunciado por dichas comunidades; por lo cual, mediante Resolución Suprema N° 200-2012-PCM, se creó la “Comisión Multisectorial adscrita a la Presidencia del Consejo de Ministros, encargada de analizar, diseñar y proponer medidas que permitan mejorar las condiciones sociales y ambientales de las comunidades ubicadas en las cuencas de los ríos Pastaza, Tigre, Corrientes y Marañón” conformada por dos (2) grupos de trabajo: Grupo de Trabajo Ambiental y el Grupo de Trabajo Social. En setiembre de 2012, los miembros del Grupo Ambiental de la Comisión Multisectorial y los representantes de las Federaciones Indígenas y sus asesores, luego de la movilización de Alianza Topal realizada en junio del 2012, acordaron realizar el primer monitoreo participativo en las cuencas de los ríos Pastaza, Tigre, Corrientes y Marañón dentro del área de influencia del Lote 192 (ex lote 1AB).

En marzo de 2013, el MINAM mediante Resolución Ministerial N° 094-2013-MINAM declaró en Emergencia Ambiental la cuenca del río Pastaza, en los distritos de Andoas y Pastaza. Asimismo, entre abril y mayo el Grupo de Trabajo Ambiental (dentro de la cual se encontraba OEFA) identificó puntos de muestreo dentro de la zona de influencia del Lote 192, donde también se llevó a cabo el monitoreo ambiental de calidad de suelos. Y a finales de julio de ese mismo año, OEFA alcanzó a la Comisión Multisectorial los resultados de los análisis de suelo de los puntos ubicados en las zonas fuera del área comprendida por el PAC afectados por Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH); toda vez que PPN ya había procedido con la identificación de las zonas impactadas con hidrocarburos dentro del área PAC.

En setiembre de 2013, el MINAM mediante Resolución Ministerial N° 263-2013-MINAM, emitió la Declaración de Emergencia Ambiental (DEA) de la cuenca del río Corrientes, aprobando el Plan de Acción Inmediato y de Corto Plazo para la identificación de sitios impactados dentro de la cuenca, en el ámbito de influencia directa e indirecta de la actividad de hidrocarburos.

A finales del año 2013, OEFA realizó un segundo monitoreo participativo en la cuenca del río Corrientes (comprendiendo los distritos de Andoas, Pastaza Trompeteros y Tigre) con la finalidad de identificar los sitios impactados dentro del Lote 192. Acorde a lo manifestado por PPN en su Informe Anual Ambiental del 2013, se había reinyectado el 100 % del agua producida en el Lote 192, ascendiendo a un caudal de 18 421.107 BAPM (Barriles de Agua de Producción por Mes).

Es preciso indicar que PPN ha operado el Lote 192 de acuerdo con el contrato de concesión, el cual tiene fecha de vencimiento el 29 de agosto de 2015; sin embargo, PPN no había solicitado ante la autoridad competente la aprobación de un instrumento de gestión ambiental que permita realizar un retiro ordenado del lote, así como la remediación ambiental que correspondiera, de acuerdo con las obligaciones ambientales asumidas con la concesión. Perupetro aceptó la

devolución de las áreas del lote 192 operadas por PPN.

En el marco de la comisión multisectorial “Desarrollo de las cuencas de los ríos Pastaza, Tigre, Corrientes y Marañón del departamento de Loreto”- aprobada por la Resolución Suprema N° 119-2014-PCM- y de la firma del Acta de Lima, el 10 de marzo del 2015, las federaciones indígenas de estas cuencas y el Gobierno peruano, acordaron elaborar un estudio técnico independiente (ETI) y además crear un fondo de contingencia para la remediación ambiental de estas cuencas.

El 7 de mayo de 2015 se publica la Ley N° 30321 que crea el Fondo de Contingencia para Remediación Ambiental, de los sitios impactados como consecuencia de las actividades de hidrocarburos. Asimismo, en agosto de ese año Pacific Stratus Energy del Perú S.A. (Pacific) celebra un contrato de servicio temporal para la explotación de hidrocarburos en el Lote 192 hasta junio de 2019 (Perupetro, 2018). En abril de 2016 OEFA se reunió con los representantes y asesores de las asociaciones indígenas FECONAT, FECONACO y los representantes de Pacific con la finalidad de realizar la primera de las etapas del monitoreo participativo programado para el año 2016 en el Lote 192, denominada “Reunión de Coordinación Previa con los Actores Involucrados”, generándose así actas de compromisos mutuo para el desarrollo de las siguientes seis (6) etapas de monitoreo participativo.

En diciembre de 2016 se publica el reglamento de la Ley N° 30321 mediante Decreto Supremos N° 039-2016-EM, a fin de establecer los lineamientos a seguir para la ejecución de la remediación ambiental de los sitios impactados por hidrocarburos; y conforme a ello se creó la Junta de Administración del Fondo de Contingencia para la Remediación Ambiental, la cual realizó la priorización de treinta y dos (32) sitios contaminados, conforme a los acuerdos establecidos entre diciembre de 2015 y marzo de 2016. Conforme a ello, mediante Carta N° 063-2017-FONAM del 27 de febrero de 2017 el FONAM comunicó a OEFA el lanzamiento del concurso público para la elaboración de los planes de rehabilitación de los treinta y dos (32) sitios priorizados por la Junta de Administración, solicitándole también el reconocimiento en campo de los siete (7) botaderos, el mismo que se realizó en marzo de 2017.

En torno al ámbito del territorio de la comunidad han existido vertimientos, derrames y otras afectaciones desde los inicios de las operaciones extractivas de hidrocarburos, siendo la perforación de pozos exploratorios y la utilización de lodos de perforación las primeras afectaciones producidas. Por otro lado, las prácticas operacionales inadecuadas, como el vertimiento a cuerpos de agua superficiales o al suelo de aguas de producción, la no contención de derrames y un deficiente mantenimiento de sus sistemas de transporte (oleoductos) también han sumado al deterioro ambiental de este territorio. Ante las primeras denuncias públicas por parte de comunidades nativas, el MINEM aprobó el Plan Ambiental Complementario (PAC) a fin de remediar las zonas contaminadas, las cuales no habían sido remediadas con las medidas propuestas en el PAMA (Plan de Adecuación de Manejo Ambiental), y actualmente se viene realizando los Planes de Rehabilitación de los sitios Impactados identificados por OEFA en el 2017 a petición del FONAM. Con estas acciones el estado peruano contempla el inicio de un programa estructurado de remediación ambiental para las cuencas afectas por las operaciones petroleras durante más de 40 años.

Conclusión del análisis histórico sitio S0114 (Sitio 14)

El sitio S0114 (Sitio 14) se ubica en el campo Dorissa, se relaciona directamente con la ubicación de la Batería Dorissa y el sistema de tuberías de los pozos petroleros cercanos. El sitio S0114 (Sitio 14) se divide en dos (2) áreas; la primera ubicada en dirección noroeste (Sitio 0114-Norte) y la segunda en dirección sur (sitio S0114 (Sitio 14)- Sur) de la batería Dorissa.

Las actividades de extracción de hidrocarburos en el sitio S0114 (Sitio 14) datan del año 1979 con la perforación de pozos exploratorios y de producción en el yacimiento Dorissa, junto con la implementación del método de levantamiento por gas, que consistía en enviar petróleo ligero de los campos orientales de petróleo pesado con el fin de incrementar la producción.

Las primeras denuncias públicas se registraron en el año 1994 por parte de las federaciones indígenas sobre fugas en las tuberías del oleoducto, así como el vertimiento de aguas de producción a los ríos y suelos. En abril de 2005, el MINEM aprobó el Plan Ambiental Complementario (PAC) a fin de remediar las zonas contaminadas del Lote 192; las cuales no habían sido remediadas con las medidas propuestas en el PAMA.

En el año 2013 OEFA, realizó dos (2) campañas de evaluación ambiental de calidad de suelos e identificación de sitios contaminados en el Lote 1-AB, correspondiente a la Cuenca Corrientes, en ambas campañas los puntos de muestreo y los sitios contaminados fueron identificados tanto dentro del área comprendida por el PAC (área PAC), como fuera de ella (área NO PAC). De dichas evaluaciones se tiene que el sitio S0114 (Sitio 14) (Sur y Norte) se ubica en área NO PAC; además, el sitio S0114 (Sitio 14)-Sur colinda por el oeste con área PAC, ya que en la primera campaña hay registro de un (1) punto de muestreo cuya codificación corresponde a área PAC. El esfuerzo de muestreo de suelos, en superficie del sitio S0114 (Sitio 14), se detalla a continuación:

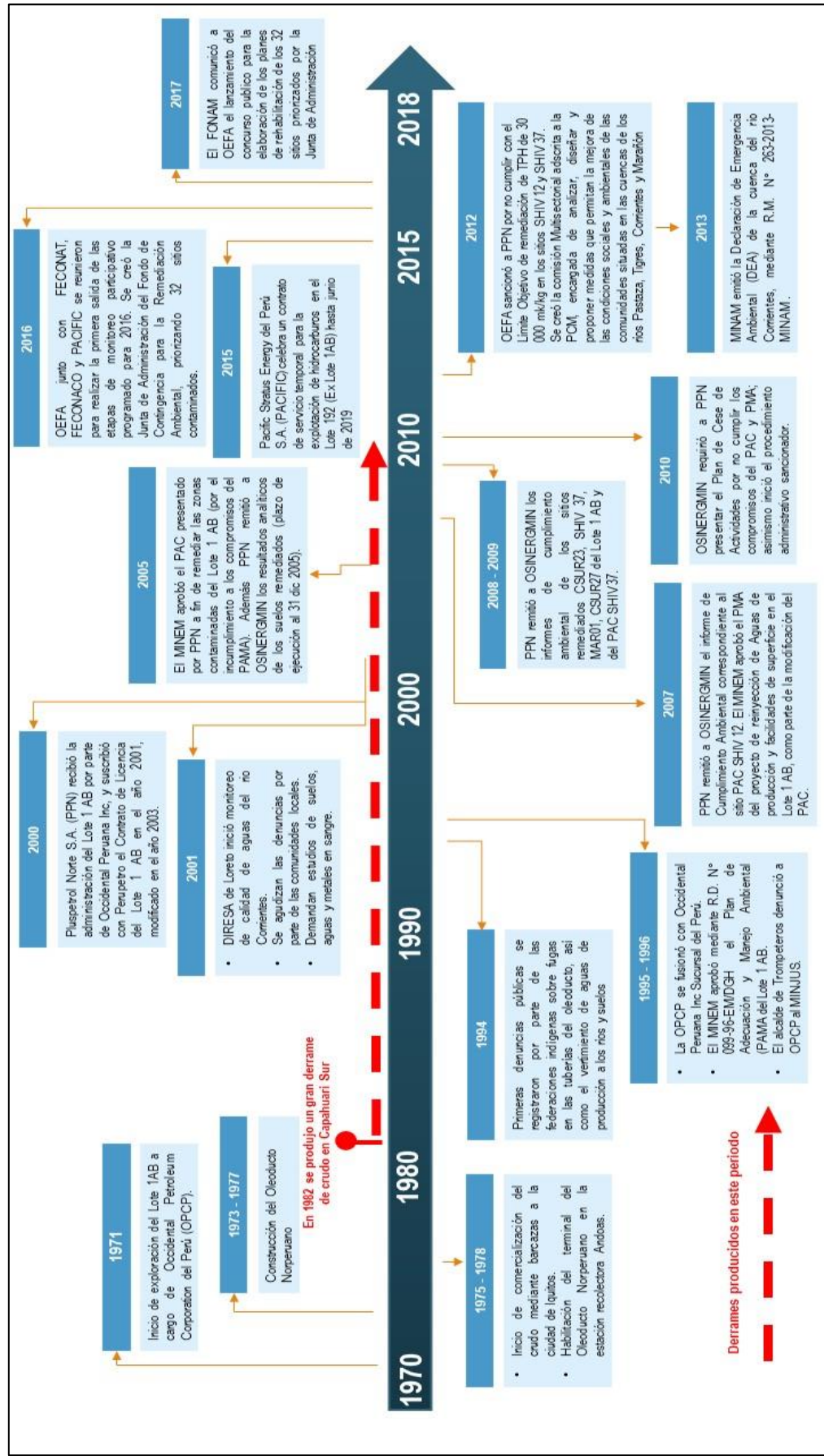
- La primera campaña se desarrolló del 23 de abril al 2 de mayo de 2013, conforme al Informe N° 350-2013-OEFA/DE-SDCA el esfuerzo de muestreo fue de dos (2) muestras.
- La segunda campaña se desarrolló del 25 de noviembre al 3 de diciembre de 2013, conforme al Informe N° 121-2014-OEFA/DE-SDCA, el esfuerzo de muestreo fue de dos (2) muestras.

En el Cuadro 3-2 se presenta un resumen de los resultados de los estudios consultados para el sitio S0114 (Sitio 14), incluyendo el OEFA y ANA.

El 6 de abril de 2016 el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería – OSINERGMIN remite el Informe N° 421-2016-OS/DSHL respecto a derrames y fugas ocurridos en el Lote 192 (ex Lote 1-AB) y en el Lote 8 en los últimos veinte (20) años. Del total de 95 eventos reportados en el Lote 192, seis (6) ocurrieron en el campo Dorissa, existiendo una posible relación con el sitio S0114 (Sitio 14) por el tipo de evento (derrames de petróleo crudo, diésel y fluido de producción) y la magnitud de estos. En el Cuadro 3-2 se presenta la evolución cronológica de los posibles eventos relacionados al sitio S0114 (Sitio 14) y en la Figura 3-2 se ilustra la línea de tiempo.

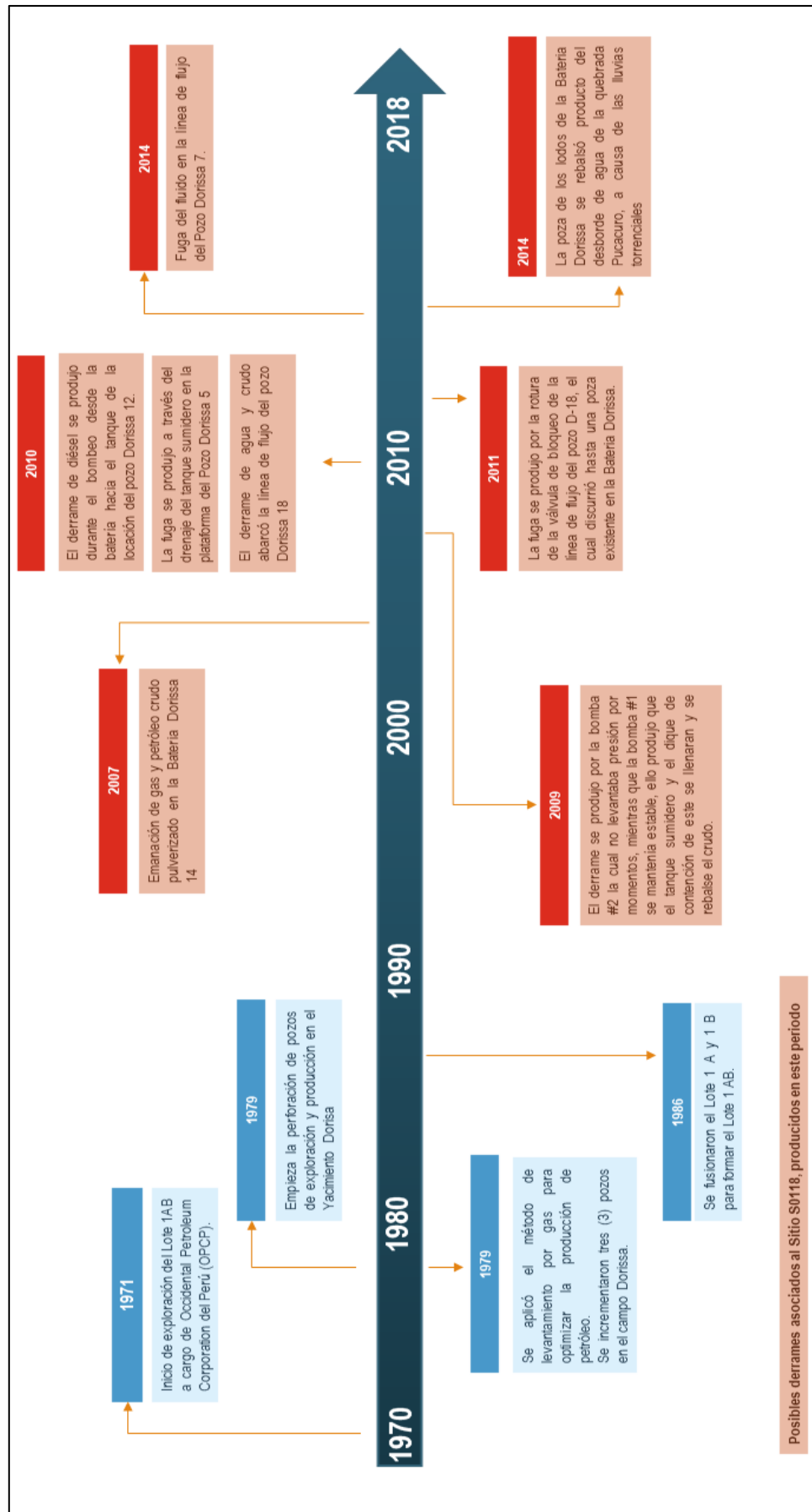
Los eventos relacionados al sitio S0114 (Sitio 14) se pueden ver en el Cuadro 3-3. Registro de fugas y derrames posiblemente relacionadas al sitio S0114 (Sitio 14); y en la Figura 3-3 se exponen estos eventos de manera ilustrativa a través de una línea de tiempo.

Figura 3-2 Evolución cronológica de los usos y ocupación del área de estudio



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Figura 3-3 Evolución cronológica de eventos relacionados al sitio S0114 (Sitio 14)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 3-2 Resumen de los alcances de los estudios previos consultados para el sitio S0114 (Sitio 14)

Sitio	Coordenadas UTM WGS-84, Zona 18M		Puntos OEFA	Resumen de la información encontrada. Informes OEFA	Puntos ANA	Resumen de la información encontrada. Informes ANA
	Este (m)	Norte (m)				
S0114 (Sitio 14)	-	-	Primera Campaña: S-28 y S-30 Segunda Campaña: S-28-1 y S-30-1	Primera Campaña: Suelo altura del tubo 23 del pozo de reinyección 5 y suelos a 130 m de sitio PAC DORI 8 / Se encontraron excedencias de hidrocarburos F2 y F3. Segunda Campaña: suelo a 850m del Pozo D6 y a 100 m del punto S-28 y suelo al costado de la línea del poliducto a 130 m del sitio PAC DORI 8 y a 120 m del punto S-30 / Se encontró excedencias de hidrocarburos F2 y F3.	No se tiene datos	No se tiene datos

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 3-3 Registro de fugas y derrames relacionados al sitio S0114 (Sitio 14)

N°	Fecha	Lugar	Sustancia	Descripción
1	13/05/07	Batería Dorissa 14	Petróleo	Durante la espera del pozo para su reacondicionamiento, se acumuló presión en los forros lo que ocasionó que el sello de resina epóxica (que aísla el minimandrell con el cable de potencia del conjunto BES) se rajara y salga despedido por el aire. Se produjo una emanación de gas y petróleo crudo pulverizado.
2	11/07/09	Tanque sumidero de recepción de condensado de los separadores de gas y crudo desnatar en la batería Dorissa	Petróleo crudo	El derrame se produjo por la bomba #2 la cual no levantaba presión por momentos, mientras que la bomba #1 se mantenía estable, ello produjo que el tanque sumidero y el dique de contención de este se llenaran y se rebalse el crudo.
3	23/04/10	Tanque Diesel del pozo Dorissa	Diesel	El derrame abarcó 10 m ² mientras se realizaba el bombeo de Diesel desde la batería hacia el tanque de la locación del pozo Dorissa 12, el cual se estaba desbordando dentro del área de contención del tanque.
4	22/05/10	Plataforma del Pozo Dorissa 5	Petróleo crudo	La fuga se produjo a través del drenaje del tanque sumidero.
5	28/10/10	Línea de flujo del pozo Dorissa 18	Crudo/lagua	El derrame abarcó la superficie irregular y pendiente pronunciada de la ubicación de la línea de flujo.
6	21/02/11	Batería Dorissa	Petróleo crudo	La fuga se produjo por la rotura de la válvula de bloqueo de la línea de flujo del pozo D-18, el cual discurrió hasta una poza existente en la zona.
7	09/01/14	Línea de flujo del pozo Dorissa 7	Fluido de producción	Fuga del fluido en la línea de flujo del Pozo Dorissa 7.
8	09/12/14	Poza de lodos de batería Dorissa	Petróleo	La poza de los lodos de la batería se rebalsó producto del desborde de agua de la quebrada Pucacuro, a causa de las lluvias torrenciales

Fuente: Oficio No. 182-2016-OS-GAF – Osineergmin

3.2 Uso actual del área.

El sitio S0114 (Sitio 14) es uno de los trece (13) sitios impactados por actividades de hidrocarburos de la cuenca del río Corrientes. El uso del suelo se define como una superficie del territorio que se encuentra zonificada de acuerdo con su potencial aptitud, a la utilización que se le esté dando al momento de su categorización, a la posible vocación para soportar una actividad o desarrollo o sus características ecológicas que le infieran una condición particular para su zonificación. En resumen, a las diferentes formas en que se emplea un terreno y su cubierta vegetal se les conoce como uso del suelo.

Las áreas que corresponden a los sitios impactados se ubican dentro y forman parte del Lote Petrolero No. 192 (antiguo Lote 1AB). Al ubicarse dentro del Lote petrolero su categoría es del tipo industrial/extractivo, la cual se define (Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM) como “suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla abarca la extracción y/o aprovechamiento de recursos naturales (actividades mineras, hidrocarburos, entre otros) y/o, la elaboración, transformación o construcción de bienes. Ver Anexo 6.3 Mapa 6.3.1: Mapa de ubicación del sitio S0114 (Sitio 14).

No obstante, pudiera ampliarse el espectro de uso actual del área de acuerdo con las actividades que en él se ejecuten o se planifiquen ejecutar. Es importante resaltar que el sitio impactado tiene una superficie de 1,5 ha, conformada por dos polígonos, dentro de localidades muy cercanas a áreas operativas o en parte de las zonas de seguridad de facilidades petroleras (tuberías).

Teniendo en cuenta ello se ha previsto realizar el análisis respectivo del sitio considerando una categoría de uso agrícola para el análisis de afectación del sitio impactado como estrategia ambiental para llevar, a través de la remediación de los sitios impactados, las condiciones del entorno ambiental de este territorio lo más cercanas a sus condiciones naturales originarias.

Se infiere que, posterior a la rehabilitación/remediación del sitio S0114 (Sitio 14), posiblemente se plantee una categoría distinta al uso industrial/extractivo, aun cuando se ubica en el entorno de un área operacional, que permita a las comunidades hacer uso de este espacio.

El entorno del área operacional se ubica cercano al campamento Dorissa (200 m) y aledaño a una servidumbre de tuberías. Esta área de operaciones actualmente corresponde a los oleoductos que conducen hidrocarburos de los pozos DORI 05, DORI 08D, DORI 06D, DORI 09D, DORI 07D, DORI 09D, DORI 15, DORI 02 CD, DORI 03D, DORI 04D hacia la Batería Dorissa.

3.3 Características del entorno: fuentes asociados a las actividades de hidrocarburos, focos, vías de propagación, otros aspectos relevantes del entorno de los sitios impactados y el listado de residuos existentes (entiéndase equipos obsoletos, restos de equipos o tuberías y similares).

3.3.1 Fuentes potenciales en el entorno

El entorno del sitio se caracteriza por presentar instalaciones industriales en los alrededores destinadas al procesamiento y/o transporte de petróleo, como la Batería Dorissa, el sistema de tuberías que conecta los pozos DORI 05, DORI 08D, DORI 06D, DORI 09D, DORI 07D, DORI 09D, DORI 15, DORI 02 CD, DORI 03D, DORI 04D con la mencionada Batería y sus facilidades de producción. En el Cuadro 3-4, se presenta estas instalaciones, asimismo se diferencia la ubicación de la fuente con respecto al sitio (polígono norte o sur).

Sin embargo, considerando las imágenes de históricas en Google Earth que datan aproximadamente de los años 70, se puede visualizar la presencia de 1 área oscura (al este del

polígono norte). Dichas manchas pudieran ser interpretadas como una cocha natural, una fosa de producción o una fosa de contención de derrames.

Figura 3-4 Imagen histórica del sitio S0114 (Sitio 14)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Actualmente, la fosa no existe, y pudiera estar cubierta y acondicionada al relieve del sitio.

Figura 3-5 Imagen actual del sitio S0114 (Sitio 14)



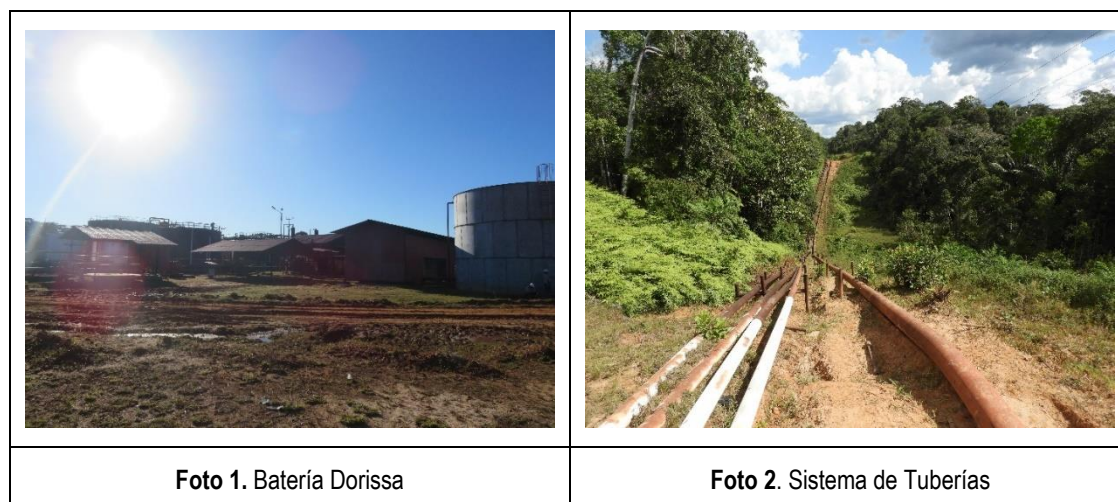
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 3-4 Fuentes potenciales de contaminación en el entorno del sitio S0114 (Sitio 14)

Fuente potencial	Coordenadas UTM WGS-84		Estado	Descripción	Evidencias	Ubicación
	Este (m)	Norte (m)				
Batería Dorissa	367 049	9 696 776	Activa	Ver Foto 1	Relevamiento en campo	Al este del polígono norte
Sistema de tuberías que conecta los pozos DORI 05, DORI 08D, DORI 06D, DORI 09D, DORI 07D, DORI 09D, DORI 15, DORI 02 CD, DORI 03D, DORI 04D con la Batería.	307 046	9 699 639	Activos	Ver Foto 2	Relevamiento en campo, referencia de monitores ambientales.	Al este del polígono norte
Casa de Fuerza	367 113	9 696 389	Activa	Sin evidencia	Relevamiento en campo	Al este del polígono sur

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Fotografía 3-1 Infraestructura cercana al sitio S0114 (Sitio 14)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.3.2 Focos potenciales de contaminación en el entorno del sitio

No se identificaron focos potenciales de contaminación en el entorno del sitio S0114 (Sitio 14) durante el relevamiento.

3.3.3 Fuentes potenciales de contaminación dentro del sitio

Durante la fase de relevamiento se identificó en el sitio fuentes potenciales de contaminación, las cuales se describen en el Cuadro 3-5.

Cuadro 3-5 Fuentes potenciales de contaminación en el sitio S0114 (Sitio 14)

Fuente potencial	Coordenadas UTM WGS-84		Estado	Descripción	Evidencias	Ubicación (polígono norte y sur)
	Este (m)	Norte (m)				
Sistema de tuberías que conecta los pozos DORI 05, DORI 08D, DORI 06D, DORI 09D, DORI 07D, DORI 09D, DORI 15, DORI 02 CD, DORI 03D, DORI 04D con la Batería.	307 046	9 699 639	Activos	Ver Foto 2	Relevamiento en campo, referencia de monitores ambientales.	Atraviesa el polígono norte y el polígono sur

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.3.4 Focos potenciales de contaminación dentro del sitio

Durante la fase de relevamiento dentro de la poligonal propia del sitio, realizada el día 16 de febrero de 2018, entre las 9:26 am y 11:50 am., se encontraron hallazgos de potencial afectación. Durante las labores de campo se evidenció iridiscencia de hidrocarburos en pequeñas quebradas estacionales y pequeños cuerpos de agua (empezados) producto de las precipitaciones de la zona; también se evidenciaron manchas (restos de hidrocarburos) en ciertas partes del suelo. Asimismo, en el Cuadro 3-6 se presenta estos hallazgos y se diferencia la ubicación de los focos con respecto al sitio (polígonos norte o sur).

Cuadro 3-6 Focos potenciales de contaminación en el sitio S0114 (Sitio 14)

N°	Contaminante/Evidencia	Coordenada Este (m)	Coordenada Norte (m)	Ubicación
1	Hallazgo de hidrocarburo a 20 cm (Medio: Suelo / agua subsuperficial)	366 877	9 696 358	Polígono sur
2	Signos de afectación (iridiscencia) (Medio: Agua superficial)	366 794	9 696 817	Polígono norte

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Fotografía 3-2 Evidencias de contaminación o focos asociados al sitio S0114 (Sitio 14)

	
Hallazgo de hidrocarburo a 20 cm	Signos de afectación (Iridiscencia)

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.3.5 Vías de propagación

En el Cuadro 3-7 se presenta las vías de propagación, asociadas a los focos encontrados en el sitio y en el entorno.

Cuadro 3-7 Vías de propagación en el sitio S0114 (Sitio 14)

Foco potencial de contaminación	Vías de propagación y exposición relevante	Sustancias relevantes	Receptores
Hallazgo de hidrocarburo a 20 cm.	- Suelo: contacto directo - Agua subterránea: disolución y dispersión - Agua superficial: dispersión superficial	HTP (F1, F2, F3) – BTEX – HAPs – metales	- Trabajadores y personas que circulen en el sector - Receptores ecológicos
Signos de afectación (Iridiscencia).	- Suelo: contacto directo - Agua subterránea: disolución y dispersión - Agua superficial: dispersión superficial	HTP (F1, F2, F3) – BTEX – HAPs – metales	- Trabajadores y personas que circulen en el sector - Receptores ecológicos

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.4 Fuentes de contaminación asociadas a fugas, derrames visibles, zonas de tanques de combustibles, insumos químicos, pozos, tuberías, pozas de lodos petroleros áreas de almacenamiento de sustancias, residuos y otras fuentes, productos de las actividades de hidrocarburos; e identificación de aspectos que contribuyen a la degradación ambiental.

Durante las labores en campo para el reconocimiento del sitio se identificó tuberías asociadas a la Batería Dorissa. La producción de los pozos descritos anteriormente llega a un *manifold* o colector en la batería, lo cual pasa por los equipos tratadores donde se separa el crudo, gas y agua. Parte del agua es derivada al tanque de residencia para bombearlo a los pozos de reinyección y otra parte es derivada a las pozas (API) de decantación y recuperación^x.

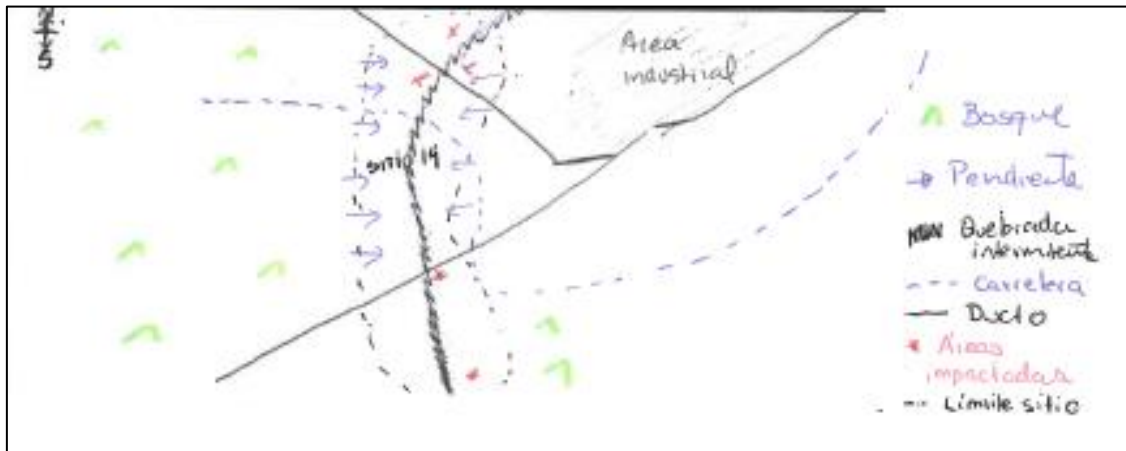
Si bien no se tiene datos de derrames históricos, se ha realizado un análisis espacial y temporal con imágenes históricas en Google Earth, más las evidencias encontradas en campo; tanto en las labores de reconocimiento como las labores de muestreo, con el fin de identificar potenciales fuentes de contaminación, diferentes a las mencionadas, en dicho análisis, se pudo encontrar evidencias de la existencia de una fosa al lado noreste del sitio

De igual forma, teniendo en cuenta las declaraciones de los monitores ambientales y los comuneros locales, se tiene conocimiento de la existencia de un derrame de la tubería que ocurrió en dos puntos, al lado norte y sur del sitio, por donde ésta lo atraviesa.

En la Figura 3-6 se presenta un croquis, realizado en la etapa de reconocimiento.

^x Informe Nro 411-2014-OEFA/DS/-HID Resumen Ejecutivo sobre la situación del lote 1AB operado por la empresa Pluspetrol Norte S.A

Figura 3-6 Croquis en la etapa de reconocimiento del sitio S0114 (Sitio 14)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.5 Método para la caracterización del sitio impactado:

3.5.1 Diseño del plan de muestreo en detalle y alcance.

La fase de caracterización del suelo en el sitio en estudio se ejecutó en dos campañas de muestreo: la primera fue llevada entre los meses de mayo a julio el 2018, y la segunda se desarrolló durante el mes de setiembre del mismo año. El diseño del plan de muestreo contempló los criterios de experto de diversos especialistas, teniendo cuenta la información recopilada durante las fases preliminares del estudio, las cuáles son descritas a continuación:

- Revisión de información preliminar del sitio: Durante esta etapa se revisó antecedentes históricos del sitio y del entorno de este, lo cual permitió identificar los primeros contaminantes de preocupación, asociados al sitio;
- Fase de reconocimiento (visita de reconocimiento) y delimitación del área de interés: Durante esta etapa, se realizó un recorrido del sitio para identificar focos y fuentes contaminación, así como la extensión de la contaminación y potenciales receptores;
- Elaboración del modelo conceptual preliminar de contaminación: En base a la fase de reconocimiento, se identificó las áreas fuente, áreas de transporte, área de validación y el área potencialmente impactada.
- Elaboración del plan de muestreo: Durante esta etapa se elaboró el plan de muestreo del sitio contemplando dos campañas de muestreo:
 - En la primera campaña de muestreo (época húmeda) se contempló la toma de muestras de suelos en el área delimitada por el modelo conceptual: área fuente, área de transporte, área de validación y el área potencialmente impactada, asimismo se contempló la toma de muestras de agua superficial y sedimentos, agua subterránea, caracterización biológica con el objeto de validar el modelo conceptual inicialmente planteado.
 - En la segunda campaña de muestreo (época seca), se realizó la toma de muestras de agua superficial, sedimentos e hidrobiología de época, asimismo, se adicionó estaciones de muestreo, donde en la campaña previa se encontraron excedencias en algunos parámetros establecidos por la legislación nacional o internacional, según sea el caso. Asimismo, en el caso de suelos, con los resultados preliminares de laboratorio (campaña previa época

húmeda) se consideró la toma de muestras adicionales sobre las muestras con excedencias que se encontraban sobre el perímetro del área delimitada por el modelo conceptual con el fin de confirmar la extensión de la contaminación y el área final impactada. En el caso de las aguas subterráneas, donde en algunos casos, se encontró excedencias a los estándares de calidad internacional (Alberta Tier I (Groundwater) Remediation Guidelines), se optó por conveniente tomar muestras adicionales de suelos al costado del piezómetro para confirmar el origen geogénico de algunos parámetros que superaron la normativa internacional para el agua subterránea, así mismo, en caso de encontrarse alguna quebrada cerca al piezómetro se optó por tomar muestras de agua superficial y sedimentos.

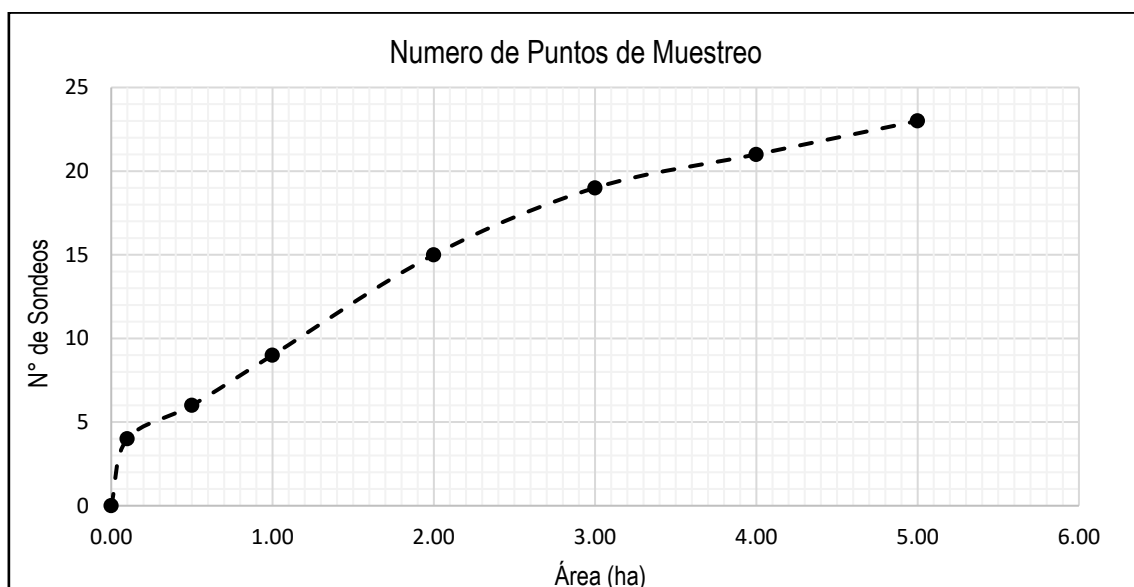
Los criterios o lineamientos para la toma de muestras en las diferentes matrices ambientales se detallan a continuación:

3.5.1.1 Muestreo de suelos

La localización, distribución y número de puntos de muestreo se estableció para el sitio S0114 (Sitio 14), siguiendo los criterios que permitan establecer una distribución representativa y enfocada en los objetivos del estudio basados en los lineamientos y recomendaciones de la Guía de Muestreo de Suelos (R. M. N° 085-2014-MINAM).

Se trató de densificar y ubicar puntos de perforación profunda en zonas bajas, donde el modelo conceptual detecta almacenamiento de contaminantes y potenciales vías de transporte hacia acuíferos. A continuación, se describen los criterios considerados para el muestreo de suelo. Para determinar el número de puntos (sondeo) de muestreo para este sitio, se utilizó la Tabla N.º 5 de la Guía de Muestreo de Suelos, lo cual permitió estimar el número total de sondeos de identificación requeridos para cada sitio de acuerdo con la superficie estimada. La siguiente figura presenta el número de puntos requeridos con relación al área.

Figura 3-7 Número de puntos de muestreo (identificación)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019. Adaptado de la Tabla N° 5 de la Guía para el Muestreo de Suelos

De lo anterior se derivan los siguientes resultados:

Cuadro 3-8 Estimación del número de sondeos de identificación por sitio: primera temporada

Sitio - Código OEFA	Área (ha)	Número de puntos de muestreo
S0114 (Sitio 14)	5,2	35

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

De igual forma se empleó la Tabla N° 6 de la Guía de Muestreo de Suelos, para la estimación del número de sondeos de detalle, tomando como base el número de muestreos de Identificación (calculado anteriormente) respecto al área del sitio; en algunos casos se tuvo que realizar una interpolación para determinar la cantidad de sondeos que no estaban plasmadas específicamente en dicha tabla.

Figura 3-8 Número de puntos de muestreo (caracterización)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019. Adaptado de la Tabla N°6 de la Guía para el Muestreo de Suelos

El Cuadro 3-9 presenta la comparación de los resultados, a su vez presenta los números de sondeos empleados finalmente acompañados de las consideraciones técnicas para cada sitio.

Cuadro 3-9 Cálculo del número de sondeos total

Código OEFA	Área (ha)	Número sondeos según área (Total)	Número sondeos a detalle	Número sondeos real	Consideraciones Técnicas
S0114 (Sitio 14)	5,2	35	66	49	Se tomó en consideración los estándares establecidos por la Guía para el Muestreo de Suelos, sin embargo, se mantuvo por debajo del muestreo de detalle ya que el número planteado se consideró suficiente e ideal para dar profundidad máxima y media según las necesidades dentro del polígono y por consiguiente lograr los objetivos propuestos.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019. Adaptado de la Tabla N.° 5 de la Guía para el Muestreo de Suelos

En la primera campaña de muestreo, para la determinación de la distribución espacial, se ubicaron puntos de muestreo en el **Área de Potencial Interés** (API) determinada en el modelo conceptual inicial, en el cual se consideró relieve, topografía del terreno, dirección de flujo, los cuerpos de agua (lénticos y lóticos) y en la posible ruta de transporte del contaminante, así como la ubicación de las posibles fuentes de contaminación. Se estudiaron adicionalmente, las áreas fuente de manera confirmatoria, realizando sondeos manuales (barreno). Adicionalmente, se planteó la captación de muestras en las áreas de validación (áreas con potencial afectación, inferidas por las hipótesis de migración de contaminantes, pero que requieren conformación en campo), lo cual permitió conocer si la distribución del contaminante se extiende o por el contrario se acumula en el área potencialmente impactada. Así mismo, se dispuso sondeos en el perímetro del sitio impactado a fin de determinar la extensión del área contaminada.

De la misma forma, en la segunda campaña de muestreo, se adicionó sondeos adicionales en las áreas límites del polígono donde se encontró excedencias de algún contaminante de preocupación, asimismo se realizaron sondeos adicionales (mediante barreno) al costado de los piezómetros, para determinar el origen de las excedencias encontradas en los piezómetros. Ver Cuadro 3-10.

Cuadro 3-10 Sondeos complementarios

Código OEFA	Área (ha)	Número sondeos adicionales (Total)	Consideraciones Técnicas
S0114 (Sitio 14)	5,2	4	Sondeo complementario para evaluar la extensión del polígono.
S0114 (Sitio 14)	5,2	8	Sondeo complementario para evaluar las excedencias en los piezómetros.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Las técnicas de muestreo de suelo fueron:

- Sondeos manuales superficiales (de 1,2 a 2,0 metros de acuerdo con la temporada);
- Sondeos a profundidad, las cuales en algunos casos superó los 7 metros en zonas donde se evidenció presencia de contaminantes o subsuelo contaminado, o lecturas de COV obtenidas en la prueba *head space* con el *PID* (*Photoionization detector*).

De acuerdo con los parámetros solicitados en los términos de referencia, se consideró como mínimo los siguientes: Fracción menor de 2 mm, Metales Pesados y Metaloides, TCLP, BTEX, Hidrocarburos F1, F2, F3 y HAP's. Asimismo se consideró ensayos adicionales de MEH (Material Extractable del Hexano), en aquellas muestras que excedieron las fracciones F2 y F3; Ba Extraíble y Ba Real, en aquellas muestras que excedieron los valores de Ba y TCLP (ensayos de lixiviación), en aquellas muestras que superaron los valores de metales.

3.5.1.2 Muestreo de agua subterránea

La toma de muestras de agua subterránea se realizó en dos temporadas (época húmeda y época seca), previo purgado de los pozos y medición del nivel freático, y enfocada en los objetivos del estudio basados en los lineamientos y recomendaciones del Manual de Buenas Prácticas en la investigación de Sitios Contaminados Muestreo de Aguas Subterránea (MINAM 2016).

La ubicación de los pozos para la captación de muestras de agua subterránea se determinó de acuerdo con dos criterios bien definidos: (1) los resultados del análisis de los levantamientos geofísicos, por medio de Tomografía Eléctrica y (2) ubicación espacial con respecto al sitio para determinar el flujo de contaminación: aguas arriba y aguas abajo del sitio.

Las muestras de agua subterránea fueron obtenidas de los piezómetros a una profundidad no mayor de 2 m.

De acuerdo con los parámetros solicitados en los términos de referencia, se consideró como mínimo los siguientes: Metales Pesados y Metaloides, BTEX, Hidrocarburos Totales (TPH), Cloruros, PCB's y HAP's.

3.5.1.3 Muestreo de agua superficial

El muestreo de agua superficial, se realizó igualmente en dos temporadas: para la determinación de los puntos de muestreo de agua superficial en la primera campaña de muestreo se consideró los siguientes criterios: (1) ubicación espacial con respecto al sitio: aguas arriba y aguas abajo (2) puntos de muestreo históricos y (3) accesibilidad y representatividad; en el caso de la segunda campaña de muestreo, se consideró dos criterios adicionales (4) con los resultados de las excedencias encontradas en la primera campaña, se tomaron puntos adicionales aguas arriba y aguas abajo del punto excedente y (5) puntos adicionales en las inmediaciones a los piezómetros, para investigar las excedencias encontradas en éstos en la época seca, estos criterios permiten establecer una distribución representativa y enfocada en los objetivos del estudio basados en los lineamientos y recomendaciones del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (R.J. N.º 010-2016-ANA).

Se tomó en cuenta los siguientes parámetros de campo: T°, conductividad, oxígeno disuelto, turbidez, potencial redox, pH y a los contaminantes de preocupación relacionados con la contaminación por actividades de la industria petrolera, los ensayos realizados fueron: BTEX, HTP totales, HAP's, metales totales, aceites y grasas.

3.5.1.4 Muestreo de sedimentos

El muestreo de sedimentos se realizó igualmente en dos temporadas de muestreo. Los criterios considerados fueron los mismos que en el caso de agua superficial, y siguiendo los lineamientos de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) así como la normativa canadiense – CEQG (Guías de Calidad Ambiental de Canadá: *Sedimentos para Agua Dulce (Sediment for Freshwater)).

De acuerdo con los términos de referencia, se realizó un análisis de los siguientes parámetros: Fracción menor de 2 mm, Metales Pesados y Metaloides, BTEX, Hidrocarburos F2, F3 y HAP's.

3.5.1.5 Caracterización biológica

En el área del sitio, se estableció un número determinado de unidades muestrales (transectos) sobre los cuales se realizó la evaluación de fauna y flora (vegetación, aves, considerando los siguientes componentes:

- Vegetación
- Aves
- Mamíferos mayores y menores
- Reptiles

Hidrobiología y necton. La descripción de la metodología se encuentra descrita en el punto 3.5.2.5.

3.5.2 Descripción del trabajo en campo.

3.5.2.1 Muestreo de suelos

La obtención de muestras de suelo se realizó utilizando métodos de perforación en seco. Los mismos varían dependiendo de la profundidad, del tipo de suelo a perforar y de las dificultades de ingreso de personal y equipos. En este sentido, se presentan los diferentes equipos de muestreo utilizados en la fase de campo:

- **Sondeo manual:** Los sondeos manuales se utilizaron para obtener muestras de suelo perturbadas hasta profundidades de 1,2 m para la época húmeda y de hasta de 2 m. en la época seca. Las perforaciones en el sitio S0114 (Sitio 14) se realizaron hasta alcanzar la profundidad de 1,20 mbns y sirvieron básicamente para delimitar la extensión horizontal de la afectación. En el Anexo 6.5 se presenta la Documentación del muestreo de detalle y en el Anexo 6.7 se muestra la Memoria fotográfica del sitio y de los trabajos efectuados (caracterización).

Fotografía 3-3 Muestreo de suelos con barreno manual - sitio S0114 (Sitio 14)

	
Perforación utilizando barreno manual	Muestra extraída con barreno manual

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- **Sondeos con equipo:** El método sondeos con equipos permite obtener una muestra de suelo representativa. Operativamente, el método sondeos con equipos consiste en la hincia de un toma-muestras normalizado, mediante la caída de una masa de 63,5 kg de peso desde una altura de 76 cm.

Para efectuar la prueba el muestreador se enrosca al extremo de la tubería de perforación y se baja hasta la profundidad requerida. Las ventajas que ofrece este sistema son: (i) permite la realización de sondeos en puntos de difícil acceso debido al escaso volumen que la maquinaria ocupa y a la facilidad de manejo del conjunto de percusión y extracción, (ii) es un método fiable para la realización de sondeos en zonas no saturadas, (iii) no requiere desplazamientos costosos de maquinaria pesada. Se utilizará la normativa ASTM D-1586.

Se dispone de un (1) equipo provisto de un trípode y un motor para lograr la profundidad deseada y recuperación de muestras semi alteradas con cuchara partida (Split Spoon Sampler). Los sondeos con equipo se realizaron a una profundidad promedio de 3 a 7 mbns. Este método fue utilizado mayormente para delimitar verticalmente la afectación. En el Anexo 6.5 se presenta la Documentación del muestreo de detalle y en el Anexo 6.7 se muestra la Memoria fotográfica del sitio y de los trabajos efectuados (caracterización).

• Medición de COV's:

Para realizar el registro de la concentración de COV en las muestras de suelo recolectadas, se usó un fotoionizador (PID), calibrado y verificado con isobutileno, que permitió obtener mediciones hasta 10 000 ppm (1 %), con una aproximación de 0,1 ppm. Se determinó la presencia de compuestos orgánicos volátiles con lecturas de acuerdo con el siguiente cuadro:

Cuadro 3-11 Rango de lectura de COV's

Intervalo profundidad (m)	Número de Lecturas de PID por estrato	Observaciones
0,0 - 0,5	1	El número de mediciones de COV con el PID se ajustó en campo de acuerdo con las evidencias encontradas <i>in situ</i> .
0,5 - 1	1	
1 - 5	1	
5 - 6	N (se determinó en campo)	

N: Número variable de acuerdo a consideraciones en campo.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

En el Anexo 6.5 se presenta la Documentación del muestreo de detalle y en el Anexo 6.7 se muestra la Memoria fotográfica del sitio y de los trabajos efectuados (caracterización).

Fotografía 3-4 Muestreo de suelos con equipo - sitio S0114 (Sitio 14)

	
Sondeos con equipo	Muestra extraída a través el método de sondeos con equipo

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

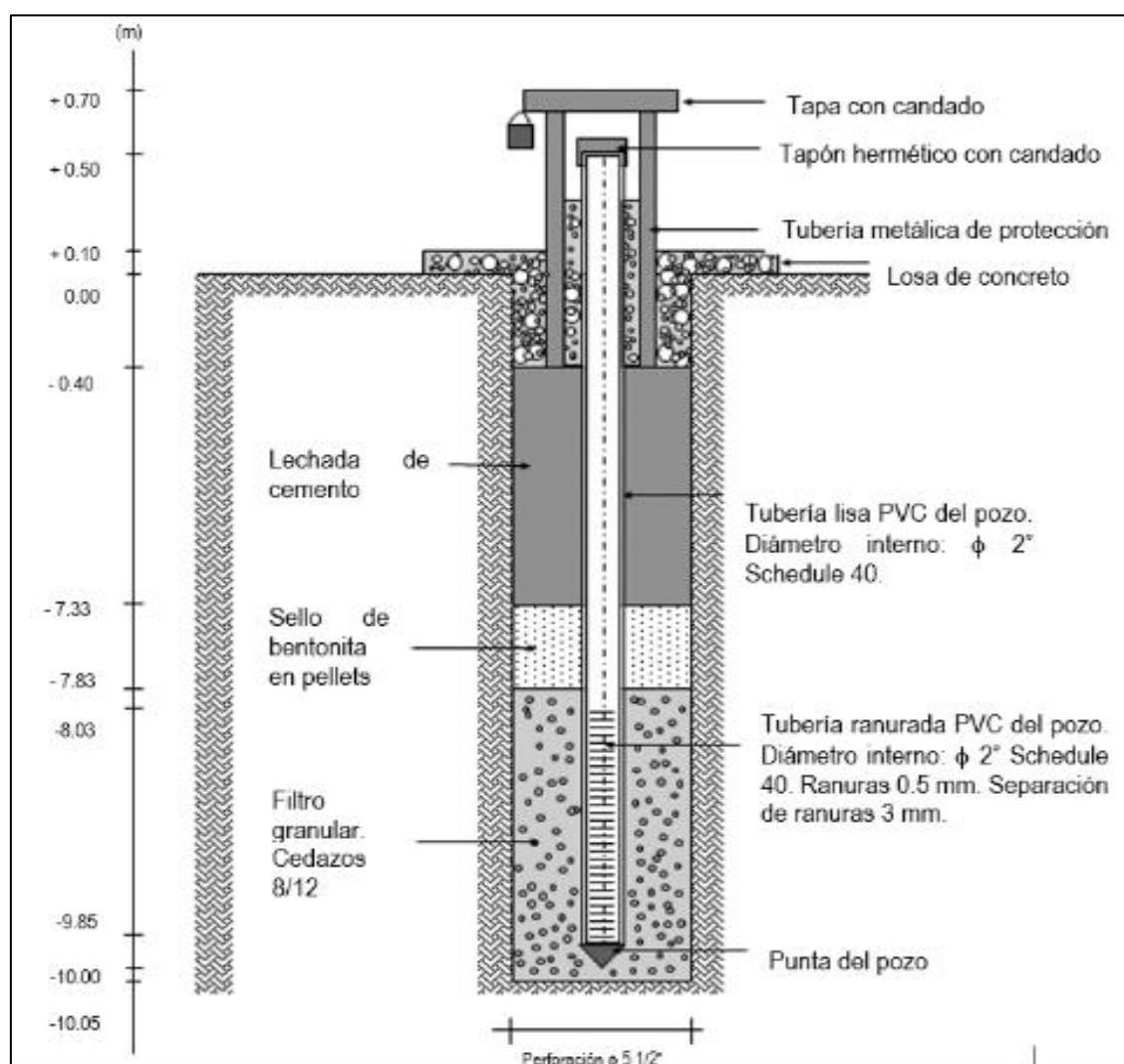
3.5.2.2 Muestreo de aguas subterráneas

El muestreo de agua subterránea contempló las siguientes actividades:

- **Construcción de piezómetros:** Los piezómetros fueron contruidos con barreno manual, usando una cuchara cerrada o abierta (tipo holandés) de 4".

Durante el proceso sondeo manual, se realizó la descripción litología de los tramos en los que se vayan recuperando muestras. Cuando se encontró el nivel freático, se realizó una limpieza del pozo (retirando el agua en la perforación) para facilitar la perforación e instalación del piezómetro. En la Figura 3-9 se describe los detalles constructivos que siguieron los piezómetros de monitoreo y las especificaciones de los materiales.

Figura 3-9 Detalles constructivos típicos de terminación de pozos



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

A continuación, se presenta el proceso de construcción de los piezómetros de monitoreo realizados en campo durante sus diferentes fases de construcción.

En el Anexo 6.5 se presenta la Documentación del muestreo de detalle y en el Anexo 6.7 se muestra la Memoria fotográfica del sitio y de los trabajos efectuados (caracterización).

Fotografía 3-5 Construcción de piezómetros - sitio S0114 (Sitio 14)

	
Sondeo manual para la construcción de piezómetros	Descripción de los estratos previo a la instalación del piezómetro
	
Instalación del piezómetro	Piezómetro construido.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- **Desarrollo del piezómetro (purga) y monitoreo de agua subterránea:** Con el objeto de asegurar que el agua captada por cada pozo sea representativa, se procedió a realizar la limpieza y desarrollo del pozo, esta labor se ejecutó mediante achicamiento y/o baldeo con el uso de bailers. En el Anexo 6.5 Documentación de muestreo de detalle se presenta los registros de purga de los piezómetros.

Fotografía 3-6 Desarrollo de piezómetros - sitio S0114 (Sitio 14)

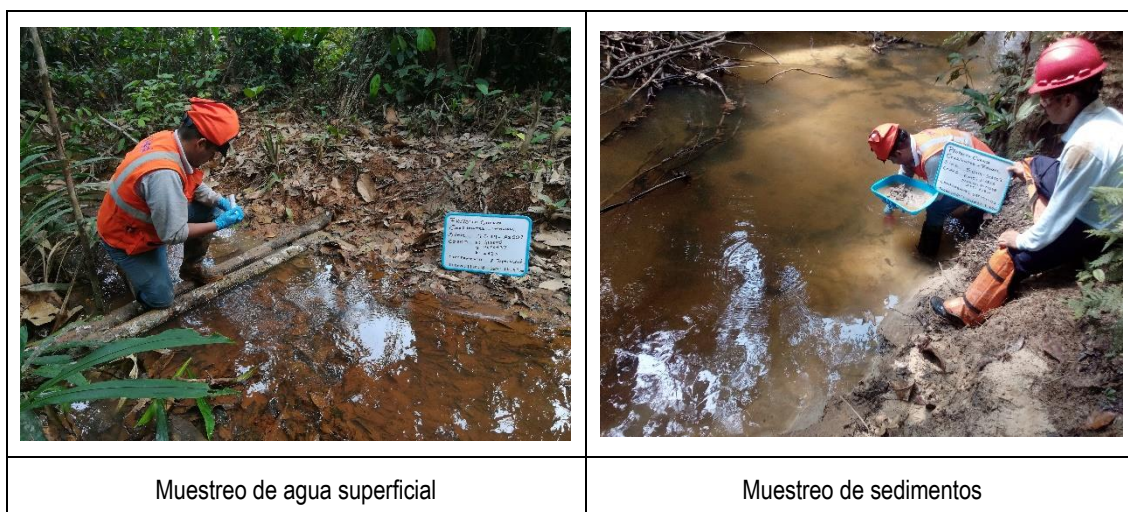
	
Medición del nivel freático en el piezómetro	Purgado del piezómetro
	
Medición de parámetros <i>in situ</i>	Muestreo de agua subterránea

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.5.2.3 Muestreo de agua superficial y sedimentos

La toma de muestra de agua se realizó con toma directa, buscando el flujo representativo del cuerpo de agua en el sitio. Las muestras de agua de ríos y de arroyos se extrajeron de preferencia de la zona central del río o de una zona donde fluya el agua. Para el muestreo de sedimentos acuáticos se utilizó tanto palas de mano como bandejas de acero inoxidable y/o plástico. En el Anexo 6.5 Documentación de muestreo de detalle, se presenta las planillas de campo de agua superficial y sedimentos.

Fotografía 3-7 Muestreo de agua superficial y sedimentos - sitio S0114 (Sitio 14)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.5.2.4 Tomografía eléctrica (Geofísica)

La extensión en el subsuelo de los materiales contaminantes no es posible conocerla sin que se realice una prospección para delimitar su extensión y su profundidad, lo cual puede hacerse por métodos directos (perforaciones o sondeos), por métodos indirectos (prospección geofísica) o mixtos.

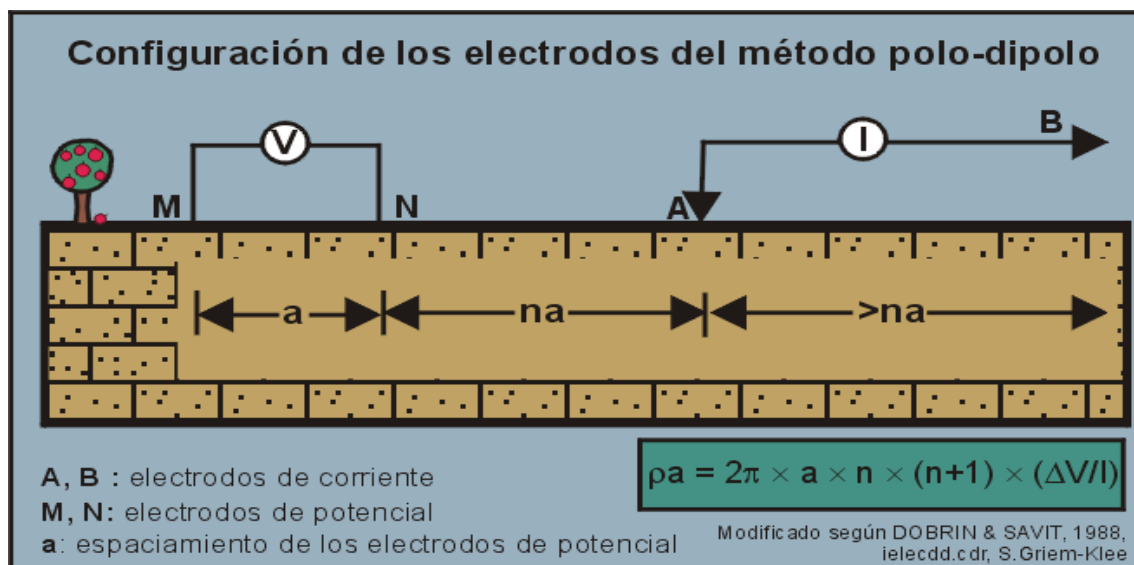
Todas las técnicas geofísicas intentan distinguir o reconocer la litología geológica que se encuentran en profundidad mediante algún parámetro físico, así por ejemplo en el método de los perfiles de tomografía eléctrica (ERT) son, actualmente, los más utilizados dentro de la prospección eléctrica.

Estos miden las variaciones del parámetro físico de la resistividad eléctrica de los materiales del subsuelo y aportan una imagen en profundidad de las capas que presentan diferente comportamiento eléctrico. Las secciones de resistividad eléctrica obtenidas se correlacionan con la información geológica o geofísica de la zona aportando información detallada del subsuelo terrestre. Estimando así una textura más o menos alterada o más o menos porosa y el contenido de fluidos de sus poros condicionan la concentración y movilidad de iones, movilidad que es inversa a la resistividad, es decir, mayor conductividad.

Las configuraciones tradicionales de los perfiles de tomografía eléctrica (ERT) utilizan cuatro electrodos. A través de dos de ellos se inyecta una corriente eléctrica en el terreno y con los otros dos se mide la diferencia de potencial. A partir de los valores de corriente y de diferencia de potencial medidos se puede obtener la distribución de la resistividad eléctrica del subsuelo, propiedad física de la materia que determina la dificultad que presenta la corriente eléctrica en traspasar un material.

En el Anexo 6.5 se presenta la Documentación del muestreo de detalle y en el Anexo 6.7 se muestra la Memoria fotográfica del sitio y de los trabajos efectuados (caracterización).

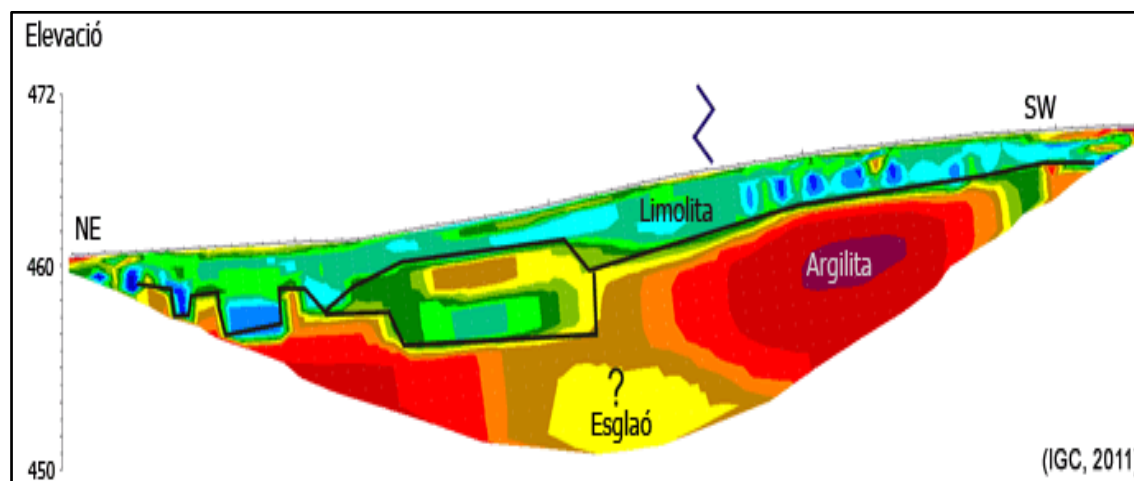
Figura 3-10 Configuración de los electrodos del arreglo polo-dipolo



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

La técnica ERT utiliza los valores de resistividad aparente medidos en superficie para generar imágenes denominadas pseudosecciones, las cuales son necesarias para resolver el problema inverso y obtener un modelo del subsuelo.

Figura 3-11 Modelo de resistividad eléctrica del subsuelo en una tomografía eléctrica



Fuente: IGC, 2011.

Entre los objetivos de la tomografía eléctrica tenemos el de identificar la ubicación de las zonas favorable para perforación e instalación de los piezómetros y estimar la profundidad de la capa impermeable.

En el Anexo 6.5 Documentación de muestreo de detalle, se presenta las planillas de campo de agua superficial y sedimentos.

Fotografía 3-8 Tomografía - sitio S0114 (Sitio 14)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.5.2.5 Caracterización biológica

• Etapa pre-campo

La etapa pre-campo se inició con la determinación de los transectos de evaluación en el área de estudio, así como de la cartografía existente. El conocimiento del área de estudio fue un factor relevante en el diseño de muestreo, pues se escogieron los lugares más adecuados para realizar la evaluación.

Según la información obtenida en la primera fase desarrollada en gabinete, se identificaron tres (3) formaciones vegetales: Las principales unidades de vegetación encontradas fueron: Bosque de terraza inundable (Bt-i), Bosque de colinas bajas (Bcb) y áreas intervenidas (Botaderos) de origen. Cada una de estas formaciones corresponde a una unidad de vegetación y, en todas ellas se establecieron las estaciones muestrales para la evaluación biológica.

En el área del Proyecto se establecieron treinta y cinco (35) EM durante la primera temporada. Cada estación de muestreo presentó un número determinado de unidades muestrales (transectos). Respecto a la unidad muestral (esfuerzo de muestreo) considerada, ésta fue de 1 transecto de evaluación para fauna y un transecto de evaluación para flora.

En el Anexo 6.5 Documentación de muestreo de detalle, se presenta los registros de muestreo de flora y fauna.

• Etapa de campo

Las evaluaciones se realizaron en los transectos de evaluación correspondientes a las unidades de vegetación identificadas, focalizando las zonas con características óptimas para la presencia de especies susceptibles a uso. En cada estación de muestreo se tomaron datos de la ubicación geográfica (coordenadas) mediante el sistema de posicionamiento global (GPS) en unidades UTM (WGS 84), elevación, vegetación dominante y se hizo un registro fotográfico de los paisajes que

constituyeron el área predominante de estudio, y de la flora y fauna presentes en ellos. La metodología de estudio se describe en el siguiente acápite.

A. Vegetación

Las metodologías consideradas fueron:

- Aleatorio estratificado: Este tipo de muestreo requiere de la estratificación del área a evaluar y en donde la selección de las muestras es aleatoria, pero solo al interior de cada estrato o unidad de vegetación.^y
- Determinación de la localización de especies específicas: La búsqueda intensiva de especies susceptibles a ser utilizadas, tanto por pobladores humanos como por fauna silvestre, se realizará en recorridos circundantes a los puntos de referencia, dentro de un aproximado de 100 metros de radio.^z

B. Mamíferos

La metodología considerada, consistió en la siguiente:

Para la evaluación de los mamíferos, se tomaron 4 transectos de muestreo distribuidas en las dos zonas de estudio.

Registros directos: El registro directo de mamíferos fue realizado a través de avistamientos, el cual no implican la captura de animales y consiste en la observación de individuos durante el recorrido de las zonas evaluadas.

Mamíferos menores terrestres: No se incluyó este subcomponente, de acuerdo con la baja densidad y probabilidad de endemismo y conservación de estos organismos.

Los mamíferos menores terrestres agrupan generalmente a diferentes taxones de mamíferos no voladores que poseen un peso aproximado menor a 1 kg en su etapa adulta (Barnett y Dutton, 1995). Incluye a los roedores, marsupiales y lagomorfos (Pacheco et al., 2009).

Mamíferos mayores: El registro se realizó utilizando Censos por transecto lineal, recorridos diarios de ida y vuelta de aproximadamente, 200 m en cada estación de muestreo a distintas horas del día durante la mayor actividad de las especies. Los censos se realizaron entre las 07:00 y las 16:00 horas. El esfuerzo total de muestreo fue de 7 km en la primera temporada. En los recorridos se buscaron evidencias directas (observaciones y vocalizaciones) e indirectas (huellas, heces, comederos, pelos, madrigueras, restos óseos, etc.) de la presencia de mamíferos mayores. Todas las evidencias fueron fotografiadas. Los puntos de inicio y final del recorrido de búsqueda fueron georreferenciados. En el caso del registro de evidencias directas, se tomó información sobre la especie, número de individuos, sexo y edad (en lo posible), fecha, hora de avistamiento, localización geográfica (UTM), distancia al observador y características del hábitat.

Los mamíferos mayores son animales terrestres de comportamiento tímido, presentes en baja densidad y por lo general se desplazan de forma solitaria o en grupos reducidos (Tellería, 1986).

Registros indirectos: Registrando las ocurrencias por medio de fotografías y observaciones, las cuales proporcionan la evidencia de la presencia e incluso identidad, así como patrones de actividad de muchas especies. (Tobler et al. 2008). Esta metodología se centra en especies que puedan ser identificadas sin ser evidenciadas directamente. Los rastros se registraron a lo largo de los mismos transectos que se utilizan para las observaciones directas y corresponden a

^y Guía de Inventario de Flora y Vegetación (MINAM, 2015)

^z Guía de Inventario de Flora y Vegetación (MINAM, 2015)

cualquier evidencia de actividad que pudiera identificarse con certeza y cuyo registro demuestre la presencia de estas especies de la zona de estudio en forma regular como: huellas, comederos, bañaderos, olores, heces, pelos, excavaciones, madrigueras y otros rastros que son característicos y reconocidas por los pobladores locales (Rumiz et al., 1998).

Entrevistas No Estructuradas: A fin de complementar la información obtenida en campo durante la evaluación de las estaciones de muestreo, haciendo uso de guías ilustradas de los Mamíferos Mayores reportados para la región, se realizó Entrevistas No Estructuradas a algunos pobladores de comunidades locales. Al respecto se recabo información sobre la presencia/ausencia de las especies observadas en las guías ilustradas, la abundancia de la especie en el ámbito territorial evaluado, y el uso que los pobladores de las diferentes locaciones aplican a las especies reportadas.

C. Aves

Transectos en franja: En este tipo de transecto se registra todas las aves dentro del área establecida por la longitud y el ancho, predeterminados antes de la evaluación. El ancho varía entre 10 y 20 m de amplitud (dependiendo de la visibilidad del hábitat), teniendo en cuenta que la distancia perpendicular del transecto al ave debe ser igual o menor al ancho (Bibby et al., 1999).

D. Reptiles

Transectos de banda fija: Cada unidad de muestreo puede presentar áreas de 50 metros de largo por dos metros de ancho en zonas agrestes y de poco acceso, hasta 100 metros de largo y dos metros de ancho en zonas abiertas y accesibles. Los transectos son idealmente rectos, y el tiempo de muestreo oscila entre 30 a 45 minutos (horas/hombre). Mediante esta técnica se realizan recorridos efectuando búsquedas minuciosas a una velocidad constante contabilizan los anfibios y reptiles registrados en forma visual y auditiva (Jaeger, 2001; Icochea et al., 2001). Se debe evitar evaluar caminos o trochas que estén siendo utilizadas por personas, porque los resultados pudieran estar influenciados por este factor (MINAM, 2015).

E. Hidrobiología y Necton

La metodología de evaluación del componente hidrobiológico se realizó de acuerdo con la taxa determinada:

- **Fitoplancton:** El fitoplancton fue colectado directamente en un frasco de polietileno de 500 ml. Todos los datos se registraron en la Ficha de Datos de Campo de Hidrobiología. Las muestras fueron inmediatamente almacenadas en frascos de plástico, etiquetados y fijados con formol al 5 % para su posterior separación e identificación de los organismos. (MINAM, 2014)^{aa}.
- **Zooplancton:** El zooplancton fue colectado mediante un arrastre de red planctónica en la superficie de agua a través de una red cónica de 20 micras de abertura de malla. Todos los datos se registraron en la Ficha de Datos de Campo de Hidrobiología. Las muestras fueron inmediatamente almacenadas en frascos de plástico, etiquetados y fijados con formol al 5 % para su posterior separación e identificación de los organismos. (MINAM, 2014).
- **Bentos:** Los organismos del fondo fueron colectados y filtrados en una red Surber de 900 cm² de abertura de malla con 500 micras de tamaño de malla, maniobrada por el personal especialista. Todos los datos se registraron en la Ficha de Datos de Campo de Hidrobiología. Las muestras fueron colocadas en frascos de boca ancha de 500 ml debidamente etiquetados.

^{aa} Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú.

por punto de muestreo y transecto y fijadas con alcohol al 70 % para su posterior separación e identificación de los organismos. (MINAM, 2014).

- **Perifiton:** Se realizó un raspado en piedras o sustratos blandos sobre un área de 25 cm² hasta 100 cm². Todos los datos se registraron en la Ficha de Datos de Campo de Hidrobiología. Las muestras fueron colocadas en frascos de 250 ml y fijadas con 0,5 a 1 ml de Lugol, agitándolas por unos minutos, para finalmente preservarlas en formalina al 5 %. (MINAM, 2014).
- **Necton:** Para el muestreo se empleó una atarraya de 2 brazas, una red de arrastre (5 m x 2 m; 10 m x 2 m y abertura de malla de 1 cm) y una red de espera con tamaño de malla 2" 50 m x 3 m. Las muestras colectadas fueron fotografiadas en fresco, utilizando acuarios o directamente sobre una superficie plana con una escala de medida como referencia. Luego, dependiendo de los objetivos, fueron identificadas, o se contaron, se midieron y pesaron. Todos los datos se registraron en la Ficha de Datos de Campo de Hidrobiología. (MINAM, 2014).

Para muestras de las cuales se extrajo tejido para análisis de metales pesados, se tomaron solamente muestras de peces > 200 gr peso (idealmente 1 kg aproximado de muestra por estación), los cuales fueron lavados con agua destilada, colocados en bolsas con cierre hermético (tipo "ziploc") y rotuladas por estación de muestreo y separadas independientemente por especie, debiendo ser inmediatamente refrigerados para su posterior un análisis en laboratorio; otra parte de la muestra eventualmente fue devuelta al natural. (MINAM, 2014).

Ver Anexo 6.4 Mapa 6.4.5: Mapa de ubicación de puntos de muestreo de biología e hidrobiología del sitio S0114 (Sitio 14)-época seca.

En el Anexo 6.5 se presenta la Documentación del muestreo de detalle y en el Anexo 6.7 se muestra la Memoria fotográfica del sitio y de los trabajos efectuados (caracterización).

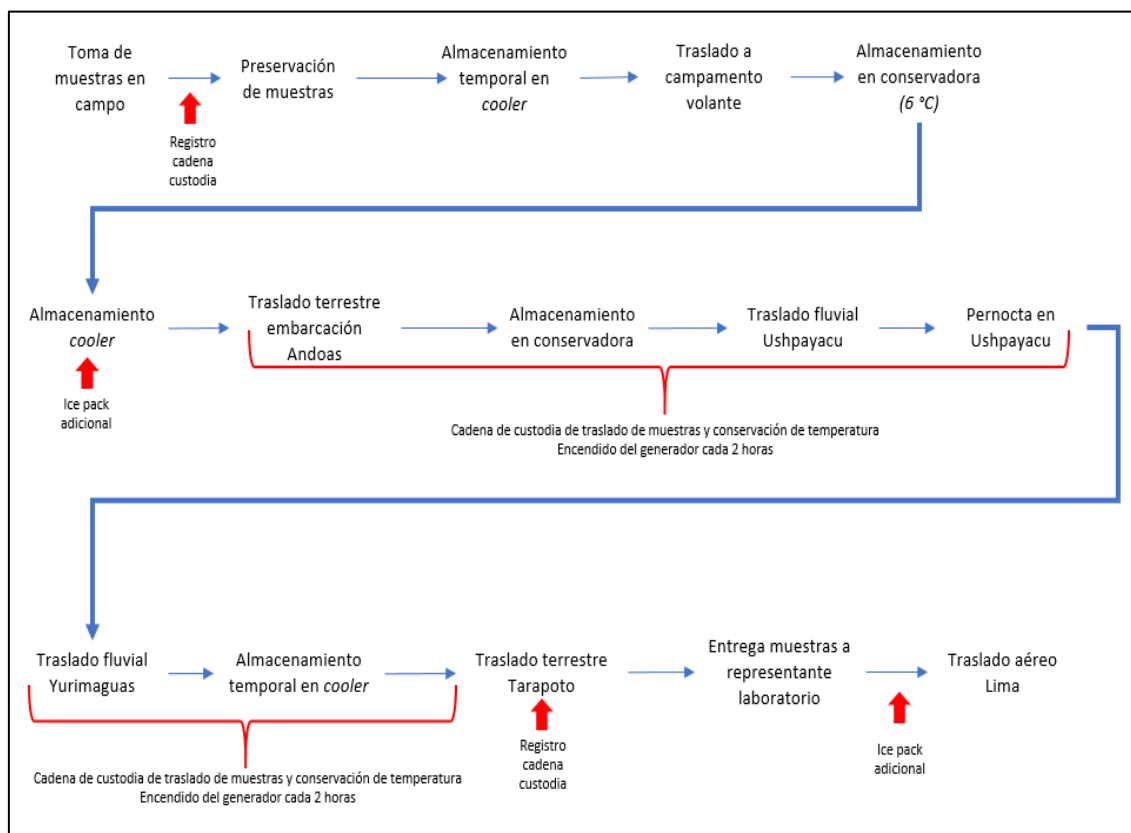
3.5.3 Materiales y aspectos logísticos.

El ingreso de materiales a la zona de estudio fue por vía fluvial en embarcaciones apropiadas de acuerdo con la carga requerida, siguiendo la ruta Yurimaguas- Comunidad Nativa Nuevo Andoas y/o Nauta- Comunidad Nativa Nuevo Andoas. Para la etapa de campo, tanto en época húmeda y seca, se programó primero el ingreso de una brigada de avanzada (social y logística), que estableciera los primeros contactos con las comunidades, contratos del personal o mano de obra local, permisos de ingreso a la zona y lugares de alimentación/hospedaje o lugares de montaje de campamentos volantes. Una segunda brigada técnica, conformada por el grupo de muestreo de suelos, aguas y biología, hizo su ingreso posterior.

Ya durante la ejecución de los trabajos de campo, se programó de (5) a seis (6) ingresos para trasladar las muestras para los análisis laboratorio, para ser trasladados vía terrestre hasta Comunidad Nativa Nuevo Andoas, de allí por vía fluvial hasta Ushpayacu y de allí a Yurimaguas para finalmente ser trasladadas por vía terrestre hasta Tarapoto donde finalmente serán enviadas por vía aérea hasta Lima. El traslado vía fluvial tiene un tiempo de duración de dos (2) días. En esta se llevará una conservadora, más material suficiente que permitan mantener la temperatura hasta el punto de entrega al laboratorio en Tarapoto, donde este será el encargado de preservar la temperatura de las muestras hasta su llegada al laboratorio en Lima.

Durante los trabajos de campo, se procedió siguiendo altos estándares de seguridad y salud en el trabajo, asimismo los materiales contaron con sus respectivas hojas MSDS.

Figura 3-12 Diagrama de traslado de muestras y conservación de temperatura



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.5.4 Custodia y procedimientos de aseguramiento de la calidad de los resultados, aplicando las guías, protocolos emitidos por las autoridades respectivas.

Durante toda la etapa de diseño del plan de muestreo, así como en la fase de levantamiento de campo y procesamiento de la información se tomó en cuenta los procedimientos aprobados por el laboratorio, para el adecuado control y aseguramiento de la calidad de las muestras, dentro de las cuales se tomó en cuenta:

A. Laboratorios acreditados

La Guía de Muestreos de Suelos, exige que las muestras a ser tomadas en campo sean analizadas por un Laboratorio acreditado en INDECOPI, asimismo las muestras duplicadas.

En el Anexo 6.10 Informes de ensayos de laboratorio se muestra las acreditaciones de los laboratorios de AGQ y SGS.

B. Acompañamiento de las muestras

En todo momento durante la toma de muestras y el traslado de estas, las muestras fueron acompañadas por un monitor ambiental de la cuenca (uno por cada comunidad) y un responsable de laboratorio, desde el lugar de toma de las muestras hasta el Laboratorio AGQ (Lima), asegurándose del correcto traslado de las mismas, control de la temperatura, así como custodia de estas. A continuación, se presenta algunas actas de acompañamiento de las muestras:

Figura 3-13 Acta de conformidad del traslado de muestras

Lima, 09 de julio del 2018

Acta de Conformidad del Traslado de Muestras

Por medio de la presente, yo, Roberto Sandi Maynas, con DNI 44054470, doy conformidad al proceso de traslado de las muestras del " Servicio de Consultoría para elaborar los Planes de Rehabilitación de 13 Sitios Impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes", desde los 4 sitios evaluados (puntos 113,114,115,116), ubicados en la CC.NN Nueva Jerusalén , Distrito de Trompeteros, Provincia y Departamento de Loreto hasta el Laboratorio AGQ, ubicado en el Distrito de la Perla, Provincia Constitucional del Callao y Departamento de Lima.

El procedimiento se llevó a cabo siguiendo una cadena de frío, y además se hicieron controles de temperatura durante el traslado respectivo.


 Nella Arrieta
 JCI


 Roberto Sandi Maynas
 DNI 44054470

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

C. Cadena de custodias

Las muestras tomadas en campo fueron adecuadamente rotuladas, y se llenó la cadena que contenía la siguiente información:

- El número de cadena de custodia proporcionada por el laboratorio acreditado
- El nombre de la empresa y responsable de muestreo
- Los datos de identificación del sitio (coordenadas UTM)
- La fecha y hora del muestreo
- Las claves de las muestras
- Nombre del laboratorio que recibe las muestras
- Los análisis o la determinación requerida
- El número de envases
- Identificación de las personas que entregan y reciben en cada una de las etapas de transporte, incluyendo fecha y hora
- Observaciones

La cadena de custodia en original deberá acompañar a las muestras desde su obtención hasta el ingreso al laboratorio. El laboratorio deberá incluir una copia de esta cadena de custodia con los resultados del análisis.

En el Anexo 6.10 Informes de ensayos de laboratorio se muestran las cadenas de custodia de las muestras monitoreadas.

D. Muestras control

En el Anexo 6.10 Informes de ensayos de laboratorio se muestran los resultados de las muestras de control.

- **La muestra blanco de transporte (MBT)**

La muestra blanco de laboratorio es una muestra que se prepara en el laboratorio, viaja con el resto de los envases destinados a la toma de muestras al campo y luego regresa al laboratorio. Por medio de esta muestra se evalúa si ocurrió algo anormal durante el transporte y almacenamiento de las muestras, en el campo o en el laboratorio. El número de muestras será de una por *cooler*. Se mantendrá cerrada todo el viaje y junto al resto de muestras captadas en el campo. Esta muestra será considerada para la matriz agua.

- **La muestra blanco de campo (MBC)**

Es una muestra de agua de-ionizada captada en el campo antes de comenzar las labores de muestreo, se mantendrá abierta junto con el resto de las muestras captadas en el campo y servirá para detectar si algún compuesto fue introducido durante la toma, transporte o almacenamiento de la muestra. Esta muestra será considerada para la matriz agua.

- **La muestra blanco de equipos (MBE)**

Es una muestra de agua destilada que se toma luego del lavado de los equipos de muestreo de suelos (cuchara muestreadora) para verificar si se realizó correctamente. Esta muestra será considerada para la matriz suelo.

- **La muestra duplicada de campo (MDuC)**

Será captada de una misma muestra-matriz y enviada al laboratorio. El objeto de ésta es conocer la consistencia de resultados del laboratorio. Esta muestra será considerada para la matriz suelos. De acuerdo a reuniones técnicas entre FONAM, TEMA, se acordó duplicar el 5 % del total de muestras.

El control de calidad analítico de las muestras se realizó con la captación y análisis de contramuestras en otro laboratorio acreditado, en este caso SGS.

Para el control analítico de los ensayos de laboratorio, para el sitio impactado S0114 (Sitio 14) se tomó un total de 7 muestras, distribuidas espacialmente en diferentes ubicaciones y a diferentes profundidades.

A los resultados obtenidos, por cada punto de muestreo con duplicado de campo para verificación o control analítico, se efectuó un análisis estadístico básico de estos (media, desviación estándar e intervalo de variación). De dicho análisis se encontró una variabilidad esperada en las contramuestras del laboratorio SGS con relación a las muestras analizadas por el laboratorio AGQ. El promedio de las muestras se mantiene dentro del rango de variación esperado. Sólo en casos muy particulares la variabilidad es más alta de lo esperado. Sin embargo, al tratarse de un análisis estadístico sobre cada 2 muestras comunes (punto de muestreo y contramuestra), resulta complicado identificar o explicar las posibles fuentes de

variabilidad entre las muestras dado que las muestra se ubican espacialmente en diferentes lugares y a fueron a diferentes profundidades. Por ello se recurre a una comparación del promedio usando la desviación estándar como base comparativa.

De acuerdo a lo anterior, el control analítico de los análisis de las muestras resultó positivo. En el Anexo 6.10 se muestra los resultados de las muestras duplicadas de SGS, así como el análisis estadístico de las muestras.

3.6 Descripción de los resultados de campo y de laboratorio.

En la presente sección se detalla la cantidad de muestras tomadas en la etapa de campo y resultados obtenidos del análisis de laboratorio de las muestras de suelo, sedimentos, agua superficial, agua subterránea, hidrobiología, vegetación y fauna (análisis cualitativo) y peces. Los cuales fueron recolectados en la época húmeda y época seca respectivamente.

En el Anexo 6.4 se presenta los Mapas con la ubicación de los puntos de muestreo (suelo, agua, sedimentos, u otros del plan de muestreo de detalle) por época húmeda y seca, en el Anexo 6.5 se refiere a la Documentación del muestreo de detalle, el Anexo 6.7 se presenta la Memoria fotográfica del sitio y de los trabajos efectuados (caracterización), y en el Anexo 6.10 está dedicado a los informes de ensayos de laboratorio.

3.6.1 Resultados de campo (época húmeda)

Se tomaron muestras para distintos medios (suelos, sedimentos, aguas e hidrobiología), cuyas cantidades se mencionan en los siguientes acápite según corresponda. Las muestras fueron recolectadas con el trabajo conjunto de la consultora y los especialistas del laboratorio contratado y enviadas para los análisis correspondientes. En esta etapa se muestrearon: suelos (niveles de fondo (calicatas), sondeos con equipos, sondeos manuales y muestras duplicadas), sedimentos, agua superficial, agua subterránea, flora y fauna, hidrobiología y peces. También se captaron muestras duplicadas para el control de calidad de datos, estas muestras fueron enviadas al laboratorio acreditado contratado (SGS) para este fin.

3.6.1.1 Suelos

Para la toma de muestra de suelos se utilizaron dos métodos los cuales fueron explicados en acápite anteriores (3.5.2 Descripción del trabajo de campo). Como parte del muestreo de suelo se realizó la toma de muestras de niveles de fondo, así como la toma muestras duplicadas para el control de calidad analítico.

En el Anexo 6.5 se muestra las plantillas de campo, las especificaciones técnicas de los equipos, así también los certificados de calibración y las verificaciones del equipo P.I.D.

A. Sondeos manuales

Se realizaron veintiocho 28 sondeos a 1,2 metros de profundidad en esta temporada, paralelamente se realizó la medición del PID para cada muestra tomada *in situ*. Los valores registrados ayudaron al especialista a definir la toma de muestra. Las muestras fueron tomadas en ambos sitios impactados que fueron evaluados.

En el Cuadro 3-12 se muestra la ubicación de todos los puntos muestreados en al área de remediación.

Cuadro 3-12 Ubicación de sondeos manuales

Código	Profundidad de Muestreo (m)	Coordenada UTM WGS84		Fecha de Muestreo	Evidencia Física/ Organoléptica	Registro PID
		Este (m)	Norte (m)			
S0114-S001	1,2	367 062	9 696 188	2/07/2018	No	4,7
S0114-S002	1,2	366 961	9 696 176	6/07/2018	No	0,3
S0114-S003	1,2	366 974	9 696 267	2/07/2018	Si	11,3
S0114-S004	1,2	366 923	9 696 248	6/07/2018	No	0,1
S0114-S005	0,9	366 866	9 696 232	6/07/2018	Si	6,7
S0114-S006	1,2	366 866	9 696 255	6/07/2018	No	6
S0114-S007	1,2	366 828	9 696 242	6/07/2018	Si	22,2
S0114-S008	0,6	366 783	9 696 239	6/07/2018	Si	5,6
S0114-S009	1,2	366 937	9 696 314	6/07/2018	No	6
S0114-S010	0,6	366 873	9 696 331	6/07/2018	Si	16,5
S0114-S011	1,2	366 889	9 696 350	6/07/2018	No	7,4
S0114-S012	1,2	366 886	9 696 369	6/07/2018	No	6,3
S0114-S013	1,2	366 865	9 696 368	5/07/2018	No	0
S0114-S014	0,9	366 837	9 696 398	6/07/2018	No	5,3
S0114-S015	0,9	366 819	9 696 743	7/07/2018	No	1,7
S0114-S016	0,9	366 802	9 696 738	7/07/2018	No	1,2
S0114-S017	0,9	366 762	9 696 745	7/07/2018	No	0,8
S0114-S018	1,2	366 699	9 696 752	7/07/2018	No	No Medido
S0114-S019	1,2	366 709	9 696 790	7/07/2018	No	No Medido
S0114-S020	0,9	366 725	9 696 822	7/07/2018	No	0
S0114-S021	0,9	366 799	9 696 797	7/07/2018	No	0
S0114-S022	1,2	366 856	9 696 790	7/07/2018	No	1,7
S0114-S023	0,9	366 801	9 696 857	7/07/2018	Si	5,9
S0114-S024	0,9	366 864	9 696 842	7/07/2018	Si	28,8
S0114-S025	0,9	366 810	9 696 887	7/07/2018	Si	8,2
S0114-S026	1,2	366 836	9 696 915	7/07/2018	Si	34,1
S0114-S027	1,2	366 746	9 696 918	7/07/2018	Si	4,3
S0114-S028	0,9	366 785	9 696 985	7/07/2018	No	0

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

B. Niveles de fondo

Los niveles de fondo fueron muestreados en los alrededores del área impactada, pero de características geológicas climáticas y de vegetación similares, con el fin de evaluar los suelos en

su estado natural (sin ningún tipo de impacto sobre esta). En este sentido, se tomaron 3 submuestras y se combinaron en una sola muestra compuesta para el análisis de laboratorio.

Asimismo, para el análisis e interpretación de resultados, se complementó con la información obtenida del análisis de los niveles de fondo para otros sitios impactados dentro del área de estudio (cuenca del río Corrientes) y que se presenta más adelante en el documento (Ver Cuadro 3-43), ya que los datos revisados como parte de la información bibliográfica para la misma zona de estudio, se encuentran a distancias lejanas (>100 km).

En el Cuadro 3-13 se muestra la ubicación de todos los puntos de muestreo y la codificación de muestra enviada al laboratorio.

Cuadro 3-13 Ubicación de los puntos de muestreo y código de muestra enviada al laboratorio

Código de Laboratorio AGQ	Coordenada UTM WGS84 Cadena de custodia AGQ		Código de Muestreo JCI-HGE	Prof. de Muestreo (m)	Coordenada UTM WGS84		Fecha de Muestreo
	Este (m)	Norte (m)			Este (m)	Norte (m)	
S0114-NF	366 632	9 696 894	S0114-NF1	0,3	366 727	9 696 159	6/07/2018
			S0114-NF2	0,3	366 695	9 696 622	6/07/2018
			S0114-NF3	0,3	366 632	9 696 894	6/07/2018

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

C. Sondeos con equipos

Se realizaron veintiuno (21) perforaciones mediante sondeo con equipo, de 3,5 metros de profundidad (promedio) en la época húmeda y para la cual se captaron de 2 a 3 muestras por punto de perforación.

En el Cuadro 3-14 se muestra las coordenadas de ubicación de puntos de muestreado dentro del área de remediación.

Cuadro 3-14 Ubicación de los sondeos con equipo

Código	Profundidad de muestreo (m)	Coordenada UTM WGS84		Fecha de muestreo	Evidencia Física/ Organoléptica	Registro PID
		Este (m)	Norte (m)			
S0114-S029	0,6	367 045	9 696 224	2/07/2018	No	0,4
	3,3	367 045	9 696 224	2/07/2018	No	0,3
S0114-S030	0,6	367 023	9 696 182	2/07/2018	No	3,2
	3,6	367 023	9 696 182	2/07/2018	No	1,7
S0114-S031	0,6	367 008	9 696 210	2/07/2018	Si	7,2
	2,7	367 008	9 696 210	2/07/2018	No	0,3
S0114-S032	0,9	366 983	9 696 177	2/07/2018	No	0
	3,3	366 983	9 696 177	2/07/2018	No	0
S0114-S033	0,6	366 968	9 696 207	2/07/2018	No	14,8
	1,8	366 968	9 696 207	2/07/2018	No	4,2
S0114-S034	0,6	366 988	9 696 242	2/07/2018	No	15,7
	3	366 988	9 696 242	2/07/2018	No	7,4

Cuadro 3-14 Ubicación de los sondeos con equipo

Código	Profundidad de muestreo (m)	Coordenada UTM WGS84		Fecha de muestreo	Evidencia Física/ Organoléptica	Registro PID
		Este (m)	Norte (m)			
S0114-S035	0,6	366 948	9 696 239	2/07/2018	No	11,5
	2,7	366 948	9 696 239	2/07/2018	No	1,1
S0114-S036	0,6	366 949	9 696 279	2/07/2018	No	15,9
	3	366 949	9 696 279	2/07/2018	No	2,5
S0114-S037	0,6	366 902	9 696 251	2/07/2018	No	0
	1,5	366 902	9 696 251	2/07/2018	Si	0
	0,6	366 902	9 696 251	2/07/2018	No	0
S0114-S038	0,9	366 917	9 696 288	2/07/2018	No	0
	1,5	366 917	9 696 288	2/07/2018	Si	0
	3,3	366 917	9 696 288	2/07/2018	No	0
S0114-S039	0,6	366 890	9 696 286	2/07/2018	Si	0
	2,7	366 890	9 696 286	2/07/2018	No	0
S0114-S040	0,9	366 856	9 696 246	3/07/2018	Si	0
	1,5	366 856	9 696 246	3/07/2018	Si	0
	3,6	366 856	9 696 246	3/07/2018	No	0
S0114-S041	0,36	366 833	9 696 793	1/07/2018	No	10,6
	3,3	366 833	9 696 793	1/07/2018	No	1,2
S0114-S042	0,9	366 826	9 696 774	1/07/2018	No	11,8
	3,3	366 826	9 696 774	1/07/2018	No	18,1
S0114-S043	0,9	366 817	9 696 848	1/07/2018	Si	18,2
	3,3	366 817	9 696 848	1/07/2018	No	2,5
S0114-S044	0,9	366 806	9 696 822	1/07/2018	No	4,2
	3,3	366 806	9 696 822	1/07/2018	No	1,7
S0114-S045	0,6	366 773	9 696 819	1/07/2018	No	2,9
	3,9	366 773	9 696 819	1/07/2018	No	3,9
S0114-S046	0,9	366 746	9 696 842	1/07/2018	No	0
	3,9	366 746	9 696 842	1/07/2018	No	1,2
S0114-S047	0,6	366 780	9 696 867	1/07/2018	No	0
	3,6	366 780	9 696 867	1/07/2018	No	0
S0114-S048	0,6	366 754	9 696 889	1/07/2018	No	0
	3,6	366 754	9 696 889	1/07/2018	No	0
S0114-S049	0,6	366 783	9 696 910	1/07/2018	No	0
	3,6	366 783	9 696 910	1/07/2018	Si	15
	4,8	366 783	9 696 910	1/07/2018	No	5

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

D. Muestras duplicadas

El número de muestras duplicadas correspondió a un 5 % del total de muestras de suelo. En ese sentido, del total de 87 muestras enviadas al laboratorio AGQ, 5 muestras adicionales fueron enviadas al laboratorio SGS para ser analizadas por metales y comparar resultados de ambos laboratorios (SGS y AGQ). Ver Cuadro 3-15.

Cuadro 3-15 Identificación de las muestras duplicadas

Código	Fecha de muestreo	Profundidad de muestreo (m)	Evidencia Física/ Organoléptica	Registro PID
S0114-S007	6/07/2018	1,2	Si	22,2
S0114-S008	6/07/2018	0,6	Si	5,6
S0114-S010	6/07/2018	0,6	Si	16,5
S0114-S024	7/07/2018	0,9	Si	28,8
S0114-S026	7/07/2018	1,2	Si	34,1

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Ver Anexo 6.4 Mapa 6.4.1: Mapa de ubicación de puntos de muestreo de suelos y niveles de fondo del sitio S0114 (Sitio 14)-época húmeda.

3.6.1.2 Sedimentos

En esta época se muestrearon cuatro (4) estaciones de muestreo de sedimentos, ubicados aguas arriba y aguas abajo de los dos sitios impactados. Estas muestras fueron enviadas al laboratorio para su respectivo análisis.

En el Cuadro 3-16 se muestra las coordenadas de ubicación y codificación de los puntos de muestreo.

Ver Anexo 6.4 Mapa 6.4.3: Mapa de ubicación de puntos de muestreo de agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0114 (Sitio 14)-época húmeda

Nota: Al tratarse estaciones ubicadas en el mismo punto (sedimentos y agua superficial) se presentan, por época, en un mismo mapa.

Cuadro 3-16 Ubicación de los puntos de muestreo de sedimentos

Código Sedimentos	Coordenada UTM WGS84		Fecha de Muestreo	Ubicación
	Este (m)	Norte (m)		
S0114-Sed001	366 833	9 696 438	26/06/2018	Aguas arriba del sitio
S0114-Sed002	367 007	9 696 237	26/06/2018	Aguas abajo del sitio
S0114-Sed003	366 862	9 697 046	27/06/2018	Aguas arriba del sitio lado norte
S0114-Sed004	366 888	9 696 983	27/06/2018	Aguas abajo del sitio lado norte

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.6.1.3 Agua superficial

A. Medición de caudales

Para esta época no se realizó la medición de caudales en las quebradas cercanas al sitio S0114 (Sitio 14).

B. Calidad de agua superficial

En la época húmeda se muestro cuatro (4) estaciones de agua superficial, ubicados uno aguas arriba y uno aguas debajo de las dos áreas impactadas. Estas muestras fueron enviadas al laboratorio para su respectivo análisis.

Nota: Al tratarse estaciones ubicadas en el mismo punto (sedimentos y agua superficial) se presentan, por época, en un mismo mapa.

En el Cuadro 3-17 se muestra las coordenadas de ubicación y codificación de los puntos de muestreo.

Cuadro 3-17 Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial

Código Agua Superficial	Coordenada UTM WGS84		Fecha de Muestreo	Ubicación
	Este (m)	Norte (m)		
S0114-As001	366 833	9 696 438	26/06/2018	Aguas arriba del sector lado sur
S0114-As002	367 007	9 696 237	26/06/2018	Aguas arriba del sector lado sur
S0114-As003	366 862	9 697 046	27/06/2018	Aguas arriba del sector lado norte
S0114-As004	366 888	9 696 983	27/06/2018	Aguas abajo del sector lado norte

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Ver Anexo 6.4 Mapa 6.4.3: Mapa de ubicación de puntos de muestreo de agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0114 (Sitio 14)-época húmeda.

3.6.1.4 Geofísica

Tomografía eléctrica

Para el trabajo se realizó el levantamiento de cuatro (4) líneas tomográficas geoelectricas ubicadas sobre el área probable de remediación; dos en cada zona impactada, con el fin de definir de manera indirecta la litología de la zona y el nivel freático del agua subterránea, estas líneas tuvieron la longitud de 100 metros con el fin de investigar una profundidad máxima de 30 metros y su fueron. En el siguiente cuadro se observa las coordenadas y ubicación de las líneas tomográficas.

Cuadro 3-18 Ubicación de los perfiles de tomografía eléctrica (ERT)

Código	Coordenadas WGS84			Fecha	Longitud (m)	Espaciamiento de electrodos (m)
	Electrodo	Este (m)	Norte (m)			
S0114-GEO-001	Inicial	366 682	9 697 002	27/06/2018	100,00	6,0
	Final	366 742	9 696 922			
S0114-GEO-002	Inicial	366 751	9 696 697	28/06/2018	100,00	6,0
	Final	366 851	9 696 704			

Cuadro 3-18 Ubicación de los perfiles de tomografía eléctrica (ERT)

Código	Coordenadas WGS84			Fecha	Longitud (m)	Espaciamiento de electrodos (m)
	Electrodo	Este (m)	Norte (m)			
S0114-GEO-003	Inicial	366 734	9 696 485	27/06/2018	100,00	6,0
	Final	366 806	9 696 415			
S0114-GEO-004	Inicial	367 053	9 696 157	28/06/2018	100,00	6,0
	Final	367 108	9 696 073			

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.6.1.5 Agua subterránea

A. Instalación de piezómetros

En época húmeda se ubicó, perforó, construyó, instaló y se realizó la limpieza o purga de los piezómetros en el área de remediación, ubicados espacialmente aguas arriba y aguas abajo. En total se instalaron cuatro (4) piezómetros, dos (2) de ellos en la zona impactada que se encuentra al oeste del área de operaciones Dorissa y los otros dos (2) al sur de área de operaciones.

Las características de la instalación de los piezómetros pueden ser revisadas directamente de las fichas de campo: "Formato de perforación y construcción de pozo de monitoreo" (Anexo 6.5 Documentos de muestreo de detalle).

En el Cuadro 3-19 se describe las características técnicas de los piezómetros.

Cuadro 3-19 Características técnicas de la instalación de los piezómetros

Código	Coordenadas WGS84		Prof. de instalación (m)	Diámetro de instalación (Pulgadas)	Prof. del nivel freático en instalación (m)*	Fecha de instalación
	Este (m)	Norte (m)				
S0114-Pz-01	366 731	9 696 983	6,5	2"	2,10	2/07/2018
S0114-Pz-02	366 755	9 696 724	6,6	2"	0,81	8/07/2018
S0114-Pz-03	366 748	9 696 456	6,84	2"	1,16	03/07/2018
S0114-Pz-04	367 077	9 694 153	6,4	2"	1,32	4/07/2018

* Profundidad del nivel freático medido desde la superficie del terreno.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

En julio 2018 se realizó la medición del nivel freático y posterior limpieza de la misma mediante la purga del agua de cada piezómetro, en el Cuadro 3-20 se muestra la medición de los niveles freáticos.

Cuadro 3-20 Medición del nivel freático

Código	Prof. del nivel freático en instalación (m)*
	Época Húmeda
	Julio 2018
S0114-Pz-01	2,33
S0114-Pz-02	1,66
S0114-Pz-03	1,72
S0114-Pz-04	2,26

*Profundidad del nivel freático medido desde la superficie del terreno.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

B. Calidad de agua subterránea

Se tomaron muestras de calidad de agua en cuatro (4) piezómetros instalados uno aguas arriba y uno aguas debajo de ambas áreas del sitio, realizando una limpieza previa de los mismos siguiendo el protocolo establecido, posteriormente las muestras fueron tomadas por el laboratorio AGQ con la supervisión de JCI-HGE.

En el Cuadro 3-21 se muestra las coordenadas de ubicación y codificación de los puntos de calidad de agua subterránea.

Cuadro 3-21 Ubicación de los puntos de muestro de calidad de agua subterránea

Código	Coordenada UTM WGS84		Fecha de muestreo	Ubicación
	Este (m)	Norte (m)		
S0114-ASub001	366 731	9 696 983	9/07/2018	Aguas arriba del sitio
S0114-ASub002	366 755	9 696 724	9/07/2018	Aguas abajo del sitio
S0114-ASub003	366 748	9 696 456	9/07/2018	Aguas arriba del sitio
S0114-ASub004	367 077	9 699 153	9/07/2018	Aguas abajo del sitio

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Ver Anexo 6.4 Mapa 6.4.3: Mapa de ubicación de puntos de muestreo de agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0114 (Sitio 14)-época húmeda.

3.6.1.6 Flora y fauna

Se realizó cuatro (4) transectos para flora y fauna, para cada una se realizó las descripciones biológicas e identificaciones de las diferentes especies de manera directa o indirecta. Ver ítem 3.5.2.5 Método para la Caracterización biológica.

En el Cuadro 3-22 y Anexo 6.4: Mapa 6.4.5 Mapa de ubicación de puntos de muestreo biológicos e hidrobiológicos del sitio S0114 (Sitio 14)-época húmeda.

Cuadro 3-22 Ubicación de estaciones de flora y fauna

Código	Sitio	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 18 Sur			
		Inicio		Final	
		Este (m)	Norte (m)	Este (m)	Norte (m)
S0114-FLO/FAU-TR001	S0114 (Sitio 14)	366 847	9 696 222	366 948	9 696 311
S0114-FLO/FAU-TR002		366 832	9 696 395	367 058	9 696 172
S0114-FLO/FAU-TR003		366 824	9 696 929	366 824	9 696 736
S0114-FLO/FAU-TR004		366 764	9 696 963	366 765	9 696 739

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

De acuerdo con los objetivos del estudio de fauna terrestre, la temporalidad de muestreo se torna no significativa, ya que la finalidad no es medir abundancia y riqueza general de especies de flora y fauna, sino registrar las especies podrían intervenir en una eventual exposición a agentes contaminantes dentro de los sitios impactados. Por ello, se analiza la información de campo de acuerdo con la biología de cada especie, indistintamente de la temporalidad.

3.6.1.7 Hidrobiología

Se muestrearon cuatro (4) estaciones de hidrobiología y para cada estación se tomó cuatro (4) muestras (fitoplancton, zooplancton, perifiton, macrobentos) que fueron enviadas al laboratorio, también se realizó la descripción de las características de cada estación de muestreo.

Ver Anexo 6.4.2 Mapa 6.4.2.3: Mapa de excedencias de hidrobiología del sitio S0114 (Sitio 14)-época húmeda.

En el Cuadro 3-23 se muestra las coordenadas de ubicación y codificación de las muestras tomadas en campo.

Cuadro 3-23 Ubicación de estaciones de muestreo hidrobiológico

Código de Estación	Código de Muestreo	Coordenada UTM WGS84		Subcomponente
		Este (m)	Norte (m)	
S0114-Hb-001	S0114-Ben1-Hb-001	366 833	9 696 438	bentos
	S0114-Fit1-Hb-001	367 007	9 696 237	fitoplancton
	S0114-Z001-Hb-001	366 670	9 696 760	zooplancton
	S0114-Per1-Hb-001	366 880	9 696 799	perifiton
S0114-Hb-002	S0114-Ben1-Hb-002	366 833	9 696 438	bentos
	S0114-Fit1-Hb-002	367 007	9 696 237	fitoplancton
	S0114-Z001-Hb-002	366 670	9 696 760	zooplancton
	S0114-Per1-Hb-002	366 880	9 696 799	perifiton

Cuadro 3-23 Ubicación de estaciones de muestreo hidrobiológico

Código de Estación	Código de Muestreo	Coordenada UTM WGS84		Subcomponente
		Este (m)	Norte (m)	
S0114-Hb-003	S0114-Ben1-Hb-003	366 833	9 696 438	bentos
	S0114-Fit1-Hb-003	367 007	9 696 237	fitoplancton
	S0114-Z001-Hb-003	366 670	9 696 760	zooplancton
	S0114-Per1-Hb-003	366 880	9 696 799	perifiton
S0114-Hb-004	S0114-Ben1-Hb-004	366 833	9 696 438	bentos
	S0114-Fit1-Hb-004	367 007	9 696 237	fitoplancton
	S0114-Z001-Hb-004	366 670	9 696 760	zooplancton
	S0114-Per1-Hb-004	366 880	9 696 799	perifiton

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.6.1.8 Peces

En ambas épocas se colectó 1 muestra de peces para su envío al laboratorio, pero se evaluó 2 estaciones en la zona.

En el Cuadro 3-24 se muestra las coordenadas de ubicación y codificación de las muestras tomadas en campo.

Cuadro 3-24 Ubicación de estaciones de muestreo de peces

Componente	N° de Referencia del Laboratorio	Código de muestreo	Este	Norte
Peces	S0-114-HB-PEC-1-003.4	S0114-Hb-PEC1-004	366 888	9 696 983
Peces	S0-114-HB-PEC-1-001.2	S0114-Hb-PEC1-002	367 007	9 696 237
Peces	S0-114-HB-PEC-2-003.4	S0114-Hb-PEC2-004	366 888	9 696 983
Peces	S0-114-HB-PEC-3-003.4	S0114-Hb-PEC3-004	366 888	9 696 983

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.6.2 Resultados de campo (época seca)

Para la obtención de los resultados de campo se capturaron, para cada matriz (suelo, agua, sedimentos, biológico), cierta cantidad de muestras. Las cantidades de muestras por punto y por matriz caracterizada son referidas en los siguientes acápite según corresponda, así como los objetivos para los cuales fueron muestreadas durante la época seca. En esta etapa se muestrearon: suelos (sondeos manuales, muestras duplicadas), sedimentos, agua superficial, agua subterránea, flora y fauna, hidrobiología y peces.

En el Anexo 6.10 se muestra las plantillas de campo, las especificaciones técnicas de los equipos, así también los certificados de calibración y las verificaciones del equipo P.I.D.

3.6.2.1 Suelos

Para la toma de muestra de suelos se realizó la extracción de muestras por sondeos manuales. Como parte del control de la calidad de resultados se tomaron muestras duplicadas para ser analizadas por otro laboratorio.

Sondeos manuales (complementarios)

Se realizaron seis (6) sondeos de 1,5 a 2,1 metros de profundidad en esta época. Estos sondeos son complementarios para definir el área de atención, paralelamente se realizó la medición del PID para cada muestra tomada *in situ*. Los valores registrados ayudaron al especialista a definir la toma de muestra. Las muestras fueron tomadas en ambos sitios impactados que fueron evaluados.

En el Cuadro 3-25 se muestra la ubicación de todos los puntos muestreados en al área impactada.

Cuadro 3-25 Ubicación de sondeos manuales (complementarios)

Código	Profundidad de muestreo (m)	Coordenada UTM WGS84		Fecha de muestreo	Evidencia física / organoléptica	Registro PID
		Este (m)	Norte (m)			
S0114-S050	0,6	367 087	9 696 150	15/09/2018	No	4,8
	1,5	367 087	9 696 150	15/09/2018	No	0
S0114-S051	0,6	366 748	9 696 461	15/09/2018	No	7
	1,5	366 748	9 696 461	15/09/2018	No	0
S0114-S052	0,6	366 753	9 696 719	15/09/2018	No	2,1
	1,5	366 753	9 696 719	15/09/2018	No	0,1
S0114-S053	0,6	366 733	9 696 985	15/09/2018	No	4,5
	1,5	366 733	9 696 985	15/09/2018	No	0,9
S0114-S054	0,6	366 677	9 696 910	15/09/2018	No	3,8
	1,5	366 677	9 696 910	15/09/2018	No	0,1
S0114-S055	0,6	366 878	9 696 893	15/09/2018	Si	154,1
	1,8	366 878	9 696 893	15/09/2018	Si	157,3

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Anexo 6.4 Mapa 6.4.2: Mapa de ubicación de puntos de muestreo de suelos del sitio S0114 (Sitio 14)-época seca.

3.6.2.2 Agua superficial

A. Medición de caudales

Como parte del análisis hidrológico se realizó el aforo o el cálculo de los caudales de los ríos y quebradas que se encuentran dentro del área del sitio impactado. La toma de la data fue realizada

para la época seca, teniendo en cuenta su ubicación en coordenadas UTM (WGS-84). La medición del caudal fue realizada por los tres métodos propuestos: el método del correntómetro, método volumétrico y el método del flotador. El caudal aforado para época seca se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 3-26 Caudal aforado en el sitio S0114 (Sitio 14) (época seca)

Código	Coordenadas UTM - WGS84			Fecha	Época	Caudal (l/s)
	Este (m)	Norte (m)	altitud (m s. n. m.)			
S0114-AF-01	366 880	9 696 199	299	15/09/2018	seca	22,05

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Fotografía 3-9 Medición de caudal en campo



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

B. Calidad de agua superficial

En esta época se muestreo ocho (8) estaciones de calidad agua superficial, ubicados aguas arriba y aguas abajo, así como algunos puntos confirmatorios por las excedencias encontradas en la primera época. Estas muestras fueron enviadas al laboratorio para su respectivo análisis.

Nota: Al tratarse estaciones ubicadas en el mismo punto (sedimentos y agua superficial) se presentan, por época, en un mismo mapa.

Ver Anexo 6.4 Mapa 6.4.4: Mapa de ubicación de puntos de muestreo de agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0114 (Sitio 14)-época seca.

En el Cuadro 3-27 se muestra las coordenadas de ubicación y codificación de los puntos de muestreo.

Cuadro 3-27 Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial

Código Agua Superficial	Fecha de Muestreo	Coordenada UTM WGS84		Ubicación
		Este (m)	Norte (m)	
S0114-As001	14/09/2018	366 833	9 696 438	Aguas arriba del sitio lado sur
S0114-As002	14/09/2018	367 007	9 696 237	Aguas abajo del sitio lado sur
S0114-As003	14/09/2018	366 862	9 697 046	Aguas arriba del sitio lado norte
S0114-As004	14/09/2018	366 888	9 696 983	Aguas arriba del sitio lado norte
S0114-As005	14/09/2018	366 722	9 696 969	Aguas arriba piezómetro 1
S0114-As006	14/09/2018	366 789	9 696 982	Aguas abajo piezómetro 1
S0114-As008	14/09/2018	366 776	9 696 482	Aguas arriba piezómetro 3
S0114-As009	14/09/2018	367 080	9 696 148	Aguas abajo piezómetro 4

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.6.2.3 Sedimentos

En esta época se muestreo nueve (9) estaciones de sedimentos, ubicados aguas arriba y aguas abajo, algunos puntos fueron confirmatorios por las excedencias encontradas en la primera época. Estas muestras fueron enviadas al laboratorio para su respectivo análisis.

Ver Anexo 6.4 Mapa 6.4.4: Mapa de ubicación de puntos de muestreo de agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0114 (Sitio 14)-época seca.

En el Cuadro 3-28 se muestra las coordenadas de ubicación y codificación de los puntos de muestreo.

Cuadro 3-28 Ubicación de los puntos de muestreo de sedimentos

Código sedimentos	Fecha de muestreo	Coordenada UTM WGS84		Ubicación
		Este (m)	Norte (m)	
S0114-Sed001	366 833	9 696 438	14/09/2018	Aguas arriba del sitio lado sur
S0114-Sed002	367 007	9 696 237	14/09/2018	Aguas abajo del sitio lado sur
S0114-Sed003	366 862	9 697 046	14/09/2018	Aguas arriba del sitio lado norte
S0114-Sed004	366 888	9 696 983	14/09/2018	Aguas arriba del sitio lado norte
S0114-Sed005	366 722	9 696 969	14/09/2018	Aguas arriba piezómetro 1
S0114-Sed006	366 789	9 696 982	14/09/2018	Aguas abajo piezómetro 1
S0114-Sed007	366 759	9 696 724	14/09/2018	Aguas arriba del piezómetro 2
S0114-Sed008	366 776	9 696 482	14/09/2018	Aguas arriba piezómetro 3
S0114-Sed009	367 080	9 696 148	14/09/2018	Aguas abajo piezómetro 4

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.6.2.4 Agua subterránea

A. Monitoreo de piezómetros

En septiembre de 2018 se realizó la purga y medición de los niveles freático de los piezómetros instalados, en el Cuadro 3-29 se muestra la variación del nivel freático de acuerdo con la época de muestreo.

Cuadro 3-29 Variación del nivel freático

Código	Coordenadas WGS84		Prof. del nivel freático en instalación (m)* - Época Húmeda
	Este (m)	Norte (m)	setiembre 2018
S0114-Pz-01	366 731	9 696 983	2
S0114-Pz-02	366 755	9 696 724	1,62
S0114-Pz-03	366 748	9 696 456	1,87
S0114-Pz-04	367 077	9 694 153	2,3

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

B. Calidad de agua subterránea

Se tomaron muestras de calidad de agua en dos (4) piezómetros instalados uno aguas arriba y uno aguas abajo del sitio, realizando una limpieza previa de los mismos siguiendo el protocolo establecido, posteriormente las muestras fueron tomadas por el laboratorio AGQ con la supervisión de JCI-HGE.

En el Cuadro 3-30 se muestra las coordenadas de ubicación y codificación de los puntos de calidad de agua subterránea.

Cuadro 3-30 Ubicación de los puntos de muestro de calidad de agua subterránea

Código	Coordenada UTM WGS84		Fecha de muestreo	Ubicación
	Este (m)	Norte (m)		
S0114-ASub001	366 731	9 696 983	14/09/2018	Aguas arriba del sitio
S0114-ASub002	366 755	9 696 724	14/09/2018	Aguas abajo del sitio
S0114-ASub003	366 748	9 696 456	14/09/2018	Aguas arriba del sitio
S0114-ASub004	367 077	9 699 153	14/09/2018	Aguas abajo del sitio

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Anexo 6.4 Mapa 6.4.4: Mapa de Ubicación de puntos de muestreo de agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0114 (Sitio 14)-época seca.

3.6.2.5 Hidrobiología

Se muestrearon cuatro (4) estaciones de hidrobiología y para cada estación se tomó cuatro (4) muestras (bentos, fitoplancton, perifiton, plancton) que fueron enviadas al laboratorio, también se realizó la descripción de las características de cada estación de muestreo.

En el Cuadro 3-31 se muestra las coordenadas de ubicación y codificación de las muestras tomadas en campo.

Ver Mapa 4.2.2.4 Mapa de Excedencias de Hidrobiología del sitio S0114 (Sitio 14)-Época seca.

Cuadro 3-31 Ubicación de estaciones de muestreo hidrobiológico

Código de estación	Código de muestreo	Coordenada UTM WGS84		Subcomponente
		Este (m)	Norte (m)	
S0114-Hb-001	S0114-Ben1-Hb-001	366 833	9 696 438	bentos
	S0114-Fit1-Hb-001	367 007	9 696 237	fitoplancton
	S0114-Zoo1-Hb-001	366 670	9 696 760	zooplancton
	S0114-Per1-Hb-001	366 880	9 696 799	perifiton
S0114-Hb-002	S0114-Ben1-Hb-002	366 833	9 696 438	Bentos
	S0114-Fit1-Hb-002	367 007	9 696 237	fitoplancton
	S0114-Zoo1-Hb-002	366 670	9 696 760	zooplancton
	S0114-Per1-Hb-002	366 880	9 696 799	perifiton
S0114-Hb-003	S0114-Ben1-Hb-003	366 833	9 696 438	Bentos
	S0114-Fit1-Hb-003	367 007	9 696 237	fitoplancton
	S0114-Zoo1-Hb-003	366 670	9 696 760	zooplancton
	S0114-Per1-Hb-003	366 880	9 696 799	perifiton
S0114-Hb-004	S0114-Ben1-Hb-004	366 833	9 696 438	Bentos
	S0114-Fit1-Hb-004	367 007	9 696 237	fitoplancton
	S0114-Zoo1-Hb-004	366 670	9 696 760	zooplancton
	S0114-Per1-Hb-004	366 880	9 696 799	perifiton

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.6.2.6 Peces

En ambas épocas se colectó 1 muestra de peces para su envío al laboratorio, pero se evaluó 2 estaciones en la zona.

En el Cuadro 3-32 se muestra las coordenadas de ubicación y codificación de las muestras tomadas en campo.

Cuadro 3-32 Ubicación de estaciones de muestreo de peces

Fecha de muestro	N.º de Referencia del Laboratorio	Código de muestreo	Coordenada UTM WGS84	
			Este (m)	Norte (m)
13/09/2018	AL-18/088439 S-0114-Hb-PEC1-001-A1	S0114-Hb-PEC2-004	366 888	9 696 983
13/09/2018	AL-18/088440 S-0114-Hb-PEC1-001-B1	S0114-Hb-PEC3-004	366 888	9 696 983
13/09/2018	AL-18/088441 S-0114-Hb-PEC1-001-C1	S0114-Hb-PEC4-004	366 888	9 696 983
14/09/2018	AL-18/088442 S-0114-Hb-PEC1-001-D1	S0114-Hb-PEC5-004	366 888	9 696 983
14/09/2018	AL-18/088443 S-0114-Hb-PEC1-001-E1	S0114-Hb-PEC6-004	366 888	9 696 983
14/09/2018	AL-18/088444 S-0114-Hb-PEC1-001-F1	S0114-Hb-PEC7-004	366 888	9 696 983
14/09/2018	AL-18/088445 S-0114-Hb-PEC1-001-G1	S0114-Hb-PEC8-004	366 888	9 696 983

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.6.3 Resultados de laboratorio

Las muestras de suelo, agua y sedimentos fueron enviadas al laboratorio AGQ para su análisis. AGQ se encuentra acreditado como Laboratorio de Ensayo en el INACAL, bajo el Código de Acreditación N° LE-072. Posee asimismo certificación: ISO 9001:2008, ISO 14001:2004 y OHSAS 18001:2007. Dichas certificaciones avalan la competitividad técnica de este laboratorio para realizar el programa analítico desarrollado para el presente muestreo.

Siguiendo los lineamientos establecidos en la Guía para Muestreo de Suelos, tanto en el primer ingreso como en el segundo, JCI-HGE envió muestras duplicadas de suelo a un segundo laboratorio. El laboratorio seleccionado para realizar estos ensayos de control de calidad fue SGS del Perú S.A.C. (SGS), ubicado en el distrito del Callao, Perú. SGS está acreditado por el INACAL, bajo el Código de Acreditación N° LE-002.

En el siguiente cuadro se resumen las normas (nacionales e internacionales) que fueron utilizadas como base en los análisis, comparaciones e interpretaciones de los niveles de calidad ambiental para las distintas matrices del medio físico-natural y ecológico evaluadas en o en el entorno de los sitios impactados. En algunos casos las normas de calidad ambiental se consideraron determinantes en la identificación de excedencias en los elementos contaminantes presentes en las diferentes matrices evaluadas en los sitios impactados. Otras normas han sido utilizadas de manera referencial, lo cual ayuda en la interpretación de los resultados, permitiendo inferir, estimar situaciones o hipótesis que simulen la dinámica potencial migración o de cambio en los contaminantes de acuerdo a su composición o características y al entorno que los rodea.

Cuadro 3-33 Estándares de calidad utilizados para diferentes matrices

MATRIZ	NORMATIVA AMBIENTAL DE ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (Nacional e internacional)	ALCANCE DE APLICACIÓN
Suelo	Estándar de Calidad Ambiental para Suelo – Categoría Uso Agrícola (D.S. N° 011-2017-MINAM)	Comparación con los resultados de laboratorio e interpretación.
	Norma De Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para Suelos Contaminados – Ecuador	Se utilizará de manera orientativa para interpretación de algunos parámetros no contemplados en la normal peruana.
	Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health, Uso Agrícola.	Se utilizará de manera orientativa para interpretación de algunos parámetros no contemplados en la normal peruana.
Agua superficial	Estándares de Calidad Ambiental para Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM) - Categoría 4 Subcategoría E2	Comparación con los resultados de laboratorio e interpretación.
Sedimentos	Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life (Estándares Canadá ISGG Agua dulce)	Comparación con los resultados de laboratorio e interpretación.
Agua subterránea	Alberta Tier (Groundwater) Remediation Guidelines	Comparación con los resultados de laboratorio e interpretación.
Hidrobiología (sin Necton)	Se uso como base de comparación los índices de abundancia y de diversidad de especies con respecto a ecosistemas en condiciones prístinas o no contaminados, en regiones similares o equivalentes a la selva peruana	
Peces	Indicadores sanitarios y de inocuidad para los productos pesqueros y acuícolas para el mercado nacional y de exportación (RDE N° 057 2016 SANIPES-DE).	Comparación con los resultados de laboratorio y análisis de metales en tejido muscular del pez.
	Ecological risk assessment of barite (BaSO ₄) using ecotoxicological tests with twelve organisms. Ecología Aplicada, 17 (1), Paredes y Miglio, 2018	Comparación con los resultados de laboratorio y análisis de Bario en tejido muscular del pez.

Véase el Anexo 6.10 informes de resultados analíticos emitidos por el laboratorio y las acreditaciones de cada laboratorio.

Cuadro 3-34 Resumen de los resultados de laboratorio muestras de suelo (época húmeda)

Suelos							Parámetros															
Sitio	Código de Muestra	Coordenadas UTM ^[a]		Fecha de muestreo	Evidencia Física	Registro PID	Clase Textural	Arsénico	Bario Total	Cadmio	Cromo Hexavalente	Mercurio	Plomo	Hidrocarburos Totales C10-C28	Hidrocarburos Totales C28-C40	Hidrocarburos Totales C5-C10	Benzo (a) pireno	Naftaleno	Benceno	Etilbenceno	Tolueno	Xilenos
		Este	Norte																			
Unidades								mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	
Estándar de Calidad Ambiental para Suelo – Categoría Uso Agrícola (D.S. N° 011-2017-MINAM)								50	750	1,4	0,4	6,6	70	1200	3000	200	0,1	0,1	0,03	0,082	0,37	11
S0114	S0114-S001-1,20	367 062	9 696 188	2/07/2018	No	4,7	Franca	2,05	17,05	0,0008	-	0,01	9,445	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S002-1,20	366 961	9 696 176	6/07/2018	No	0,3	Franco- Arcilloso	1,74	10,98	0,0235	-	0,071	7,084	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S003-1,20	366 974	9 696 267	2/07/2018	Si	11,3	Franco- Arenoso	0,283	10,09	0,0008	-	0,01	7,343	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S004-1,20	366 923	9 696 248	6/07/2018	No	0,1	Franco- Arenoso	0,888	25,87	0,0392	-	0,04	8,476	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S005-0,90	366 866	9 696 232	6/07/2018	Si	6,7	Franco- Arcilloso	1,27	46,52	0,0488	-	0,066	7,736	531,0	432	-	0,005	0,003	-	-	-	-
S0114	S0114-S006-1,20	366 866	9 696 255	6/07/2018	No	6	Arcillosa	1,79	15,43	0,0227	-	0,064	8,216	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S007-1,20	366 828	9 696 242	6/07/2018	Si	22,2	Franco- Arcilloso	1,78	19,52	0,0287	-	0,08	7,288	2241,0	1536	0,3	0,005	0,052	0,01	0,01	0,01	0,01
S0114	S0114-S008-0,60	366 783	9 696 239	6/07/2018	Si	5,6	Franco- Arcilloso	1,65	21,49	0,0229	-	0,077	6,786	1381,0	903	-	0,005	0,041	-	-	-	-
S0114	S0114-S009-1,20	366 937	9 696 314	6/07/2018	No	6	Franco- Arenoso	0,364	9,245	0,0463	-	0,027	4,095	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S010-0,60	366 873	9 696 331	6/07/2018	Si	16,5	Franco- Arcilloso	1,15	43,32	0,0673	-	0,076	8,589	845,0	735	-	0,005	0,003	-	-	-	-
S0114	S0114-S011-1,20	366 889	9 696 350	6/07/2018	No	7,4	Franca	0,953	31,92	0,0196	-	0,045	8,321	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S012-1,20	366 886	9 696 369	6/07/2018	No	6,3	Arcillosa	3,96	29,68	0,0426	-	0,084	11,1	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S013-1,20	366 865	9 696 368	5/07/2018	No	0	Franco- Arcilloso	1,21	24,06	0,0008	-	0,01	9,602	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S014-0,90	366 837	9 696 398	6/07/2018	No	5,3	Franco- Arcilloso	0,998	17,92	0,0257	-	0,053	6,643	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S015-0,90	366 819	9 696 743	7/07/2018	No	1,7	Arcillosa	2,01	23,11	0,0286	-	0,055	10,3	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S016-0,90	366 802	9 696 738	7/07/2018	No	1,2	Franco- Arcilloso	3,33	18,95	0,0289	-	0,067	12,9	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S017-0,90	366 762	9 696 745	7/07/2018	No	0,8	Franco- Arcilloso	1,26	16,34	0,0238	-	0,044	202	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S018-1,20	366 699	9 696 752	7/07/2018	No	No Medido	Franco-Arcillo-Arenoso	1,15	36,45	0,0946	-	0,029	8,887	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S019-1,20	366 709	9 696 790	7/07/2018	No	No Medido	Franca	1,3	23,41	0,0555	-	0,034	10,2	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S020-0,90	366 725	9 696 822	7/07/2018	No	0	Arcillosa	1,57	19,93	0,0229	-	0,06	10,1	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S021-0,90	366 799	9 696 797	7/07/2018	No	0	Arcillosa	1,51	16,78	0,0220	-	0,074	7,94	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S022-1,20	366 856	9 696 790	7/07/2018	No	1,7	Arcillosa	3,52	114	0,1543	-	0,07	11,9	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S023-0,90	366 801	9 696 857	7/07/2018	Si	5,9	Franco- Arcilloso	3,06	40,62	0,0494	-	0,066	18,5	683,0	763	-	0,005	0,087	-	-	-	-
S0114	S0114-S024-0,90	366 864	9 696 842	7/07/2018	Si	28,8	Franco- Arcilloso	3,01	78,82	0,0983	-	0,069	43,5	4008,0	2565	-	0,005	0,84	-	-	-	-
S0114	S0114-S025-0,90	366 810	9 696 887	7/07/2018	Si	8,2	Franco- Arcilloso	2,77	36,42	0,0414	-	0,069	28,1	4234,0	2900	-	0,005	0,774	-	-	-	-
S0114	S0114-S026-1,20	366 836	9 696 915	7/07/2018	Si	34,1	Franco- Arcilloso	3,91	69,25	0,0677	-	0,082	30,1	1651,0	1200	6	0,005	0,204	0,01	0,04	0,01	0,12
S0114	S0114-S027-1,20	366 746	9 696 918	7/07/2018	Si	4,3	Franca	2,43	24,05	0,0333	-	0,075	13,9	2142,0	1503	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S028-0,90	366 785	9 696 985	7/07/2018	No	0	Arcillosa	1,83	27,69	0,0207	-	0,063	12,6	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S029-0,60	367 045	9 696 224	2/07/2018	No	0,4	Franco- Arcilloso	2,73	12,4	0,0008	-	0,01	10,8	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S029-3,30	367 045	9 696 224	2/07/2018	No	0,3	Arcillosa	2,33	14,52	0,0008	-	0,01	8,12	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S030-0,60	367 023	9 696 182	2/07/2018	No	3,2	Franca	0,29	11,78	0,0008	-	0,01	7,9	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S030-3,60	367 023	9 696 182	2/07/2018	No	1,7	Franco- Arenoso	0,269	42,67	0,0655	-	0,01	7,076	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S031-0,60	367 008	9 696 210	2/07/2018	Si	7,2	Franco- Arcilloso	0,744	14,59	0,0008	-	0,01	8,298	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S031-02,70	367 008	9 696 210	2/07/2018	No	0,3	Franca	1,16	214	0,1539	-	0,01	12,3	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S032-0,90	366 983	9 696 177	2/07/2018	No	0	Franco- Arcilloso	1,51	13,82	0,0008	-	0,053	6,463	5	5	-	-	-	-	-	-	-

Cuadro 3-34 Resumen de los resultados de laboratorio muestras de suelo (época húmeda)

Suelos							Parámetros															
Sitio	Código de Muestra	Coordenadas UTM ^[a]		Fecha de muestreo	Evidencia Física	Registro PID	Clase Textural	Arsénico	Bario Total	Cadmio	Cromo Hexavalente	Mercurio	Plomo	Hidrocarburos Totales C10-C28	Hidrocarburos Totales C28-C40	Hidrocarburos Totales C5-C10	Benzo (a) pireno	Naftaleno	Benceno	Etilbenceno	Tolueno	Xilenos
		Este	Norte																			
Unidades								mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS
Estándar de Calidad Ambiental para Suelo – Categoría Uso Agrícola (D.S. N° 011-2017-MINAM)								50	750	1,4	0,4	6,6	70	1200	3000	200	0,1	0,1	0,03	0,082	0,37	11
S0114	S0114-S032-3,30	366 983	9 696 177	2/07/2018	No	0	Franco- Arcilloso	1,07	8,65	0,0008	-	0,01	6,808	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S033-0,60	366 968	9 696 207	2/07/2018	No	14,8	Franco- Arcilloso	1,34	19,76	0,0008	-	0,01	9,936	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S033-1,80	366 968	9 696 207	2/07/2018	No	4,2	Franco- Arcilloso	1,02	69,8	0,1562	-	0,01	24,4	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S034-0,60	366 988	9 696 242	2/07/2018	No	15,7	Franco- Arcilloso	0,688	20,18	0,0008	-	0,01	7,537	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S034-3,00	366 988	9 696 242	2/07/2018	No	7,4	Franco- Arenoso	0,597	25,32	0,1746	-	0,01	7,515	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S035-0,60	366 948	9 696 239	2/07/2018	No	11,5	Arcillosa	1,1	20,63	0,0008	-	0,01	9,962	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S035-2,70	366 948	9 696 239	2/07/2018	No	1,1	Arcillosa	1,14	47,78	0,0499	-	0,052	10,9	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S036-0,60	366 949	9 696 279	2/07/2018	No	15,9	Franco-Arcillo-Arenoso	0,699	18,52	0,0217	-	0,027	8,502	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S036-3,00	366 949	9 696 279	2/07/2018	No	2,5	Franco- Arenoso	0,36	17,6	0,0008	-	0,01	4,044	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S037-0,60	366 902	9 696 251	2/07/2018	No	0	Arcillosa	5,65	16,7	0,0008	-	0,01	10	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S037-1,50	366 902	9 696 251	2/07/2018	Si	0	Franco- Arcilloso	1,76	16,11	0,0008	-	0,01	8,764	400,0	539	0,3	0,005	0,013	0,01	0,01	0,01	0,01
S0114	S0114-S037-3,30	366 902	9 696 251	2/07/2018	No	0	Franca	2,45	9,738	0,0008	-	0,01	7,51	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S038-0,90	366 917	9 696 288	2/07/2018	No	0	Franca	2,88	136,9	0,0008	-	0,01	416	126,0	212	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S038-1,50	366 917	9 696 288	2/07/2018	Si	0	Franca	3,42	21,27	0,0008	-	0,01	13,3	658,0	928	-	0,005	0,012	-	-	-	-
S0114	S0114-S038-3,30	366 917	9 696 288	2/07/2018	No	0	Franca	1,29	41,86	0,0008	-	0,01	8,943	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S039-0,60	366 890	9 696 286	2/07/2018	Si	0	Franca	2,1	21,8	0,0008	-	0,01	10,9	3885,0	4013	0,3	0,005	0,054	0,01	0,01	0,01	0,01
S0114	S0114-S039-2,70	366 890	9 696 286	2/07/2018	No	0	Franco- Arcilloso	3,18	14,8	0,0008	-	0,01	10,9	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S040-0,90	366 856	9 696 246	3/07/2018	Si	0	Franco- Arcilloso	1,74	18,18	0,0008	-	0,01	9,441	946,0	1043	0,3	0,005	0,021	0,01	0,01	0,01	0,01
S0114	S0114-S040-1,50	366 856	9 696 246	3/07/2018	Si	0	Franco- Arcilloso	2,02	25,36	0,0008	-	0,01	13,5	604,0	664	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S040-3,60	366 856	9 696 246	3/07/2018	No	0	Arcillosa	2,68	133,4	0,1009	-	0,01	13,7	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S041-0,30	366 833	9 696 793	1/07/2018	No	10,6	Franca	2,82	36,51	0,0008	-	0,084	15,8	5	5	-	0,005	0,003	0,01	0,01	0,01	0,01
S0114	S0114-S041-3,30	366 833	9 696 793	1/07/2018	No	1,2	Franco- Arcilloso	5,61	109,6	0,0008	-	0,01	13	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S042-0,90	366 826	9 696 774	1/07/2018	No	11,8	Franco- Arenoso	10,7	68,28	0,0008	-	0,01	10	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S042-3,30	366 826	9 696 774	1/07/2018	No	18,1	Franca	7,07	50,81	0,0008	-	0,01	10,6	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S043-0,90	366 817	9 696 848	1/07/2018	Si	18,2	Franco- Arcilloso	2,93	47,44	0,0008	-	0,01	23,6	3248,0	3147	2	0,005	0,221	0,01	0,01	0,01	0,01
S0114	S0114-S043-3,30	366 817	9 696 848	1/07/2018	No	2,5	Franco- Arcilloso	2,02	12,39	0,0008	-	0,01	8,364	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S044-0,90	366 806	9 696 822	1/07/2018	No	4,2	Arcillosa	1,88	100,6	0,0008	-	0,053	14,4	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S044-3,30	366 806	9 696 822	1/07/2018	No	1,7	Franca	2,05	51,87	0,0760	-	0,051	9,417	5	5	0,3	0,005	0,003	0,01	0,01	0,01	0,01
S0114	S0114-S045-0,60	366 773	9 696 819	1/07/2018	No	2,9	Franco- Arcilloso	1,92	14,46	0,0008	-	0,299	6,897	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S045-3,90	366 773	9 696 819	1/07/2018	No	3,9	Arcillosa	1,72	45,44	0,0008	-	0,068	18,3	5	5	0,3	0,005	0,003	0,01	0,01	0,01	0,01
S0114	S0114-S046-0,90	366 746	9 696 842	1/07/2018	No	0	Franco- Arcilloso	2,21	32,96	0,0008	-	0,01	8,041	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S046-3,90	366 746	9 696 842	1/07/2018	No	1,2	Franca	2,02	10,01	0,0008	-	0,01	8,027	5	5	-	0,005	0,003	-	-	-	-
S0114	S0114-S047-0,60	366 780	9 696 867	1/07/2018	No	0	Franco- Arcilloso	2,52	127	0,0008	-	0,113	8,016	5	5	-	0,005	0,003	-	-	-	-
S0114	S0114-S047-3,60	366 780	9 696 867	1/07/2018	No	0	Franco- Arcilloso	1,98	20,9	0,0008	-	0,01	14,5	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S048-0,60	366 754	9 696 889	1/07/2018	No	0	Franca	3,03	13,53	0,0008	-	0,01	11,5	82,30	99,2	-	-	-	-	-	-	-

Cuadro 3-34 Resumen de los resultados de laboratorio muestras de suelo (época húmeda)

Suelos							Parámetros															
Sitio	Código de Muestra	Coordenadas UTM ^[a]		Fecha de muestreo	Evidencia Física	Registro PID	Clase Textural	Arsénico	Bario Total	Cadmio	Cromo Hexavalente	Mercurio	Plomo	Hidrocarburos Totales C10-C28	Hidrocarburos Totales C28-C40	Hidrocarburos Totales C5-C10	Benzo (a) pireno	Naftaleno	Benceno	Etilbenceno	Tolueno	Xilenos
		Este	Norte																			
Unidades								mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	
Estándar de Calidad Ambiental para Suelo – Categoría Uso Agrícola (D.S. N° 011-2017-MINAM)								50	750	1,4	0,4	6,6	70	1200	3000	200	0,1	0,1	0,03	0,082	0,37	11
S0114	S0114-S048-3,60	366 754	9 696 889	1/07/2018	No	0	Franco- Arcilloso	3,78	6,834	0,0008	-	0,01	11,2	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S049-0,60	366 783	9 696 910	1/07/2018	No	0	Franca	2,28	20,83	0,0008	-	0,01	18,1	2684,0	2568	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S049-3,60	366 783	9 696 910	1/07/2018	Si	15	Franco- Arcilloso	2,25	23,1	0,0008	-	0,01	16,5	3531,0	3074	-	0,005	0,525	-	-	-	-
S0114	S0114-S049-4,80	366 783	9 696 910	1/07/2018	No	5	Arcillosa	3,63	23,78	0,0008	-	0,065	10,9	189,0	195	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-NF	366 632	9 696 894	6/07/2018	No Medido	No Medido	-	1,07	10,36	0,0252	-	0,084	3,674	-	-	-	-	-	-	-	-	-

[a] Datum WGS 84 – Zona 18 Sur

Fuente: AGQ Perú SAC

Leyenda:

No excede el ECA-Suelo (D.S. N° 011-2017-MINAM)
Excede el ECA-Suelo (D.S. N° 011-2017-MINAM)

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 3-35 Resumen de los resultados de laboratorio muestras de suelo (época seca)

Suelos							Parámetros															
Sitio	Código de Muestra	Coordenadas UTM ^[a]		Fecha de muestreo	Evidencia Física	Registro PID	Clase Textural	Arsénico	Bario Total	Cadmio	Cromo Hexavalente	Mercurio	Plomo	Hidrocarburos Totales C10-C28	Hidrocarburos Totales C28-C40	Hidrocarburos Totales C5-C10	Benzo (a) pireno	Naftaleno	Benceno	Etilbenceno	Tolueno	Xilenos
		Este	Norte																			
Unidades								mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	
Estándar de Calidad Ambiental para Suelo – Categoría Uso Agrícola (D.S. N° 011-2017-MINAM)								50	750	1,4	0,4	6,6	70	1200	3000	200	0,1	0,1	0,03	0,082	0,37	11
S0114	S0114-S050-0,60	367 087	9 696 150	15/09/2018	No	4,8	Franco-Arcilloso	0,76	14,16	0,0008	-	0,01	7,78	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S050-1,50	367 087	9 696 150	15/09/2018	No	0	Franco-Arenoso	0,12	4,063	0,0600	-	0,01	4,7	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S051-0,60	366 748	9 696 461	15/09/2018	No	7	Franco-Arcilloso	1,67	23,38	0,0008	-	0,01	8,3	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S051-1,50	366 748	9 696 461	15/09/2018	No	0	Franco-Arcilloso	2,82	15,77	0,0008	-	0,01	9,1	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S052-0,60	366 753	9 696 719	15/09/2018	No	2,1	Arcillosa	1,88	32,2	0,0008	-	0,01	10,5	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S052-1,50	366 753	9 696 719	15/09/2018	No	0,1	Arcillosa	1,41	19,24	0,0008	-	0,01	9,61	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S053-0,60	366 733	9 696 985	15/09/2018	No	4,5	Franco-Arcilloso	2,65	39,28	0,0008	-	0,01	13,5	5	5	-	0,005	0,003	-	-	-	-
S0114	S0114-S053-1,50	366 733	9 696 985	15/09/2018	No	0,9	Franco-Arcilloso	3,78	23,54	0,0008	-	0,01	11,7	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S054-0,60	366 677	9 696 910	15/09/2018	No	3,8	Franca	2,06	11,08	0,0008	-	0,01	9,98	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S054-1,50	366 677	9 696 910	15/09/2018	No	0,1	Franco-Arcilloso	2,88	17,27	0,0008	-	0,01	11,1	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0114	S0114-S055-0,60	366 878	9 696 893	15/09/2018	Si	154,1	Franca	3,35	100,2	0,0008	-	0,01	37,4	7109,0	5782	9	0,005	0,003	0,01	0,01	0,01	0,01
S0114	S0114-S055-1,80	366 878	9 696 893	15/09/2018	Si	157,3	Franca	3,01	119	0,0008	-	0,01	34,9	6882,0	6310	-	-	-	-	-	-	-

[a] Datum WGS 84 – Zona 18 Sur

Fuente: AGQ Perú SAC

Leyenda:

No excede el ECA-Suelo (D.S. N° 011-2017-MINAM)
Excede el ECA-Suelo (D.S. N° 011-2017-MINAM)

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 3-36 Resumen de los resultados de laboratorio de agua superficial (época húmeda)

Agua Superficial					Parámetros																				
Sitio	Código de Muestra	Coordenadas UTM ^[a]		Fecha de Muestreo	Conductividad Eléctrica	Oxígeno Disuelto	pH ^[b]	Temperatura	Fósforo	Antimonio	Arsénico	Bario Total	Cadmio	Cobre	Cromo Total	Mercurio	Níquel	Plomo	Selenio	Talio	HT C10-C40	Antraceno	Benzo (a) pireno	Fluoranteno	Benceno
		Este	Norte																						
Unidades					µS/cm	mg/L	Unidades de pH	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Estándares de Calidad Ambiental para Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM) - Categoría 4 Subcategoría E2					1000	≥ 5	6,5 - 9,0	Δ 3	0,05	0,64	0,15	1,00	0,00025	0,10	0,02	0,0001	0,052	0,0025	0,005	0,0008	0,50	0,0004	0,0001	0,001	0,05
S0114	S0114-As001	366 833	9 696 438	26/06/2018	7,7	6,47	5,49	23	0,044	0,00002	0,00004	0,0202	0,00001	0,0009	0,001	0,00007	0,0016	0,00058	0,00004	0,00001	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007
S0114	S0114-As002	367 007	9 696 237	26/06/2018	9,1	6,91	5,43	23,2	0,042	0,00002	0,00004	0,0236	0,00001	0,0011	0,001	0,00007	0,002	0,00072	0,00004	0,00001	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007
S0114	S0114-As003	366 862	9 697 046	27/06/2018	7,3	7,4	5,87	23,1	0,031	0,00002	0,00004	0,014	0,00001	0,001	0,001	0,00007	0,0012	0,00006	0,00004	0,00001	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007
S0114	S0114-As004	366 888	9 696 983	27/06/2018	8,1	7,41	5,99	23,1	0,047	0,00002	0,00004	0,0158	0,00001	0,0006	0,001	0,00007	0,0013	0,00006	0,00004	0,00001	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007

[a] Datum WGS 84 – Zona 18 Sur
[b] Si bien es cierto, estos valores se encuentran fuera del rango exigido por la norma, los ríos de selva presentan características ácidas con valores desde 3,5.

Leyenda:

No excede el ECA-Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM)
Excede el ECA-Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM)

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 3-37 Resumen de los resultados de laboratorio de agua superficial (época seca)

Agua Superficial					Parámetros																				
Sitio	Código de Muestra	Coordenadas UTM ^[a]		Fecha de Muestreo	Conductividad Eléctrica	Oxígeno Disuelto	pH	Temperatura	Fósforo	Antimonio	Arsénico	Bario Total	Cadmio	Cobre	Cromo Total	Mercurio	Níquel	Plomo	Selenio	Talio	HT C10-C40	Antraceno	Benzo (a) pireno	Fluoranteno	Benceno
		Este	Norte																						
Unidades					µS/cm	mg/L	Unidades de pH	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
Estándares de Calidad Ambiental para Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM) - Categoría 4 Subcategoría E2					1000	≥ 5	6,5 - 9,0	Δ 3	0,05	0,64	0,15	1,00	0,00025	0,10	0,02	0,0001	0,052	0,0025	0,005	0,0008	0,50	0,0004	0,0001	0,001	0,05
S0114	S0114-As001	366 833	9 696 438	14/09/2018	10	5,9	5,7	25	0,008	0,00002	0,00004	0,02	0,00001	0,0003	0,001	0,00007	0,0009	0,00006	0,00004	0,00001	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007
S0114	S0114-As002	367 007	9 696 237	14/09/2018	12	6,2	5,4	25	0,008	0,00002	0,00004	0,02	0,00001	0,0003	0,001	0,00007	0,0009	0,00006	0,00004	0,00001	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007
S0114	S0114-As003	366 862	9 697 046	14/09/2018	9	7,6	6	24	0,008	0,00002	0,00004	0,02	0,00001	0,0003	0,001	0,00007	0,0009	0,00006	0,00004	0,00001	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007
S0114	S0114-As004	366 888	9 696 983	14/09/2018	10	7,2	5,7	24	0,008	0,00002	0,00004	0,02	0,00001	0,0004	0,001	0,00007	0,0009	0,00006	0,00004	0,00001	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007
S0114	S0114-As005	366 722	9 696 969	14/09/2018	147	5,8	5,6	25	0,013	0,00002	0,00063	0,06	0,00001	0,0003	0,001	0,00007	0,0011	0,00043	0,00059	0,00001	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007
S0114	S0114-As006	366 789	9 696 982	14/09/2018	289	5,6	5	25	0,008	0,00002	0,00004	0,04	0,00001	0,0003	0,001	0,00007	0,0009	0,00006	0,00004	0,00001	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007
S0114	S0114-As008	366 776	9 696 482	14/09/2018	9	5,5	5,5	24	0,008	0,00002	0,00004	0,01	0,00001	0,0003	0,001	0,00007	0,0009	0,00006	0,00004	0,00001	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007
S0114	S0114-As009	367 080	9 696 148	14/09/2018	13	6,4	5,6	24	0,008	0,00002	0,00004	0,02	0,00001	0,0003	0,001	0,00007	0,0009	0,00006	0,00004	0,00001	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007

[a] Datum WGS 84 – Zona 18 Sur
[b] Si bien es cierto, estos valores se encuentran fuera del rango exigido por la norma, los ríos de selva presentan características ácidas con valores desde 3,5.

Leyenda:

No excede el ECA-Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM)
Excede el ECA-Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM)

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 3-38 Resumen de los resultados de laboratorio de sedimentos (época húmeda)

Sedimentos					Parámetros																				
Sitio	Código de Muestra	Coordenadas UTM ^[a]		Fecha de Muestreo	Clase Textural	Arsénico	Cadmio	Cobre	Cromo Total	Mercurio	Plomo	Zinc	Acenafteno	Acenaftileno	Antraceno	Benzo (a) antraceno	Benzo (a) pireno	Criseno	Dibenzo (a,h) antraceno	Fenantreno	Fluoranteno	Fluoreno	Naftaleno	Pireno	
		Este	Norte			mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS
Unidades						mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS
Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life (Estándares Canadá ISGG Agua dulce)						5,90	0,60	35,70	37,30	0,17	35,00	123,00	0,00671	0,00587	0,0469	0,0317	0,0319	0,0571	0,00622	0,0419	0,111	0,0212	0,0346	0,053	
S0114	S0114-Sed001	366 833	9 696 438	26/06/2018	Arcillosa	2,81	0,0932	13	18,6	0,084	15,8	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
S0114	S0114-Sed002	367 007	9 696 237	26/06/2018	Arenosa	0,254	0,0008	0,89	3,143	0,01	4,376	4,3	0,005	0,005	0,005	0,024	0,005	0,005	0,004	0,005	0,005	0,005	0,003	0,005	
S0114	S0114-Sed003	366 862	9 697 046	27/06/2018	Arcillosa	3	0,0008	7,3	13,1	0,054	12,5	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
S0114	S0114-Sed004	366 888	9 696 983	27/06/2018	Areno Francosa	0,57	0,0008	1,6	3,483	0,01	6,76	8,8	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005	0,005	0,005	0,003	0,005	

Leyenda:

No excede el Estándares Canadá ISQG Agua dulce
Excede el Estándares Canadá ISQG Agua dulce

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 3-39 Resumen de los resultados de laboratorio de sedimentos (época seca)

Sedimentos					Parámetros																				
Sitio	Código de Muestra	Coordenadas UTM ^[a]		Fecha de Muestreo	Clase Textural	Arsénico	Cadmio	Cobre	Cromo Total	Mercurio	Plomo	Zinc	Acenafteno	Acenaftileno	Antraceno	Benzo (a) antraceno	Benzo (a) pireno	Criseno	Dibenzo (a,h) antraceno	Fenantreno	Fluoranteno	Fluoreno	Naftaleno	Pireno	
		Este	Norte			mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS
Unidades						mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS
Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life (Estándares Canadá ISGG Agua dulce)						5,90	0,60	35,70	37,30	0,17	35,00	123,00	0,00671	0,00587	0,0469	0,0317	0,0319	0,0571	0,00622	0,0419	0,111	0,0212	0,0346	0,053	
S0114	S0114-Sed001	366 833	9 696 438	14/09/2018	Franca	3,29	0,0700	18	26,6	0,01	16,9	45	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005	0,005	0,005	0,003	0,005	
S0114	S0114-Sed002	367 007	9 696 237	14/09/2018	Franco- Arenoso	0,3	0,0008	1,2	4,3	0,01	5,04	3,6	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005	0,005	0,005	0,003	0,005	
S0114	S0114-Sed003	366 862	9 697 046	14/09/2018	Arenosa	0,15	0,0008	0,43	1,53	0,01	3,45	0,97	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005	0,005	0,005	0,003	0,005	
S0114	S0114-Sed004	366 838	9 696 983	14/09/2018	Arenosa	0,31	0,0008	0,74	2,12	0,01	3,83	3,4	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005	0,005	0,005	0,003	0,005	
S0114	S0114-Sed005	366 722	9 696 969	14/09/2018	Franco- Arenoso	1,63	0,0008	2,3	6,85	0,01	2,65	4,5	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005	0,005	0,005	0,003	0,005	
S0114	S0114-Sed006	366 789	9 696 982	14/09/2018	Franco- Arenoso	0,86	0,0008	1,7	4,18	0,01	4,45	4,1	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005	0,005	0,005	0,003	0,005	
S0114	S0114-Sed007	366 759	9 696 724	14/09/2018	Franco- Arenoso	0,53	0,0008	1,9	4,08	0,01	3,06	6,5	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005	0,005	0,005	0,003	0,005	
S0114	S0114-Sed008	366 776	9 696 482	14/09/2018	Franca	1,78	0,1000	14	13,9	0,01	10,5	33	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005	0,005	0,005	0,003	0,005	
S0114	S0114-Sed009	367 080	9 696 148	14/09/2018	Arenosa	0,06	0,0008	0,52	2,59	0,01	2,44	0,42	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005	0,005	0,005	0,003	0,005	

Leyenda:

No excede el Estándares Canadá ISQG Agua dulce
Excede el Estándares Canadá ISQG Agua dulce

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 3-40 Resumen de los resultados de laboratorio de aguas subterránea –(época húmeda)

Agua Subterránea					Parámetros																												
Sitio	Código de muestra	Coordenadas UTM ^[a]		Fecha de muestreo	Cond. Eléctrica	Oxígeno Disuelto	pH ^[b]	Temp.	Fósforo Total	Cloruros	Aluminio	Antimonio	Arsénico	Bario Total	Boro	Cadmio	Cobre	Cromo Total	Hierro	Manganeso	Mercurio	Níquel	Plata	Plomo	Selenio	Talio	Zinc	HT C10-C40	HT C28-C40	Antraceno	Benzo (a) pireno	Fluoranteno	Benceno
		Este	Norte		µS/cm a 25°C	mg/L O ₂	Unidades de pH	°C	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Unidades					-	≥ 5	6,5 - 9,0	Δ 3	0,05	100,00	0,01	0,006	0,005	1,00	1,50	0,005	0,007	0,0049	0,30	0,050	0,000005	0,20	0,0001	0,01	0,001	0,0008	0,03	1,10	0,50	0,0004	0,0001	0,001	0,05
Alberta Tier (Groundwater) Remediation Guidelines					-	≥ 5	6,5 - 9,0	Δ 3	0,05	100,00	0,01	0,006	0,005	1,00	1,50	0,005	0,007	0,0049	0,30	0,050	0,000005	0,20	0,0001	0,01	0,001	0,0008	0,03	1,10	0,50	0,0004	0,0001	0,001	0,05
S0114	S0114-ASub001	366 731	9 696 983	9/07/2018	209	2,39	5,96	24,7	0,18	51	1,84	0,00008	0,00707	0,1855	0,014	0,00010	0,0085	0,004	41	0,45372	<0,00007	0,0037	0,00006	0,00462	0,00037	0,00006	0,026	0,05	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007
S0114	S0114-ASub002	366 755	9 696 724	9/07/2018	82,5	4,91	5,92	24,8	0,013	2,7	0,046	0,00002	0,00151	0,1929	0,005	0,00013	0,0003	0,005	0,05	0,07695	<0,00007	0,0046	0,00084	0,001	0,00004	0,00009	0,082	0,05	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007
S0114	S0114-ASub003	366 748	9 696 456	9/07/2018	42,1	3,58	5,74	24,5	0,018	1,4	0,97	0,00007	0,00244	0,1571	0,007	0,00009	0,0021	0,007	1,1	0,0241	<0,00007	0,0016	0,00006	0,00175	0,00004	0,00002	0,021	0,05	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007
S0114	S0114-ASub004	367 077	9 699 153	9/07/2018	145	6,53	6,31	24,1	0,011	2,2	0,54	0,00009	0,00257	0,0365	0,009	0,00005	0,0018	0,003	0,44	0,04835	<0,00007	0,0012	0,00006	0,00231	0,00004	0,00005	0,034	0,05	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007

[a] Datum WGS 84 – Zona 18 Sur
[b] Si bien es cierto, estos valores se encuentran fuera del rango exigido por la norma, los ríos de selva presentan características ácidas con valores desde 3,5.
Leyenda:

No excede la normativa internacional
Excede Alberta Tier I (Groundwater) Remediation Guidelines

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 3-41 Resumen de los resultados de laboratorio de aguas subterránea (época seca)

Agua Subterránea					Parámetros																												
Sitio	Código de muestra	Coordenadas UTM ^[a]		Fecha de muestreo	Cond. Eléctrica	Oxígeno Disuelto	pH ^[b]	Temp.	Fósforo Total	Cloruros	Aluminio	Antimonio	Arsénico	Bario Total	Boro	Cadmio	Cobre	Cromo Total	Hierro	Manganeso	Mercurio	Níquel	Plata	Plomo	Selenio	Talio	Zinc	HT C10-C40	HT C28-C40	Antraceno	Benzo (a) pireno	Fluoranteno	Benceno
		Este	Norte																														
Unidades					µS/cm a 25°C	mg/L O₂	Unidades de pH	°C	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
Alberta Tier (Groundwater) Remediation Guidelines					-	≥ 5	6.5 - 9.0	Δ 3	0,05	100,00	0,01	0,006	0,005	1,00	1,50	0,005	0,007	0,0049	0,30	0,050	0,000005	0,20	0,0001	0,01	0,001	0,0008	0,03	1,10	0,50	0,0004	0,0001	0,001	0,05
S0114	S0114-ASub001	366 731	9 696 983	14/09/2018	261	3,82	6,04	24,6	0,288	55	5,52	0,00002	0,00793	0,1947	0,002	0,00001	0,0238	0,011	47	0,44415	<0,00007	0,006	0,00006	0,01513	0,00026	0,00001	0,062	0,05	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007
S0114	S0114-ASub002	366 755	9 696 724	14/09/2018	44,6	4,4	5,42	25	0,008	1,2	0,11	0,00031	0,00004	0,1704	0,002	0,00001	0,0003	0,003	0,22	0,06266	<0,00007	0,0053	0,00006	0,00031	0,00004	0,00001	0,055	0,05	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007
S0114	S0114-ASub003	366 748	9 696 456	14/09/2018	57,6	4,81	5,84	25,1	0,031	0,54	1,05	0,00016	0,00004	0,2556	0,002	0,00001	0,0014	0,007	1,1	0,01531	<0,00007	0,0013	0,00006	0,00075	0,00004	0,00001	0,019	0,05	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007
S0114	S0114-ASub004	367 077	9 699 153	14/09/2018	111	5,44	6,19	24,2	0,008	0,49	0,178	0,00002	0,00004	0,0105	0,002	0,00001	0,0003	0,001	0,13	0,04289	<0,00007	0,0009	0,00006	0,00033	0,00004	0,00001	0,01	0,05	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007

[a] Datum WGS 84 – Zona 18 Sur
[b] Si bien es cierto, estos valores se encuentran fuera del rango exigido por la norma, los ríos de selva presentan características ácidas con valores desde 3,5.
Leyenda:

No excede la normativa internacional
Excede Alberta Tier (Groundwater) Remediation Guidelines

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 3-42 Resumen de los resultados de laboratorio de peces (época húmeda)

Peces				Parámetros					
Sitio	Código de muestra	Coordenadas UTM ^[a]		Fecha de muestreo	Arsénico Total	Bario Total	Cadmio Total	Mercurio Total	Plomo Total
		Este	Norte						
Unidades					mg/kg de PS	mg/kg de PS	mg/kg de PS	mg/kg de PS	mg/kg de PS
Resolución de Dirección Ejecutiva N° 057-2016-SANIPES-DE ^(*)					25,0	0,7 – 1 ^(**)	0,05	0,50	0,30
S0114	S0114-Hb-PEC1-004	366 888	9 696 983	4/07/2018	0,01	1,337	0,0303	0,0905	0,063
S0114	S0114-Hb-PEC1-002	367 007	9 696 237	2/07/2018	0,01	16,75	0,129	0,0681	0,312
S0114	S0114-Hb-PEC2-004	366 888	9 696 983	5/07/2018	0,01	2,868	0,1614	0,01	0,059
S0114	S0114-Hb-PEC3-004	366 888	9 696 983	5/07/2018	0,01	1,808	0,0152	0,2741	0,049

(*) Organismo Nacional de Sanidad Pesquera.
(**) Ecological risk assessment of barite (BaSO₄) using ecotoxicological tests with twelve organisms, Christian Paredes y María Cristina Miglio. Ecología Aplicada, 17(1), 2018.

Leyenda:

No excede la R.D.E. N° 057-2016-SANIPES-DE
Excede la R.D.E. N° 057-2016-SANIPES-DE

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 3-43 Resumen de los resultados de laboratorio de peces (época seca)

Peces				Parámetros					
Sitio	Código de muestra	Coordenadas UTM ^[a]		Fecha de muestreo	Arsénico Total	Bario Total	Cadmio Total	Mercurio Total	Plomo Total
		Este	Norte						
Unidades					mg/kg de PS	mg/kg de PS	mg/kg de PS	mg/kg de PS	mg/kg de PS
Resolución de Dirección Ejecutiva N° 057-2016-SANIPES-DE (*)					25,0	0,7 – 1 (**)	0,05	0,50	0,30
S0114	S0114-Hb-PEC2-004	366 888	9 696 983	13/09/2018	0,01	0,1675	0,4223	0,0138	0,011
S0114	S0114-Hb-PEC3-004	366 888	9 696 983	13/09/2018	0,01	4,364	0,2708	0,01	0,01
S0114	S0114-Hb-PEC4-004	366 888	9 696 983	13/09/2018	0,01	0,1435	0,1182	0,0102	0,01
S0114	S0114-Hb-PEC5-004	366 888	9 696 983	14/09/2018	0,0658	3,312	0,2041	0,0402	0,01
S0114	S0114-Hb-PEC6-004	366 888	9 696 983	14/09/2018	0,0685	1,23	0,5149	0,01	0,263
S0114	S0114-Hb-PEC7-004	366 888	9 696 983	14/09/2018	0,1376	1,805	0,281	0,01	0,029
S0114	S0114-Hb-PEC8-004	366 888	9 696 983	14/09/2018	0,2277	5,577	0,7154	0,01	0,135

(*) Organismo Nacional de Sanidad Pesquera.
(**) Ecological risk assessment of barite (BaSO₄) using ecotoxicological tests with twelve organisms, Christian Paredes y María Cristina Miglio. Ecología Aplicada, 17(1), 2018.

Leyenda:

No excede la R.D.E. N° 057-2016-SANIPES-DE
Excede la R.D.E. N° 057-2016-SANIPES-DE

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 3-44 Resumen de los resultados de laboratorio muestras de suelo para calidad agrícola o suelo agrícola

Tipo de Producto		SUELO AGRICOLA					
Fecha de muestreo		7/07/2018	7/07/2018	7/07/2018	2/07/2018	1/07/2018	15/09/2018
Nombre de la Estación		S0114-SCA-025	S0114-SCA-026	S0114-SCA-027	S0114-SCA-028	S0114-SCA-029	S0114-SCA-030
Parámetro	Unidades	Resultados					
Complejo de Cambio							
Aluminio de Cambio	meq/100 g	0.71	1.04	1.25	1.3	1.56	1.56
Calcio Cambio	meq/100 g	1.59	< 0,125	1.35	< 0,125	0.16	0.49
CIC Efectiva	meq/100 g	3.04	1.06	3.18	1.34	1.86	2.42
Magnesio de Cambio	meq/100 g	0.41	< 0,02	0.33	< 0,02	0.09	0.11
Potasio Cambio	meq/100 g	0.09	0.03	0.08	0.04	0.05	0.07
Sodio Cambio	meq/100 g	0.24	< 0,05	0.16	< 0,05	< 0,05	0.19
Fertilidad							
Caliza Activa	% CaCO3	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Cond. Eléctrica (Ext 1/1)	µS/cm a 20° C	262	< 70	190	< 70	< 70	215
Fósforo Disponible Bray-Kurtz	mg/kg	< 3,5	< 3,5	< 3,5	< 3,5	< 3,5	< 3,5
Materia Orgánica	%	2.03	0.54	1.4	0.6	0.82	1.43
Nitrógeno Total	mg/kg	678	442	607	420	410	571
pH (Extracto 1/1)	Unidades de pH	4.6	4.92	4.52	4.69	4.68	4.46
Microelementos							
Boro	mg/kg	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Cobre (DTPA)	mg/kg	0.76	0.27	0.86	0.54	0.38	0.65
Hierro (DTPA)	mg/kg	241	10.1	95.7	30	38.7	104
Manganeso (DTPA)	mg/kg	22.6	2.94	11.7	1.5	18.8	19.2
Zinc (DTPA)	mg/kg	1.98	2.89	0.91	0.36	0.78	1.14
Propiedades Físicas - Granulometría							
Arcilla	%	27.4	39.8	32.9	44.8	31.3	36.7
Arena	%	22.3	15.9	14.7	9.52	10.1	23.3
Arena Fina	%	22.3	15.9	14.7	9.52	10.1	23.3
Arena Gruesa	%	< 0	< 0	< 0	< 0	< 0	< 0
Clase Textural	%	Franco-Arcillosa	Franco-Arcillo-Limosa	Franco-Arcillo-Limosa	Arcillo-Limosa	Franco-Arcillo-Limosa	Franco-Arcillosa
Limo	%	50.3	44.3	52.4	45.7	58.6	40
Relaciones de Interés							
Relación C/N		17.3	7.1	13.4	8.22	11.6	14.6

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.7 Interpretación de los resultados.

Según los resultados de laboratorio se procedió al análisis respectivo, se hizo la comparación con los límites establecidos por los estándares de calidad de la Normatividad Nacional Vigente ECA para Suelo (D. S. N° 011-2017-MINAM)

3.7.1 Suelos

La primera interpretación de los datos se efectúa sobre los niveles de fondo, para lo cual se organiza la data en el Cuadro 3-45. Del análisis de esta información se puede evidenciar que el Boro (4 sectores / 8 sitios) y el Selenio (3 sectores / 3 sitios) se presentan con valores que superan algunas de las normas internacionales (ver Cuadro 3-33), aun cuando se tomaron las muestras en lugares no contaminados. El Vanadio y el Cromo igualmente observan este comportamiento, pero en un único sector y en una única muestra que no corresponde con el sitio impactado S0114 (Sitio 14). La variabilidad en los niveles de metales en el área de estudio (4 sectores) es elevada.

En el sitio S0114 (Sitio 14), sector oeste del área de operaciones Dorissa, se analizaron 44 muestras de suelo, de las cuales 34 muestras se captaron en época húmeda y 10 muestras en época seca. En el sector sur del área de operaciones, se analizaron 50 muestras de suelo, de las cuales 46 muestras se captaron en época húmeda y 4 muestras en época seca. Normalmente el muestreo de suelos se realiza en una sola temporada; sin embargo, en la segunda temporada se establecieron puntos adicionales con el objeto de definir con más precisión un área superficial de suelo impactado. Por lo antes expuesto, a partir de los resultados obtenidos de laboratorio para el muestreo de la primera temporada, se añadieron sondeos fuera del límite del polígono (con evidencias de impacto) y así delimitar en forma más precisa el área de afectación.

La variación de concentración de los suelos entre temporadas es poco probable ya que los suelos además de ser arcillosos, en el área prácticamente llueve todo el año, diferenciándose únicamente por épocas de mayor o menor pluviosidad.

El Cuadro 3-34 y Cuadro 3-35, presenta los resultados analíticos de las muestras colectadas durante la Fase de Caracterización que excedieron, en al menos un parámetro, los **ECA para suelos de uso agrícola** o el nivel de fondo. Por otra parte, en vista que el cromo total no está considerado en el ECA por la categoría agrícola, se comparó con el ECA para tipo de suelo residencial/parques. El Anexo 6.10 incluye el informe de resultados analíticos emitidos por el laboratorio AGQ.

Los metales fueron comparados de manera orientativa con normas internacionales, ver Cuadro 3-33 (por tratarse de estándares utilizados en regiones donde las condiciones climáticas, ecosistemas, tipos de bosque y suelos, distan mucho de los existentes en la selva amazónica peruana), encontrándose que no superan los estándares de la Norma Internacional (ver Cuadro 3-33) en el sitio S0114 (Sitio 14) en forma significativa el B, Co, Mo, Ni, Cu, Pb, Tl, V y Zn; sin embargo, sí lo supera en sondeos donde también se encontró fracción de hidrocarburos F2.

Las concentraciones obtenidas de las muestras de fondo en el laboratorio para el sitio S0114 (Sitio 14) indican que éstas no superan la normativa.

A partir de la revisión de imágenes satelitales históricas, se observa que existió una fosa de lodos de petróleo al este de los sondeos S024, S026 y S055 que fue saneada y rellenada.

Cuadro 3-45 Análisis de los niveles de fondo

ECA Agrícola				50	750	-	1,4	-	-	-	-	6,6	-	-	70	-	-	-	-
Norma Ecuatoriana				12	200	1	0,5	10	25	54		0,1	5	19	19	1		76	60
Canadian Soil Quality				12	750	2	1,4	40	63	64	-	6,6	5	45	70	1	1	130	250
Sector	Código	Coord. E (m)	Coord. N (m)	Arsénico	Bario Total	Boro	Cadmio	Cobalto	Cobre	Cromo Total	Estaño Total	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio	Talio	Vanadio	Zinc
				(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
1	S0111-NF	373 200	9 723 927	4,62	47,36	4,728	0,0008	7,038	18	16,5	0,006	0,01	0,49	7,7	10,4	0,631	0,255	59	56
	S0112-NF	373 409	9 724 343	4,18	68,35	6,448	0,0905	9,131	14	11,4	0,0976	0,01	0,29	8,05	10,3	1,451	0,165	41	52
	S0118-NF	374 833	9 719 905	0,811	17,9	5,483	0,0008	2,668	33	94,6	0,2371	0,066	0,133	22	7,628	0,332	0,094	168	25
Promedio				3,20	44,54	5,55	0,03	6,28	21,67	40,83	0,11	0,03	0,30	12,58	9,44	0,80	0,17	89,33	44,33
Desviación Estándar				1,70	20,69	0,70	0,04	2,69	8,18	38,08	0,10	0,03	0,15	6,66	1,28	0,47	0,07	56,11	13,77
Sector	Código	Coord. E (m)	Coord. N (m)	Arsénico	Bario Total	Boro	Cadmio	Cobalto	Cobre	Cromo Total	Estaño Total	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio	Talio	Vanadio	Zinc
				(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
2	S0107-NF	363 520	9 709 926	6,22	37,42	1,114	0,0008	0,918	8,5	13	0,1357	0,079	0,631	3,48	8,054	0,326	0,107	42	21
	S0108-NF	363 826	9 713 189	6,39	50,24	6,036	0,0008	20,8	19	24	0,0104	0,01	0,297	6,39	11,3	1,449	0,231	76	41
	S0109-NF	363 630	9 710 670	4,68	14,07	5,677	0,0008	0,571	3,3	12,4	0,0659	0,01	2,722	1,66	5,23	0,694	0,069	37	17
	S0110-NF	371 929	9 708 054	6,25	15,26	1,088	0,0008	0,513	4	13,3	0,0972	0,061	0,482	2,27	41,1	0,098	0,075	48	12
Promedio				5,89	29,25	3,48	0,00	5,70	8,70	15,68	0,08	0,04	1,03	3,45	16,42	0,64	0,12	50,75	22,75
Desviación Estándar				0,70	15,28	2,38	0,00	8,72	6,27	4,82	0,05	0,03	0,98	1,82	14,41	0,51	0,07	15,09	11,01
Sector	Código muestra	Coord. E (m)	Coord. N (m)	Arsénico	Bario Total	Boro	Cadmio	Cobalto	Cobre	Cromo Total	Estaño Total	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio	Talio	Vanadio	Zinc
				(ppm)															
3	S0113-NF	365 389	9 696 609	1,08	16,07	0,458	0,0008	0,83	5,6	13,2	0,1047	0,079	0,002	1,48	7,349	0,564	0,098	85	12
	S0115-NF	366 185	9 695 813	0,978	10,53	1,05	0,0008	0,502	3,7	9,632	0,2141	0,01	0,002	1	5,537	0,352	0,071	58	7
	S0116-NF	367 233	9 693 655	1,78	15,81	0,919	0,0008	0,907	6,3	14,9	0,0774	0,01	0,092	1,89	7,301	0,623	0,103	71	14
	S0114-NF	366 632	9 696 894	1,07	10,36	2,125	0,0252	0,506	3,8	11	0,3187	0,084	0,124	1,28	3,674	0,79	0,127	59	13
Promedio				1,23	13,19	1,14	0,01	0,69	4,85	12,18	0,18	0,05	0,05	1,41	5,97	0,58	0,10	68,25	11,50
Desviación Estándar				0,32	2,75	0,61	0,01	0,18	1,13	2,02	0,10	0,04	0,05	0,32	1,51	0,16	0,02	10,94	2,69
Sector	Código	Coord. E (m)	Coord. N (m)	Arsénico	Bario Total	Boro	Cadmio	Cobalto	Cobre	Cromo Total	Estaño Total	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio	Talio	Vanadio	Zinc
				(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
4	S0117-NF	385 165	9 699 025	2,7	45,08	2,076	0,0008	0,865	6,5	17,4	0,0517	0,088	0,159	3,09	9,765	1,708	0,169	82	18
	S0119-NF	385 341	9 699 476	3,63	15,61	5,799	0,0008	0,796	3,2	16,4	1,175	0,075	0,002	3,41	5,476	0,881	0,093	72	15
Promedio				3,17	30,35	3,94	0,00	0,83	4,85	16,90	0,61	0,08	0,08	3,25	7,62	1,29	0,13	77,00	16,50
Desviación Estándar				0,47	14,74	1,86	0,00	0,03	1,65	0,50	0,56	0,01	0,08	0,16	2,14	0,41	0,04	5,00	1,50
				Arsénico	Bario Total	Boro	Cadmio	Cobalto	Cobre	Cromo Total	Estaño Total	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio	Talio	Vanadio	Zinc
Promedio (Todos los sitios)				3,41	28,00	3,30	0,01	3,54	9,92	20,59	0,19	0,04	0,41	4,9	10,2	0,76	0,12	69,08	23,3
Desviación Estándar				2,06	18,9	2,27	0,02	5,64	8,52	21,65	0,29	0,03	0,69	5,45	9,18	0,47	0,05	32,33	15,4

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Ver Anexo 6.4.1 Mapa 6.4.1.1: Mapa de excedencias en suelos del sitio S0114 (Sitio 14)-época húmeda y seca.

A continuación, se presentan los compuestos que excedieron los ECA para suelos de uso agrícola y nivel de fondo y las concentraciones máximas reportadas por el laboratorio:

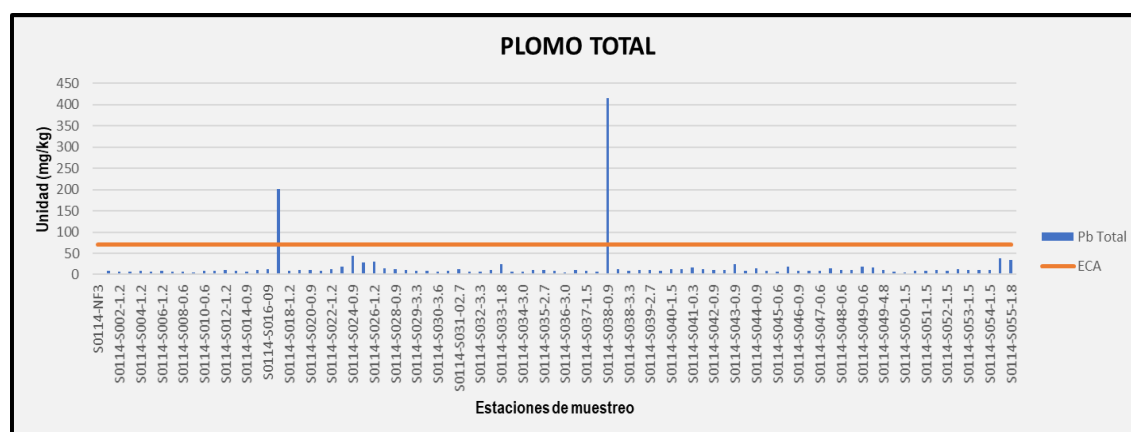
Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- El **plomo** total fue detectado excediendo el ECA para suelo de uso agrícola (70,0 mg/kg) en dos (2) sondeos:

Sondeo	Concentración mg/kg
S017-0,90	202,0
S038-0,90	416,0

La mayor concentración de plomo se encontró en el sondeo S038-0,90 con una concentración de 416,0 mg/kg.

Figura 3-14 Concentraciones de plomo



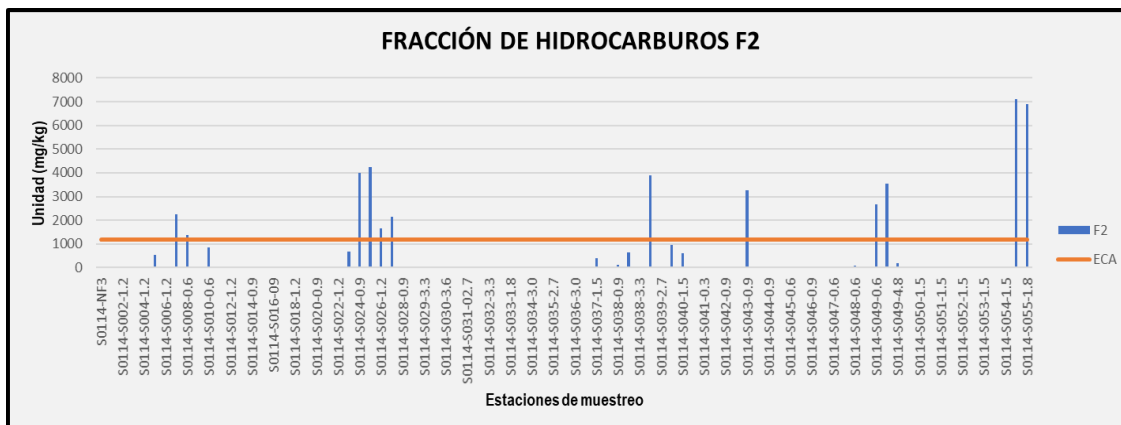
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- La **fracción de hidrocarburo F2** fue detectada excediendo el ECA para suelo de uso agrícola (1200,0 mg/kg) en 10 sondeos:

Sondeo	Concentración mg/kg
S007-1,20	2 241
S008-0,60	1 381
S024-0,90	4 008
S025-0,90	4 234
S026-1,20	1 651
S027-1,20	2 142
S039-0,60	3 885
S043-0,90	3 248
S049-0,60	2 684
S049-3,60	3 531
S055-0,60	7 109
S055-1,80	6 882

La mayor concentración de fracción de hidrocarburo F2 se encontró en el sondeo S055-0,60 con una concentración de 7 109 mg/kg.

Figura 3-15 Concentraciones de fracción de hidrocarburo F2



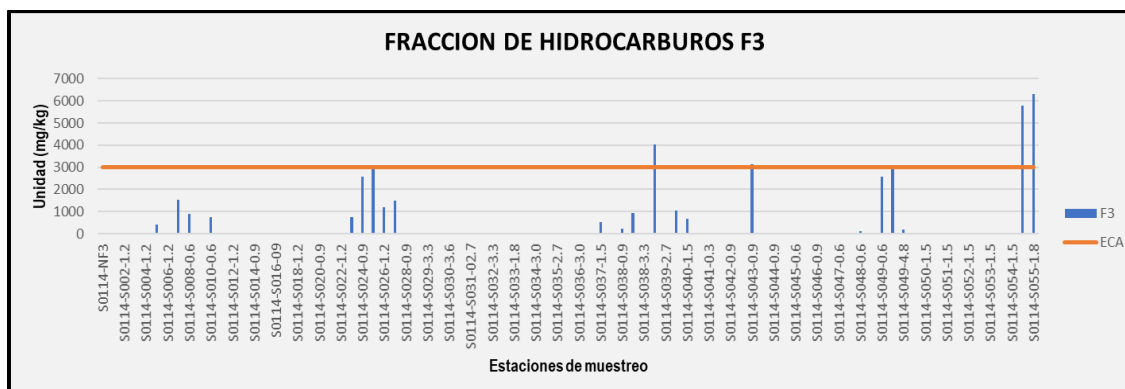
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- La fracción de hidrocarburo F3 fue detectada excediendo el ECA para suelo de uso agrícola (3 000,0 mg/kg) en 4 sondeos:

Sondeo	Concentración mg/kg
S039-0,6	4 013
S043-0,9	3 147
S049-3,6	3 074
S055-0,6	5 782
S055-1,8	6 310

La mayor concentración de fracción de hidrocarburo F2 se encontró en el sondeo S055-1,80 con una concentración de 6 310 mg/kg.

Figura 3-16 Concentraciones de fracción de hidrocarburo F3



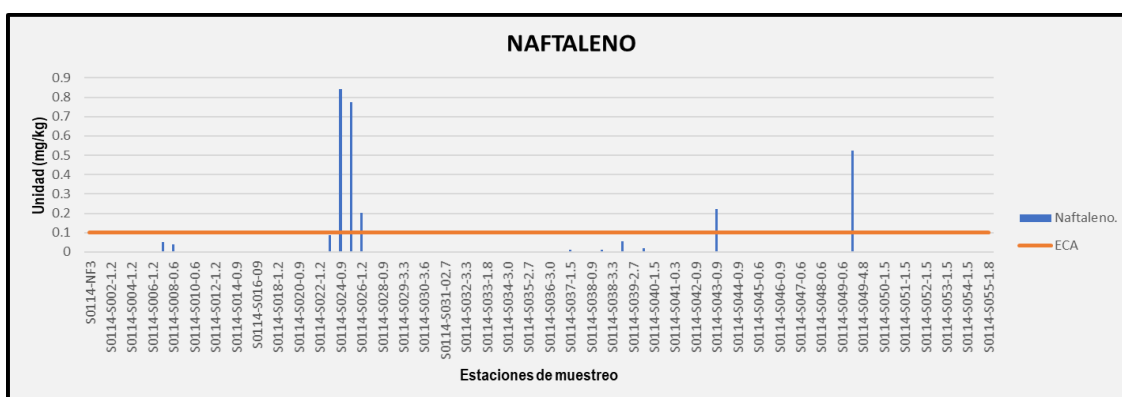
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- El **naftaleno** fue detectado excediendo el ECA para suelo de uso agrícola (0.10 mg/kg) en cinco (5) sondeos:

Sondeo	Concentración mg/kg
S024-0,90	0,840
S025-0,90	0,774
S026-1,20	0,204
S043-0,90	0,221
S049-3,60	0,525

La mayor concentración de naftaleno se encontró en el sondeo S024-0,90 con una concentración de 0,840 mg/kg.

Figura 3-17 Concentraciones de naftaleno



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Interpretación de resultados:

El sitio S0114 (Sitio 14) se evidenció la presencia de plomo en 2 sondeos de un total de 86, más la presencia de otros metales, todos por debajo de la normativa ECA suelo, dejando claro el bajo porcentaje en el que se encuentran presentes.

En el Sector norte del sitio S0114 (Sitio 14), los sondeos S024, S025, S026, S027, S043, S049 y S055 se ubican aguas arriba de antigua poza de lodos (observada en imagen satelital histórica de Google, ver Figura 3-18), por lo que sus concentraciones de fracciones de hidrocarburos F2 y F3 superan el ECA suelo, así como naftaleno, pueden deberse a derrames ocurridos por roturas en el ducto.

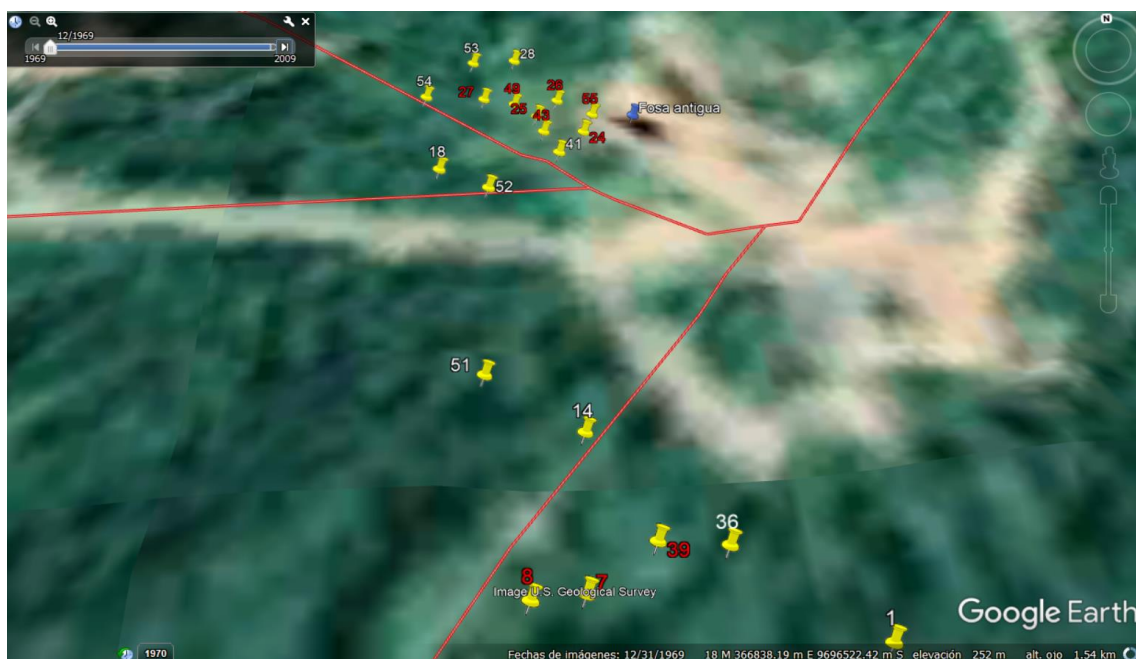
En el Sector sur del sitio S0114 (Sitio 14), los sondeos S008, S007 y S039 se ubican linealmente aguas abajo del ducto, contiguos a curso de quebrada (ver Figura 3-19); por lo que se presume, que alguna rotura en el ducto ocasionó la afectación del suelo.

Figura 3-18 Área impactada por hidrocarburos en sitio S0114 (Sitio 14) (puntos demarcados en rojo)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Figura 3-19 Presencia de antigua poza de lodos (mancha oscura a la derecha)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Según los resultados de laboratorio se procedió al análisis respectivo, efectuando la comparación inicialmente con los niveles de fondo para el sector, en segundo lugar, con los límites establecidos por los estándares de calidad de la Normatividad Nacional Vigente ECA para Suelo (D. S. N° 011-2017-MINAM). Finalmente, para aquellos parámetros no contemplados en la norma peruana se

tomaron, de forma referencial u orientativa, los valores de la norma canadiense y de la norma de Ecuador.

Es importante resaltar que la comparación de resultados con normas internacionales (ver Cuadro 3-33), incluso con las nacionales, debe ser vista con sumo cuidado. Para este análisis se han contemplado exclusivamente aquellos componentes que predominantemente han aparecido en los sitios impactados y que son inherentes a las operaciones petroleras, y que no se encuentran referidos en los ECA de suelos para el Perú. En este sentido se evaluaron de manera independiente y con un fundamento estadístico los siguientes contaminantes: Boro (B), Cobre (Cu), Níquel (Ni), Selenio (Se), Vanadio (V) y Zinc (Zn), dependiendo de su ocurrencia en uno u otro sitio impactado. Adicionalmente se evalúa la presencia y el comportamiento de otros metales si contemplados en la norma peruana, en este caso el Bario y el Plomo.

El siguiente Cuadro 3-46 presenta los estadísticos y niveles de fondo para estos.

Cuadro 3-46 Estadístico de valores de metales no contemplados en normas peruanas en el sitio S0114 (Sitio 14)

Metal	Nivel fondo	Media	Norma Canadá	Norma Ecuador	Desviación estándar	Lím. Inf.	Lím. Sup.
	ppm					ppm	
Boro	2,125	1,37	2	1	1,25	2,125	3,88
Cobre	3,8	8,63	63	25	4,94	3,8	18,50
Níquel	1,28	3,47	45	19	6,52	1,28	16,51
Plomo	3,674	18,73	70	19	48,16	3,674	115,05
Selenio	0,79	1,22	1	1	1,34	0,79	3,90
Vanadio	59	56,56	130	76	19,28	59	95,12
Zinc	13	20,89	250	60	11,47	13	43,84

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Nota: el total de muestras para el sitio impactado sitio S0114 (Sitio 14) es de 87

Es importante señalar las siguientes consideraciones:

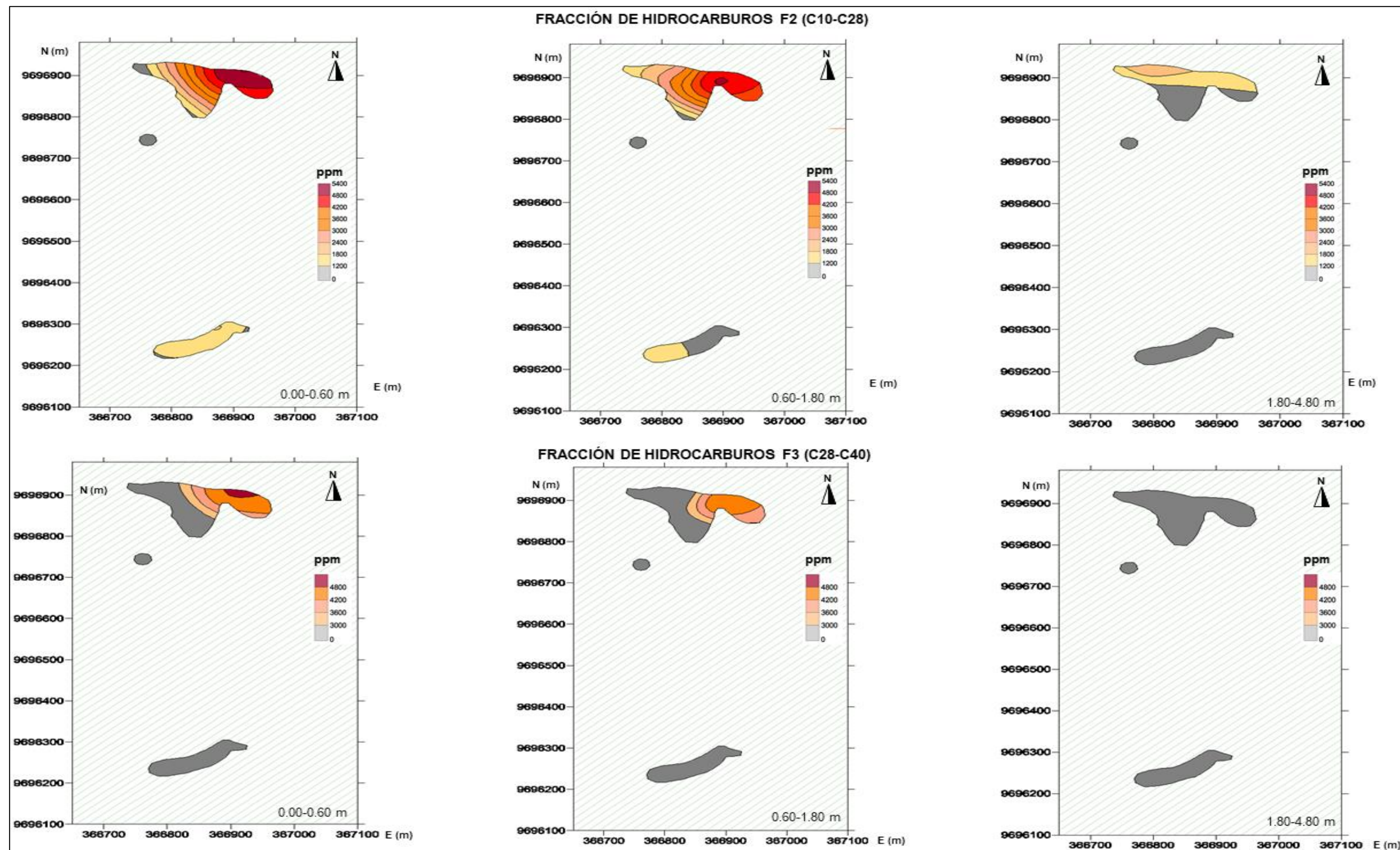
- Debido al bajo número de ocurrencia, los metales Níquel (2 muestras reportadas), Zinc (1 muestra) y Cobre (1 muestras) no se consideran relevantes. No obstante, si tienen una distribución espacial coherente con la ocurrencia de metales en el sitio S0114 (Sitio 14), en especial con el Selenio.
- Se reportaron 19 muestras de Boro, localizadas en el sitio impactado que superan los valores de niveles de fondo para este metal. El Selenio y el Vanadio son los metales que se presentan mayoritariamente en el sitio S0114 (Sitio 14), los cuales se asocian, en algunos casos, a la presencia de fracciones de hidrocarburos.
- El Pb se comparó con la norma ecuatoriana presentando excedencias en 9 muestras, las cuales se correlacionan espacialmente con la ocurrencia de Selenio, Boro y de Fracciones de

hidrocarburos F2 y F3. El Bario se encuentra superando los valores de la norma ecuatoriana en una (1) muestra, asociada a la presencia de Selenio.

- Las fracciones de hidrocarburos se presentan en 12 muestras para F2 y en 5 muestras para F3. No se correlacionan espacialmente con la ocurrencia de Selenio, más si con el Plomo y el Boro.

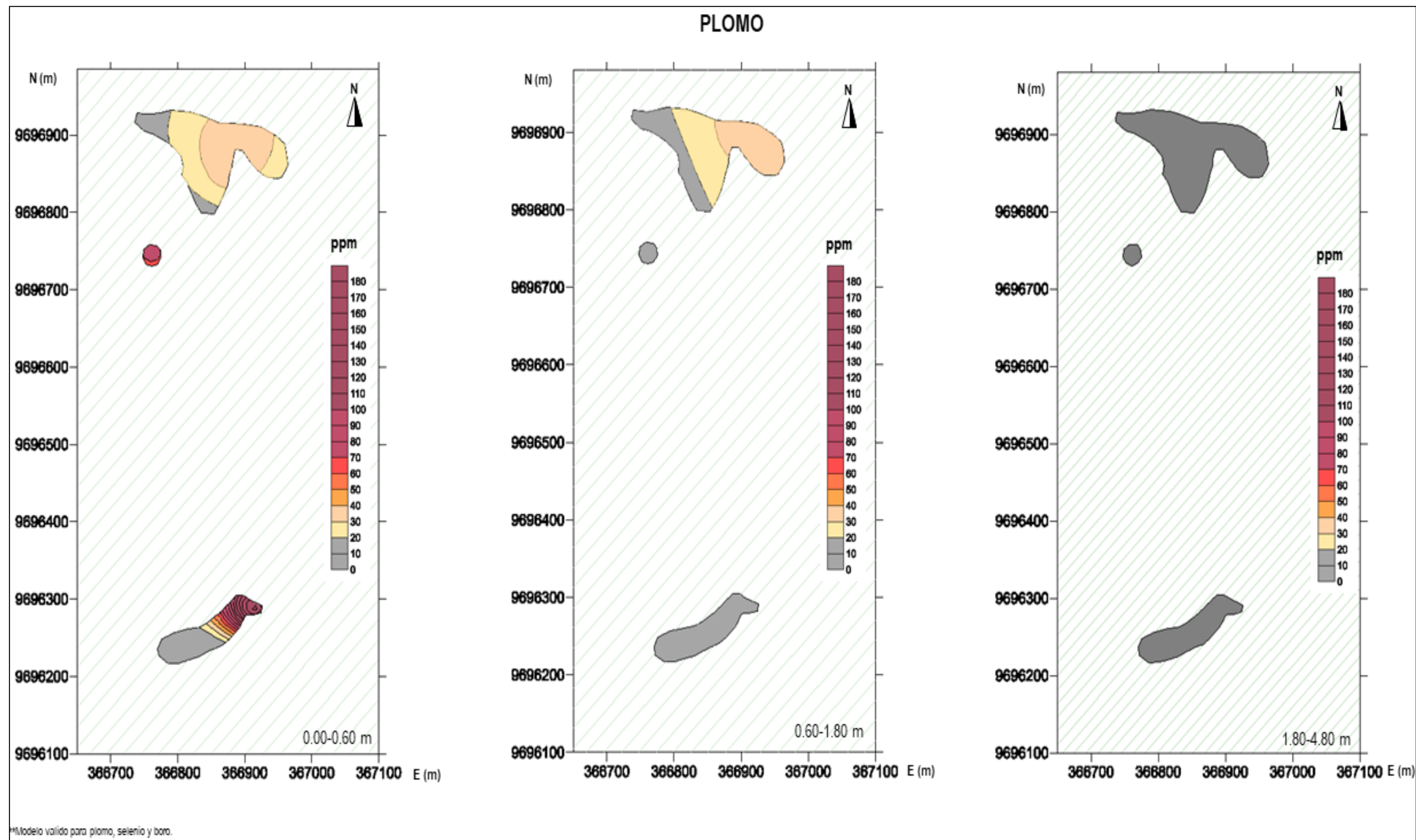
Los modelamientos se generaron en formas de isoconcentración a partir de la interpolación de datos de suelos, a diferentes profundidades y con diferentes concentraciones (siempre comparando las excedencias con el ECA de suelos, tipo agrícola. Se presenta el modelamiento de isoconcentraciones para las fracciones de hidrocarburos F2 y F3 y como modelo “tipo” para los metales se presentan las isoconcentraciones para el Plomo ya que se asocia directamente con la presencia de hidrocarburos y su movilidad en el suelo, bajo determinadas condiciones pudiera resultar elevada (pH ácido, textura arcillosa, contenido de material orgánica, entre otros), más no la del Selenio cuyo comportamiento más móvil ocurre con pH básicos.

Figura 3-20 Modelamientos de Isoconcentraciones



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Figura 3-21 Modelamientos de Isoconcentraciones



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Origen del Bario

Para realizar un análisis del origen del Bario, para ello, como primer paso se procede a evaluar la concentración de Bario Total (mg/kg) obtenido por el método de ICP-Metales y comparándolo con el valor sugerido por la Guía de Remediación de Suelos con Baritina, el cual establece un valor de 750 mg/kg para Suelos de Uso Agrícola.

En los Cuadro 3-34 y 3-35 se presenta los resultados obtenidos en laboratorio donde ninguna muestra presenta excedencias en el ECA suelo.

Resultados de Pruebas Adicionales

Como parte del estudio se realizó los análisis de TCLP (lixiviados) para metales y MEH (Material extractable de hexano) para las muestras de suelos. El procedimiento de lixiviación característica de toxicidad (TCLP) determina la movilidad de los contaminantes inorgánicos presente en una muestra. Este ensayo se realiza bajo los estándares EPA (método 1311). El ensayo TCLP se realizó al 10% del total de muestras que superarán la norma ECA de suelos (tipo agrícola) para metales por sitio impactado.

Por otro lado, el material extractable en hexano (MEH) determina si la presencia de hidrocarburos, en sus diferentes fracciones (representados como TPH), se debe a una fuente por petróleo o por descomposición de materia orgánica. Se realizó para un 12% del total de muestras de suelo del sitio S0114 (Sitio 14).

Los resultados de MEH (Material Extractable en Hexano) en las muestras de suelo se observan en el Anexo 6.10 informes de resultados analíticos emitidos por el laboratorio AGQ.

- De los resultados obtenidos del laboratorio solo se 2 muestras que exceden en Plomo, sin embargo, no resulta representativo estadísticamente, para el total de muestras analizadas (86), realizar los ensayos de TCLP. Se estimó realizar análisis de lixiviados a un 10% del total de muestras que superaran los estándares de calidad para suelo agrícola. Dos muestras no llegan se representativas del comportamiento de lixiviados para el sitio impactado.
- Para el caso de MEH se comparan los valores del ensayo con las concentraciones de las fracciones F2 y F3 en suelos, representadas como TPH (en este caso se asuma como la suma de las fracciones). De las muestras analizadas ninguna muestra presenta concentraciones mayores que los valores de TPH, lo cual se confirma que el hidrocarburo es de origen de petróleo.

Cuadro 3-47 Concentraciones de MEH

Código de Muestra	Temporada	Material Extractable en Hexano (mg/kg)
S0114-S007-1.20	Húmeda	80.6
S0114-S008-0.60	Húmeda	<50
S0114-S024-0.90	Húmeda	86.5
S0114-S025-0.90	Húmeda	<50
S0114-S026-1.20	Húmeda	164
S0114-S027-1.20	Húmeda	111
S0114-S049-0.60	Húmeda	<50
S0114-S049-3.60	Húmeda	<50
S0114-S055-0.60	Seca	458
S0114-S055-1.80	Seca	565

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.7.2 Agua superficial

Los parámetros y variables determinados en agua superficial fueron comparados con el ECA Categoría 4. E2 Ríos de Selva (D. S. N° 004-2017-MINAM).

El Cuadro 3-36 y el Cuadro 3-37 presenta los resultados analíticos de las muestras colectadas durante la Fase de Caracterización.

Asimismo, en el Anexo 6.4.2, el Mapa 6.4.2.1: Mapa de excedencias en agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0114 (Sitio 14)-época húmeda y Mapa 6.4.2.2: Mapa de excedencias en agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0114 (Sitio 14)-época seca.

Los resultados de pH en la zona se encuentran fuera de los límites ECA-Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM); no obstante, es normal en la zona encontrarse valores que reflejan aguas ácidas (<6.5 de pH).

3.7.3 Sedimentos

Los parámetros y variables determinados en sedimentos fueron comparados con los Estándares de calidad para sedimentos de Canadá (Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life).

El Cuadro 3-38 y el Cuadro 3-39 no se evidencia que ninguno de los puntos de muestreo en ambas épocas haya superado los estándares de calidad de sedimentos de Canadá.

Podemos inferir que la erosión y el arrastre en las quebradas es la mínima originada por las características textural del suelo.

3.7.4 Geofísica

A. Tomografía eléctrica

El procesamiento de los datos obtenidos en campo corresponde a una fase de análisis, los cuales son correlacionados con algunos parámetros de observación de campo como la geomorfología y geología, para la obtención de resultados y su correspondiente elaboración de los perfiles geofísicos.

- **Perfil tomográfico eléctrico 1 (S0114-GEO-001)**

El perfil tomográfico tiene una orientación NO-SE y una profundidad de investigación de 30 metros y en la cual se ha llegado a determinar tres zonas litológicas. Véase la Figura 3-22.

La zona 1 presenta resistividades entre 0,001 y 10,0 ohm.m, correspondería a un estrato de arcilla limosa saturada. La potencia o espesor estimado es de 12 metros aproximadamente, hidrogeológicamente se trata de una buena zona para la instalación de los piezómetros poco profundos.

La zona 2 presenta resistividades entre 10,0 y 400,0 ohm.m, correspondería a un estrato arcilloso semi compactado. La potencia o espesor estimado es de 10 metros aproximadamente. Este estrato por las características de los suelos en la zona se infiere hidrogeológicamente sea más impermeable. Pero la zona de resistividades un poco altas indicaría la presencia de arcillas más compactas.

• Perfil tomográfico eléctrico 2 (S0114-GEO-002)

El perfil tomográfico tiene una orientación E-O y una profundidad de investigación de 30 metros y en la cual se ha llegado a determinar tres zonas litológicas. Véase la Figura 3-23.

La zona 1 presenta resistividades entre 0,001 y 10,0 ohm.m, correspondería a un estrato de arcilla limosa saturada. La potencia o espesor estimado varia de 2 a 12 metros aproximadamente, hidrogeológicamente se trata de una buena zona para la instalación de los piezómetros poco profundos.

La zona 2 presenta resistividades entre 10,0 y 100,0 ohm.m, correspondería a un estrato arcilloso semi compactado. La potencia o espesor estimado varia de 1 a 12 metros aproximadamente. Este estrato por las características de los suelos en la zona se infiere hidrogeológicamente sea más impermeable.

La zona 3 presenta resistividades entre 100,0 y 2500,0 ohm.m, correspondería a un estrato arcilloso compacto posiblemente intercalado con gravillas cuarzosa de la formación Ipururo, este estrato aflora un poco en superficie. No se estimó la potencia de dicho estrato. Hidrogeológicamente se trata de un estrato impermeable.

• Perfil tomográfico eléctrico 3 (S0114-GEO-003)

El perfil tomográfico tiene una orientación SE-NO y una profundidad de investigación de 30 metros y en la cual se ha llegado a determinar tres zonas litológicas. Véase la Figura 3-24.

La zona 1 presenta resistividades entre 0,001 y 10,0 ohm.m, correspondería a un estrato de arcilla limosa saturada. La potencia o espesor estimado varia de 1 a 12 metros aproximadamente, hidrogeológicamente se trata de una buena zona para la instalación de los piezómetros poco profundos.

La zona 2 presenta resistividades entre 10,0 y 100,0 ohm.m, correspondería a un estrato arcilloso semi compactado. La potencia o espesor estimado varia de 1 a 5 metros aproximadamente. Este estrato por las características de los suelos en la zona se infiere hidrogeológicamente sea más impermeable.

La zona 3 presenta resistividades entre 100,0 y 3500,0 ohm.m, correspondería a un estrato arcilloso compacto posiblemente intercalado con gravillas cuarzosa de la formación Ipururo. No se estimó la potencia de dicho estrato. Hidrogeológicamente se trata de un estrato impermeable.

• Perfil tomográfico eléctrico 4 (S0114-GEO-004)

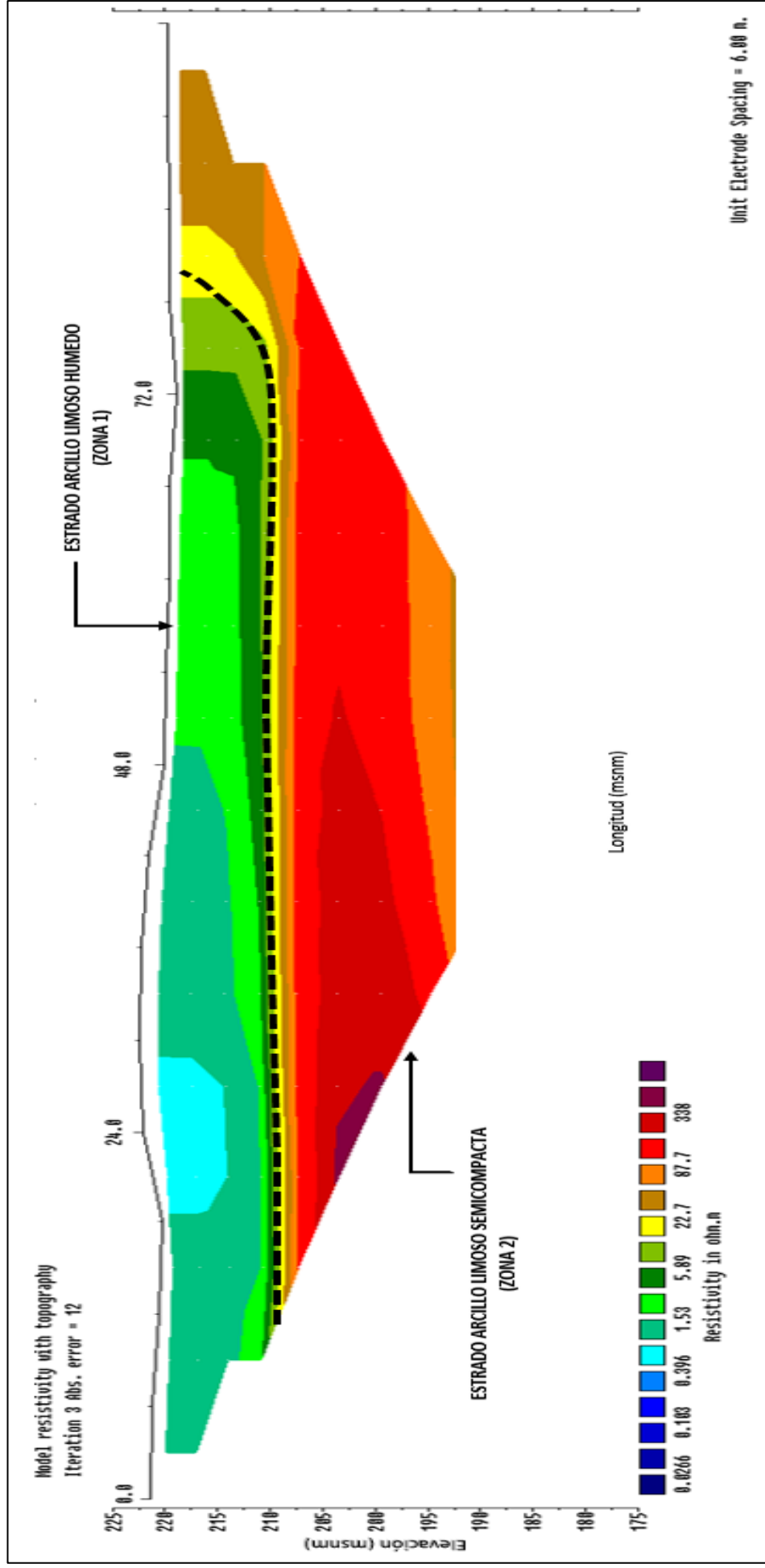
El perfil tomográfico tiene una orientación NO-SE y una profundidad de investigación de 30 metros y en la cual se ha llegado a determinar tres zonas litológicas. Véase la Figura 3-25.

La zona 1 presenta resistividades entre 0,001 y 10,0 ohm.m, correspondería a un estrato de arcilla limosa saturada. La potencia o espesor estimado varia de 12 metros aproximadamente, hidrogeológicamente se trata de una buena zona para la instalación de los piezómetros poco profundos.

La zona 2 presenta resistividades entre 10,0 y 300,0 ohm.m, correspondería a un estrato arcilloso semi compactado. La potencia o espesor estimado varia de 10 a 12 metros aproximadamente. Este estrato por las características de los suelos en la zona se infiere hidrogeológicamente sea más impermeable.

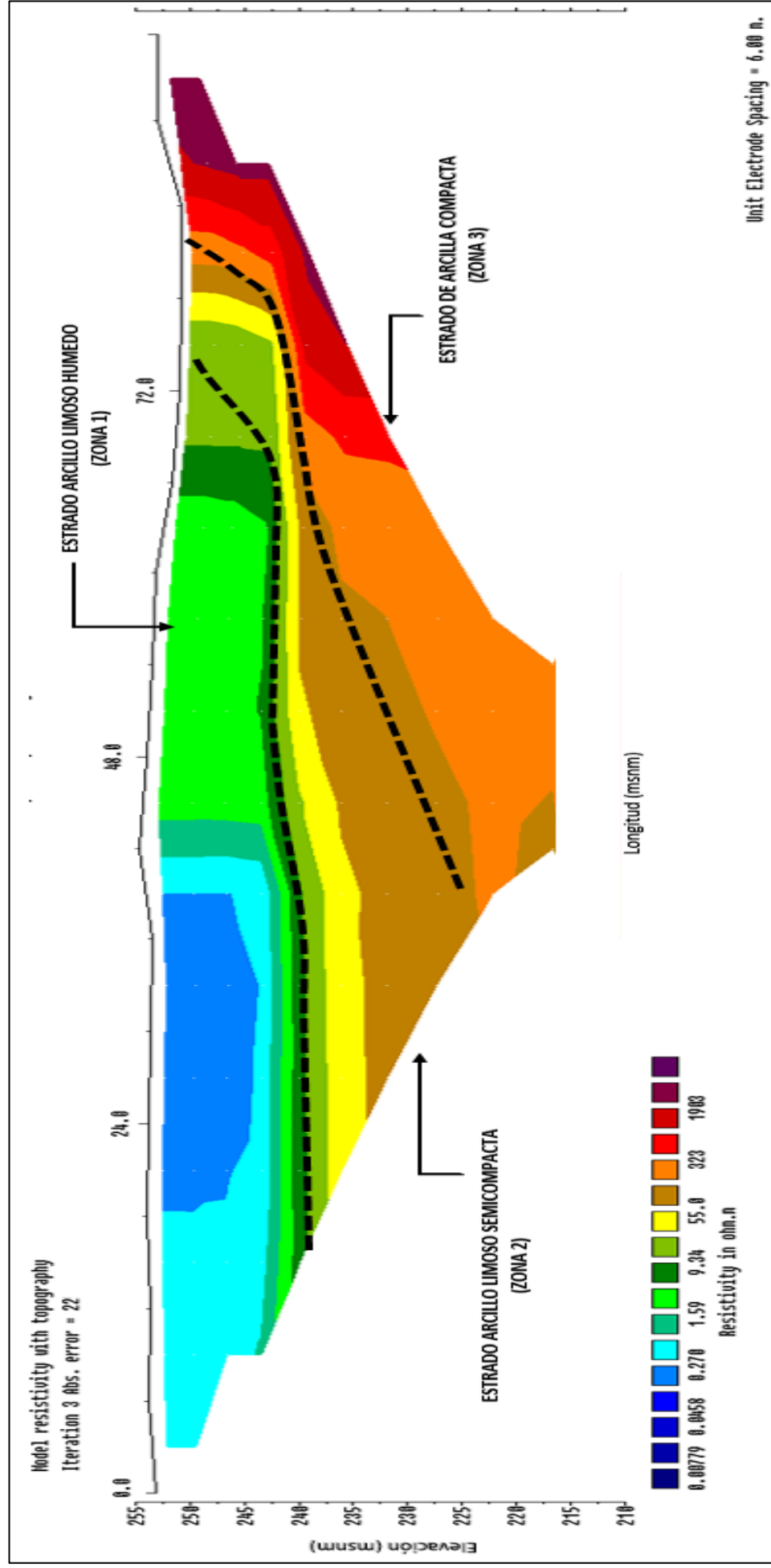
Existe un tercer estrato de arcillas más compactas hidrogeológicamente impermeables que continua por debajo.

Figura 3-22 Perfil Tomográfico Eléctrico 1 (S0114-GEO-001)



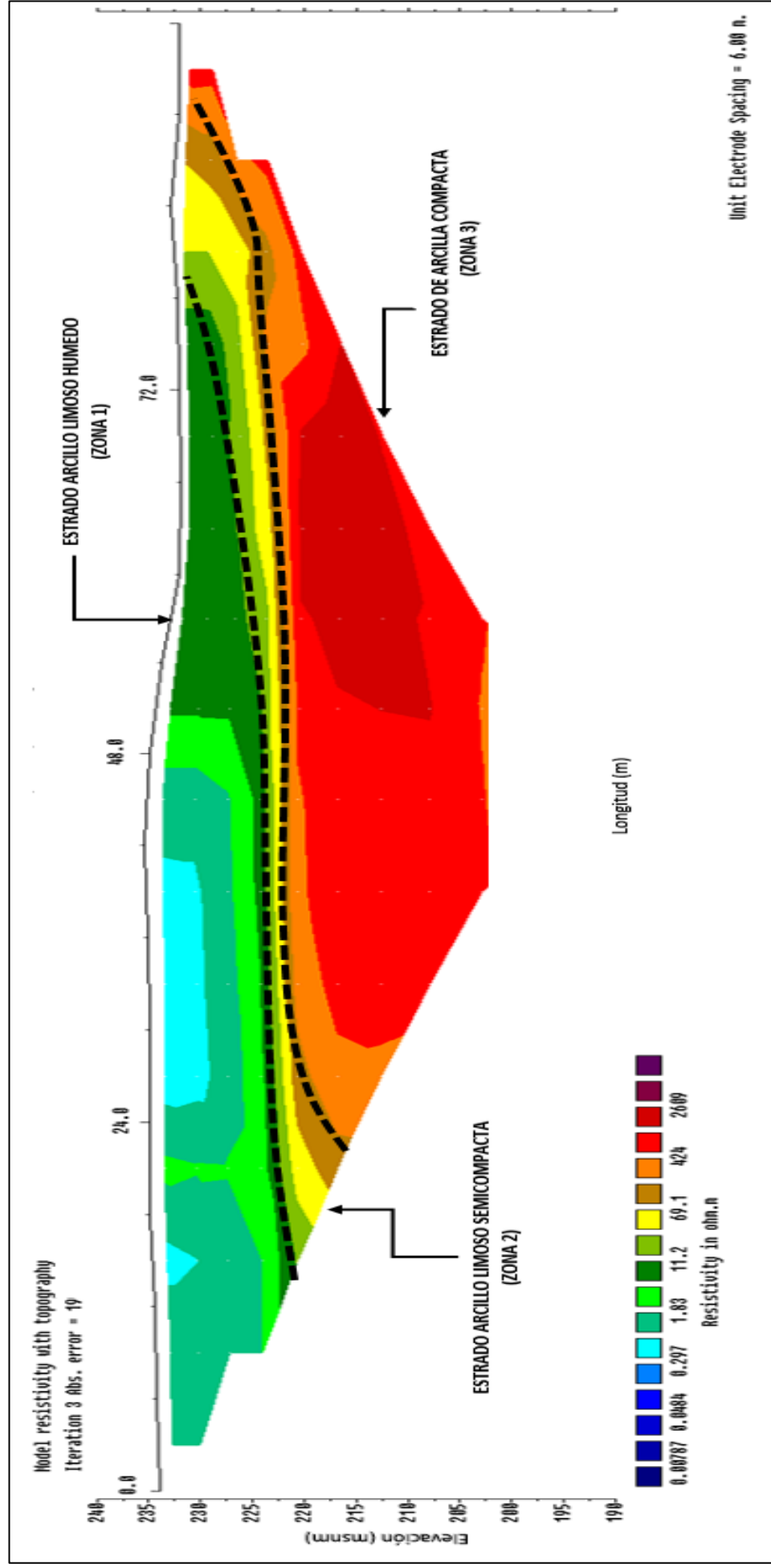
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Figura 3-23 Perfil Tomográfico Eléctrico 2 (S0114-GEO-002)



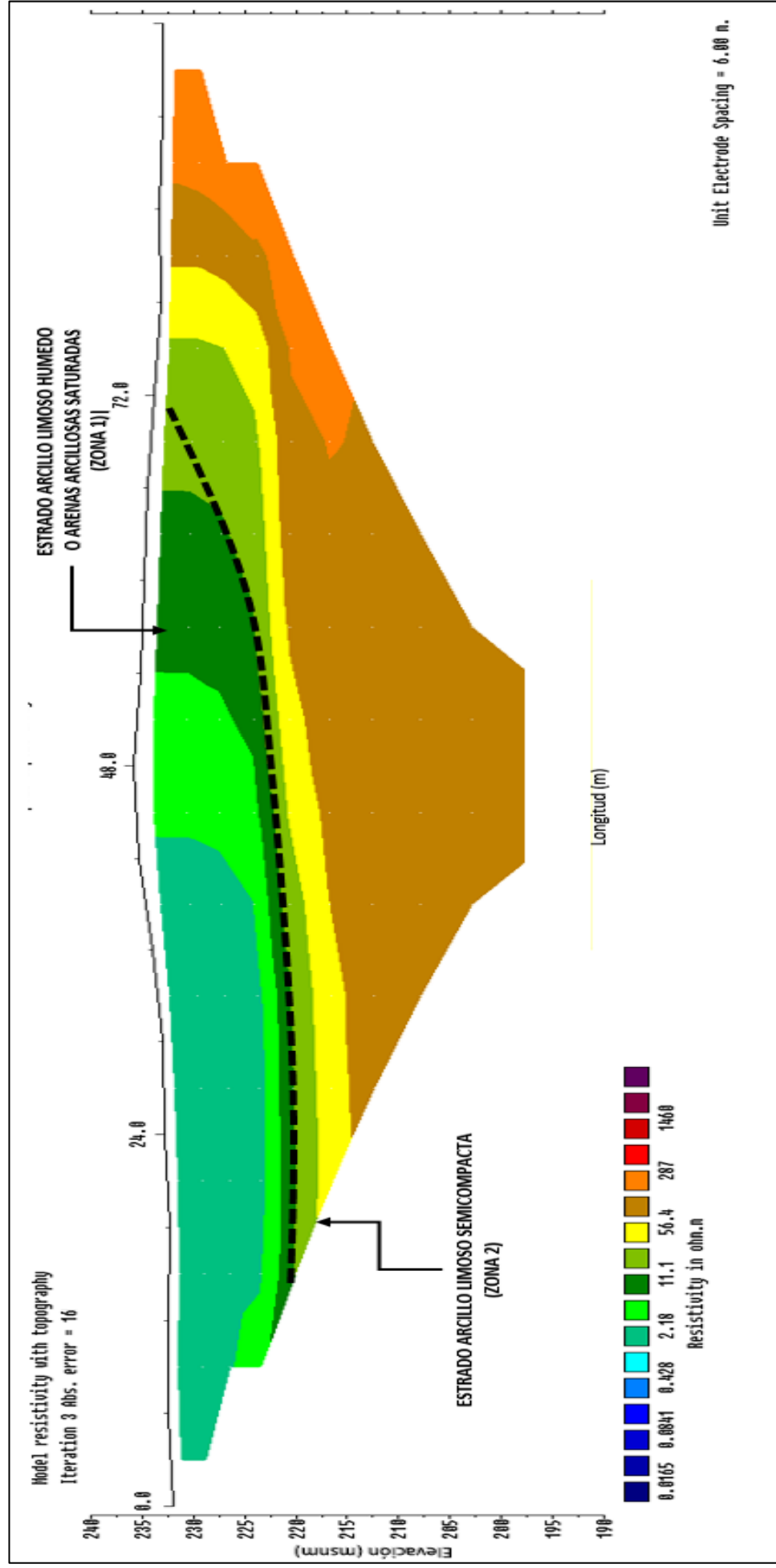
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Figura 3-24 Perfil Tomográfico Eléctrico 3 (S0114-GEO-003)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Figura 3-25 Perfil Tomográfico Eléctrico 4 (S0114-GEO-004)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Para los Planes de Rehabilitación el movimiento de los metales pesados a través de las diferentes litologías producido por el flujo de agua subterránea en dirección sur a norte, la distancia horizontal de recorrido estará definida por el tipo de metal presente. En caso de ocurrir (de acuerdo con los resultados de laboratorio), se estima que el movimiento potencial vertical de los metales pesados sea como máximo hasta los 12 metros de profundidad, según los resultados de la tomografía eléctrica está presente arcillas más compactas y actúa como material impermeable. Los hidrocarburos presentes como elementos contaminantes en el sitio S0114 (Sitio 14) se encuentran meteorizados y deben representar las fracciones más recalcitrantes lo cual hace prácticamente nula su movilidad a través del subsuelo, incluso también en superficie.

3.7.5 Agua subterránea

Los parámetros a analizar serán los que superen los estándares de calidad regulados por el Alberta Tier I (Groundwater) Remediation Guidelines de Canadá.

El Cuadro 3-40 y el Cuadro 3-41 presenta los resultados analíticos de las muestras colectadas durante la Fase de Caracterización que excedieron los Estándares de Alberta Canadá:

- Fósforo fue detectado fuera del rango para agua (0,05 mg/l) en una (1) muestra en ambas épocas, siendo la estación: S0114-ASub001.
- Aluminio fue detectado fuera del rango para agua (0,01 mg/l) en cuatro (4) muestras para ambas épocas, siendo las estaciones S0114-ASub001, S0114-ASub002, S0114-ASub003 y S0114-ASub004.
- Arsénico fue detectado fuera del rango para agua (0,005 mg/l) en una (1) muestra en ambas épocas, siendo la estación: S0114-ASub001.
- Cobre fue detectado fuera del rango para agua (0,007 mg/l) en una (1) muestras en ambas épocas, siendo la estación: S0114-ASub001.
- Manganeseo fue detectado fuera del rango para agua (0,05 mg/l) en dos (2) muestras en ambas épocas, siendo las estaciones: S0114-ASub001 y S0114-ASub002.
- Mercurio fue detectado fuera del rango para agua (0,000005 mg/l) en dos (2) muestras de ambas épocas, pero el rango del tipo de análisis para este parámetro es mucho mayor.
- Plata fue detectado fuera del rango para agua (0,01 mg/l) en una (01) muestra época húmeda, siendo la estación: S0114-ASub002.
- Plomo fue detectado fuera del rango para agua (0,0001 mg/l) en una (01) muestra época seca, siendo la estación: S0114-ASub001.
- Zinc fue detectado fuera del rango para agua (0,03 mg/l) en tres (3) muestras, siendo las estaciones: S0114-ASub001 (época húmeda), S0114-ASub002 (ambas épocas) y S0114-ASub004 (época húmeda).
- Cromo total solo se presenta de manera aparentemente permanente en el PZ-03 detectándose valores de concentración que superan los estándares, esto puede deberse a la existencia algún contaminante con cromo o de manera natural tal como revela los resultados de suelos.
- Arsénico en el ASub-001 solo se observa en época seca se infiere puede estar afecta de alguna manera por las concentraciones de sedimentos observados en los puntos de monitoreo de los mismo.

- Los demás metales (Al, Fe, Mn, Hg y Zn) que se observan están fuera del rango del Alberta se infiere se producto del mismo suelo natural de la zona debido a que las concentraciones presentes elevadas y característico.

3.7.6 Componente flora y fauna

De acuerdo con los objetivos del estudio de fauna terrestre, la temporalidad de muestreo se torna indistinta, ya que la finalidad no es medir abundancia y riqueza general de especies de flora y fauna, sino registrar las especies podrían intervenir en una eventual exposición a agentes contaminantes dentro de los sitios impactados. Por ello, se analiza la información de campo de acuerdo con la biología de cada especie.

A. Riqueza de especies con uso potencial

- **Flora.** Se registró 1 especie utilizada por la población local con fines de construcción de tejados de viviendas.

Cuadro 3-48 Lista de especies de flora registrada con uso potencial

Sector	Comunidad Nativa	Sitio	Componente	Orden	Familia	Especie	Nombre común	Uso potencial
3	Nueva Jerusalén	S0114 (Sitio 14)	Flora	Arecales	Arecaceae	<i>Lepidocaryum tenue</i>	Construcción de tejados	3

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Fotografía 3-10 *Lepidocaryum tenue* “Irapay” (Utilizado para construcción)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- **Fauna**

Respecto a las especies de fauna silvestre más comunes dentro del área evaluada (Cuadro N° 3-49), las cuales se encuentran ampliamente distribuidas en la amazonía de Colombia, Ecuador, Perú y Brasil (Tirira, 2015; Schulenberg, 2010; Carrillo e Icochea, 1995). Se pueden mencionar especies que se encuentran relacionadas con las áreas utilizadas para actividades humanas, generalmente actividades agrícolas; por tanto, dichas especies son frecuentemente avistadas por los pobladores locales quienes, a su vez, utilizan algunas de ellas como alimento, medicina, ornamento, mascotas, etc. Por otro lado, algunas de estas especies también representan un peligro potencial para estas personas, por lo que son cazadas o eliminadas cuando se producen estos encuentros (MEM, 2008). Actualmente, algunas de esas especies se encuentran en categorías de conservación nacional e internacional, presentando relevancia para futuros estudios relacionados a la conservación de especies de fauna silvestre (MINAGRI, 2014; IUCN, 2018.3; CITES, 2018.3). Actualmente no existen programas de manejo y/o conservación de especies de fauna silvestre dentro del área de estudio.

Cuadro 3-49 Lista de especies de fauna más comunes dentro del área de estudio

Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre común	Categorías de Conservación			Endemismo	Actividad cinegética	Usos locales
					D.S.004-2014-MINAGRI	IUCN 2018.3	CITES 2018.3			
Aves	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Ara ararauna</i>	Guacamayo azul amarillo		LC	Apéndice II		X	Mascota
			<i>Pionites melanocephalus</i>	loro de cabeza negra		LC	Apéndice II		X	Mascota
	Cathartidae	Cathartiformes	<i>Coragyps atratus</i>	Gallinazo de cabeza negra						
	Passeriformes	icteridae	<i>Cacicus cela</i>	Paucarcillo						
	Cingulata	Dasyopodidae	<i>Dasyopus novemcinctus</i>	Armadillo de nueve bandas					X	Ornamento
Mamíferos	Primates	Callitrichidae	<i>Saguinus fuscicollis</i>	Pichico común			Apéndice II		X	Mascota
		Cebidae	<i>Cebus apella</i>	Machín negro			Apéndice II		X	Mascota
	Carnivora	Felidae	<i>Panthera onca</i>	Otorongo	NT				X	Ornamento
		Mustelidae	<i>Eira barbara</i>	Tayra		LC	Apéndice III			
	Perissodactyla	Tapiridae	<i>Tapirus terrestris</i>	Tapir	NT	VU	Apéndice II			*En otras zonas es cazado para consumirlo como alimento
		Cuniculidae	<i>Cuniculus sp.</i>	Majaz		LC	Apéndice III		X	Alimento
	Rodentia	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta sp.</i>	Añuje					X	Alimento
Anfibios	Anura	Bufonidae	<i>Rhinella marina</i>	Sapo						
			<i>Rhinella margaritifera</i>	Sapo pipa						

Cuadro 3-49 Lista de especies de fauna más comunes dentro del área de estudio

Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre común	Categorías de Conservación			Endemismo	Actividad cinegética	Usos locales
					D.S.004-2014-MINAGRI	IUCN 2018.3	CITES 2018.3			
Reptiles	Squamata	Gekkonidae	<i>Hemidactylus mabouia</i>	Salamandra						
		Teiidae	<i>Ameiva ameiva</i>	Lagartija						
			<i>Tupinambis teguixin</i>	Iguana						
		Colubridae	<i>Imantodes lentiferus</i>	Afatinga						
		Viperidae	<i>Bothrops atrox</i>	Jergon						
	Testudinata	Testudinidae	<i>Chelonoidis denticulata</i>	Motelo		VU	Apéndice II		X	Alimento

Leyenda: VU: Vulnerable; NT: Casi Amenazado; LC: Preocupación menor

Apéndice I: incluye especies amenazadas de extinción. El comercio de individuos de estas especies, se permite solamente en circunstancias excepcionales.

Apéndice II incluye las especies que no necesariamente están amenazadas con la extinción, pero en las que el comercio debe ser controlado para evitar un uso incompatible con su supervivencia.

Apéndice III contiene las especies que están protegidas al menos en un país, y que han solicitado a otras Partes de la CITES ayuda para controlar su comercio.

Fuente: Informe N° 97-2008-MEM-AAE/IB. Proyecto de Perforación de los 20 pozos de Desarrollo en el Lote 1 AB

INFORME TECNICO-LOTE 1AB-N°2413084-N°33

D.S. 004-2014 MINAGRI. Decreto Supremo que aprueba la actualización de la Lista de Clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas.

Tirira, D. 2015. Mamíferos del Ecuador. Grupo Murciélago Blanco. Versión 5, on-line.

Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, ver. 2018.3. The CITES Appendices. <http://www.cites.org/eng/append/index.shtml>

International Union for Conservation of Nature, ver 2018.3. En web: <http://www.iucnredlist.org/static/programme#partnership>

Carrillo e Icochea, 1995. Lista taxonómica preliminar de los reptiles vivientes del Perú. Publicaciones del Museo de Historia natural U.N.M.S.M.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Composición de especies (con uso potencial)

No se registraron indicios de fauna silvestre en el lugar. Sin embargo, la especie dominante es *Tapirus terrestris* "Tapir", la cual no es cazada por los pobladores, ya que según alegan (monitor ambiental y personal de apoyo de la comunidad), esta especie está demasiado contaminada para ser consumida por ellos.

3.7.7 Hidrobiología

3.7.7.1 Fitoplancton

A. Composición de especies

En la época húmeda, se determinaron 11 especies de fitoplancton, destacando el Phylum Bacillariophyta con casi la totalidad de las especies registradas (82 %). La estación de monitoreo mejor representada fue S0114-HB-FIT1-003 con 7 especies, mientras que la estación S0114-HB-FIT1-004 registró la menor cantidad de especies de fitoplancton (4 especies)

En la época seca, se determinaron 24 especies de fitoplancton, destacando el Phylum Bacillariophyta con 8 especies representando el 33 % de dominancia, seguido por Charophyta con 7 especies. La estación de monitoreo mejor representada fue S0114-HB-FIT1-003 con 18 especies, mientras que las estaciones S0114-HB-FIT1-002 y S0114-HB-FIT1-004 sólo registraron 9 especies de fitoplancton.

La lista de especies de fitoplancton registradas durante el presente monitoreo se encuentra en el Anexo 6.10 Informes de ensayos de laboratorio.

Cuadro 3-50 Número de especies de fitoplancton por estación de monitoreo

Phylum	Época húmeda				Época seca			
	S0114-HB-FIT1-001	S0114-HB-FIT1-002	S0114-HB-FIT1-003	S0114-HB-FIT1-004	S0114-HB-FIT1-001	S0114-HB-FIT1-002	S0114-HB-FIT1-003	S0114-HB-FIT1-004
Bacillariophyta	5	4	6	4	7	3	7	4
Charophyta		1			2	1	6	3
Cyanobacteria					2	3	1	
Euglenophyta			1			1	2	1
Chlorophyta						1	2	1
Miozoa					1			
Total de especies	5	5	7	4	12	9	18	9

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

B. Abundancia y diversidad

Con respecto a la abundancia de especies de fitoplancton para la época húmeda, se registró un total 1 148 ind/L. S0114-Hb-FIT-001 presentó la mayor abundancia (30,9 % cada una).

Con respecto a la abundancia de especies de fitoplancton para la época seca, se registró un total 6 667 ind/L. La mayor abundancia la presentaron las Bacillariophyta (76,92 %), seguida de las Euglenophyta (9,71 %).

Cuadro 3-51 Abundancia del fitoplancton por estación de monitoreo

Phylum	Época húmeda				Época seca			
	S0114-HB-FIT1-001	S0114-HB-FIT1-002	S0114-HB-FIT1-003	S0114-HB-FIT1-004	S0114-HB-FIT1-001	S0114-HB-FIT1-002	S0114-HB-FIT1-003	S0114-HB-FIT1-004
	N° de Individuos							
Bacillariophyta	355	219	210	109	1500	250	2067	233
Charophyta		27			500	183	1167	49
Cyanobacteria					333	67	17	
Euglenophyta			27			17	34	17
Chlorophyta							50	17
Miozoa					167			
Total	354	245	236	109	2502	518	3336	319

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Con respecto a la diversidad en época húmeda, la estación S0114-HB-FIT1-002 registró los valores más altos de diversidad ($H' = 1,332$ bits/ind y $1-D = 0,72$ probits/ind). Los valores de equidad, en general, fueron altos; es decir, la comunidad se presentó relativamente homogénea sin especies particularmente dominantes.

En época seca, la estación S0114-HB-FIT1-002 registró los valores más altos de diversidad ($H' = 1,904$ bits/ind y $1-D = 0,829$ probits/ind). Los valores de equidad, en general, fueron altos; es decir, la comunidad se presentó relativamente homogénea sin especies particularmente dominantes.

La familia Bacillariophyta presentó una clara dominancia sobre las demás taxas. Estas algas son muy diversas y presentan distintos grados de tolerancia a contaminación orgánica como de variabilidad hídrica (Roldán y Ramírez, 2008; Esteves, 2011), por lo cual no se descarta contaminación orgánica.

Cuadro 3-52 Número de especies, individuos e índices de diversidad de fitoplancton

Phylum	Época húmeda		Época seca		Época húmeda		Época seca	
	S0114-HB-FIT1-001	S0114-HB-FIT1-002	S0114-HB-FIT1-003	S0114-HB-FIT1-004	S0114-HB-FIT1-001	S0114-HB-FIT1-002	S0114-HB-FIT1-003	S0114-HB-FIT1-004
Riqueza específica (S)	5	5	7	4	12	9	18	9
Total de Individuos	354	245	436	108	2 502	518	3 336	319
Índice de Margalef (D)	0,681	0,727	0,987	0,64	1,406	1,28	2,096	1,388
Equidad de Pielou (J')	0,783	0,908	0,880	1	0,978	0,785	0,644	0,824
Índice de Shannon y Wiener (H')	1,261	1,462	1,714	1,386	2,431	1,799	1,862	1,812
Índice de Simpson(1-D)	0,637	0,739	0,788	0,75	0,906	0,785	0,755	0,777

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.7.7.2 Zooplancton

A. Composición de especies

En época húmeda el zooplancton estuvo representado por 20 especies, distribuidas en 4 phylum, destacando los Phylum Rotífera y Nemátoda, con 11 y 4 especies respectivamente, representando el 55 % y 20 % de dominancia.

En época seca el zooplancton estuvo representado por 19 especies, distribuidas en 4 phylum, destacando el Phylum Rotífera con 9 especies representando el 47,36 % de dominancia.

La lista de especies de zooplancton registradas durante el presente monitoreo se encuentra en el Anexo 6.10. Informes de ensayos de laboratorio.

Cuadro 3-53 Número de especies de zooplancton por estación de monitoreo

Phylum	Época húmeda				Época seca			
	S0114-HB-Zoo1-001	S0114-HB-Zoo 1-002	S0114-HB-Zoo 1-003	S0114-HB-Zoo 1-004	S0114-HB-Zoo 1-001	S0114-HB-Zoo 1-002	S0114-HB-Zoo 1-003	S0114-HB-Zoo 1-004
Nematoda	1	1	1	1	1	1	1	1
Protoza	2	3	1	2	2	2	1	
Rotífera	6	4	3	3	1	3	6	1
Gastrotrichia			1					
Arthropoda		1					3	1
Total de especies	9	9	6	6	4	6	11	3

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

B. Abundancia y diversidad

Respecto a la abundancia del zooplancton para época húmeda, se registró un total de 8 150 ind/L. La estación S0114-HB-ZOO1-002 representó la mayor abundancia con 4 402 ind/L.

Respecto a la abundancia del zooplancton para época seca, se registró un total de 2 850 ind/L. La estación S0114-HB-ZOO1-003 representó la mayor abundancia con 1 800 ind/L.

Cuadro 3-54 Abundancia del zooplancton por estación de monitoreo

Phylum	Época húmeda				Época seca			
	S0114-HB-Zoo1-001	S0114-HB-Zoo 1-002	S0114-HB-Zoo 1-003	S0114-HB-Zoo 1-004	S0114-HB-Zoo 1-001	S0114-HB-Zoo 1-002	S0114-HB-Zoo 1-003	S0114-HB-Zoo 1-004
	N° de Individuos							
Nematoda	450	1400	571	400	50	100	200	50
Protoza	250	1467	57	600	200	200	350	
Rotífera	850	1467	600	600	100	150	1 100	50
Gastrotrichia			171					
Arthropoda		67					250	50
Total de especies	1550	4402	1598	1601	350	450	1 900	150

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

En general, las especies registradas en las estaciones de monitoreo evaluadas son comunes de aguas ligeramente ácidas y suelos arcillosos. Pueden ser tolerantes a polución orgánica de moderada a muy fuerte.

Los valores del índice de diversidad de Simpson son sensibles a las abundancias de una o dos de las especies más frecuentes de la comunidad y puede ser considerado como una medida de la concentración dominante, ya que, respecto a los índices de dominancia, son los que mejor describen la estructura de la comunidad de zooplancton, ya que ésta, en general, suele estar compuesta por unas cuantas especies muy abundantes y una larga cola de especies con densidades muy bajas (Margalef, 1983).

El índice de diversidad de Shannon-Wiener sirve para interpretar aspectos relacionados con la calidad del agua. Las estaciones de monitoreo presentan valores cercanos o mayores a 3, los que indican comunidades de alta diversidad, balanceadas y probablemente de hábitats no perturbados.

El siguiente cuadro muestra el número de especies, individuos e índices de diversidad del zooplancton en las estaciones de monitoreo, siendo la estación S0114-HB-ZOO1-001 la que presentó los mayores valores de diversidad en época húmeda ($H' = 1,857$ bits/ind y $1-D = 0,807$ probits/ind), y la estación S0114-HB-ZOO1-003 la que presentó los mayores valores de diversidad en época seca ($H' = 2,141$ bits/ind y $1-D = 0,860$ probits/ind). De acuerdo con estos valores se puede inferir una media a alta calidad de agua para este sitio, evidenciándose una distribución altamente homogénea entre las taxas registradas.

Cuadro 3-55 Número de especies, individuos e índices de diversidad de zooplancton

Phylum	Época húmeda		Época seca		Época húmeda		Época seca	
	S0114-HB-ZOO1-001	S0114-HB-ZOO1-002	S0114-HB-ZOO1-003	S0114-HB-ZOO1-004	S0114-HB-ZOO1-001	S0114-HB-ZOO1-002	S0114-HB-ZOO1-003	S0114-HB-ZOO1-004
Riqueza específica (S)	9	9	6	6	4	6	11	3
Total de Individuos	1550	4402	1598	1601	350	450	1900	150
Índice de Margalef (D)	1,089	0,935	0,677	0,677	0,512	0,818	1,325	0,399
Equidad de Pielou (J')	0,845	0,719	0,81	0,858	0,921	0,968	0,892	1
Índice de Shannon y Wiener (H')	1,857	1,58	1,452	1,538	1,277	1,735	2,141	1,099
Índice de Simpson (1-D)	0,807	0,750	0,719	0,757	0,693	0,814	0,860	0,666

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.7.7.3 Perifiton

A. Composición de especies

En la época húmeda, se determinaron 11 especies de perifiton, destacando el phylum Bacillariophyta con 7 especies representando el 63,63 % de dominancia. La estación de monitoreo mejor representada fue S0114-HB-PER1-001 con 14 especies.

En la época seca, se determinaron 34 especies de perifiton, destacando el phylum Bacillariophyta con 12 especies representando el 35,3 % de dominancia. La estación de monitoreo mejor representada fue S0114-HB-PER1-002 con 27 especies.

La lista de especies de perifiton registradas durante el presente monitoreo se encuentra en el Anexo 6.10 Informes de Ensayos de Laboratorio.

Cuadro 3-56 Número de especies de perifiton por estación de monitoreo

Phylum	Época húmeda				Época seca			
	S0114-HB-PER1-001	S0114-HB-PER1-002	S0114-HB-PER1-003	S0114-HB-PER1-004	S0114-HB-PER1-001	S0114-HB-PER1-002	S0114-HB-PER1-003	S0114-HB-PER1-004
Bacillariophyta	5	3	3	4	9	10	7	8
Charophyta		1	1		2	3	3	6
Nematoda			1	1	1	1		1
Euglenophyta	1				2	1	1	
Protozoa				1	3	2	1	1
Chlorophyta						1		
Rotífera				1		1	1	2
Cyanobacteria					3	8	1	5
Arthropoda							1	
Total de especies	6	4	5	7	20	27	15	23

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

B. Abundancia y diversidad

Con respecto a la abundancia de especies del perifiton en época muy húmeda, se registró un total 2037 org/cm². La mayor abundancia la presentó Bacillariophyta (83,8 %).

Por otro lado, se registró un total 1 045 637 org/cm de especies del perifiton en época húmeda, Bacillariophyta presentó la mayor abundancia (42,87 %).

Las algas más abundantes pertenecieron a especies de diatomeas (Bacillariophytas), las cuales pululan en estos medios, por lo que se podría inferir una alta contaminación orgánica en el sitio.

Cuadro 3-57 Abundancia del perifiton por estación de monitoreo

Phylum	Época húmeda				Época seca			
	S0114-HB-PER1-001	S0114-HB-PER1-002	S0114-HB-PER1-003	S0114-HB-PER1-004	S0114-HB-PER1-001	S0114-HB-PER1-002	S0114-HB-PER1-003	S0114-HB-PER1-004
Bacillariophyta	704	375	494	135	43 463	127 313	295 538	371 850
Charophyta		27	16		3 050	4 375	25 438	61 050
Nematoda			16	195	1 525	875		463
Euglenophyta	15				1 525	438	463	
Protozoa				45	1 144	7 000	1 388	4 163

PY 1801 – PLAN DE REHABILITACIÓN DEL SITIO IMPACTADO S0114 (Sitio 14)

Servicio de Consultoría para elaborar los Planes de Rehabilitación de 13 sitios impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes

Cuadro 3-57 Abundancia del perifiton por estación de monitoreo

Phylum	Época húmeda				Época seca			
	S0114-HB-PER1-001	S0114-HB-PER1-002	S0114-HB-PER1-003	S0114-HB-PER1-004	S0114-HB-PER1-001	S0114-HB-PER1-002	S0114-HB-PER1-003	S0114-HB-PER1-004
Rotífera				15		2 188	463	4 163
Chlorophyta						438		
Cyanobacteria					15 631	45 938	3 700	30 813
Arthropoda							463	
Total de especies	719	402	526	390	67 105	188 571	327 454	462 507

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Con respecto a la diversidad en época muy húmeda, la estación S0114-HB-PER1-004 registró los valores más altos de riqueza, y diversidad ($S = 7$, $H' = 1,542$ bits/ind). Los valores de equidad, en general, fueron medios a altos; es decir, la comunidad se presentó una aparente homogeneidad sin especies particularmente dominantes.

Respecto a la diversidad en época húmeda, la estación S0114-HB-PER1-001 registró valores relativamente más altos de riqueza, y diversidad ($S = 26$, $H' = 0,654$ bits/ind), ya que este valor de diversidad es bastante bajo. Los valores de equidad, en general, fueron también bajos; es decir, la comunidad se presentó heterogénea, con especies particularmente dominantes.

Dado que las Bacillariophytas son bastante tolerantes a distintos grados de contaminación orgánica (Roldán y Ramírez, 2008; Esteves, 2011), se podría inferir que existen indicios de contaminación en este ambiente acuático.

Cuadro 3-58 Número de especies, individuos e índices de diversidad de perifiton

Phylum	Época húmeda		Época seca		Época húmeda		Época seca	
	S0114-HB-PER1-001	S0114-HB-PER1-002	S0114-HB-PER1-003	S0114-HB-PER1-004	S0114-HB-PER1-001	S0114-HB-PER1-002	S0114-HB-PER1-003	S0114-HB-PER1-004
Riqueza específica (S)	6	4	5	7	20	27	15	23
Total de Individuos	720	402	526	390	67 105	188 571	327 454	462 507
Índice de Margalef (D)	0,76	0,5	0,638	1	1,71	2,14	1,102	1,687
Equidad de Pielou (J')	0,793	0,847	0,446	0,792	0,757	0,641	0,296	0,513
Índice de Shannon y Wiener (H')	1,422	1,174	0,717	1,542	2,27	2,113	0,802	1,611
Índice de Simpson(1-D)	0,682	0,653	0,322	0,7	0,847	0,777	0,312	0,590

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.7.7.4 Macroinvertebrados bentónicos

A. Composición de especies

En lo que respecta a bentos en época húmeda, sólo se registraron especies en S0114-HB-BEN1-001 y S0114-HB-BEN1-002. Teniendo como resultado total un total de 3 morfoespecies en, perteneciente a las clases Insecta y Arachnida (phylum Arthropoda).

En época seca, se registró un total de 6 órdenes, 8 familias y 9 morfoespecies, pertenecientes a las clases Insecta y Malacostraca (phylum Arthropoda).

La lista de especies de Macroinvertebrados bentónicos registradas durante el presente monitoreo se encuentra en el Anexo 6.10 Informes de Ensayos de Laboratorio.

Cuadro 3-59 Número de especies de macroinvertebrados bentónicos por orden

Orden	Época húmeda				Época seca			
	S0114-HB-BEN1-001	S0114-HB-BEN1-002	S0114-HB-BEN1-003	S0114-HB-BEN1-004	S0114-HB-BEN1-001	S0114-HB-BEN1-002	S0114-HB-P BEN1-003	S0114-HB-BEN1-004
Diptera	2	2	0	0	1	2	1	4
Hemiptera					1			
Ephemeroptera					1			
Acarina	0	1	0	0				
Odonata							1	
Decapoda							1	
Coleoptera						1		1
Total de especies	2	3	0	0	3	3	3	5

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Las especies correspondientes a la familia Chironomidae son las dominantes. Esta familia es tolerante a ambientes con contaminación orgánica, por lo que significaría un indicador de estos impactos en el sitio.

B. Abundancia y diversidad

Se colectaron catorce (14) individuos de bentos (familia Chironomidae) en época húmeda; en la estación de monitoreo S0114-HB-BEN1-002 se encontró la mayor abundancia de especies (9).

Se colectaron 128 individuos de bentos en época seca, en las cuatro estaciones de muestreo.

El macroinvertebrado más abundante fue una larva de la familia Chironomidae, con 96 individuos.

La dominancia del phylum Arthropoda en las estaciones evaluadas fue total, lo cual coincide con estudios anteriores (Rosenberg y Resh, 1993; Lujan *et al.*, 2014; Ortega *et al.*, 2013) donde los artrópodos y particularmente los insectos acuáticos son los predominantes en ecosistemas acuáticos continentales.

Cuadro 3-60 Abundancia de especies de bentos por orden en las estaciones de monitoreo

Orden	Época húmeda				Época seca			
	S0114-HB-BEN 1-001	S0114-HB-BEN 1-002	S0114-HB-BEN 1-003	S0114-HB-BEN 1-004	S0114-HB-BEN 1-001	S0114-HB-BEN 1-002	S0114-HB-BEN 1-003	S0114-HB-BEN 1-004
	N° de Especies							
Díptera	5	8			10	17	12	83
Hemíptera					1			
Ephemeroptera					1			
Acarina		1						
Odonata							1	
Decapoda							1	
Coleoptera						1		1
Total	5	9			12	18	14	84

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

De forma general para ambas épocas, las estaciones de monitoreo presentaron valores de riqueza, diversidad y equidad bajos. Sin embargo, la comunidad presenta especies particularmente predominantes.

Cuadro 3-61 Número de especies, individuos e índices de diversidad de bentos

Phylum	Época húmeda		Época seca		Época húmeda		Época seca	
	S0114-HB-BEN1-001	S0114-HB-BEN 1-002	S0114-HB-BEN 1-003	S0114-HB-BEN 1-004	S0114-HB-BEN 1-001	S0114-HB-BEN 1-002	S0114-HB-BEN 1-003	S0114-HB-BEN 1-004
Riqueza específica (S)	2	3			3	3	3	5
Total de Individuos	5	9			18	14	12	84
Índice de Margalef (D)	0,621	0,91			0,692	0,757	0,804	0,9
Equidad de Pielou (J')	0,721	0,772			0,387	0,463	0,515	0,4
Índice de Shannon y Wiener (H')	0,5	0,848			0,425	0,509	0,566	0,65
Índice de Simpson(1-D)	0,32	0,493			0,2	0,255	0,291	0,292

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.7.7.5 Interpretación de resultados

Respecto al fitoplancton, el phylum Bacillariophyta presentó la mayor riqueza y abundancia. Estas algas son muy diversas y presentan distintos grados de tolerancia a contaminación orgánica como de variabilidad hídrica (Roldán y Ramírez, 2008; Esteves, 2011). Por ello se podría sospechar de un alto nivel de contaminación orgánica en el sitio.

En cuanto al zooplancton, las especies registradas son por lo general comunes de aguas ligeramente ácidas y suelos arcillosos. Pueden ser tolerantes a polución orgánica de moderada a muy fuerte (Roldán, 1992; Roldán y Ramírez, 2008; Esteves, 20011).

De acuerdo con los resultados de zooplancton, se observa una baja diversidad de Shannon (cerca de 1) en época húmeda, y medios a altos (Cercanos a 2) en época seca; y se podría interpretar como una regular calidad de agua; sin embargo, el índice de Simpson muestra un alto medio, lo cual indica la homogeneidad de especie en ambas épocas.

Las diatomeas (Bacillariophyta) fueron las más representativas en los valores de perifiton. Esto se debería a las razones ya mencionadas para el fitoplancton.

En cuanto a los macroinvertebrados bentónicos, el phylum Arthropoda y particularmente la clase Insecta presentó la dominancia en riqueza y abundancia. Los dípteros y sobre todo la familia Chironomidae habitan en cuerpos de agua tanto naturales como artificiales, en aguas someras o profundas, corrientes o estancadas, sobre amplias superficies o en pequeños reservorios (Paggi, 2001). También se les encuentra en fango, arena y con abundante materia orgánica en descomposición, pudiendo ser usados como bioindicadores (Roldán y Ramírez, 2008; Domínguez y Fernández, 2009). En este caso específico, también corroboran el mal estado del cuerpo de agua estudiado, tanto aguas arriba como aguas abajo.

3.7.7.6 Peces

A. Composición de especies

En ambas épocas se observó una dominancia del orden Characiformes para el componente Necton, información corroborada por estudios anteriores en la Amazonía peruana (Ortega *et al.*, 2007; Ortega *et al.*, 2010, Ortega *et al.*, 2012).

Se registró 11 especies de peces durante el monitoreo de época húmeda, todas nativas y ninguna introducida. Estas estuvieron agrupadas en tres órdenes y en tres familias.

En época seca, se registró 4 especies de peces, todas nativas y ninguna introducida. Estas estuvieron agrupadas en 2 órdenes y en 4 familias.

Cuadro 3-62 Lista de especies de peces en época húmeda y época seca

Orden	Familia	Especie/Estación/Lugar	Nombre común	Época húmeda	Época seca
Characiformes	Bryconidae	<i>Brycon sp.</i>	Sábalo		x
	Characidae	<i>Sp.1</i>	Peje		x
		<i>Creagrutus cochui</i>	Sardina	X	
		<i>Hemibrycon jelskii</i>	Mojara	X	
		<i>Leporinus friderici</i>	Lisa	X	
		<i>Moenkhausia sp.</i>	Mojarra	X	
		<i>Moenkhausia lepidura</i>	Mojarra	X	
		<i>Serrasalmus rhombeus</i>	Paña, Piraña	X	x
		<i>Hoplias malabaricus</i>	Fasaco	X	
Siluriformes	Loricariidae	<i>Aphanotorulus unicolor</i>	Carachama		x
		<i>Limatulichthys griseus</i>	Corroncho	X	

Cuadro 3-62 Lista de especies de peces en época húmeda y época seca

Orden	Familia	Especie/Estación/Lugar	Nombre común	Época húmeda	Época seca
		<i>Hypostomus</i> sp.	Carachama	X	
Cichliformes	Cichlidae	<i>Aequidens tetramerus</i>	Bujurqui	X	
		<i>Laetacara flavilabris</i>	Bujurqui	X	
Abundancia			7		
Riqueza			4		

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 3-63 Número de especies de peces por orden taxonómico

Orden	Época húmeda				Época seca
	SO-114-HB-PEC-1-001.2	SO-114-HB-PEC-1-003.4	SO-114-HB-PEC-2-003.4	SO-114-HB-PEC-3-003.4	SO-114-HB-PEC-3-003.4
	N° de individuos				
Characiformes	2	1	2	2	3
Cichliformes	1	1		1	
Siluriformes			1	1	1
Total de especies	3	2	3	4	4

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

B. Abundancia y diversidad

En época húmeda se registró un total de 33 individuos de peces, de los cuales el 54,54 % correspondieron al orden Cichliformes (18 individuos), seguido de Characiformes, con 36,36 % (12 individuos).

El pez más abundante fue *Laetacara flavilabris* (Cichliformes: Cichlidae) con 16 individuos.

En época seca se registró un total de 7 individuos de peces, de los cuales el 57,14 % correspondieron al orden Siluriformes (4 individuos), seguido de Charadriiformes con 42,86 % (3 individuos).

Cuadro 3-64 Abundancia de especies de peces por orden en las estaciones de monitoreo

Orden	Familia	Especie/Estación/Lugar	Época húmeda				Época seca
			SO-114-HB-PEC-1-001.2	SO-114-HB-PEC-1-003.4	SO-114-HB-PEC-2-003.4	SO-114-HB-PEC-3-003.4	SO-114-HB-PEC-3-003.4
			N° de individuos				
Characiformes	Bryconidae	<i>Brycon sp.</i>					1
	Characidae	<i>Sp. 1</i>					1
		<i>Creagrutus cochui</i>		5			
		<i>Hemibrycon jelskii</i>	1				
		<i>Leporinus friderici</i>	1				
		<i>Moenkhausia sp.</i>			2		
		<i>Moenkhausia lepidura</i>			1		
		<i>Serrasalmus rhombus</i>				1	1
		<i>Hoplias malabaricus</i>				1	
	Siluriformes	Loricariidae	<i>Aphanotorulus unicolor</i>				
<i>Limatulichthys griseus</i>						1	
<i>Hypostomus sp.</i>					2		
Cichliformes	Cichlidae	<i>Aequidens tetramerus</i>	1			1	
		<i>Laetacara flavilabris</i>		16			
		Abundancia	3	21	5	4	7
		Riqueza	3	2	3	4	4

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

En época húmeda, la estación SO-114-HB-PEC-1-001.2 registró valores bajos de diversidad ($H' = 0,633$ bits/ind, $1-D = 0,260$ probits/ind), además el valor de equidad de Pielou fue bajo, es decir, la comunidad no es heterogénea y presenta especies particularmente dominantes.

En época seca, la estación SO-114-HB-PEC-1-001.2 registró valores medio a altos de diversidad ($H' = 2,458$ bits/ind, $1-D = 0,905$ probits/ind), además el valor de equidad de Pielou fue alto, es decir, la comunidad es homogénea y no presenta especies particularmente dominantes.

Cuadro 3-65 Número de especies, individuos e índices de diversidad del necton

Índice	Época húmeda				Época seca
	SO-114-HB-PEC-1-001.2	SO-114-HB-PEC-1-003.4	SO-114-HB-PEC-1-001.2	SO-114-HB-PEC-1-003.4	SO-114-HB-PEC-1-001.2
Riqueza específica (S)	3	2	3	4	4
Total de Individuos	3	21	5	4	7
Índice de Margalef (D)	1,82	0,328	1,243	2,164	1,542
Equidad de Pielou (J')	1	0,791	0,960	1	0,832
Índice de Shannon y Wiener (H')	1,099	0,548	1,055	1,386	1,154
Índice de Simpson(1-D)	0,666	0,362	0,64	0,75	0,612

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Especies protegidas por la legislación nacional

No se registraron especies categorizadas dentro de la Legislación Nacional.

Especies incluidas en alguna categoría de conservación internacional

No se registraron especies incluidas en listas de conservación internacional (IUCN y CITES).

Especies empleadas por las poblaciones locales

Se sabe que algunos pobladores de otras zonas pescan las especies *Brycon sp.* "Sábalo", *Aphanotorulus unicolor* "Carchama" e *Hipostomus sp* "Carachama", utilizando atarraya y red de espera con fines de consumo humano directo. Sin embargo, según nos indicaron el monitor ambiental y los apoyos locales, en estas zonas cercanas a los sitios no se realiza la pesca, pues aducen que estas quebradas están muy contaminadas para pescar en ellas.

C. Análisis de metales en tejido muscular de pez

Los metales pesados pueden entrar en los peces por tres posibles vías: a través de las branquias, considerada como la vía más directa e importante, a través de la ingestión de la comida, y por último, a través de la superficie corporal (Amundsen *et al.*, 1997).

Se tomó como referente la RDE N° 057 2016 SANIPES-DE "Indicadores sanitarios y de inocuidad para los productos pesqueros y acuícolas para el mercado nacional y de exportación", para comparar los Límites Máximos Permisibles (LMP) de metales pesados en las muestras de peces, donde se contempla al Plomo, Cadmio y Mercurio. En el caso del Cadmio, las muestras de tejido muscular de peces presentaron valores por encima de lo estipulado (valor significativo) en ambas épocas.

La concentración de metales en el agua superficial contribuye a la acumulación de metales en branquias y riñón de peces. Las branquias se exponen a metales a través del agua ya que están

constantemente en contacto directo con ella. Los riñones están expuestos a los metales del agua porque la sangre fluye desde las branquias a la arteria carótida, que aporta sangre al riñón (Farell, 1993). Debido a que la matriz en la que se muestrearon los peces es el agua superficial; se utilizaron los valores determinados como LMP de la Categoría 4 en la DS 004-2017 MINAM (Paredes y Miglio, 2018) para los demás elementos (Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Cobre, Cromo, Mercurio, Níquel, Selenio, Talio y Zinc). Luego de la comparación con este ECA, se observa que todas las muestras de ambas épocas presentaron valores por encima de los permitidos. Sin embargo, dado que los LMP están fijados para la matriz (agua) de este componente, se torna relativo afirmar que el estado del cuerpo de agua es malo o deficiente.

Cuadro 3-66 Valores de metales pesados en peces durante muestreo del sitio S0114 (Sitio 14) respecto a LMP en RDE N° 057-2016-SANIPES-DE y el D. S. 004-2017 MINAM

METALES PESADOS	Época húmeda				Época seca	LMP en Normativa Nacional	
	S-114-HB-PEC-1-001.2	SO-114-HB-PEC-1-003.4	SO-114-HB-PEC-1-001.2	SO-114-HB-PEC-1-003.4	SO-114-HB-PEC-1-001.A1	RDE-057.2016-SANIPES-DE	DS 004-2017 MINAM
Bario	1,337 mg/kg	16,75 mg/kg	2,868 mg/kg	1,808 mg/kg	0,167 mg/kg		1 mg/kg
Cadmio	0,0303 mg/kg	0,129 mg/kg	0,161mg/kg	0,015 mg/kg	0,422 mg/kg	0,05 mg/kg	0,00025 mg/kg
Cromo	0,089 mg/kg	0,217 mg/kg	0,210mg/kg	0,108 mg/kg	0,03 mg/kg		0,011 mg/kg
Mercurio	0,090 mg/kg	0,068 mg/kg	0,01mg/kg	0,274 mg/kg	0,01 mg/kg	0,5 mg/kg	0,0001 mg/kg
Níquel	0,154 mg/kg	0,636 mg/kg	0,345 mg/kg	0,15 mg/kg	0,042 mg/kg		0,052 mg/kg
Plomo	0,063 mg/kg	0,312 mg/kg	0,059 mg/kg	0,049 mg/kg	0,011 mg/kg	0,3 mg/kg	0,0025 mg/kg
Selenio	0,121 mg/kg	0,214 mg/kg	0,189 mg/kg	0,240 mg/kg	0,12 mg/kg		0,005 mg/kg
Zinc	5,03 mg/kg	32,9 mg/kg	6,11 mg/kg	5,03 mg/kg	9,56 mg/kg		0,12 mg/kg

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.8 Delimitación del sitio impactado (técnico y topográfico) y estimación de áreas y volúmenes.

Producto de la interpretación de la información levantada en campo y la simulación del contaminante en el sitio impactado y en su entorno inmediato, se obtuvo la delimitación del área impactada, como se observa en la Figura 3-26.

Se presenta en esta figura el polígono del área impactada, secciones en profundidad con la presencia de fracciones de hidrocarburos (F2 y F3) y de un metal "tipo", en este caso el Pb (debido a que en el análisis histórico se evidenció una fosa con hidrocarburos y los hallazgos de plomo se asocian a esta) y perfiles estratigráficos que definen, por tipo de suelo y las perforaciones ejecutadas en el sitio, la ubicación de la contaminación asociada a la textura del suelo. Igualmente se presentan los volúmenes y superficies de suelo contaminado.

La tabla resumen de volúmenes y superficies contaminadas se presentan en el Cuadro 3-67, por cada contaminante predominante en el sitio.

Cuadro 3-67 Volúmenes y superficies contaminadas por profundidad para el sitio impactado S0114 (Sitio 14)

Polígono adyacente al Campamento Dorissa

Estimación de Volúmenes Contaminados (Fracción F2 de hidrocarburos)			Estimación de Volúmenes Contaminados (Fracción F3 de hidrocarburos)		
Profundidad (m)	Superficie (m ²)	Volumen (m ³)	Profundidad (m)	Superficie (m ²)	Volumen (m ³)
0.00-0.60	13 447,69	8 068,61	0,00-0,60	7 151,47	4 290,88
0,60-1,80	13 825,64	16 590,77	0,60-1,80	6 537,00	7 844,40
1,80-4,80	8 067,41	24 202,23	1,80-4,80	0	0
Total		48 861,61	Total		12 135,28

Estimación de Volúmenes Contaminados (Metales, Pb)					
Profundidad (m)	Superficie (m ²)	Volumen (m ³)	*Profundidad (m)	*Superficie (m ²)	*Volumen (m ³)
0,00-0,60	9 923,96	5 954,38	0,00-0,60	0	0
0,60-1,80	12 170,16	14 604,19	0,60-1,80	582,63	699,16
1,80-4,80	0	0	1,80-4,80	0	0
Total		20 558,57	Total		699,16

*Polígono con una única excedencia de Pb en una muestra

Polígono en la zona baja del campamento Dorissa

Estimación de Volúmenes Contaminados (Fracción F2 de hidrocarburos)			Estimación de Volúmenes Contaminados (metales, Pb)		
Profundidad (m)	Superficie (m ²)	Volumen (m ³)	Profundidad (m)	Superficie (m ²)	Volumen (m ³)
0,00-0,60	5 226,15	3 135,69	0,00-0,60	0	0
0,60-1,80	2 484,8	2 981,76	0,60-1,80	2 530,76	3 036,91
1,80-4,80	0	0	1,80-4,80	0	0
Total		6 117,45	Total		3 036,91

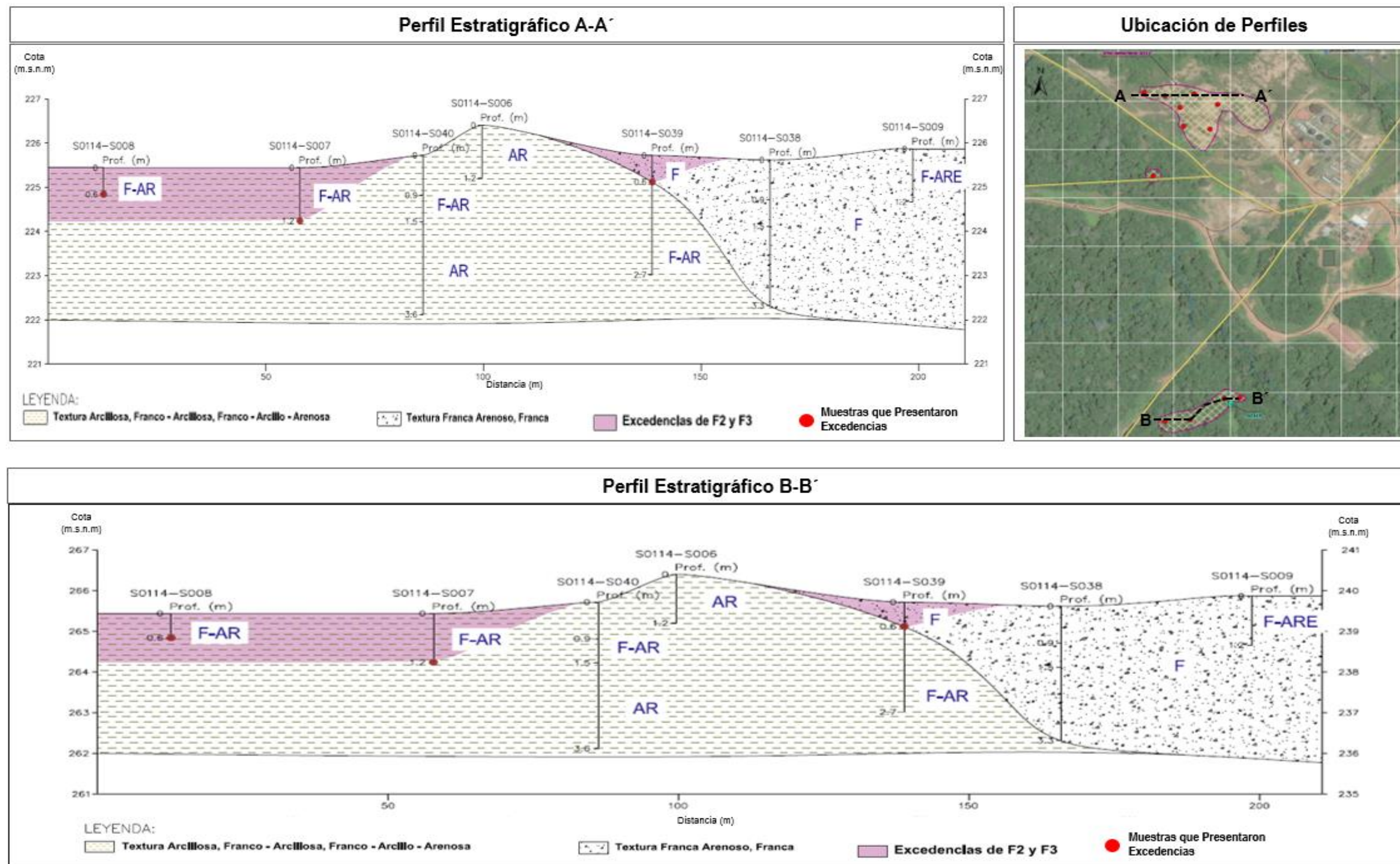
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

La superficie y volumen de suelo contaminado no necesariamente implica la cantidad de suelo a remediar. Para el sitio S0114 (Sitio 14) se toma como superficie y volumen contaminado la comprometida por los contaminantes predominantes en el sitio impactado. En este caso predominan las fracciones de hidrocarburos F2 y F3 y los hallazgos de Plomo en representación de los metales, los cuales se toman como base potencial para estas estimaciones.

La superficie potencialmente contaminada compromete, en su peor escenario de ocurrencia espacial superficial (0,0-0,60 m), más del 85 % del área total del sitio impactado y varía ligeramente de acuerdo con la profundidad, sin superar los 4,80 metros. En todo caso los metales (tomando el Pb como referencia) se espacian con mayor amplitud en el subsuelo, sin llegar a superar los 1,80 metros de profundidad.

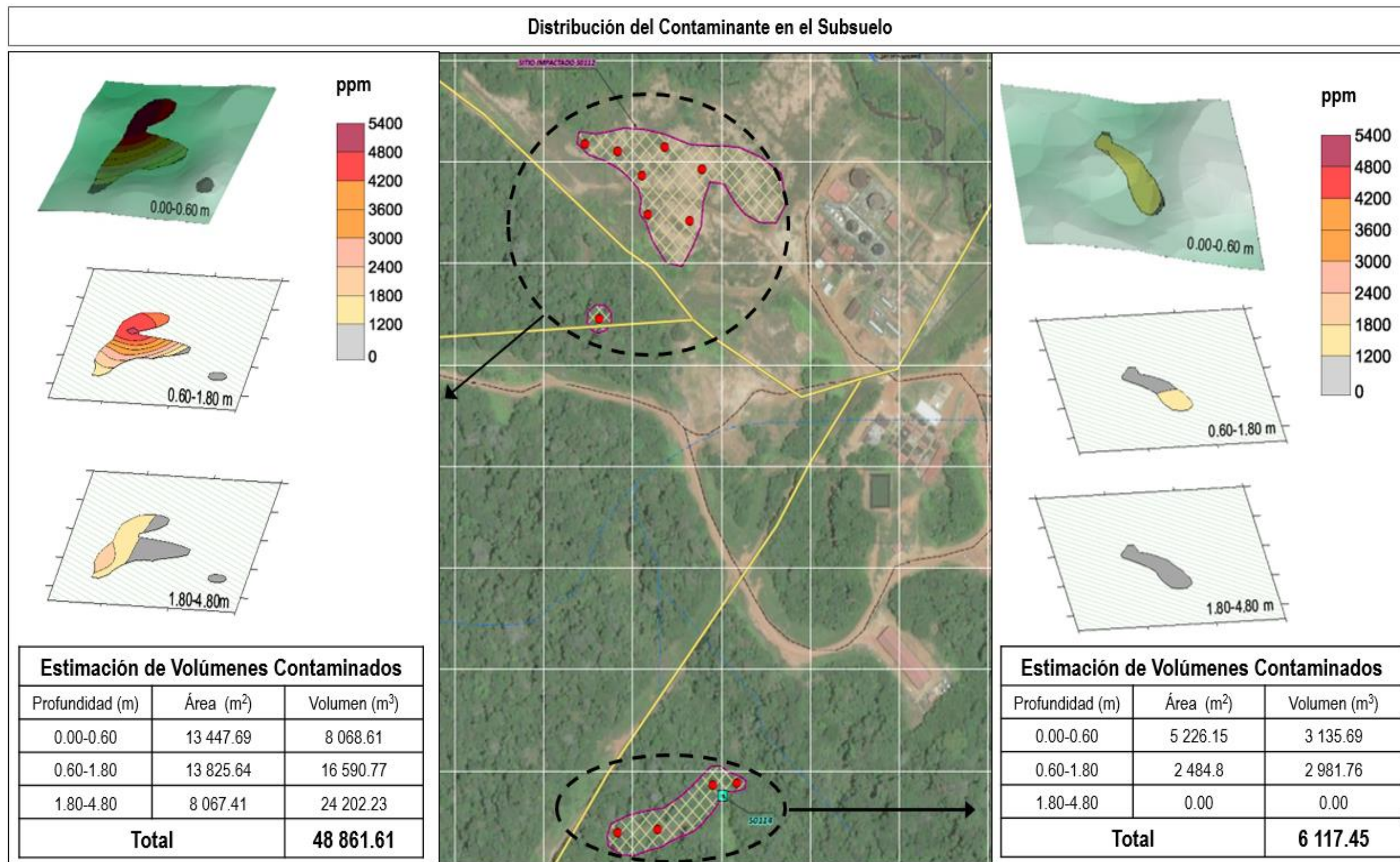
En cuanto a los volúmenes de suelo contaminado el sitio S0114 (Sitio 14), contiene aproximadamente 70,000 m³ de material contaminado con fracciones F2 y F3 y 23,000 m³ de suelo contaminado con metales. Siendo la sección de 0,6-1,8 metros la de mayor volumen de suelo contaminado.

Figura 3-26 Delimitación del sitio impactado (Fracción integrada de hidrocarburos F2 y F3)



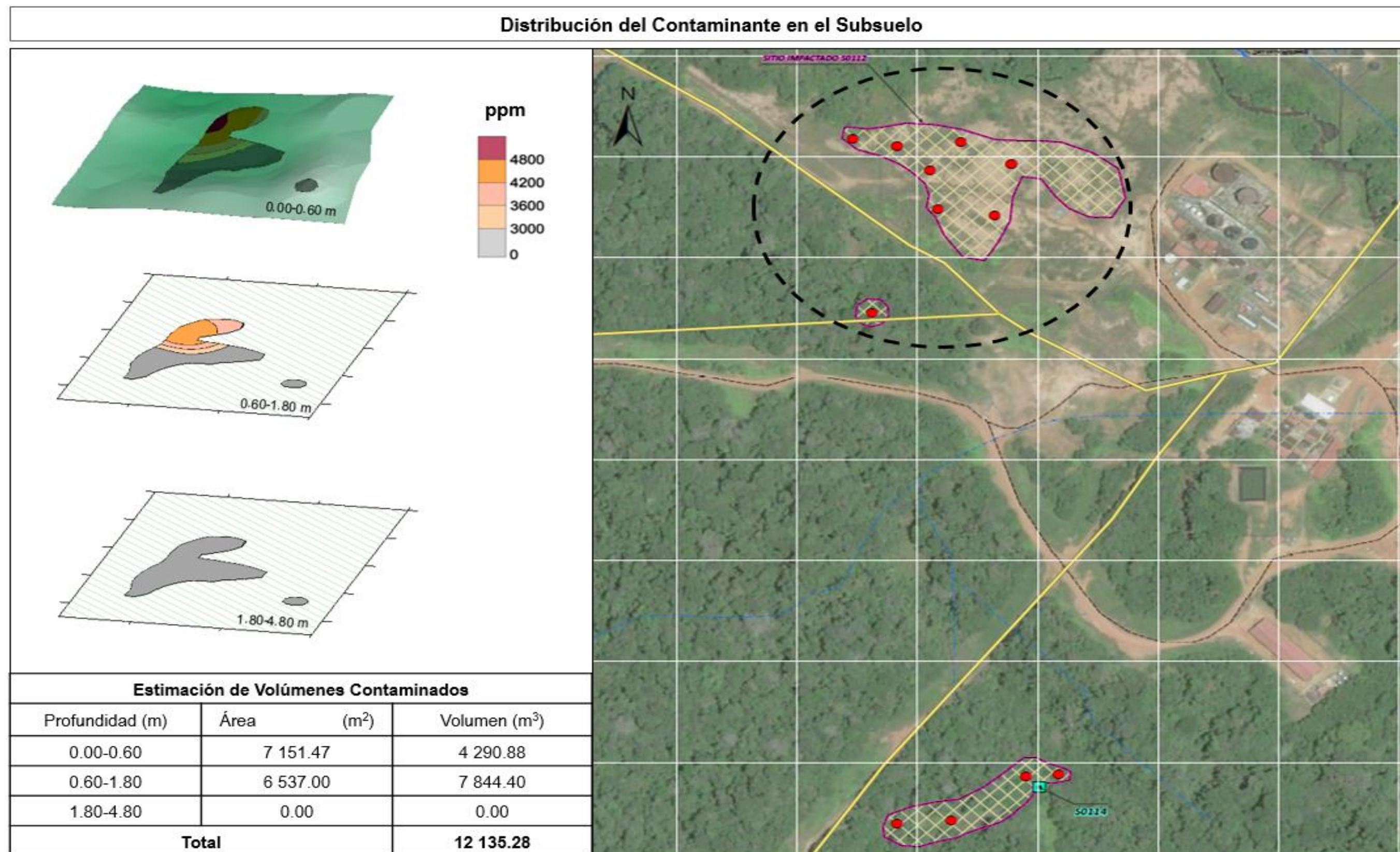
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Figura 3-27 Delimitación del sitio impactado (Fracción de hidrocarburos F2)



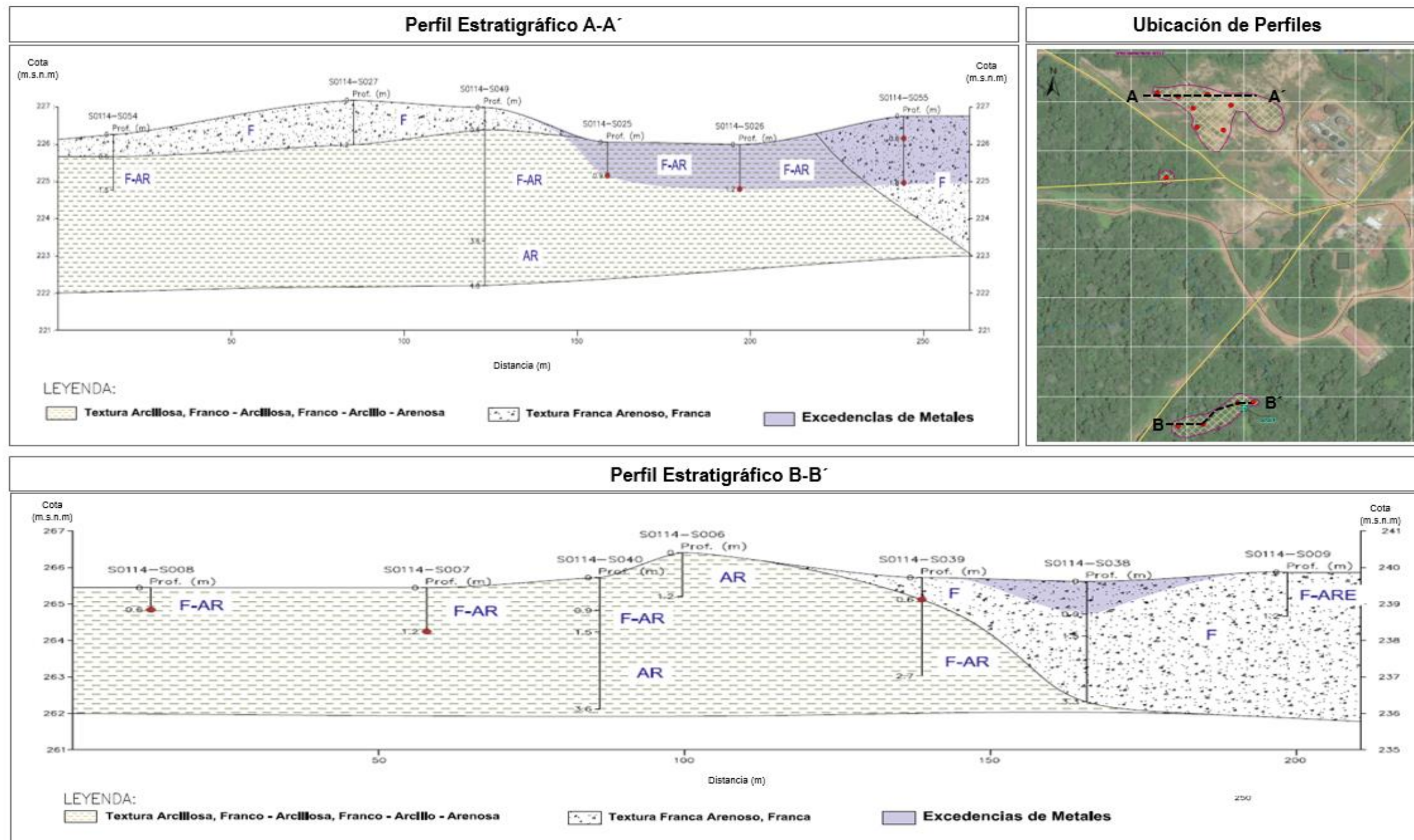
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Figura 3-28 Delimitación del sitio impactado (Fracción de hidrocarburos F3)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

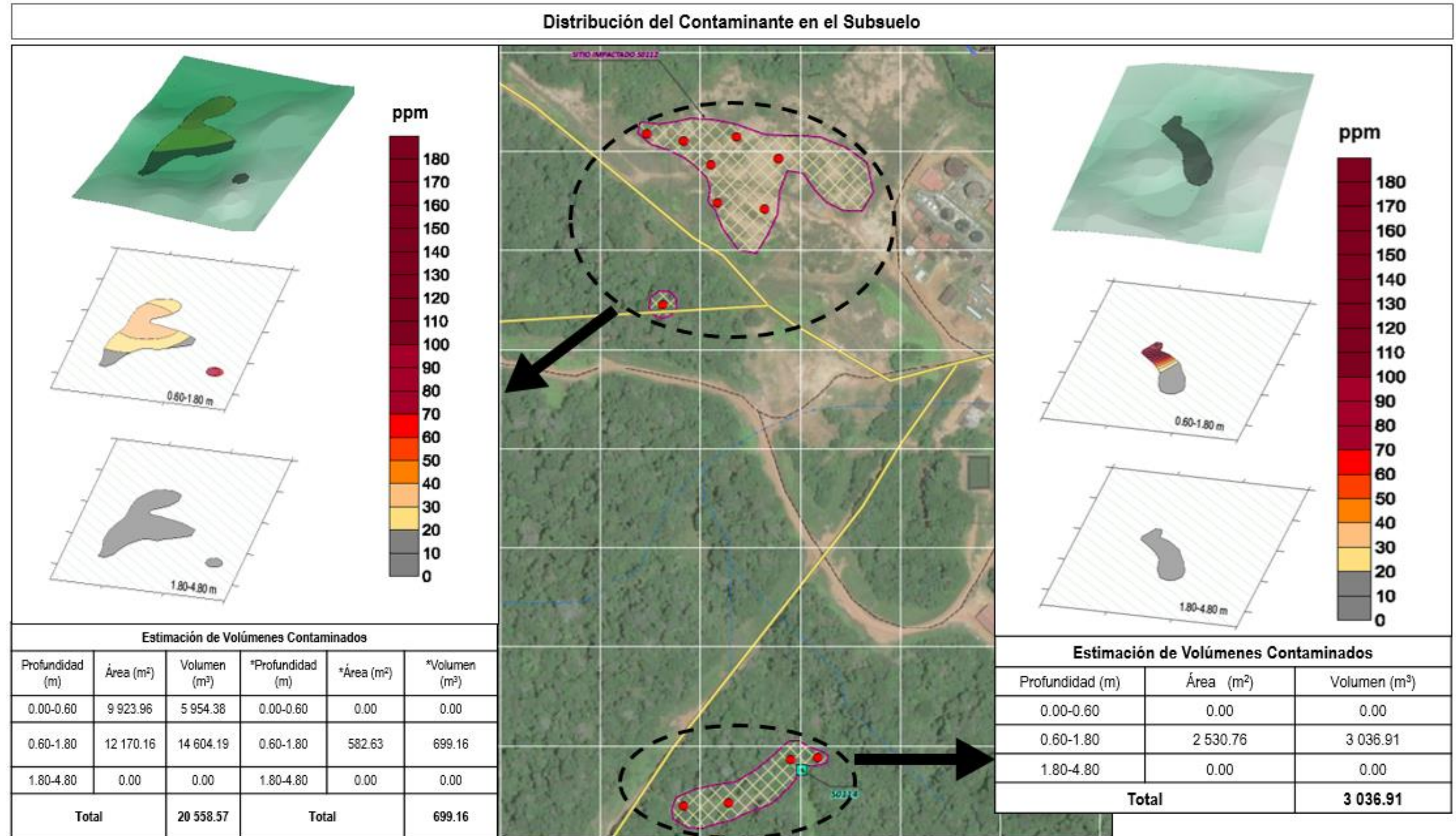
Figura 3-29 Delimitación del sitio impactado (Metales - Pb)



**Modelo válido para plomo, selenio y boro.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Figura 3-30 Delimitación del sitio impactado (Metales – Pb)



*Polígono sujeto a evaluación por parte del FONAM

**Modelo validado para plomo, selenio y boro.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.9 Desarrollo del Modelo Conceptual Inicial, considerando:

El MCI inicial es una representación gráfica o esquemática del escenario actual del sitio donde se consideran las relaciones existentes entre las fuentes de contaminación y los receptores sensibles potencialmente expuestos a la misma. Específicamente el MCI incluye:

- Fuente de los contaminantes críticos seleccionados.
- Receptores de la contaminación.
- Rutas de exposición (mecanismos de transporte).
- Vías de exposición.
- Posible migración de los contaminantes de un medio físico a otro y su posible migración fuera de los límites del sitio de estudio.
- Otros factores de estrés diferentes a los contaminantes evaluados.
- Factores que modifiquen el efecto de los contaminantes sobre los receptores.

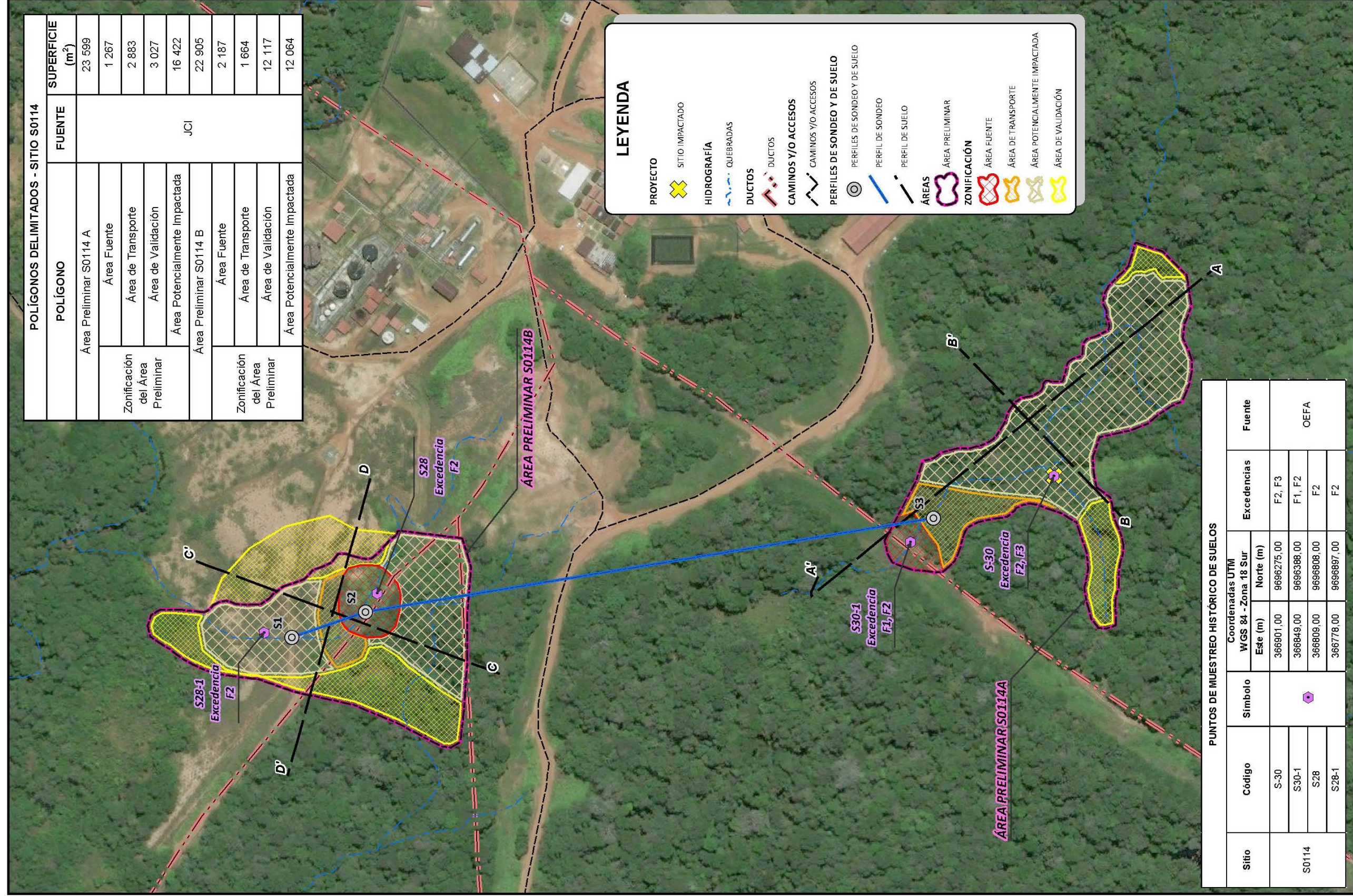
Las áreas impactadas que conforman el sitio S0114 (Sitio 14) se encuentra aledaños a un área operativa: uno cerca del campamento Dorissa y el otro cercano de un oleoducto que viene del mismo campamento; existe actividad operacional en el campamento, se observa una fuerte pendiente desde la fuente del oleoducto que dinamiza el transporte por escorrentía superficial del hidrocarburo y una suave pendiente desde la fuente del campamento.

El sitio está sujeto a fuertes cambios por la temporalidad de las lluvias incrementando de manera significativa los volúmenes de agua. El área impactada se localiza en una microcuenca y se encuentra limitada por las laderas de unas colinas y en la parte superior se localiza una cocha aparentemente también contaminada, de acuerdo con la información del FONAM no ha habido caracterización previa del sitio.

De acuerdo con información obtenida en campo, hay actividad cinegética en el entorno del sitio, en cuanto al origen de la contaminación, proviene de fugas de oleoducto y del campamento Dorissa por eventos de hace más de 20 años y otros eventos hace menos de 10 años, el Programa Ambiental Complementario ejecutó el retiro de material contaminado superficialmente usando maquinaria pesada para ello, en el año 2005, se observaron evidencias de contaminación superficiales durante la visita de reconocimiento.

Por lo indicado en párrafos anteriores se delimitó la concentración del contaminante de acuerdo con el polígono que se observa en la Figura 3-31.

Figura 3-31 Área potencial de interés (API) de acuerdo con el MCI

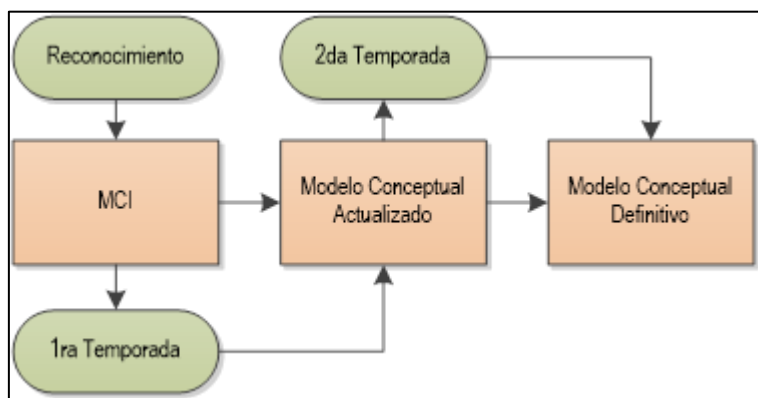


Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El polígono mostrado se trata del API de acuerdo con el MCI, como primera fase que se sustenta en la salida de reconocimiento.

En la Figura 3-32 se muestra un flujograma de la evolución del modelo conceptual (MC).

Figura 3-32 Proceso del modelo conceptual



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Durante la investigación se realizaron sondeos en campo cubriendo toda el área potencialmente impactada, donde se generó una incertidumbre en el polígono norte, en su línea superior puesto que los puntos que bordean el mismo en esta dirección evidenciaron contaminación por encima de los estándares de calidad para suelos, así mismo se plantearon puntos confirmatorios en los cuerpos de agua superficial donde se encontraron excedencias.

Para la segunda época de muestreo se desarrolló el Modelo Conceptual Actualizado tomando en cuenta los resultados analíticos de la primera época, para la ubicación de los puntos confirmatorios de suelo que posteriormente será insumo para la definición del polígono definitivo, también se plantearon puntos de agua superficial y sedimentos (para confirmar la dinámica de la contaminación en estos medios) y puntos en el entorno de los pozos de agua subterránea, (para verificar si los valores de metales conseguidos en la primera época eran propios del suelo natural).

Premisas para la actualización del modelo conceptual

La actualización del MCI se realiza con base en los resultados obtenidos de la primera temporada, esto implicó una ampliación del MCI presentado inicialmente. Se aplicó un ajuste en el modelo conceptual de sitios impactados de acuerdo con las siguientes premisas:

- Excedencias en valores de ECA de suelos (estándar para suelo agrícola) en los parámetros: metales pesados e hidrocarburos totales de petróleo (TPH).
- Se requiera la confirmación del modelo en sitios con excedencias en sectores que pudieran presentar incertidumbres en la dinámica de movilización o transporte de contaminantes.
- Excedencia en los estándares de calidad para sedimentos (bajo los estándares de la norma canadiense).
- Excedencias en los estándares de calidad para aguas subterráneas (bajo los estándares de la norma de Alberta-Canadá).

De acuerdo con lo indicado se generó un segundo polígono que delimita el área potencialmente impactada esto se puede observar en la Figura 3-33.

3.9.1 Fuentes de los contaminantes.

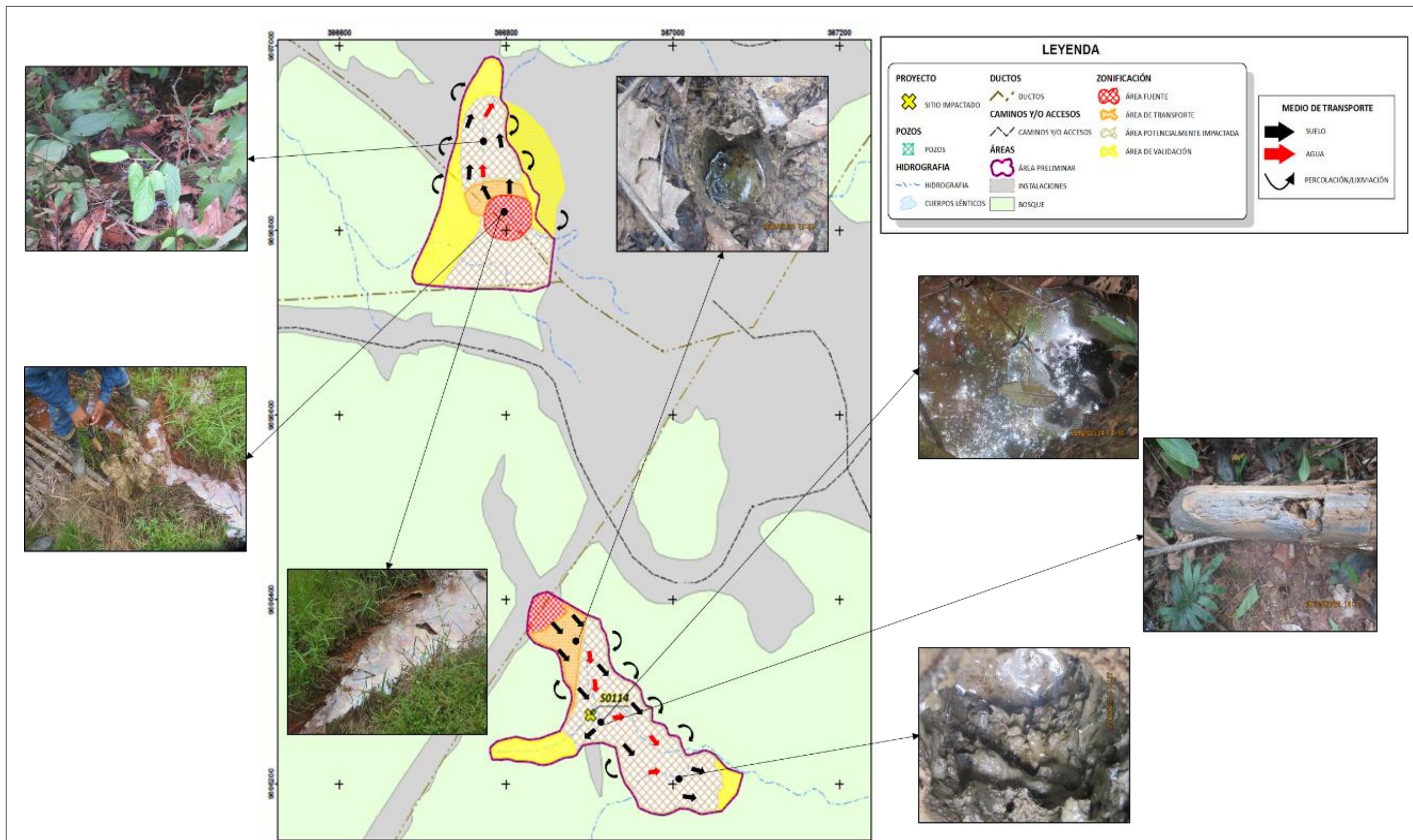
La fuente primaria es la operación petrolera, liberada por derrames desde el campamento Dorissa y en oleoducto (2 posibles fuentes) durante las operaciones de Occidental (hace más de 20 años)

Otras potenciales fuentes de contaminación pueden ser revisadas en el punto 3.3 de este documento.

3.9.2 Potenciales receptores de la contaminación.

Los principales receptores son el suelo, la vegetación a lo largo del bosque de ladera, bosque de galería y aguas superficiales y sedimentos, fauna asociada a este ecosistema y posibles receptores humanos lo indicado se ilustra en la Figura 3-34, que simula la dirección del flujo del contaminante en suelo, además del posible proceso de percolación o lixiviación.

Figura 3-34 Mapa sinóptico



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.9.3 Potenciales rutas y vías de exposición (mecanismos de transporte).

Al analizar los resultados obtenidos en cada uno de los componentes evaluados (Flora, fauna, hidrobiología, agua superficial, agua subterránea, suelo y sedimentos), podemos visualizar de manera concreta y objetiva el estatus de cada uno de los sitios evaluados, y lograr concluir si se logran completar vías de exposición, desde la fuente de contaminación hasta el receptor o receptores finales, en este caso, las poblaciones humanas, con los riesgos que representan, de acuerdo a los usos específicos potenciales de flora, fauna terrestre y peces en cada uno de los sitios evaluados. De acuerdo con esta premisa, se concluye que las potenciales rutas de exposición son la fauna por ingestión de agua/barro y la flora por absorción por sistema radicular.

Cuadro 3-68 Tipos de uso/aprovechamiento de las especies de flora, fauna terrestre y peces por parte de las poblaciones locales.

Componente	Tipos de uso local
Flora	Alimento
	Ornamento, adorno
	Vestimenta
	Construcción
	Pinturas
	Medicinal
Fauna	Alimento
	Medicinal
	Ornamento, adorno
	Mascotas
	Carnada
Peces	Alimento
	Ornamento, adorno

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Flora. Este sitio presenta por formación vegetal al Bosque de terrazas bajas, y el área impactada representa aproximadamente un 70 % del área total del sitio. Por ser una zona inundable, los accesos para realizar actividades de recolección en todo el lugar son bastante limitados. Se registró 1 especie vegetal susceptible a uso por parte de pobladores locales, con fines de construcción de tejados. Sin embargo, no se observaron indicios de recolección de esta especie, lo cual nos indicaría una probabilidad muy baja de exposición a contaminantes por uso de flora.

Fauna. No se registraron especie de fauna con potencial de uso por parte de las poblaciones cercanas. La única especie de fauna registrada fue *Tapirus terrestris* "Tapir", la cual no es cazada, según los pobladores, por estar en constante contacto con sustancias contaminantes. De esta forma se podría inferir que no existe una ruta de exposición completa desde la fuente contaminante hacia las poblaciones humanas, pero sí a ciertas especies de flora y fauna.

Por otro lado, el polígono norte del sitio evaluado colinda al norte con una quebrada permanente que entrega sus aguas al río Pucacuro ubicado al nor-este del polígono; en cuanto al polígono sur

contiene dos quebradas una permanente que atraviesa al polígono con dirección noroeste-sureste y una quebrada estacional ubicada al oeste del polígono, confluyendo con la quebrada permanente antes descrita; estas pudieran representar una ruta de migración de contaminantes o de exposición a contaminantes, a diferentes receptores que pueden ir desde la fauna neotónica, hasta la terrestre, como a las comunidades. No obstante, las concentraciones y ocurrencia de contaminantes son extremadamente bajas lo que dificulta esta posibilidad de migración.

3.9.4 Posible migración de los contaminantes de un medio físico a otro.

Migración a través del suelo superficial por escorrentía, potencial migración al subsuelo desde las aguas superficiales por infiltración y migración de metales a través del agua subterránea.

De acuerdo con los resultados del ensayo de tomografía eléctrica, de presentar contaminación por metales pesados en el sitio el movimiento sería a través de las diferentes litologías producido por el flujo de agua subterránea en dirección de sur a norte. La distancia horizontal de recorrido estará definida por el tipo de metal presente. En caso de ocurrir (de acuerdo con los resultados de laboratorio), se estima que el movimiento potencial vertical de los metales pesados sea como máximo hasta los 12 metros de profundidad, debido a que a esta profundidad se presentan arcillas más compactas y actúa como material impermeable. Los hidrocarburos presentes como elementos contaminantes en el sitio S0114 (Sitio 14) se encuentran meteorizados (intemperizados) y deben representar las fracciones más recalcitrantes (pesadas) lo cual hace prácticamente nula su movilidad a través del subsuelo, incluso también en superficie.

3.9.5 Factores que modifiquen el efecto de los contaminantes sobre los receptores.

Los factores que pueden modificar el impacto se centran en la variación de concentración del contaminante en los diferentes medios:

- **Factores que dependen del medio ambiente (exógenos o físicos)**
 - Topografía (relieve).
 - Condiciones climáticas y meteorológicas.
 - Textura, humedad y permeabilidad de los suelos.
 - Profundidad del nivel freático, distancia a cuerpos de agua superficial.
 - pH, oxígeno disuelto, dureza, potencial óxido-reducción, contenido de materia orgánica.
- **Factores propios del individuo (endógenos o biológicos)**
 - Edad, la cual influye en los factores toxicocinéticos y en las poblaciones susceptibles (ejemplo, los niños presentan tasas metabólicas más altas cuyos órganos vitales y sistemas se encuentran en desarrollo).
 - Genética particular del individuo.
 - Enfermedades (insuficiencia hepática, insuficiencia renal).
 - Otras condiciones particulares (fatiga, embarazo, lactancia).
 - Situación psicosocial (estilos de vida, actividades, alimentación, rutinas entre otros).

3.9.6 Otros factores diferentes a los contaminantes evaluados.

Otros factores que modifican el efecto de los contaminantes sobre los receptores pudieran ser:

- Una potencial interconexión entre sitios impactados cercanos.
- Servicios básicos ineficientes (tratamientos de agua de desagüe, vertederos) en las comunidades nativas contribuyen a la degradación de cuerpos de agua (superficiales y subterráneos).
- Una deforestación no controlada.

3.9.7 Resultados de campo.

En los siguientes cuadros se muestran exclusivamente los resultados de los análisis de laboratorio que exceden la norma de calidad de suelo para el Perú.

Cuadro 3-69 Resumen de excedencias de las muestras de suelos - sitio S0114 (Sitio 14) época húmeda

Sitio	Código de Muestra	Coordenadas UTM ^[a]		Fecha de muestreo	Plomo	Hidrocarburos Totales C10-C28	Hidrocarburos Totales C28-C40	Naftaleno
		Este	Norte					
Unidades					mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS
Estándar de Calidad Ambiental para Suelo – Categoría Uso Agrícola (D.S. N° 011-2017-MINAM)					70	1200	3000	0,1
S0114	S0114-S007-1.20	366 828	9 696 242	6/07/2018	7,288	2241,0	1536	0,052
S0114	S0114-S008-0.60	366 783	9 696 239	6/07/2018	6,786	1381,0	903	0,041
S0114	S0114-S017-0.90	366 762	9 696 745	7/07/2018	202	5	5	-
S0114	S0114-S024-0.90	366 864	9 696 842	7/07/2018	43,5	4008,0	2565	0,84
S0114	S0114-S025-0.90	366 810	9 696 887	7/07/2018	28,1	4234,0	2900	0,774
S0114	S0114-S026-1.20	366 836	9 696 915	7/07/2018	30,1	1651,0	1200	0,204
S0114	S0114-S027-1.20	366 746	9 696 918	7/07/2018	13,9	2142,0	1503	-
S0114	S0114-S038-0.90	366 917	9 696 288	2/07/2018	416	126,0	212	-
S0114	S0114-S039-0.60	366 890	9 696 286	2/07/2018	10,9	3885,0	4013	0,054
S0114	S0114-S043-0.90	366 817	9 696 848	1/07/2018	23,6	3248,0	3147	0,221
S0114	S0114-S049-0.60	366 783	9 696 910	1/07/2018	18,1	2684,0	2568	-
S0114	S0114-S049-3.60	366 783	9 696 910	1/07/2018	16,5	3531,0	3074	0,525

Legenda:

No excede la normativa nacional e internacional
Excede el ECA-Suelo (D.S. N° 011-2017-MINAM)

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 3-70 Resumen de excedencias de las muestras de suelos - sitio S0114 (Sitio 14) época seca

Sitio	Código de Muestra	Coordenadas UTM ^[a]		Fecha de muestreo	Hidrocarburos Totales C10-C28	Hidrocarburos Totales C28-C40
		Este	Norte			
Unidades					mg/kg PS	mg/kg PS
Estándar de Calidad Ambiental para Suelo – Categoría Uso Agrícola (D.S. N° 011-2017-MINAM)					1200	3000
S0114	S0114-S054-1,50	366 677	9 696 910	15/09/2018	5	5
S0114	S0114-S055-0,60	366 878	9 696 893	15/09/2018	7109,0	5782
S0114	S0114-S055-1,80	366 878	9 696 893	15/09/2018	6882,0	6310

[a] Datum WGS 84 – Zona 18 Sur

Fuente: AGQ Perú SAC

Leyenda:

No excede el ECA-Suelo (D.S. N° 011-2017-MINAM)

Excede el ECA-Suelo (D.S. N° 011-2017-MINAM)

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 3-71 Resumen de excedencias de las muestras de agua superficial - sitio S0114 (Sitio 14) época húmeda

Sitio	Código de Muestra	Coordenadas UTM ^[a]		Fecha de Muestreo	pH
		Este	Norte		
Unidades					Unidades de pH
Estándares de Calidad Ambiental para Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM) - Categoría 4 Subcategoría E2					6,5 - 9,0
S0114	S0114-As001	366 833	9 696 438	26/06/2018	5,49
S0114	S0114-As002	367 007	9 696 237	26/06/2018	5,43
S0114	S0114-As003	366 862	9 697 046	27/06/2018	5,87
S0114	S0114-As004	366 838	9 696 983	27/06/2018	5,99

[a] Datum WGS 84 – Zona 18 Sur

Leyenda:

No excede el ECA-Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM)

Excede el ECA-Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM)

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 3-72 Resumen de excedencias de las muestras de agua superficial - sitio S0114 (Sitio 14) época seca

Sitio	Código de Muestra	Coordenadas UTM ^[a]		Fecha de Muestreo	pH
		Este	Norte		
Unidades					Unidades de pH
Estándares de Calidad Ambiental para Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM) - Categoría 4 Subcategoría E2					6,5 - 9,0
S0114	S0114-As001	366 833	9 696 438	14/09/2018	5,7
S0114	S0114-As002	367 007	9 696 237	14/09/2018	5,4
S0114	S0114-As003	366 862	9 697 046	14/09/2018	6
S0114	S0114-As004	366 838	9 696 983	14/09/2018	5,7
S0114	S0114-As005	366 722	9 696 969	14/09/2018	5,6
S0114	S0114-As006	366 789	9 696 982	14/09/2018	5
S0114	S0114-As008	366 776	9 696 482	14/09/2018	5,5
S0114	S0114-As009	367 080	9 696 148	14/09/2018	5,6

[a] Datum WGS 84 – Zona 18 Sur

Legenda:

No excede el ECA-Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM)

Excede el ECA-Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM)

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 3-73 Resumen de excedencias de las muestras de agua subterránea - sitio S0114 (Sitio 14) época húmeda

Sitio	Código de muestra	Coordenadas UTM [a]		Fecha de muestreo	Oxígeno Disuelto	pH	Fósforo Total	Aluminio	Arsénico	Cobre	Cromo Total	Hierro	Manganeso	Plata	Zinc
		Este	Norte												
Alberta Tier (Groundwater) Remediation Guidelines															
S0114	S0114-ASub001	366 731	9 696 983	9/07/2018	≥ 5	6,5 - 9,0	0,05	0,01	0,005	0,007	0,0049	0,30	0,050	0,0001	0,03
S0114	S0114-ASub002	366 755	9 696 724	9/07/2018	2,39	5,96	0,18	1,84	0,00707	0,0085	0,004	41	0,45372	0,00006	0,026
S0114	S0114-ASub003	366 748	9 696 456	9/07/2018	4,91	5,92	0,013	0,046	0,00151	0,0003	0,005	0,05	0,07695	0,00084	0,082
S0114	S0114-ASub004	367 077	9 699 153	9/07/2018	3,58	5,74	0,018	0,97	0,00244	0,0021	0,007	1,1	0,0241	0,00006	0,021
S0114	S0114-ASub004			9/07/2018	6,53	6,31	0,011	0,54	0,00257	0,0018	0,003	0,44	0,04835	0,00006	0,034

Legenda:

No excede la normativa internacional
Excede Alberta Tier (Groundwater) Remediation Guidelines

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 3-74 Resumen de excedencias de las muestras de agua subterránea - sitio S0114 (Sitio 14) época seca

Sitio	Código de muestra	Coordenadas UTM		Fecha de muestreo	Oxígeno Disuelto	pH	Fósforo Total	Aluminio	Arsénico	Cobre	Cromo Total	Hierro	Manganeso	Plomo	Zinc
		Este	Norte												
Unidades															
Alberta Tier (Groundwater) Remediation Guidelines															
S0114	S0114-ASub001	366 731	9 696 983	14/09/2018	≥ 5	6,5 - 9,0	0,05	0,01	0,005	0,007	0,0049	0,30	0,050	0,01	0,03
S0114	S0114-ASub002	366 755	9 696 724	14/09/2018	3,82	6,04	0,288	5,52	0,00793	0,0238	0,011	47	0,44415	0,01513	0,062
S0114	S0114-ASub003	366 748	9 696 456	14/09/2018	4,4	5,42	0,008	0,11	0,00004	0,0003	0,003	0,22	0,06266	0,00031	0,055
S0114	S0114-ASub004	367 077	9 699 153	14/09/2018	4,81	5,84	0,031	1,05	0,00004	0,0014	0,007	1,1	0,01531	0,00075	0,019
S0114	S0114-ASub004	367 077	9 699 153	14/09/2018	5,44	6,19	0,008	0,178	0,00004	0,0003	0,001	0,13	0,04289	0,00033	0,01

Legenda:

No excede Alberta Tier I (Groundwater) Remediation Guidelines)
Excede Alberta Tier (Groundwater) Remediation Guidelines)

PY 1801 – PLAN DE REHABILITACIÓN DEL SITIO IMPACTADO S0114 (Sitio 14)
Servicio de Consultoría para elaborar los Planes de Rehabilitación de 13 sitios impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 3-75 Resumen de excedencias de los análisis de peces - sitio S0114 (Sitio 14) época húmeda

Sitio	Código de muestra	Coordenadas UTM [a]		Fecha de muestreo	Bario Total	Cadmio Total	Plomo Total
		Este	Norte				
Unidades							
Resolución de Dirección Ejecutiva N° 057-2016-SANIPES-DE (*)							
S0114	S0114-Hb-PEC1-004	366 838	9 696 983	4/07/2018	1,337	0,0303	0,063
S0114	S0114-Hb-PEC1-002	367 007	9 696 237	2/07/2018	16,75	0,129	0,312
S0114	S0114-Hb-PEC2-004	366 838	9 696 983	5/07/2018	2,868	0,1614	0,059
S0114	S0114-Hb-PEC3-004	366 838	9 696 983	5/07/2018	1,808	0,0152	0,049

(*) Organismo Nacional de Sanidad Pesquera.

(**) Ecological risk assessment of barite (BaSO₄) using ecotoxicological tests with twelve organisms, Christian Paredes y María Cristina Miglio. Ecología Aplicada, 17(1), 2018.

Legenda:

No excede la R.D.E. N° 057-2016-SANIPES-DE
Excede la R.D.E. N° 057-2016-SANIPES-DE

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 3-76 Resumen de excedencias de los análisis de peces - sitio S0114 (Sitio 14) época seca

Sitio	Código de muestra	Coordenadas UTM ^[a]		Fecha de muestreo	Bario Total	Cadmio Total
		Este	Norte			
Unidades						
Resolución de Dirección Ejecutiva N° 057-2016-SANIPES-DE (*)						
S0114	S0114-Hb-PEC2-004	366 838	9 696 983	13/09/2018	0,1675	0,4223
S0114	S0114-Hb-PEC3-004	366 838	9 696 983	13/09/2018	4,364	0,2708
S0114	S0114-Hb-PEC4-004	366 838	9 696 983	13/09/2018	0,1435	0,1182
S0114	S0114-Hb-PEC5-004	366 838	9 696 983	14/09/2018	3,312	0,2041
S0114	S0114-Hb-PEC6-004	366 838	9 696 983	14/09/2018	1,23	0,5149
S0114	S0114-Hb-PEC7-004	366 838	9 696 983	14/09/2018	1,805	0,281
S0114	S0114-Hb-PEC8-004	366 838	9 696 983	14/09/2018	5,577	0,7154

(*) Organismo Nacional de Sanidad Pesquera.

(**) Ecological risk assessment of barite (BaSO₄) using ecotoxicological tests with twelve organisms, Christian Paredes y Maria Cristina Miglio. Ecología Aplicada, 17(1), 2018.

Legenda:

No excede la R.D.E. N° 057-2016-SANIPES-DE
Excede la R.D.E. N° 057-2016-SANIPES-DE

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.10 Interpretación de los resultados.

De acuerdo con la evolución y cambios del modelo conceptual para el sitio S0114 (Sitio 14), producto de la interpretación de los resultados de laboratorio y del análisis integrado de estos con el entorno natural y modificado del sitio, se delimitó el área impactada como se puede apreciar en la Figura 3-35.

El sitio impactado sitio S0114 (Sitio 14) se caracteriza por presentar una textura de suelos que va del franco, franco-arcilloso (0,0-1,20 metros), al franco-arcillo-arenoso (1,2-2,4 metros) y finalmente predominan los suelos arcillosos para profundidades superiores a los 2,4 metros. De acuerdo con los resultados de la tomografía eléctrica las arcillas impermeables se consiguen por debajo de los 10 metros en la zona adyacente al campamento Dorissa. En el caso del polígono posterior, en una zona más baja, varía la presencia de las arcillas impermeables de 5 (zona cercana a la quebrada) a 10 metros. La interpretación de la geofísica, acompañada de los resultados de campo y laboratorio, así como la interpretación del entorno, permite inferir una dinámica hidrogeológica, para la napa freática, en dirección Norte (polígono adyacente a campamento Dorissa) y Noreste (polígono posterior) y que se localiza entre 1-15 metros de profundidad, incrementándose en esa misma dirección.

La potencial migración de contaminantes pudiera manifestarse verticalmente en este horizonte de suelos de hasta 10 metros y horizontalmente en dirección Norte - Noreste.

Para el estudio del gradiente hídrico se dispone de dos pozos (piezómetros) para la toma de muestras de calidad de agua subterránea, con nivel piezométrico medido, cuyos datos son los siguientes:

Polígono adyacente campamento Dorissa:

Pozo	Coordenada Este	Coordenada Norte	Cota Metros	Prof. Nivel	Nivel piezométrico
Pz 1	366 731	9 696 983	221	2,105	218,9
Pz 2	366 755	9 696 724	248	0,81	247,2

De estos datos se deduce que los pozos están separados 260 m (aproximadamente) y sus diferencias de nivel piezométrico son 27 m.

Considerando que la dirección del flujo fuera de Pz2 a Pz1 el gradiente vendrá dado por:

$$I = 28,29 / 260 = 0,10.$$

La estimación de la velocidad real del agua subterránea vendrá dada por:

$$V_R = \frac{k_e i}{m_e} = \frac{10^{-3} \cdot 0,10}{0,05} = 0,002 \text{ m/d}$$

De acuerdo con las estimaciones, el resultado obtenido es de 2 mm/día, o lo que es lo mismo 0,73 metros en un año, aproximadamente.

Polígono posterior:

Pozo	Coordenada Este	Coordenada Norte	Cota Metros	Prof. Nivel	Nivel piezométrico
Pz 1	366 748	9 696 456	256	1,16	254,84
Pz 2	367 077	9 696 153	238	1,32	236,68

De estos datos se deduce que los pozos están separados 303 m (aproximadamente) y sus diferencias de nivel piezométrico son 18 m.

Considerando que la dirección del flujo fuera de Pz1 a Pz2 el gradiente vendrá dado por:

$$I = 18,16 / 303 = 0,05.$$

La estimación de la velocidad real del agua subterránea vendrá dada por:

$$V_R = \frac{k_e i}{m_e} = \frac{10^{-3} \cdot 0,05}{0,05} = 0,001 \text{ m/d}$$

De acuerdo con las estimaciones, el resultado obtenido es de 1 mm/día, o lo que es lo mismo 0.4 metros en un año, aproximadamente.

Para efectos de los cálculos se entiende que:

K_e = Permeabilidad o conductividad hidráulica específica.

m_e = Porosidad eficaz o cinemática.

i = gradiente.

Se necesita conocer la permeabilidad específica para el tipo de fluido k_e y porosidad eficaz m_e , además del gradiente.

La permeabilidad ya ha sido estimada, menor a 10^{-3} m/d.

La porosidad eficaz o cinemática no se conoce y de hecho no es posible conocerla. La porosidad total en limos y arcillas es muy alta y se estiman valores del 20 y 30 %, y frecuentemente más. Pero la porosidad cinemática es mucho menor y en el caso de que el fluido sea petróleo aún menor. Se estimará en un 5 % para esta valoración.

Estos valores ponen de manifiesto que el agua subterránea, “se mueve lentamente”, con un flujo muy lento de agua subterránea. Los suelos arcillosos tienen una permeabilidad tan baja que en realidad se pueden considerar como impermeables a los efectos de transmisión del agua subterránea y más aún de un producto petrolífero de viscosidad mayor. La movilidad de los metales estará sujeto a las características del suelo (pH, contenido de material orgánica, contenido de humedad y los iones intercambiables en el suelo) y al estado de oxidación en que se encuentre el metal y a su solubilidad.

Los resultados de los análisis de laboratorio y la interpretación de lo observado en campo nos permiten inferir que la fuente primaria de contaminación del sitio S0114 (Sitio 14) se localiza en una antigua fosa de hidrocarburos que fue cubierta con tierra y por eventos recurrentes de derrames. La filtración directa a capas más profundas de suelo (por la falta de un cubrimiento con

geomembrana) y su potencial desborde por efecto de las lluvias, permiten la liberación del material, tanto superficial como subterránea.

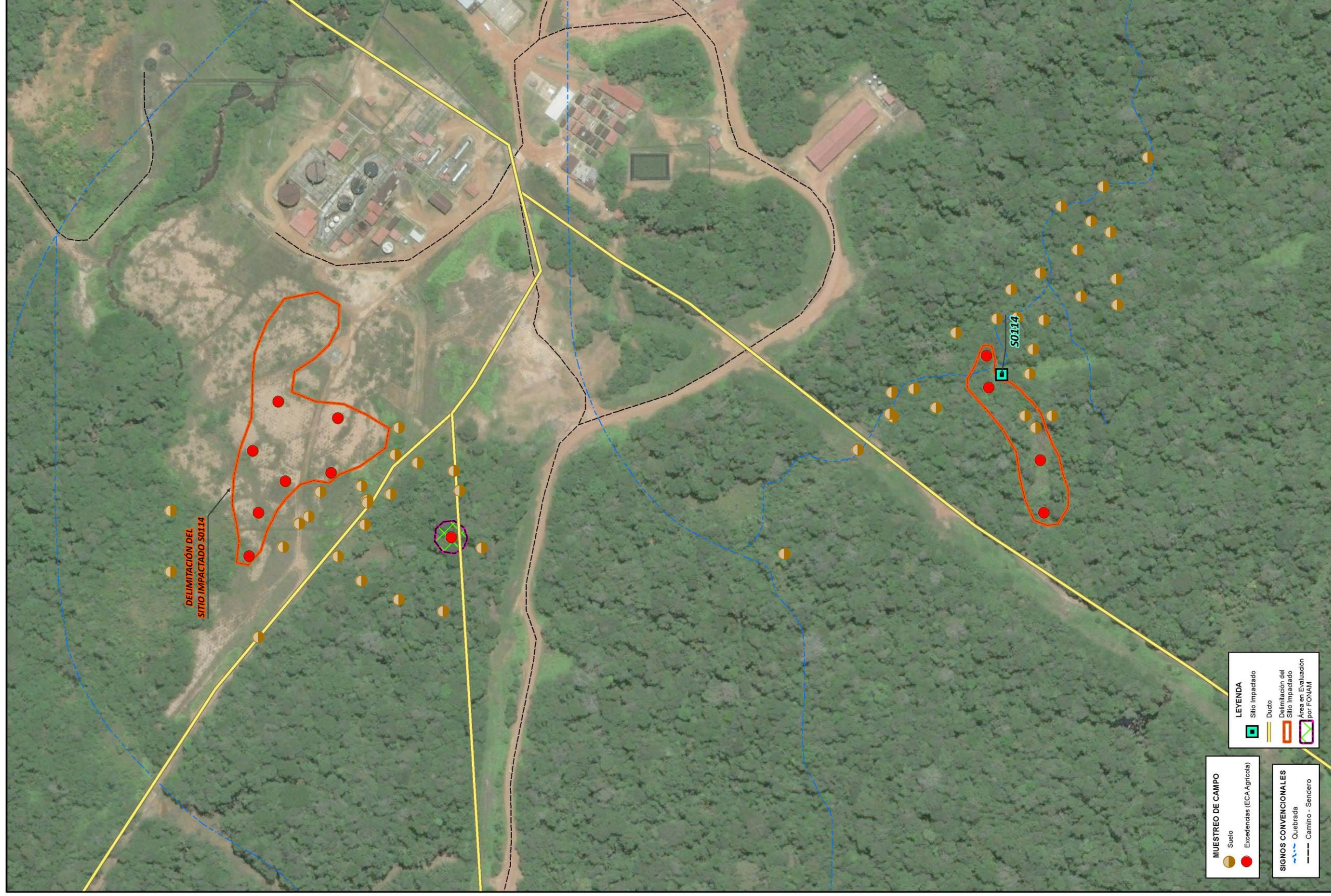
Con miras a desarrollar una tecnología o procedimiento de remediación para el sitio S0114 (Sitio 14) se puede resaltar que las fracciones de hidrocarburos, meteorizados por efectos climáticos, son las que predominan en el sitio impactado. No obstante, se presentan diversos metales entre los que resaltan B, Se, V y Pb, y en menor proporción el Ba. La ocurrencia espacial de los metales se encuentra correlacionada con las fracciones de hidrocarburos, lo que hace pensar que su origen o fuente son estas mismas fracciones. No existen evidencias analíticas que determinen que el Bario encontrado tiene como origen la presencia de baritina.

La migración de los contaminantes, en este caso metales, es poco relevante; no obstante, ocurre debido a que se encontraron trazas de Cr y Mn en el agua subterránea, lo cual puede tener su origen en hidrocarburos.

Los peces reflejan información contundente de fuentes primarias de contaminación distintas de las que dieron origen al sitio impactado. Los hallazgos de Cd, Ba, Pb, Se, Zn, Mn y Sr (sólo el Cd, el Pb y el Hg están normados en Perú). Los otros metales se comparan con la norma ECA para aguas superficiales, categoría 4: ríos de selva, tal y como lo efectúan Paredes y Miglio^{bb} (2018), al no encontrar valores de referencia para su análisis. Se evidencian concentraciones elevadas de estos metales en peces, algunos de ellos forman parte de la dieta de los habitantes de las comunidades nativas (aun cuando se encuentran a más de 17 km del sitio impactado). Estos niveles de contaminación en el tejido de peces, muy superiores en músculo que en las vísceras (determinación en una sola muestra de pez) indican que la fuente de contaminación muy posiblemente se encuentra en contacto dinámico con el agua superficial. Sin embargo, no se encuentran evidencias ni en sedimentos ni en agua superficial. Pero hay conocimiento de pozos de inyección de agua de producción en los alrededores y de fallas frecuentes en los sistemas de inyección (información obtenida a partir de comunicación informal con personal que labora en el sitio).

^{bb} Paredes y Miglio. Ecological risk assessment of barite (BaSO₄) using ecotoxicological tests with twelve organisms. Ecología Aplicada, 17(1), 2018

Figura 3-35 Interpretación de resultados



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Es importante recalcar que los eventos que dieron origen a esta área impactada tienen una data mayor a 10 años (de acuerdo con la información bibliográfica y a la información obtenida del monitor ambiental “local”). Por otro lado, existen evidencias de una intervención con fines de remediación en el sitio a través el Programa Ambiental Complementario (PAC) con al menos 5 o más años de ejecución. Consistió en la remoción mecánica de suelos contaminados, en el área posterior del campamento Dorissa. En la imagen satelital actual de Google Earth se observa toda el área que se delimitó como sitio impactado inmediatamente hacia el noroeste de la Batería Dorissa (ver Figura 3-35), actualmente reforestada (apreciación que se deduce de las cuadrículas observadas por la plantación de árboles). No obstante, es importante notar que en el histórico de imágenes satelitales también se observa la existencia de dos fosas antiguas (no presentes actualmente) y dicha área también se encuentra reforestada.

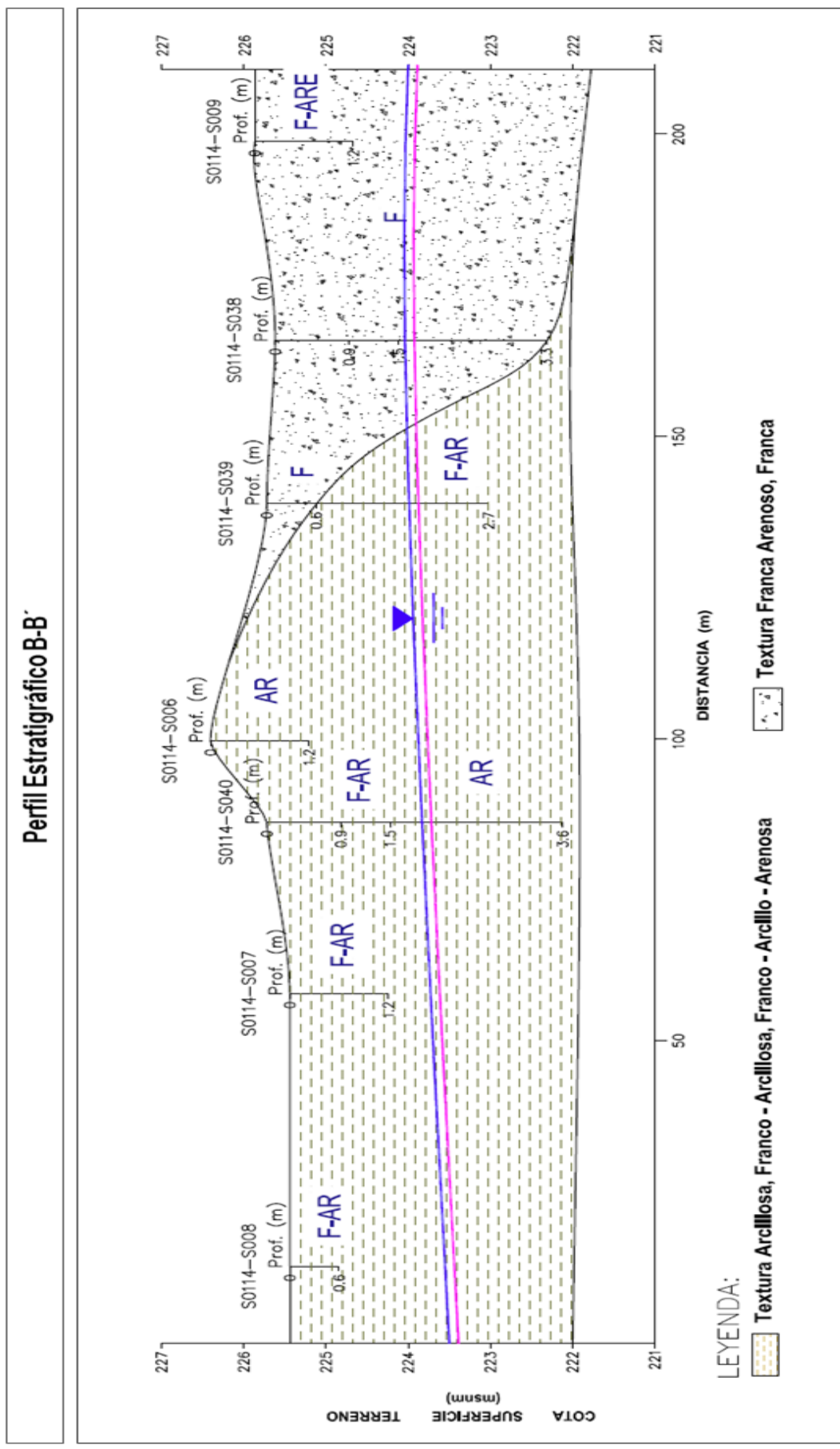
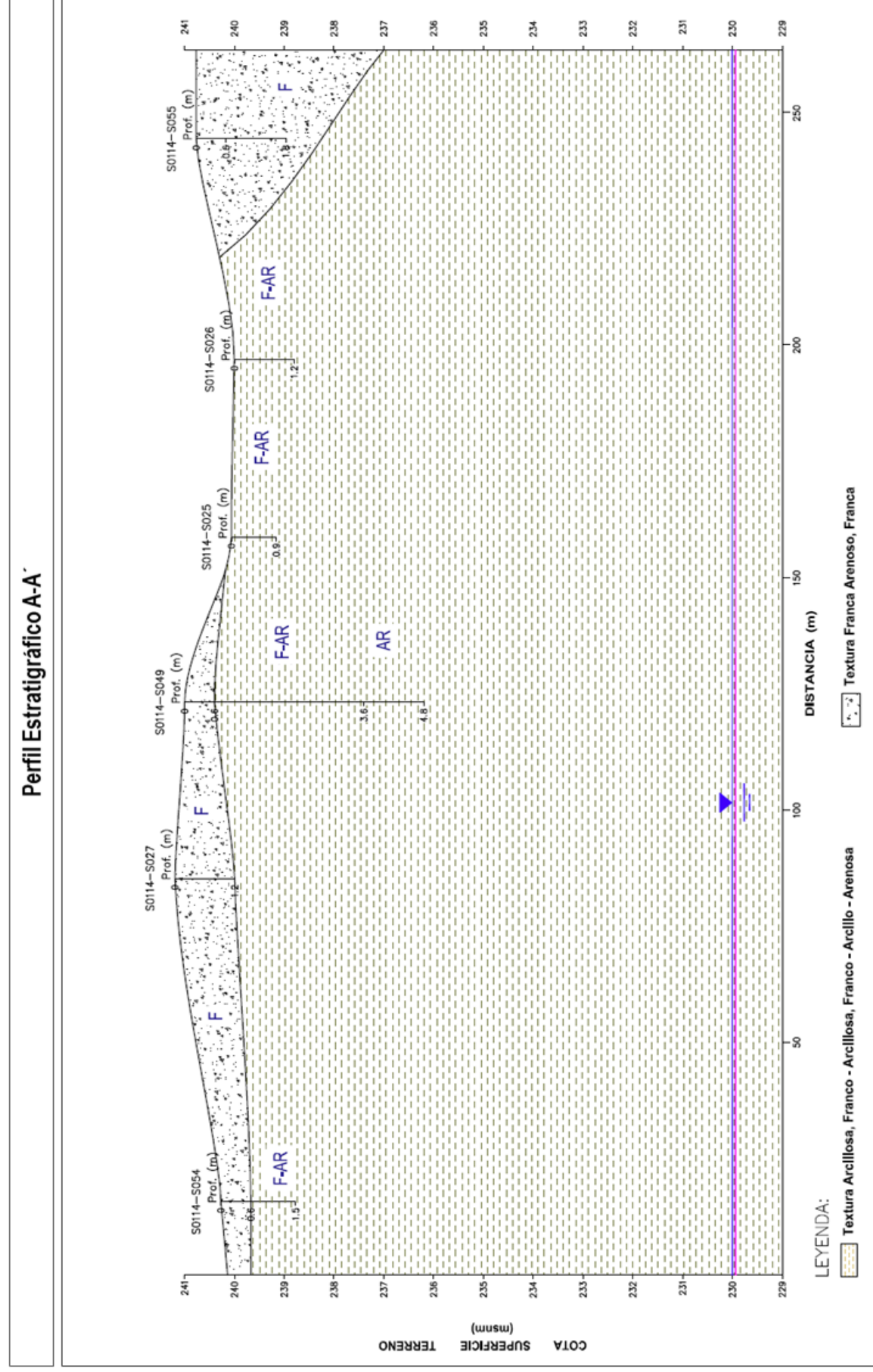
En el Sector noroeste del Sitio S0114 (Sitio 14), los sondeos S024, S025, S026, S027, S043, S049 y S055 se ubican aguas arriba de antigua poza de lodos (observada en imagen satelital histórica de Google – ver Figura 5), por lo que sus concentraciones de fracciones de hidrocarburos F2 y F3 superando el ECA suelo, así como naftaleno, pueden deberse a derrames ocurridos por roturas en el ducto.

Lo anterior permite establecer hipótesis de trabajo más ajustadas a la realidad de contaminación del sitio. Las facilidades operativas localizadas en el entorno son oleoductos, patios de tanques, fosas API, separadores, etc.

Desde el punto de vista hidrodinámico la conceptualización del sitio S0114 (Sitio 14) nos permite inferir una nula o inexistente movilización del contaminante predominante, en este caso las fracciones F2 y F3 de hidrocarburos, por su condición meteorizada. Los metales presentes en el suelo son puntuales su presencia pudiera deberse a la fosa de hidrocarburos que se aprecia en el análisis histórico espacial del sitio impactado.

La conceptualización de la dinámica se presenta en la Figura 3-36.

Figura 3-36 Conceptualización dinámica hidrogeológica



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.10.1 Determinación de los contaminantes.

Los contaminantes presentes en el sitio S0114 (Sitio 14) se presentan en el Cuadro 3-66, donde se resumen exclusivamente las excedencias comparando los resultados con los valores de ECA para suelos tipo “agrícolas” del Perú (D. S. N.° 011-2017-MINAM). Se evidencia la presencia de fracciones medianos y pesados de hidrocarburos (F2 y F3) y en unos puntos metales pesados que se correlacionan con la presencia de hidrocarburos B, Se, Pb, V y Cr, Mn y Ba con muy poca ocurrencia. La mayoría (> 85 %) de los contaminantes se concentran en profundidades que no superan el 1,20 m.

3.10.2 Aspectos que contribuyen a la degradación ambiental.

De acuerdo con el acápite anterior, son las fracciones pesadas de hidrocarburos meteorizados y metales asociados a estos hidrocarburos los que caracterizan ampliamente la contaminación del sitio S0114 (Sitio 14).

Para el caso del polígono adyacente al campamento Dorissa, al encontrarse prácticamente dentro de un área operacional, los aspectos que pudieran contribuir a la degradación ambiental se mantienen “controlados”. No obstante, las evidencias de concentraciones preocupantes de metales en peces, capturados en el río Pucacuro, adyacente también al campamento Dorissa (< 100 metros) son un incuestionable aspecto que contribuye a la degradación del ambiente.

Para el caso del polígono posterior al campamento, la existencia de una pendiente natural en dirección oeste – noreste, la cual coincide con parte de la dinámica de la napa freática, sumado a la existencia de una quebrada estacional que cruza un oleoducto en operación (que de acuerdo a los monitores ambientales de la zona ha sufrido pérdidas de material por ruptura de la tubería), así como la dinámica de saturación de agua en el suelo, pudieran ser fenómenos que contribuirían potencialmente a la degradación ambiental.

Posibilidad de algunas fallas en la inyección de agua de producción en los alrededores.

Las aguas subterráneas presentan valores de contaminación para ciertos metales, algunos de origen geogénico, otros atribuibles a las operaciones petroleras. La presencia de estos metales pudiera contribuir a la degradación ambiental, no obstante, la población más cercana está a más de 17 km de distancia.

3.11 Base de información en el sistema informático respectivo.

La información relacionada con el proyecto se compila en una estructura conceptualizada en dos módulos:

- Sistema de información geográfica con su base de datos asociada
- Geodatabase o repositorio de datos (metadata)

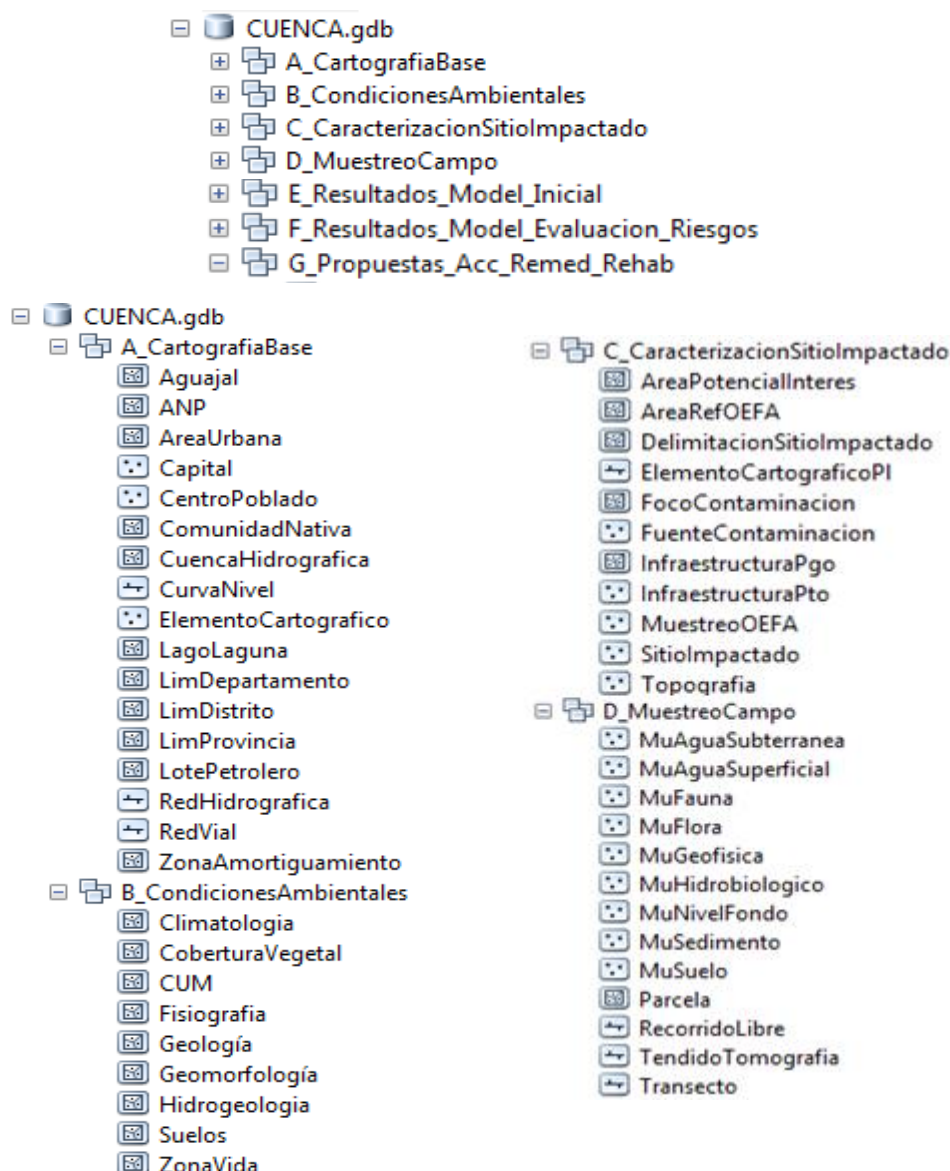
La base de información en donde se almacenará toda la información recopilada durante el desarrollo de proyecto será una **Geodatabase**, en donde se coleccionan datos espaciales, alfanuméricos y reglas de comportamiento, los cuales estarán interrelacionados.

Los **Features Dataset** son elementos lógicos que agrupa a varios **Feature Class** de la base de datos, los cuales poseen el mismo sistema de parámetros geográficos.

Los **Feature Class** son objetos que almacenan elementos geográficos que tiene un tipo de geometría (línea, punto, polígono), los cuales están compuestos por capas cartográficas y atributos.

La estructura del diseño de la **Geodatabase** de la Cuenca del río Corrientes está compuesta por siete (7) **Feature Dataset**, y estos a su vez contienen a varios **Feature Class**, que guardan toda la información alfanumérica y gráfica de los elementos evaluados durante el desarrollo del proyecto.

La estructura de la **Geodatabase** de la cuenca Corrientes es la siguiente:



Es importante mencionar, que se vienen realizando los análisis y evaluación de resultados, por lo que los **Features Class** correspondientes a los ítems E, F y G, se encuentran en pleno desarrollo al momento de la presentación de este informe.

4 EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS Y/O RIESGOS PARA EL AMBIENTE Y LA SALUD DE LA PERSONA^{cc}

El ERSA es un instrumento de orientación que tiene como objetivo evaluar si la contaminación existente en el Sitio S0114 (Sitio 14) representa un riesgo para la salud humana o el ambiente, así como la determinación de los niveles de remediación específicos del sitio en función del riesgo aceptable.

El presente ERSA se basan en los datos y resultados obtenidos en la caracterización del Sitio S0114 (Sitio 14) con el fin de entender las relaciones y causalidades entre la presencia de los contaminantes, las distintas rutas y vías de exposición y los efectos adversos observados en el ambiente o los efectos potenciales que puedan presentarse.

En la Figura 4-1 se presenta el diagrama de flujo de las etapas en la Evaluación de Riesgos a la Salud y Ambiente (ERSA) conforme al Anexo B de la Guía para la elaboración de estudios de Evaluación de Riesgos a la Salud y Ambiente en Sitios Contaminados (MINAM, 2015).

La evaluación de riesgos a la salud y el ambiente involucra cuatro (4) pasos básicos:

1) Definición del problema

La definición y formulación del problema se basa en la evaluación de la información contenida en la caracterización y de otros estudios disponibles.

Permite identificar los contaminantes de preocupación, potenciales receptores humanos y ecológicos e identificación de las rutas y vías de exposición, los cuales se presentan en el ítem 4.1. y 4.2.

2) Evaluación de la toxicidad

La evaluación de la toxicidad permite seleccionar los valores adecuados de los parámetros que miden la peligrosidad de los contaminantes presentes en el Sitio S0114 (Sitio 14). En esta etapa se identifica la toxicidad del contaminante o de los contaminantes a los cuales un receptor está o puede estar expuesto, identificando la correspondencia entre la cantidad del tóxico y la magnitud del efecto, concepto conocido como la relación dosis-respuesta, el desarrollo de lo descrito se presenta en el ítem 4.3.

3) Evaluación de la exposición

La evaluación de la exposición tiene la finalidad de determinar la magnitud, frecuencia y duración de la exposición a los contaminantes considerando las vías principales a las que los receptores están o pueden estar expuestos. La información de exposición permite el cálculo de la dosis, lo que es la cantidad de contaminante que ingresa al interior del organismo por contacto con la matriz ambiental potencialmente contaminada y por la ruta de exposición correspondiente.

^{cc} Los resultados de análisis de riesgo por exposición a los contaminantes no reflejen la realidad de la problemática ambiental de los pueblos indígenas locales, dado que la presente evaluación solo permite estimar el riesgo por exposición a los CP presentes en el Sitio S0114 (Sitio 14) y no por exposición a todos los sitios impactados o pasivos ambientales existentes en el lote petrolero, presentando una incertidumbre porque no permite evaluar el riesgo acumulativo y sinérgico, pero sí permite plantear acciones correctivas individuales en función de los resultados, con la finalidad de reducir el impacto sinérgico y acumulativo a futuro.

La evaluación de la exposición presenta una descripción del entorno de los receptores humanos (escenario humano) y del ambiente de flora y fauna (escenario ecológico).

Las principales etapas de la evaluación de la exposición son las siguientes:

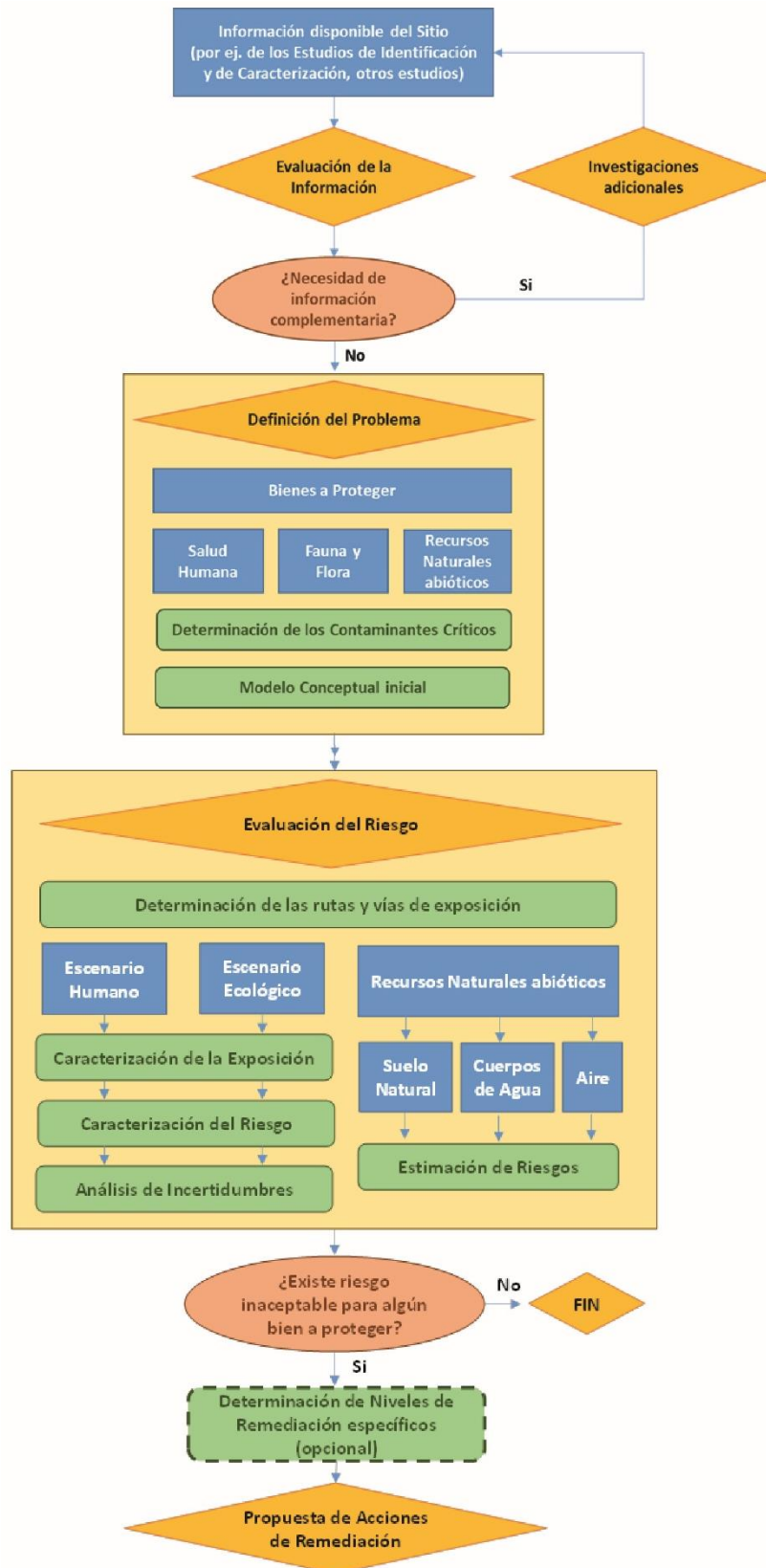
- Identificación de las rutas y vías de exposición.
- Caracterización de los receptores y escenarios de exposición.
- Selección de factores de exposición.
- Cálculo de la dosis de exposición.

El desarrollo de esta información se presenta en el ítem 4.4.

4) Caracterización del riesgo

Implica combinar el peligro, la respuesta a la dosis y las evaluaciones de exposición para describir el riesgo general que representa un contaminante (Ver Ítem 4.10.).

Figura 4-1 Diagrama de Flujo de las etapas del ERSa



Fuente: Anexo B de la Guía ERSa (MINAM, 2015)

4.1 Definición del problema. Para los contaminantes identificados se debe evaluar:

A) Origen de la contaminación y proceso contaminante

Las actividades de extracción de hidrocarburos en el sitio S0114 (Sitio 14) datan del año 1979 con la perforación de pozos exploratorios y de producción en el yacimiento Dorissa, junto con la implementación del método de levantamiento por gas, que consistía en enviar petróleo ligero de los campos orientales de petróleo pesado con el fin de incrementar la producción.

Las primeras denuncias públicas por parte de las federaciones indígenas sobre fugas en las tuberías del oleoducto, así como el vertimiento de aguas de producción a los ríos y suelos datan del año 1994.

En abril de 2005, el MINEM aprobó el Plan Ambiental Complementario (PAC) a fin de remediar las zonas contaminadas del Lote 192; las cuales no habían sido remediadas con las medidas propuestas en el PAMA.

En el año 2013, OEFA, realizó dos (2) campañas de evaluación ambiental de calidad de suelos e identificación de sitios contaminados en el Lote 1-AB, correspondiente a la Cuenca Corrientes, en ambas campañas los puntos de muestreo y los sitios contaminados fueron identificados tanto dentro del área comprendida por el PAC (área PAC), como fuera de ella (área NO PAC). De dichas evaluaciones se tiene que el sitio S0114 (Sitio 14) (Sur y Norte) se ubica en área NO PAC; además, el sitio S0114 (Sitio 14) - Sur colinda por el oeste con área PAC, ya que en la primera campaña hay registro de un (1) punto de muestreo cuya codificación corresponde a área PAC.

El 6 de abril de 2016 el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería – OSINERGMIN remite el Informe N° 421-2016-OS/DSHL respecto a derrames y fugas ocurridos en el Lote 192 (ex Lote 1-AB, del total de 95 eventos reportados en el Lote 192, seis (6) ocurrieron en el campo Dorissa, existiendo una posible relación con el sitio S0114 (Sitio 14) por el tipo de evento (derrames de petróleo crudo, diésel y fluido de producción) y la magnitud de estos.

Por su ubicación, el sitio S0114 (Sitio 14) se relaciona directamente con la Batería Dorissa y el sistema de tuberías de los pozos DORI-05, DORI-08D, DORI-06D, DORI-09D, DORI-07D, DORI-09D, DORI-15, DORI-02CD, DORI-03D y DORI-04D. El sitio se divide en dos (2) áreas; la primera ubicada en dirección noroeste (sitio S0114 (Sitio 14) - Norte) y la segunda en dirección sur (sitio S0114 (Sitio 14) - Sur), en función a la batería.

Cuadro 4-1 Fuentes potenciales de contaminación del sitio S0114 (Sitio 14)

Fuente potencial	Coordenadas UTM WGS-84		Estado	Evidencias	Ubicación
	Este (m)	Norte (m)			
Batería Dorissa	367 049	9 696 776	Activa	Relevamiento en campo	Al este del polígono norte
Sistema de tuberías que conecta los pozos DORI-05, DORI-08D, DORI-06D, DORI-09D, DORI-07D, DORI-09D, DORI-15, DORI-02CD, DORI-03D, DORI-04D con la Batería.	307 046	9 699 639	Activos	Relevamiento en campo, referencia de monitores ambientales.	Al este del polígono norte
Casa de Fuerza	367 113	9 696 389	Activa	Relevamiento en campo	Al este del polígono sur

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Se ha tenido en cuenta toda la información disponible del área de estudio (primaria, secundaria) la cual parte desde la investigación histórica, la cual permitió contextualizar los eventos históricos y los procesos y/u orígenes de la contaminación (fuentes potenciales) del sitio S0114 (Sitio 14). Asimismo, se consideraron los resultados de la caracterización las cuales permitieron corroborar y delimitar la extensión de la contaminación, identificar los Contaminantes de Preocupación (CP), evaluar los mecanismos de transporte, rutas de exposición y potenciales receptores (humanos, ecosistemas, entre otros) que puedan verse afectados. Estos CP vienen a ser aquellos elementos y/o compuestos químicos los cuales cuentan con el potencial de generar efectos sobre la salud humana y/o al ambiente (receptores), siempre y cuando estos receptores entren en contacto con el sitio contaminado.

B) Características generales naturales del sitio

• Geología

Las unidades geológicas presentes en el área que abarca el sitio S0114 (Sitio 14) son: (i) Depósitos Aluviales Recientes (Qr-a), comprendiendo acumulaciones aluviales holocénicas depositadas por el río Corrientes y los diferentes cursos de agua que drenan la región. Estas acumulaciones están constituidas por arenas, limos y arcillas no consolidada que conforman los cauces, las planicies de inundación y las terrazas bajas inundables. Estos depósitos conforman una topografía llana, estimándose su espesor en un poco más de 5 metros, (ii) Depósitos Aluviales Antiguos (Qp-a), presentan dos horizontes claramente diferenciados, el horizonte inferior contiene gravas cuarzosas pequeñas semi consolidadas las cuales están englobadas en una matriz limo-arenosa; y el horizonte superior está integrado por limos y arcillas con escasa consolidación. Estos depósitos se estima un espesor aproximadamente entre 20 y 30 metros, conforma el relieve de las terrazas altas disectadas) y (iii) Formación Ipururo^{dd ee} (Ts-ip), constituida por una secuencia de areniscas y arcillitas. Las areniscas son poco coherentes y de grano medio a grueso, calcáreas o no calcáreas, predominando colores grises, pardos y amarillentos. Las arcillitas, algunas veces calcáreas, son de colores rojizos, blanquecinos, marrones, grises y abigarrados, afloran en capas gruesas a finamente laminadas.).

• Hidrogeología

En el sitio S0114 (Sitio 14) se presentan dos (2) unidades hidrogeológicas: (i) Unidad hidrogeológica 1, compuesta por dos (2) tipos de suelo: Arcillosa y Franca Arcillosa. Donde el suelo predominante es la arcilla. Desde el punto de vista hidrogeológico constituye una unidad propia que se comporta como un medio detrítico casi impermeable. Superficialmente en época húmeda permite la recarga por infiltración de agua subsuperficial lentamente, la recarga lenta está ligada al grado compactación *in situ* y, (ii) Unidad hidrogeológica 2, compuesta por dos (2) tipos de suelo: Franca y Franca Arenosa. En estos suelos la diferencia en porcentajes entre arenas, limos y arcillas no están muy lejanas, pero aun así las arenas predominan por poco sobre los limos y arcillas. Desde el punto de vista hidrogeológico constituye una unidad propia que se comporta como un medio detrítico de permeabilidad baja. Superficialmente en época húmeda permite una recarga lenta de agua subsuperficial, la recarga lenta está ligada al grado compactación *in situ*.

• Cobertura Vegetal

El área de estudio del sitio S0114 (Sitio 14) involucra a los bosques desarrollados en dos tipos de geoformas (colinas bajas y lomadas). En cuanto al bosque ubicado en las colinas bajas, cuya

^{dd} Boletín N° 30 Serie A: Carta Geológica Nacional. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET - 1999).

^{ee} Mapa Geológico del cuadrángulo de Andoas, 1999. Carta 5-k.

superficie es mucho mayor que el de las lomadas, se desarrolla en tierras originadas por acumulación fluvial muy antigua y que se presenta con diferentes grados de disección o erosión, con presencia de pequeñas quebradas que inundan parcialmente la zona en época húmeda. El área impactada representaría un 70 % del área total del sitio. Está fuertemente influenciada por actividad antrópica, puesto que incluye tuberías de oleoducto y su respectivo DDV.

- **Hidrología**

El área de estudio se sitúa dentro de la subcuenca media-alta del río Tigre, el cual tiene sus orígenes en los andes ecuatorianos y se tiene como principales afluentes a los ríos Macusari, Platanoyacu, Capirona y Colpayacu (margen derecha) y el río Pavayacu (margen izquierda). Se caracteriza por ser meandriforme, con un canal que migra libremente en una llanura aluvial de suave pendiente, formando meandros y brazos abandonados; además por el sector teniente López, su cauce ha formado barras laterales arenosas y areno-gravosas, en ambas márgenes.

Por lo general sus aguas son turbias, de rápida corriente y cauce encajonado, aunque navegable. Sus tributarios muestran un sistema de drenaje moderadamente dendrítico a subdendrítico, con un fuerte control estructural y topográfico, dados por la geología del Lote 192.

- **Fisiografía**

La principal característica fisiográfica que se presenta en el sitio S0114 (Sitio 14) es la presencia del Gran Paisaje de Colinas Denudacionales, el que se caracteriza por presentar superficies onduladas a disectadas de 8 a 50 % de pendiente. Donde se pueden identificar Paisajes de Colinas Denudacionales del Terciario constituidas por arcillitas y areniscas de grano fino a medio; además la unidad fisiográfica para el sitio S0114 (Sitio 14) es Colinas Bajas ligeramente disectadas en rocas terciarias y Colinas Bajas Moderadamente Disectadas en Rocas Terciarias.

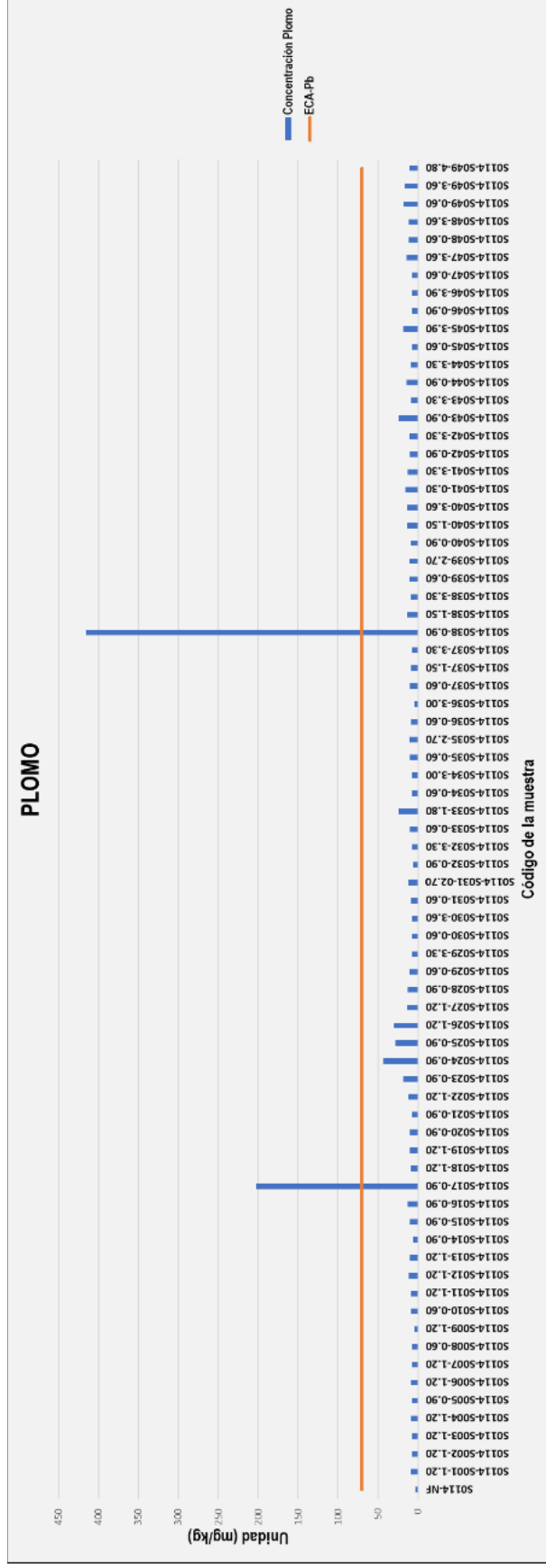
C) Caracterización de la contaminación

- **Descripción de resultados en suelo**

En el sitio S0114 (Sitio 14) - Norte se analizaron 44 muestras de suelo, de las cuales 34 muestras se captaron en época húmeda y 10 muestras en época seca. En el sector sur del área de operaciones, se analizaron 50 muestras de suelo, de las cuales 46 muestras se captaron en época húmeda y cuatro (4) muestras en época seca. Estos resultados se compararon con los ECA para suelo y los SQG de Canadá para aquellos parámetros no contemplados en la normativa vigente, donde se obtuvo lo siguiente:

El **plomo** total fue detectado excediendo el ECA para suelo de uso agrícola (70,0 mg/kg) en dos (2) sondeos en la época húmeda. La mayor concentración de plomo se encontró en el sondeo S038-0,90 con una concentración de 416,0 mg/kg.

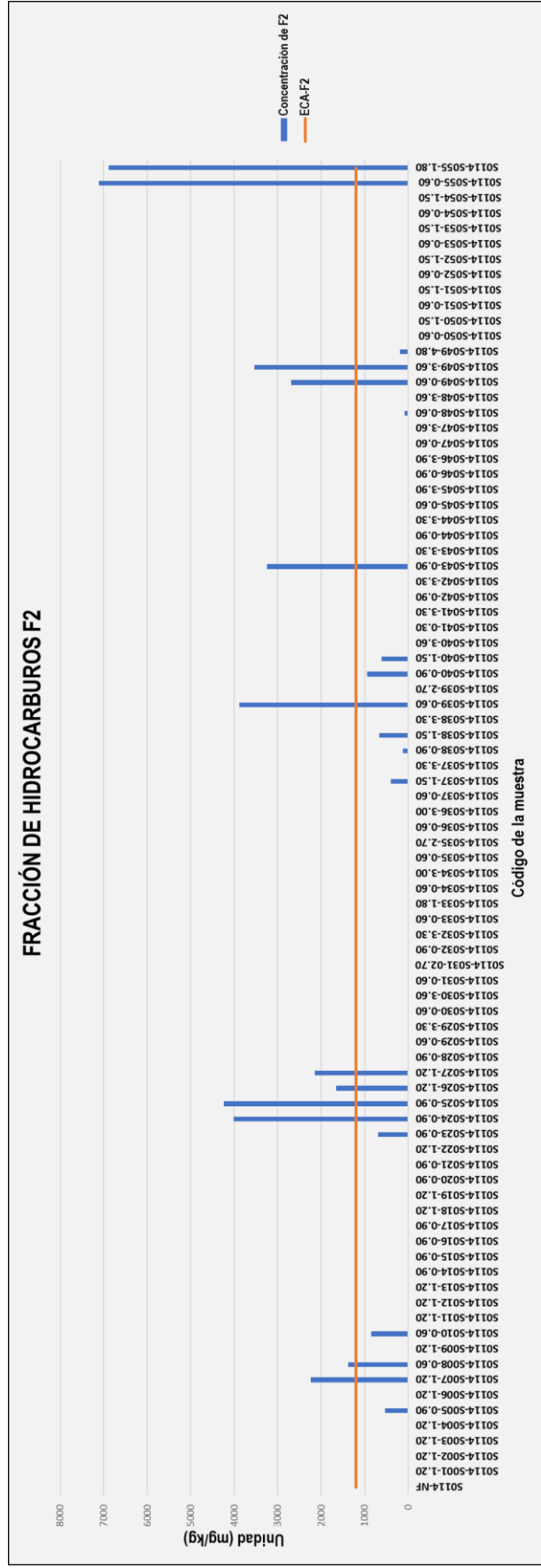
Figura 4-2 Concentraciones de plomo – Época húmeda



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

La **fracción de hidrocarburo F2** fue detectada excediendo el ECA para suelo de uso agrícola (1 200,0 mg/kg) en 10 sondeos para la época húmeda la mayor y en dos (2) sondeos para la época seca. La concentración más alta de F2 se encontró en el sondeo S055-0,60 con una concentración de 7 109 mg/kg en la época seca.

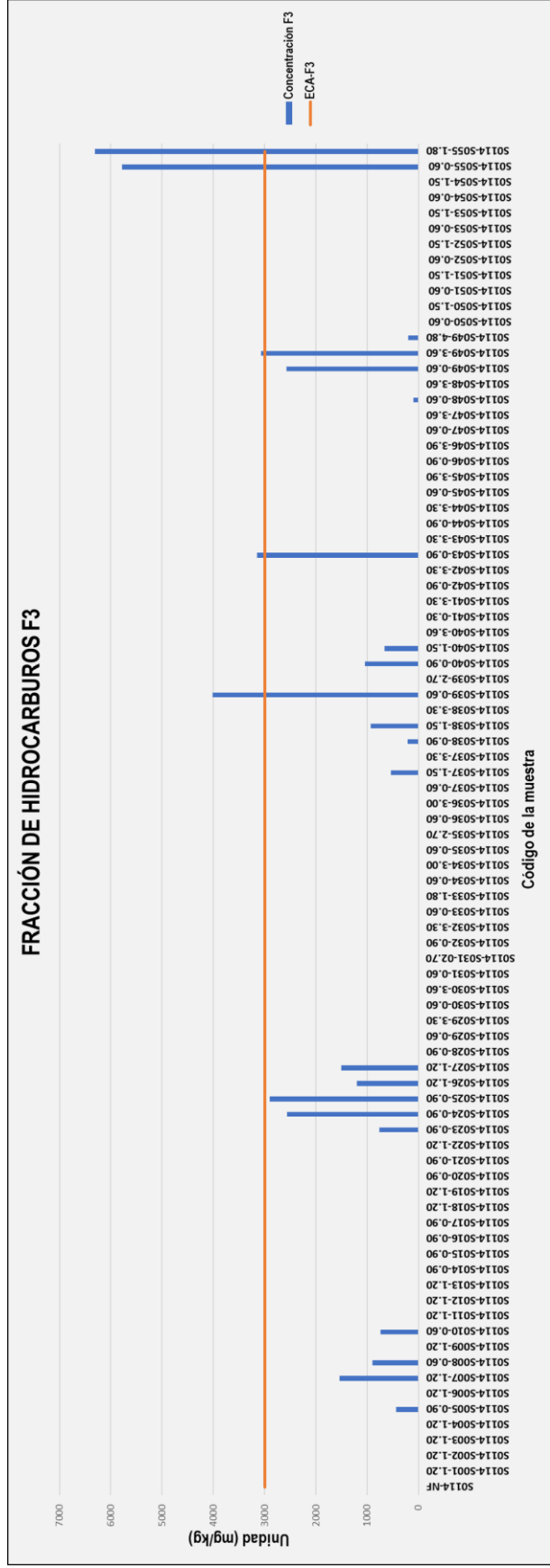
Figura 4-3 Concentraciones de fracción de hidrocarburo F2 – Ambas épocas



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

La **fracción de hidrocarburo F3** fue detectada excediendo el ECA para suelo de uso agrícola (3 000,0 mg/kg) en tres (3) sondeos en la época húmeda y dos (2) sondeos en la época seca. La mayor concentración de fracción de hidrocarburo F3 se encontró en el sondeo S055-1,80 con una concentración de 6 310 mg/kg.

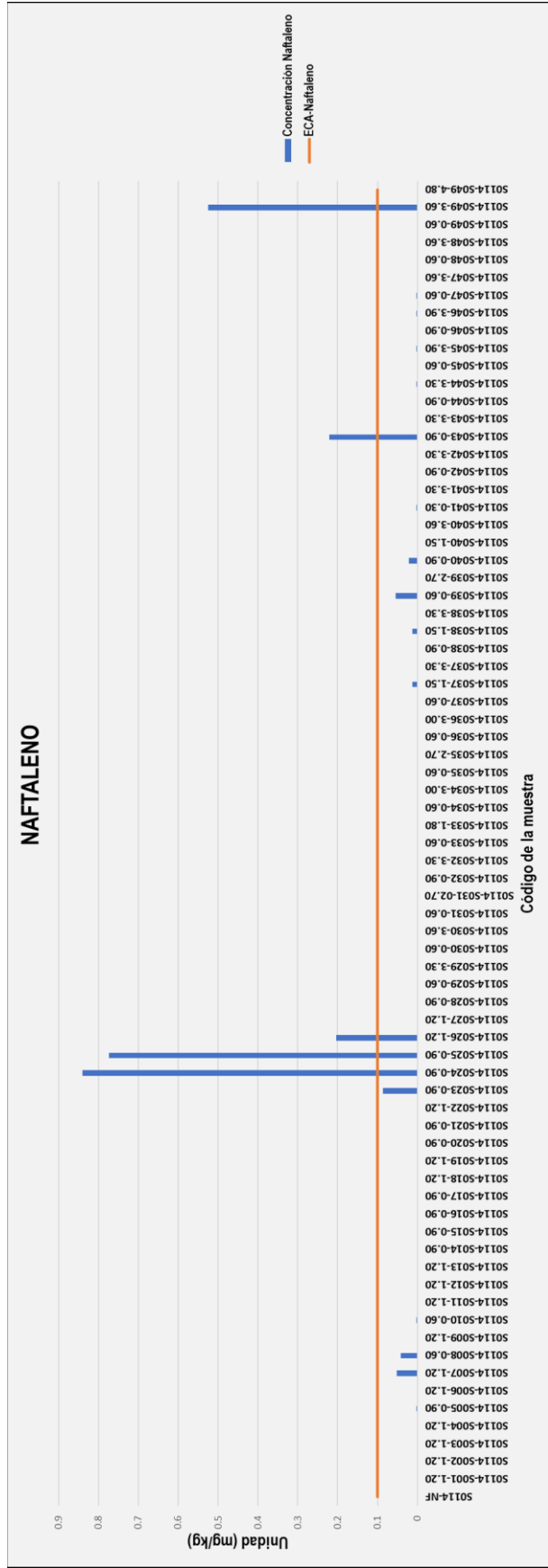
Figura 4-4 Concentraciones de fracción de hidrocarburo F3 – Ambas épocas



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El **naftaleno** fue detectado excediendo el ECA para suelo de uso agrícola (0.10 mg/kg) en cinco (5) sondeos en la época húmeda; la mayor concentración de naftaleno se encontró en el sondeo S024-0,90 con una concentración de 0,840 mg/kg.

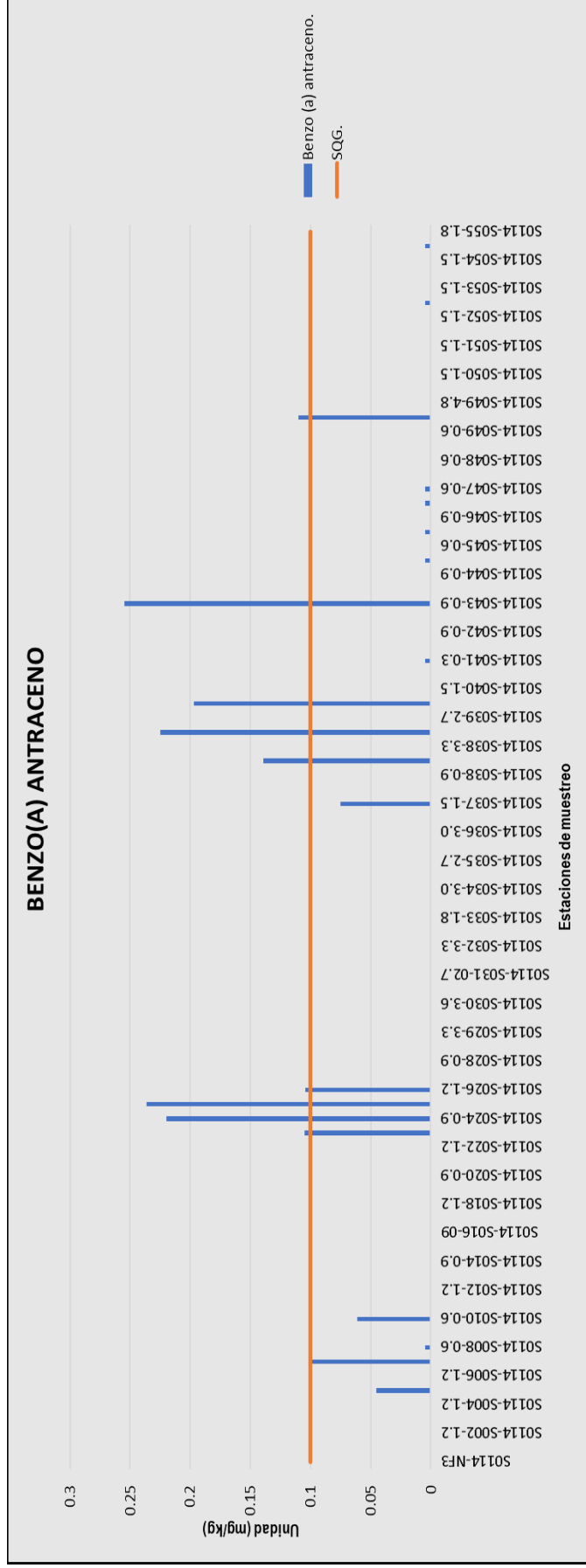
Figura 4-5 **Concentraciones de naftaleno – Ambas épocas**



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El **Benzo(a) antraceno** fue detectado excediendo el SQG para suelo de uso agrícola (0.10 mg/kg) en diez (10) sondeos en la época húmeda; la mayor concentración de naftaleno se encontró en el sondeo S043-0,90 con una concentración de 0,255 mg/kg.

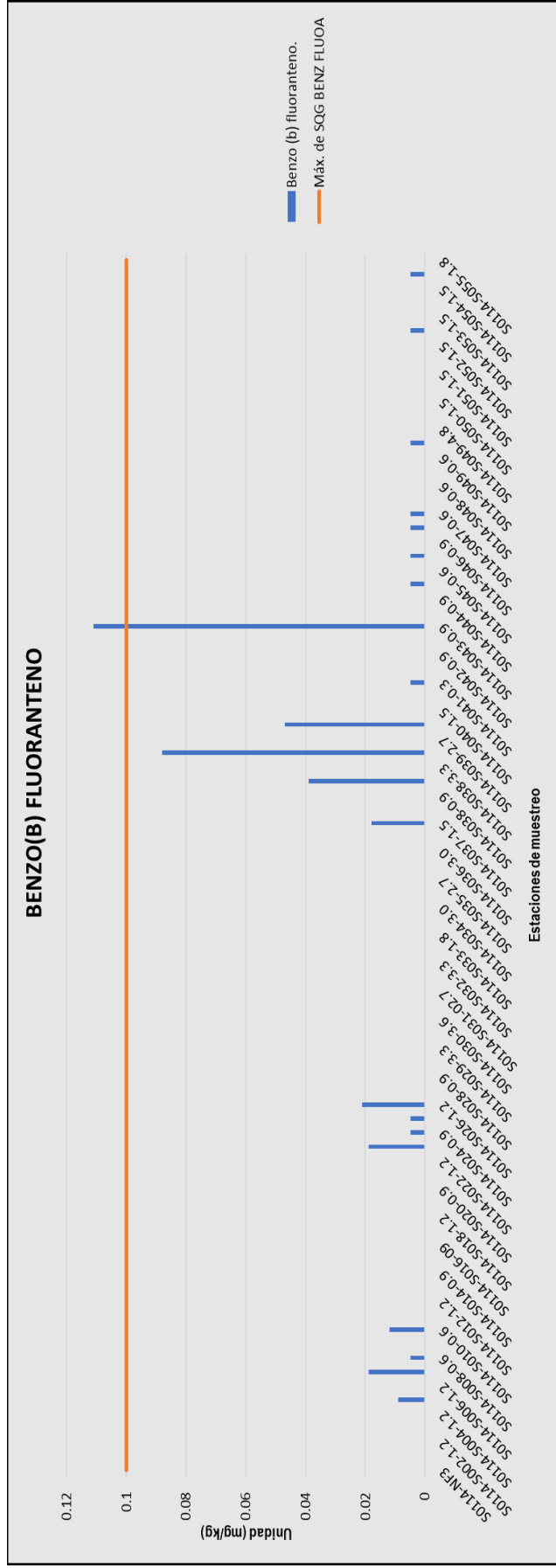
Figura 4-6 Concentraciones de Benzo(a) antraceno – Ambas épocas



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El **Benzo(b) fluoranteno** fue detectado excediendo el ECA para suelo de uso agrícola (0.10 mg/kg) en cinco (5) sondeos en la época húmeda; la mayor concentración de naftaleno se encontró en el sondeo S024-0,90 con una concentración de 0,840 mg/kg.

Figura 4-7 Concentraciones de Benzo(b) fluoranteno – Ambas épocas



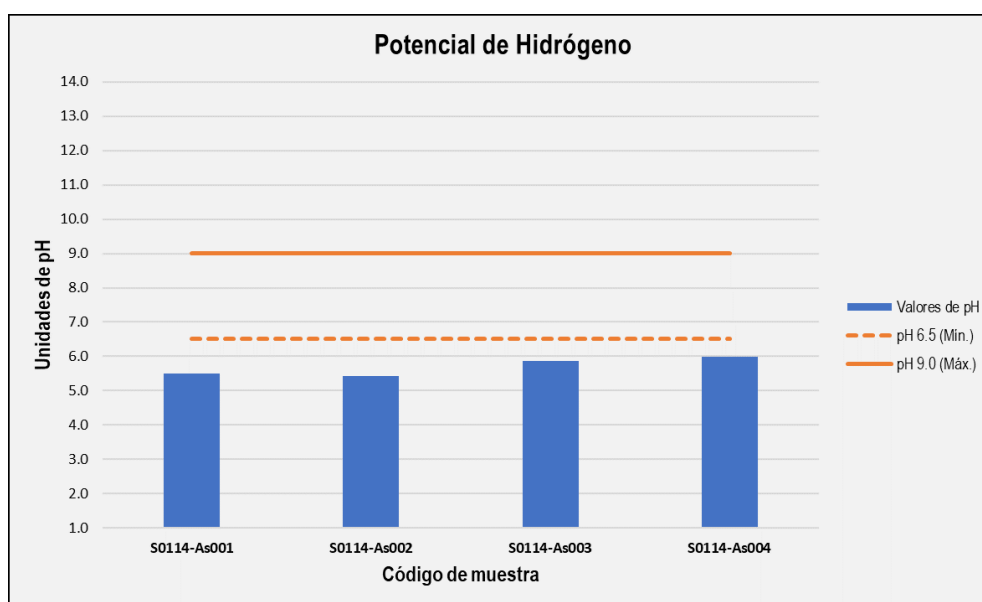
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

• Descripción de resultados en agua superficial

Los parámetros y variables determinados en agua superficial fueron comparados con el ECA Categoría 4. E2 Ríos de Selva (D. S. N° 004-2017-MINAM) para todos los parámetros a excepción del arsénico que fue comparado con el ECA Categoría A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección, encontrándose así las siguientes excedencias:

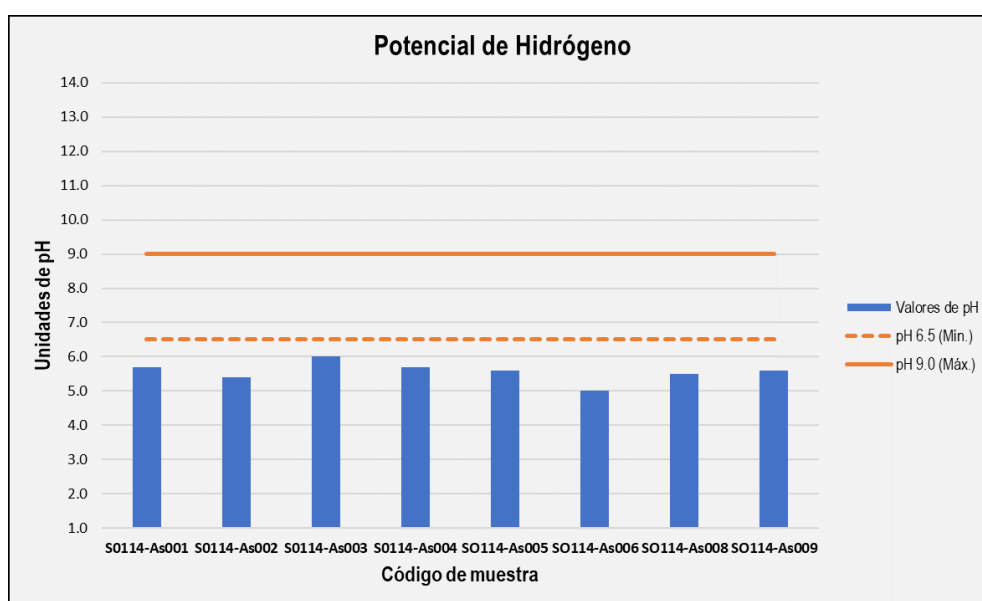
El pH se encuentra fuera de rango establecido para el ECA agua (6,5-9,0) en cuatro (4) muestras para la época húmeda y ocho (8) muestras en época seca.

Figura 4-8 Concentraciones de pH – Época húmeda



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Figura 4-9 Concentraciones de pH – Época seca



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- **Descripción de resultados en sedimentos**

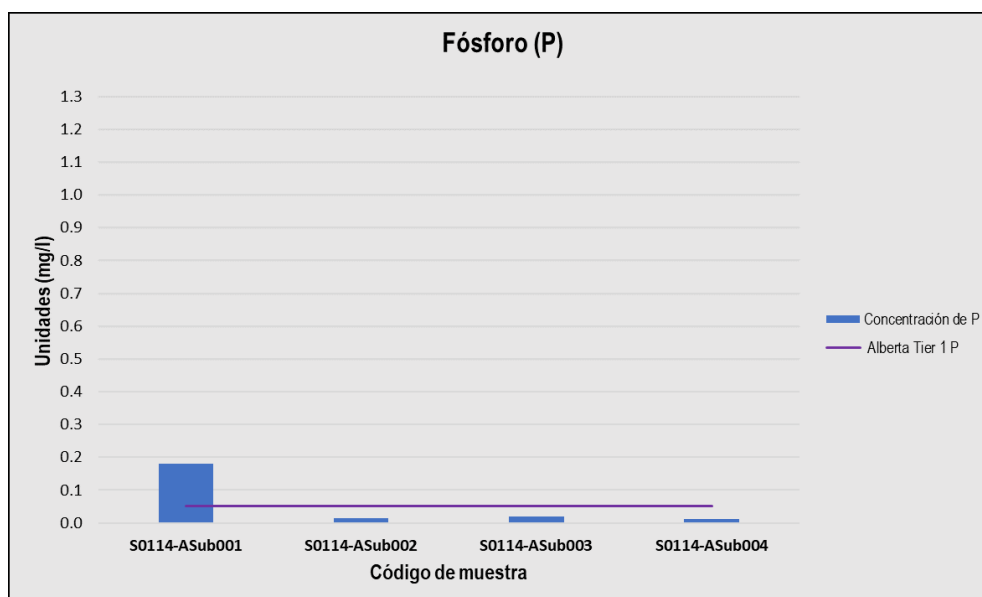
Los parámetros y variables determinados en sedimentos fueron comparados con los Estándares de calidad para sedimentos de Canadá (*Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life*). De dicha comparación se evidencia que ninguno de los puntos de muestreo en ambas épocas ha superado los estándares de calidad de sedimentos de Canadá.

- **Descripción de resultados en agua subterránea**

Los parámetros a analizar serán los que superen los estándares de calidad regulados por el Alberta Tier (Groundwater) *Remediation Guidelines* de Canadá:

El Fósforo fue detectado fuera del rango para agua (0,05 mg/L) en una (1) muestra en ambas épocas, siendo la estación: S0114-ASub001.

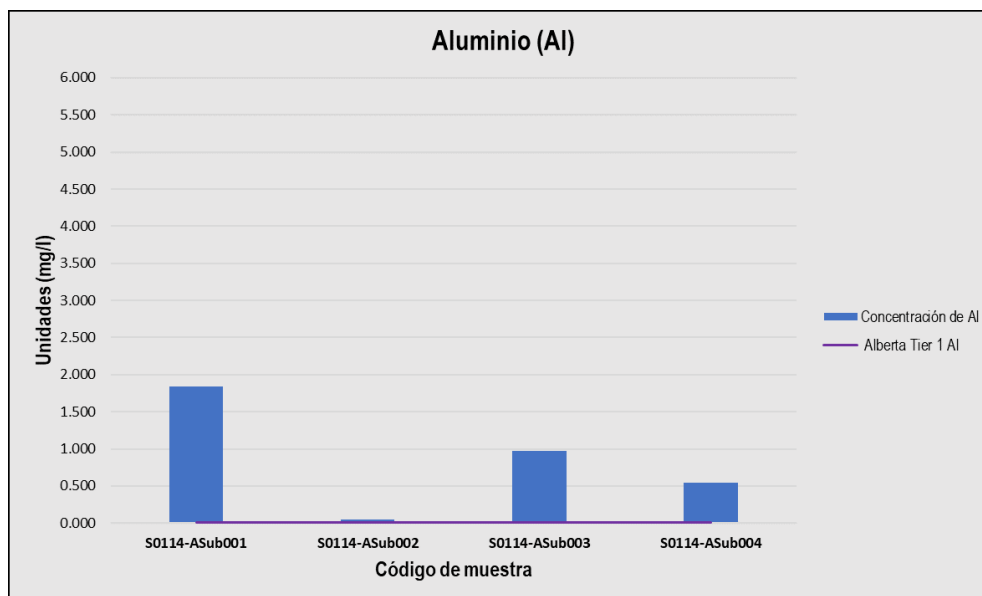
Figura 4-10 Concentraciones de Fósforo – Época húmeda



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

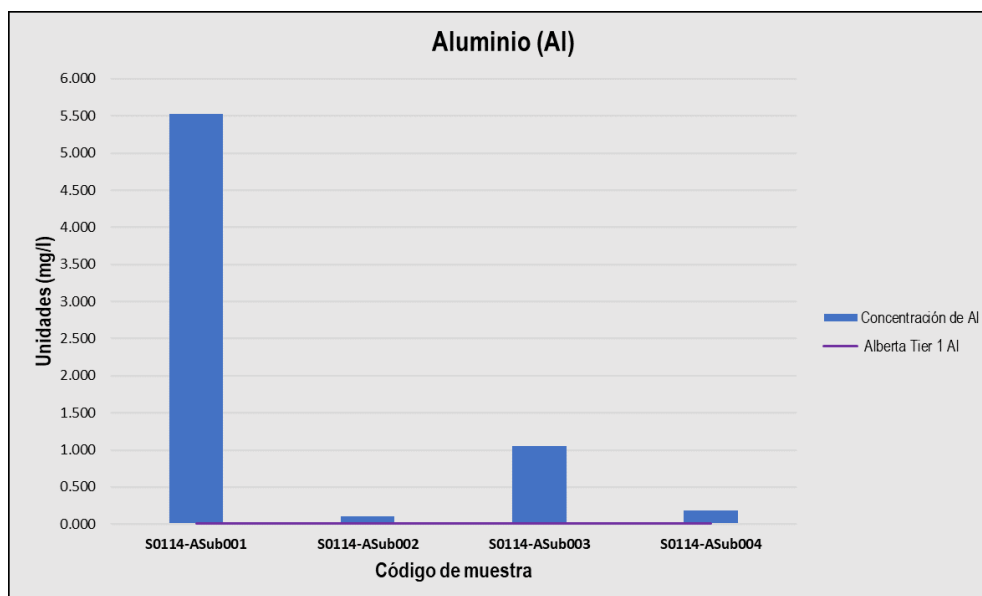
El Aluminio fue detectado fuera del rango para agua (0,01 mg/L) en cuatro (4) muestras para ambas épocas, siendo las estaciones S0114-ASub001, S0114-ASub002, S0114-ASub003 y S0114-ASub004.

Figura 4-11 Concentraciones de Aluminio – Época húmeda



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

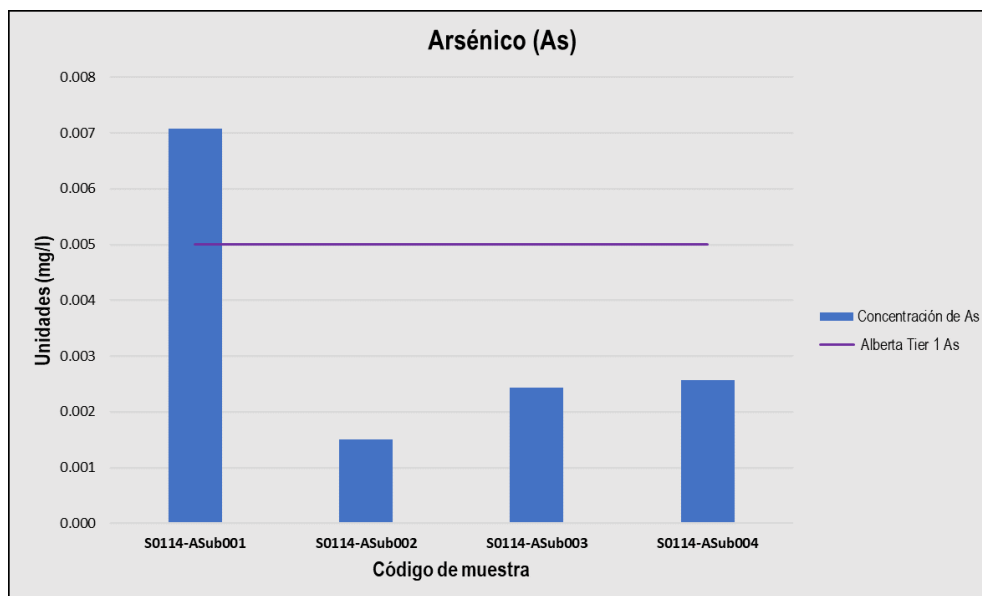
Figura 4-12 Concentraciones de Aluminio – Época seca



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

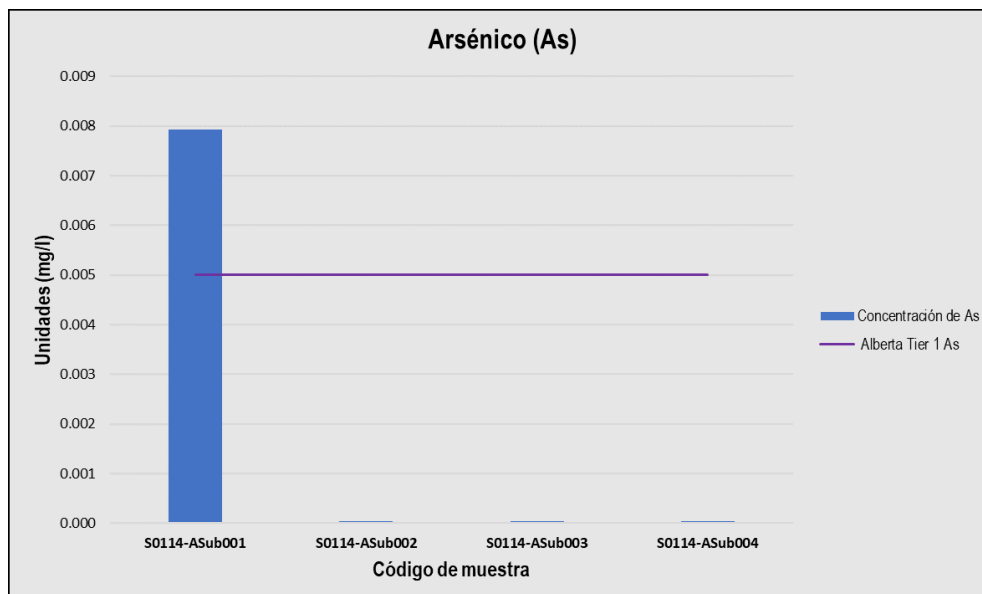
El Arsénico fue detectado fuera del rango para agua (0,005 mg/L) en una (1) muestra en ambas épocas, siendo la estación: S0114-ASub001.

Figura 4-13 Concentraciones de Arsénico – Época húmeda



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

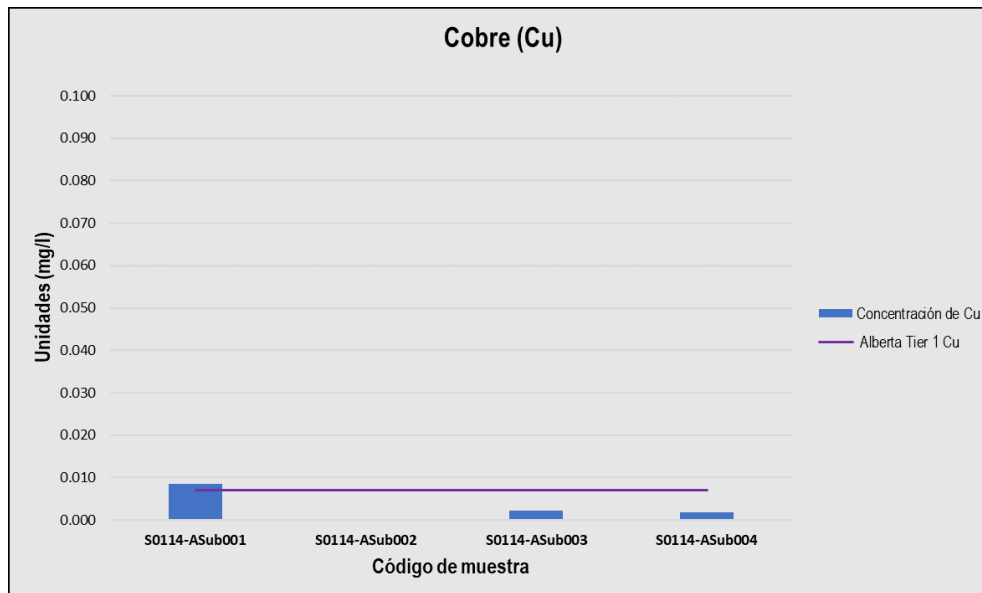
Figura 4-14 Concentraciones de Arsénico – Época seca



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

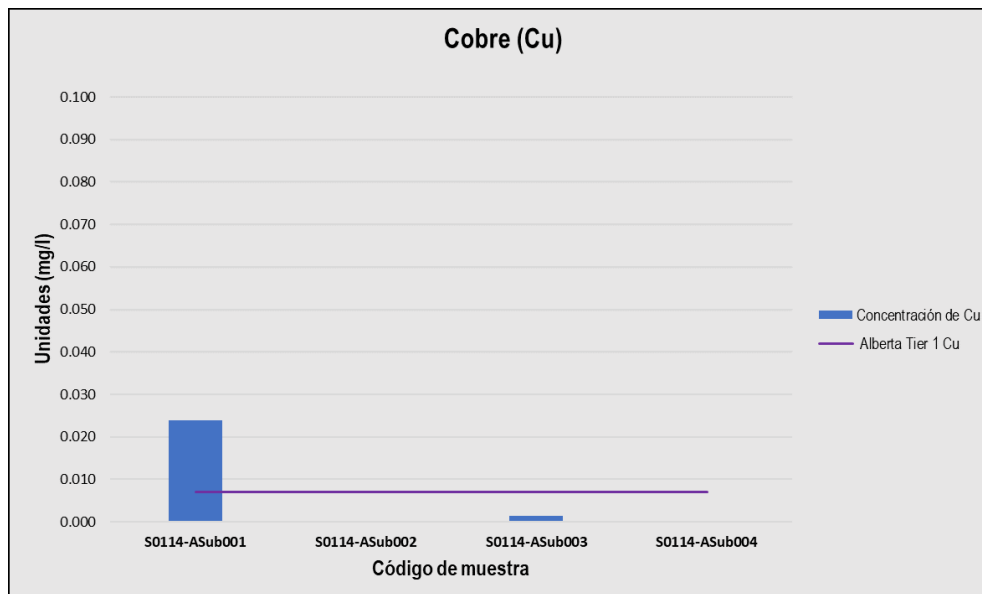
El Cobre fue detectado fuera del rango para agua (0,007 mg/L) en una (1) muestras en ambas épocas, siendo la estación: S0114-ASub001.

Figura 4-15 Concentraciones de Cobre – Época húmeda



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

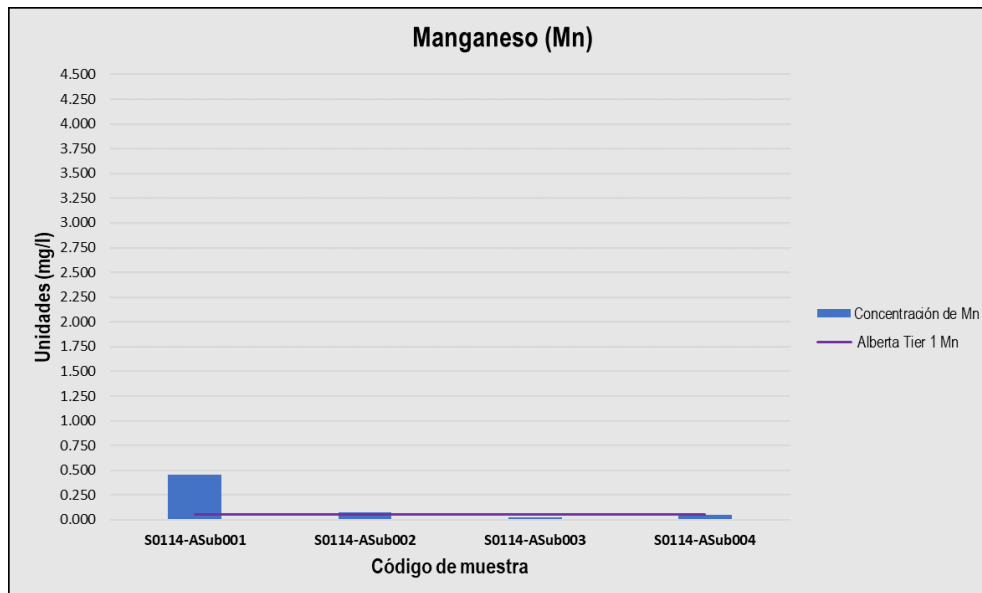
Figura 4-16 Concentraciones de Cobre – Época seca



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

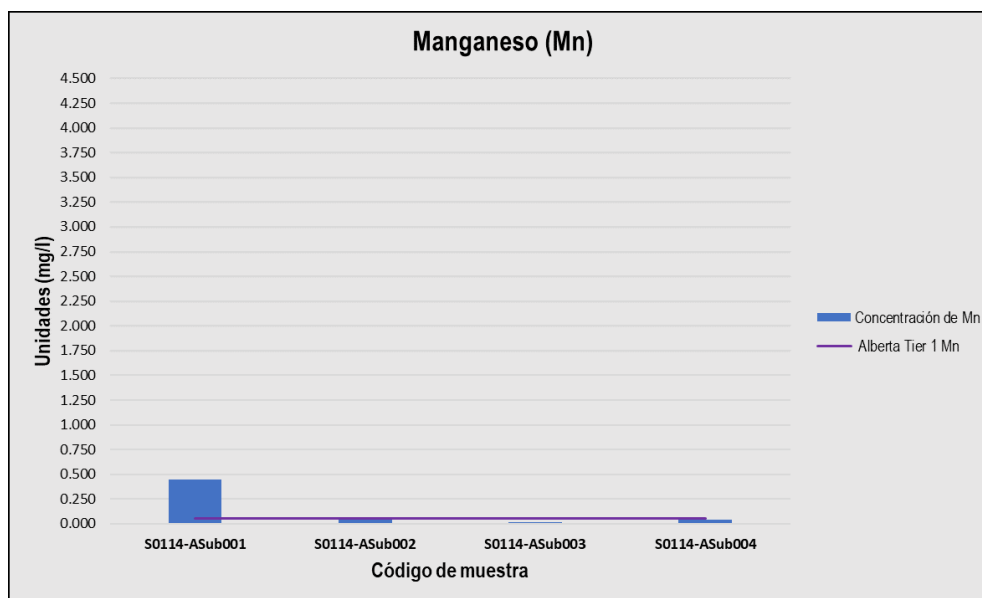
El Manganeseo fue detectado fuera del rango para agua (0,05 mg/L) en dos (2) muestras en ambas épocas, siendo las estaciones: S0114-ASub001 y S0114-ASub002.

Figura 4-17 Concentraciones de Manganeseo – Época húmeda



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

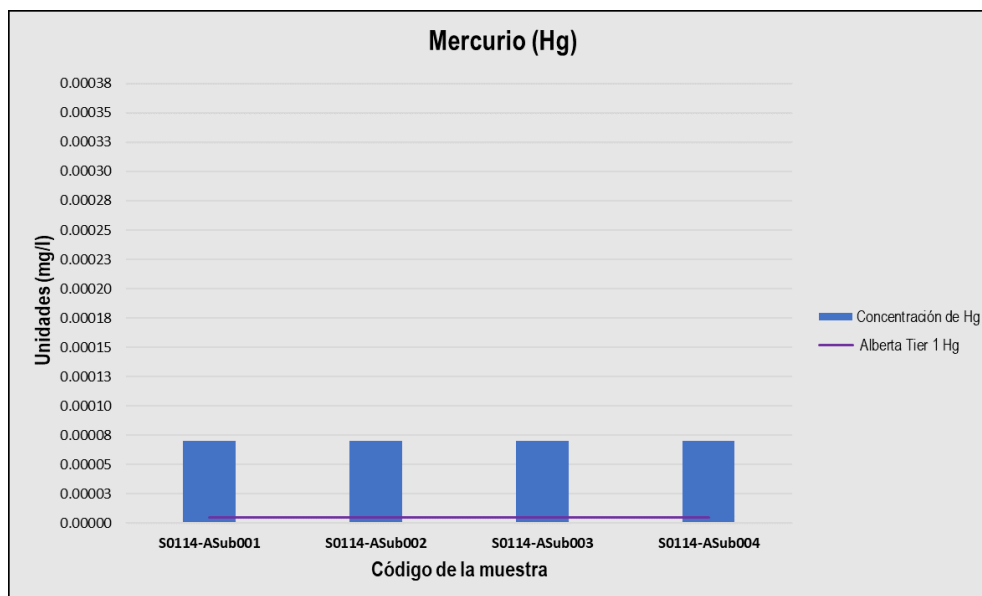
Figura 4-18 Concentraciones de Manganeseo – Época húmeda



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El Mercurio fue detectado fuera del rango para agua (0,000005 mg/L) en dos (2) muestras de ambas épocas, pero el rango del tipo de análisis para este parámetro es mucho mayor.

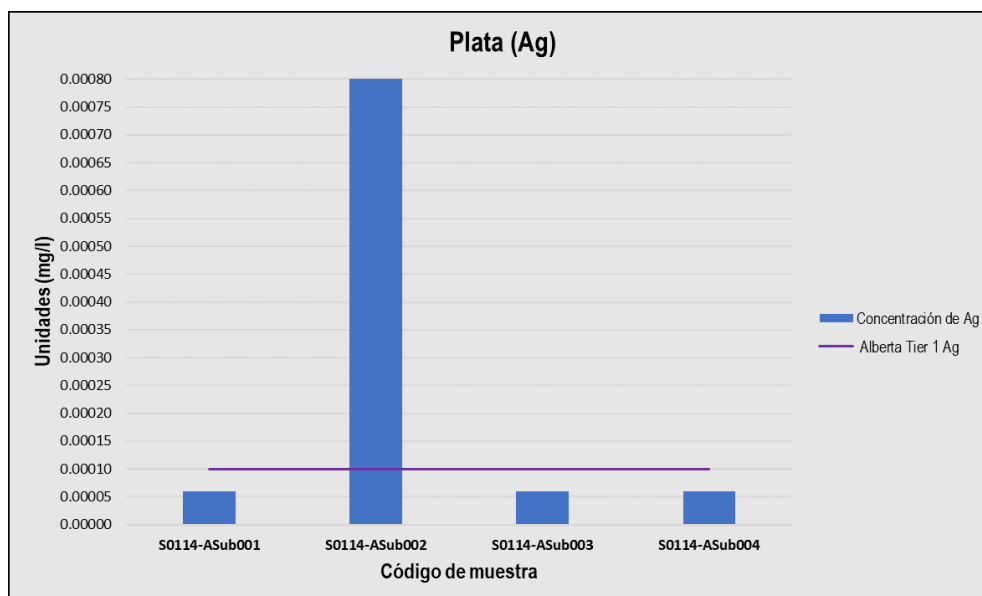
Figura 4-19 Concentraciones de Mercurio – Época húmeda



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

La Plata fue detectado fuera del rango para agua (0,01 mg/L) en una (01) muestra época húmeda, siendo la estación: S0114-ASub002.

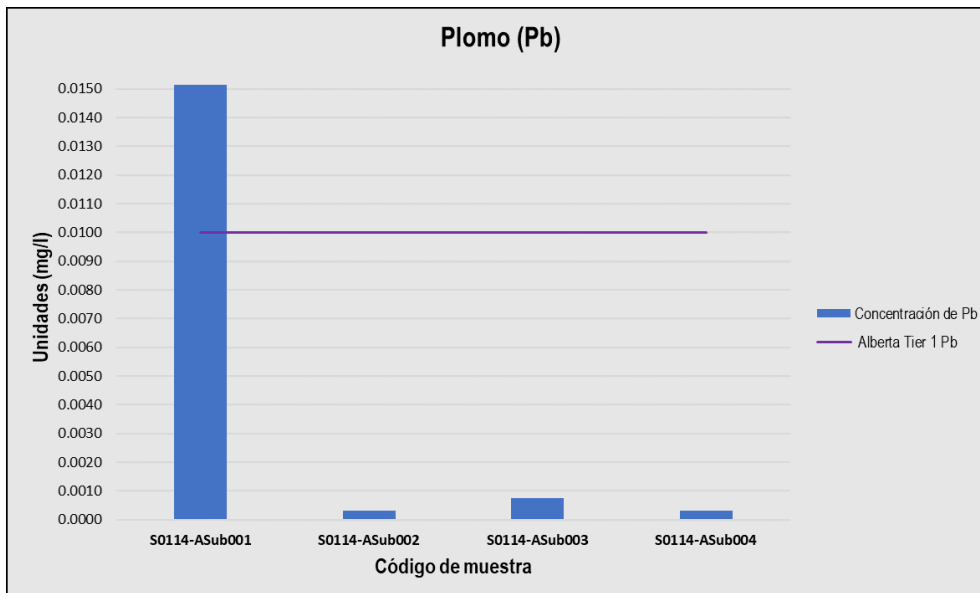
Figura 4-20 Concentraciones de Plata – Época húmeda



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El Plomo fue detectado fuera del rango para agua (0,0001 mg/L) en una (01) muestra época seca, siendo la estación: S0114-ASub001.

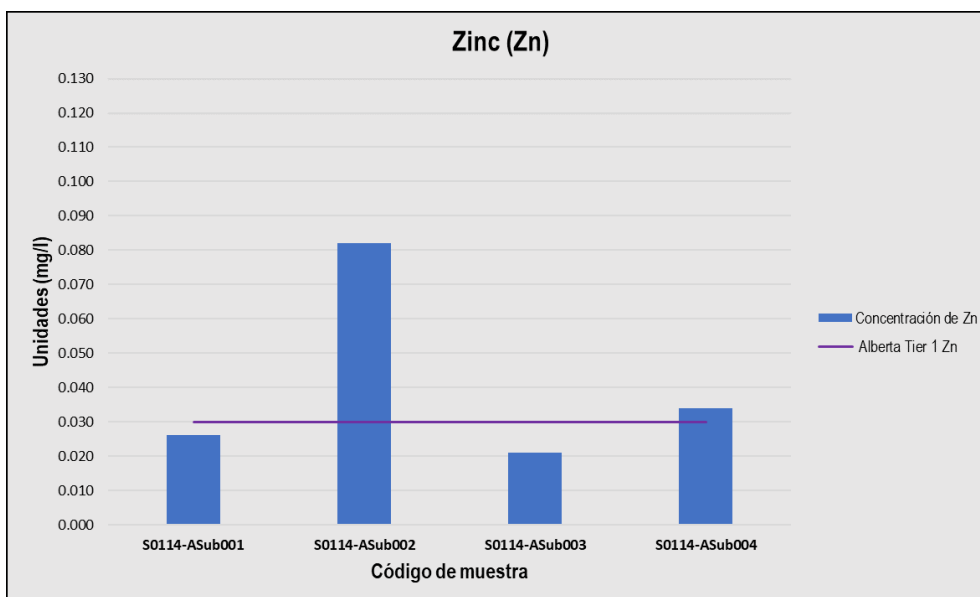
Figura 4-21 Concentraciones de Plomo – Época húmeda



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

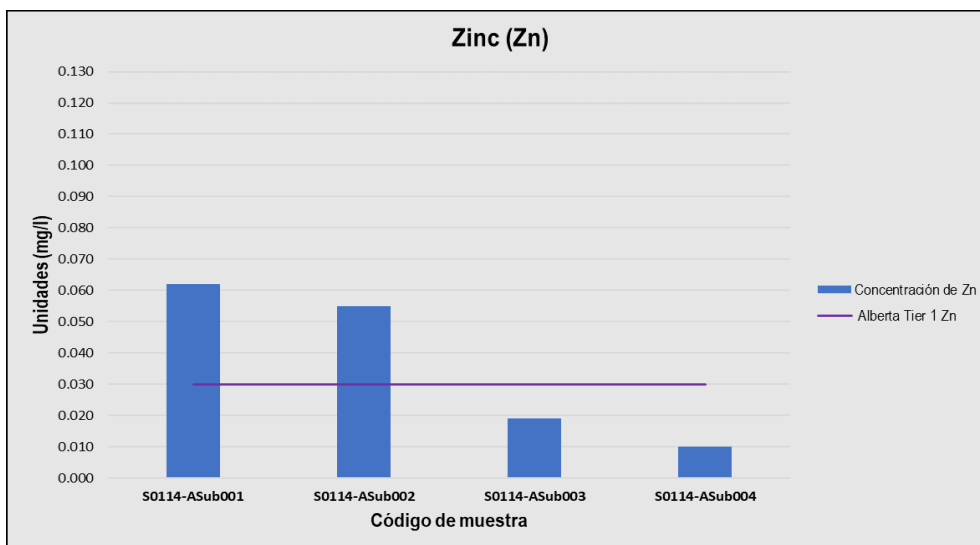
El Zinc fue detectado fuera del rango para agua (0,03 mg/L) en tres (3) muestras, siendo las estaciones: S0114-ASub001 (época seca), S0114-ASub002 (ambas épocas) y S0114-ASub004 (época húmeda).

Figura 4-22 Concentraciones de Zinc – Época húmeda



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Figura 4-23 Concentraciones de Zinc – Época seca



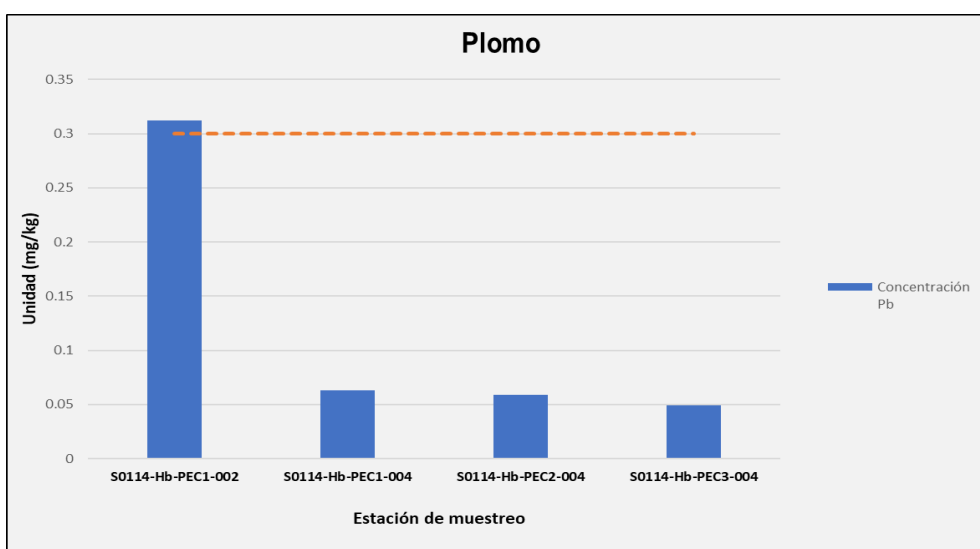
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

• Descripción de resultados de peces

Se tomó como referente la RDE N° 057 2016 SANIPES-DE “Indicadores sanitarios y de inocuidad para los productos pesqueros y acuícolas para el mercado nacional y de exportación”, para comparar los Límites Máximos Permisibles (LMP) de metales pesados en las muestras de peces, donde se contempla al Plomo, Cadmio con excedencias. Para los demás elementos (Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Cobre, Cromo, Mercurio, Níquel, Selenio, Talio y Zinc) y debido a que la matriz en la que se muestrearon los peces es el agua superficial, se utilizaron los valores determinados como LMP en la Categoría 4 del D.S. N° 004-2017 MINAM (Paredes y Miglio, 2018), presentándose en ese caso excedencias para Bario.

En el caso del **Plomo**, sólo en la época húmeda se presentaron excedencias en el punto S0114-Hb-PEC1-002 con 0,312 comparado con el valor de referencia 0,3 establecido por el SANIPES.

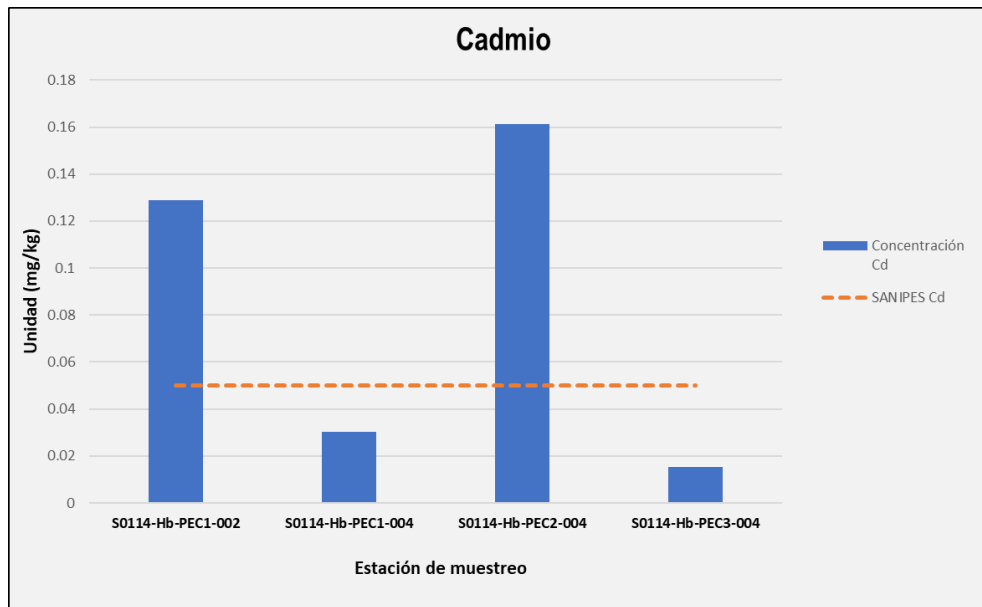
Figura 4-24 Concentraciones de Plomo – Época húmeda



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

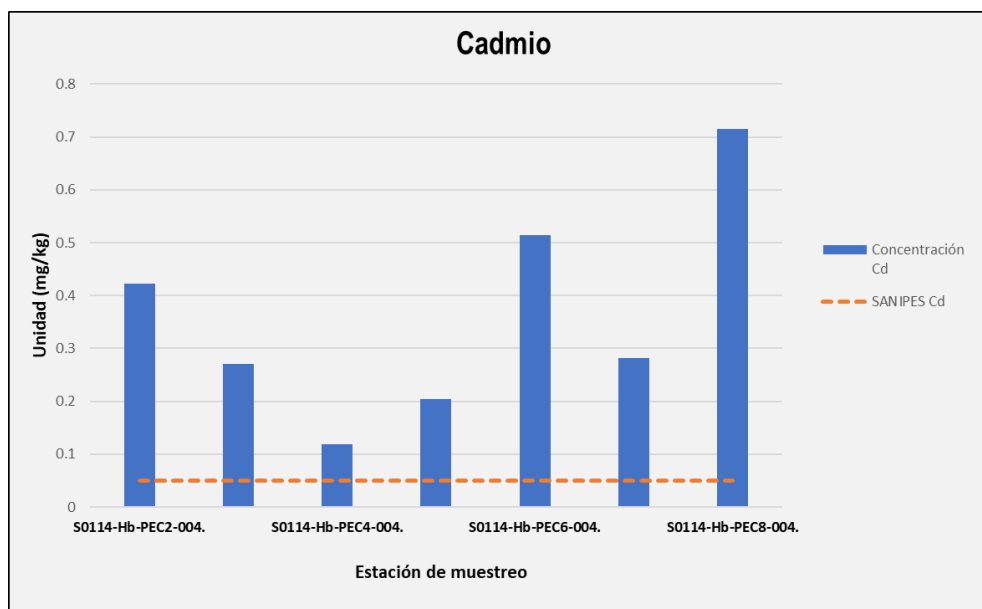
En el caso del **Cadmio**, las muestras de tejido muscular de peces presentaron valores por encima de lo estipulado (valor significativo) en ambas épocas.

Figura 4-25 Concentraciones de Cadmio – Época húmeda



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

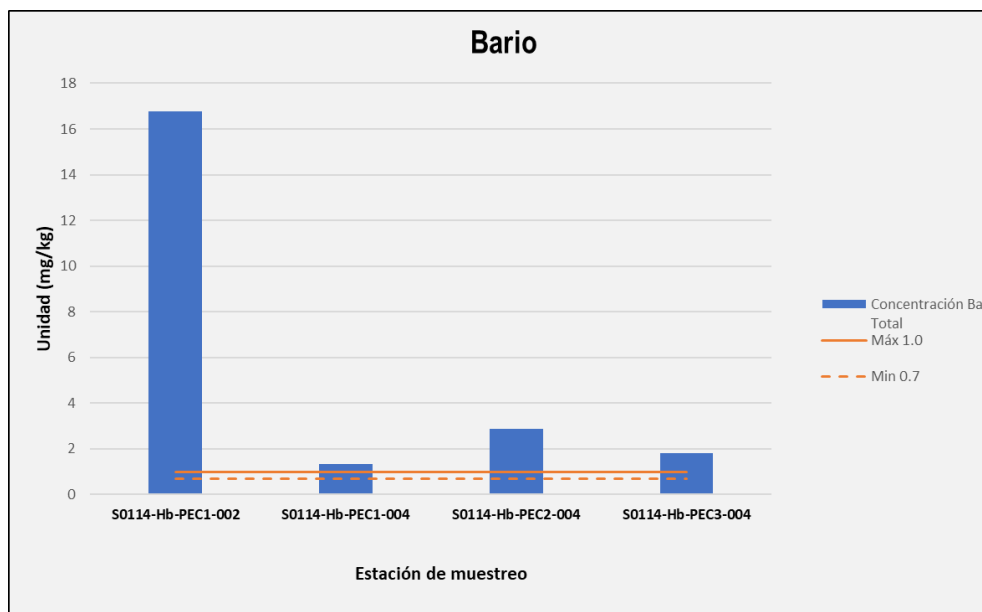
Figura 4-26 Concentraciones de Cadmio – Época seca



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

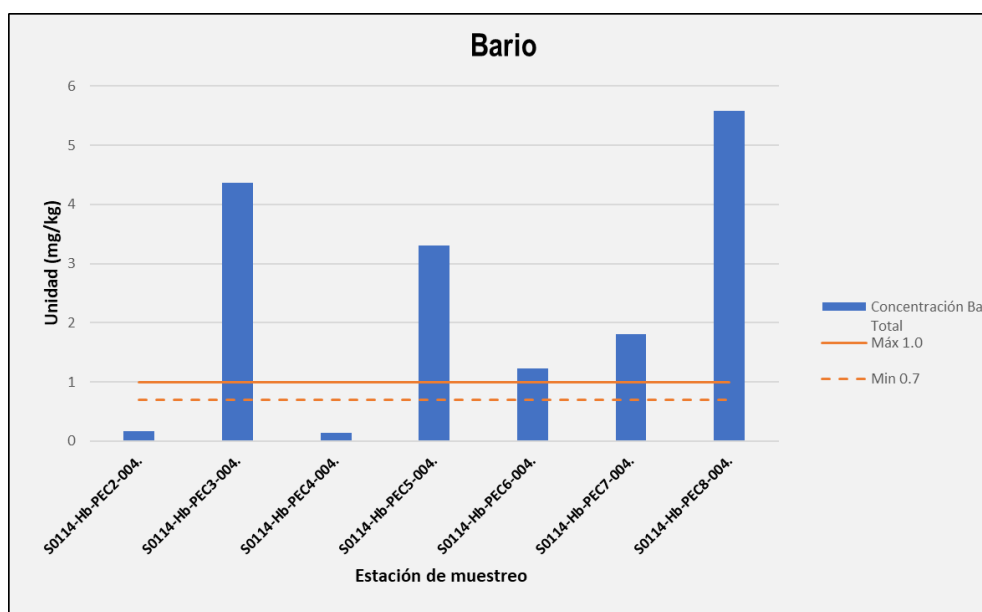
En el caso del **Bario**, todas las muestras tomadas en la época húmeda (45 muestras) reportaron valores por encima del ECA para agua superficial, mientras que, en época seca, cinco (5) de siete (7) muestras resultaron con valores por encima de la norma.

Figura 4-27 Concentraciones de Bario – Época húmeda



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Figura 4-28 Concentraciones de Bario – Época seca



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

D) Evaluación de la información

La evaluación de la información de sitios contaminados involucró el uso de referentes normativos nacionales e internacionales (ver Cuadro 3-33); además de un intenso trabajo de campo que permite definir las características de los escenarios de exposición, las variables antropométricas nacionales, patrones de consumo de la población en el área de influencia y características propias del suelo; incluyendo las concentraciones de una gran gama de parámetros monitoreados, para así contar con información suficiente para definir un escenario de exposición más cercano a la realidad.

En una etapa inicial, la información recopilada en campo es procesada para ser comparada con unos niveles de referencia (ECA o estándares nacionales y/o internacionales, ver Cuadro 3-33) que permiten evaluar si existe un problema de contaminación en el sitio. Posteriormente gracias a la información recopilada en campo, se calculan unos niveles de remediación que son valores de concentración característicos de cada sustancia en escenarios de exposición definidos y se calculan con base en una metodología denominada Risk Based Corrective Action o acciones correctivas basadas en riesgo y más conocida como metodología RBCA por sus siglas en inglés.

Antes de entrar en detalle de la metodología RBCA, es preciso indicar que esta metodología se basa en la determinación de un “riesgo aceptable”, teniendo en cuenta la exposición de los humanos y otros receptores sensibles a los medios afectados por presencia de contaminantes de preocupación. Por otro lado, el riesgo es la medida de la probabilidad de que una sustancia peligrosa pueda ocasionar un daño a la salud o al ambiente. (USEPA, 2018)

En el ámbito medioambiental se ha implementado una herramienta conocida como análisis de riesgo que permite, en principio, priorizar de acuerdo a la magnitud del riesgo e intervenir un evento antes que otro medido. Este análisis de riesgos es una herramienta muy versátil, la cual permite por un lado determinar las concentraciones de contaminantes en suelo necesarias para que este riesgo no exceda; y por el otro lado, determinar el nivel de riesgo con base en mediciones hechas en campo para contaminantes ambientales en suelo.

La metodología RBCA entonces, se basa en los principios de análisis de riesgos y consecuentemente se basa en principios científicos y de información de esta misma índole validada por pares alrededor del mundo. Agencias internacionales como USEPA y OMS (Organización Mundial de la Salud) han desarrollado un amplio número de estudios para determinar la toxicidad de sustancias de interés toxicológico para el medio ambiente y la calidad de vida de sus receptores, para poder así determinar cuál es el nivel de riesgo aceptable para las diferentes poblaciones a proteger.

Aunque se habla de un gran número de sustancias químicas evaluadas desde el punto de vista toxicológico, estas básicamente pueden dividirse en cancerígenas y no cancerígenas. En la metodología RBCA, para las sustancias cancerígenas se fija un límite de riesgo aceptable denominado riesgo objetivo o TR (Target Risk) por sus siglas en inglés, mientras que, para las sustancias no cancerígenas, el riesgo se mide como un cociente denominado coeficiente de peligrosidad o HQ (Hazard Quotient) por sus siglas en inglés.

En las guías ASTM E1739 – 95 (2015) se define el TR como un valor entre 0 y 10^{-4} , 10^{-5} o 10^{-6} con un trasfondo estadístico, donde su significado se relaciona con cuántos casos de cáncer sobre ese umbral se consideran aceptables, diferentes de las causas comunes (cigarrillo, radiación, entre otros) y atribuibles a la exposición a esta sustancia particular. Para este caso específico, la guía ERSA establece un TR de 10^{-5} .

Para el caso de las sustancias no cancerígenas y su coeficiente de peligrosidad, la misma guía definen este como un valor entre cero y N, correspondiente al cociente entre el valor de la exposición medida a un contaminante químico y la dosis de referencia del mismo, siendo entonces que un valor de 1 corresponde a un escenario donde la exposición medioambiental es igual a la dosis de referencia; cualquier valor superior a 1, se considera de especial atención ya que la probabilidad de que ocurran efectos indeseados se puede ver aumentada.

Es importante resaltar que el $HQ=1$ es un valor conservador ya que se está asumiendo que hay una absorción completa del contaminante por todas las vías, situación que se considera el peor escenario, por lo que se recomienda refinar la evaluación de exposición en estos casos, es así como las guías ASTM E1739 – 95 (2015) establecen entonces un camino de seis (6) pasos para la evaluación de riesgo a saber:

- **Evaluación preliminar del sitio contaminado**

Se definen los contaminantes de interés, los posibles impactos ambientales, tipos de receptores y vías de transporte de contaminantes importantes.

- **Clasificación del sitio de acuerdo con su urgencia de intervención**

Como indica su nombre, en esta etapa se hace una clasificación de la urgencia de la intervención en los casos donde haya varios sitios contaminados, en caso de ser un solo sitio el objeto de análisis, este paso podría obviarse.

- **TIER I**

En este paso se utilizan niveles de referencia para los diferentes contaminantes y simplemente se hace una comparación, siendo la conclusión de este análisis si los niveles encontrados exceden o no los niveles de referencia. En caso de que los valores medidos sean inferiores al nivel de referencia establecido, la autoridad competente entrará a hacer lo de su competencia para cerrar el caso, de lo contrario se pasa a TIER II.

- **TIER II**

En esta etapa de la evaluación es posible determinar los niveles de remediación específicos del sitio, por inclusión de nuevos datos reales medidos en campo. En los niveles de análisis TIER I y TIER II se usan los mismos niveles de riesgo; ya sea el TR o el HQ, pero la diferencia es, como se expresó anteriormente, que se introducen valores obtenidos de investigaciones realizadas en el sitio para minimizar la incertidumbre. Generalmente en el TIER II se usan las mismas ecuaciones genéricas usadas para el cálculo mismo de los niveles de referencia (por ejemplo, los Soil Screening levels de la USEPA) donde se sustituye la información genérica por una más real. Comúnmente se usan modelos de dispersión o transporte y destino de contaminantes en esta etapa.

- **TIER III**

En esta etapa se hace uso de una evaluación probabilística dejando a un lado la estocástica o determinista, lo que hace que el nivel de complejidad del análisis aumente, lo anterior aunado al uso de modelos de transporte de contaminantes más complejos y detallados que se ven reflejados en el costo de la operación. Además de la medición de parámetros de campo más específicos que los desarrollados en el TIER II. En esta etapa comúnmente se puede hacer una evaluación de costo-beneficio en la medida en que a veces las acciones para realizar una remediación pueden ser más económicas que las de la evaluación misma.

Acción correctiva

Esta es la última etapa de la metodología RBCA y permite un manejo costo-eficiencia en el alcance de los niveles de remediación calculados para que el sitio objeto de análisis entre en cumplimiento normativo y represente un riesgo aceptable para los receptores identificados como prioritarios.

Para esto, se debe establecer un plan de reducción de la contaminación presente hasta el nivel o menor al nivel definido como objetivo de remediación. Como consecuencia de la rigurosidad de la metodología, el uso de información científica evaluada por pares y modelos de dispersión de contaminantes y probabilísticos, la metodología RBCA es considerada suficientemente robusta para la toma de decisiones de control y regulatorias.

4.2 Peligros identificados a través del Modelo Conceptual Inicial.

4.2.1 Determinación de los Contaminantes de Preocupación (CP).

Los Contaminantes de Preocupación (CP) vienen a ser aquellos elementos y/o compuestos químicos los cuales cuentan con el potencial de generar efectos sobre la salud humana y/o al ambiente (receptores), siempre y cuando estos receptores entren en contacto con el sitio contaminado. En este sentido, para poder definir dichos contaminantes en el sitio S0114 (Sitio 14), se ha tenido en cuenta toda la información disponible del área de estudio (primaria, secundaria); partiendo desde la investigación histórica, la cual nos permitió contextualizar los eventos históricos, así como los procesos y/u orígenes de la contaminación (fuentes potenciales) del sitio S0114 (Sitio 14).

También se tuvo en cuenta las labores de la caracterización, las cuales permitieron corroborar y delimitar la extensión de la contaminación, así como identificar y evaluar los mecanismos de transporte, rutas de exposición y potenciales receptores (humanos, ecosistemas, entre otros) que puedan verse afectados.

Para determinar los CP como parte del ERSA del sitio S0114 (Sitio 14), se siguen los criterios expuestos en el ítem 3.1. de la Guía para la elaboración del ERSA (R.M. N° 034-2015-MINAM); donde se fijan una serie de pasos para poder definir estos CP.

- **Análisis comparativo con los niveles de fondo**

En esta primera etapa, se realizó el análisis comparativo de todas las concentraciones obtenidas de las muestras de suelo con la muestra de nivel de fondo (S0114-NF) de la cual se obtuvo que, en su mayoría los parámetros registran concentraciones superiores a los niveles de fondo en el suelo; por lo tanto, en este primer paso se mantienen a todos los parámetros analizados como contaminantes de preocupación potenciales. Esto no se aplicó para las otras matrices (agua superficial, sedimentos y agua subterránea) toda vez que no se tomaron muestras de nivel de fondo.

- **Variables donde todos los valores medidos son inferiores al LDA**

Se seleccionan aquellos parámetros donde todos los valores medidos dieron resultados inferiores al Límite de Detección Analítico (LDA) y se excluyen del análisis. Normalmente se excluyen debido a que la incertidumbre estadística es muy alta como para tomar estos valores como representativos de la concentración real de los contaminantes en las muestras; sin embargo, para el presente análisis se verificó que el Límite de Detección Analítico (LDA) fuera inferior a los ECA o límite de referencia internacional (para aquellos parámetros que tienen un nivel de referencia).

• **Análisis comparativo con los estándares nacionales e internacionales**

Para el caso de suelo, se compararon las muestras evaluadas con los niveles de fondo, ECA y Estándares Internacionales (ver Cuadro 3-33). Asimismo, para las demás matrices evaluadas, se consideraron los ECA y Estándares Internacionales (ver Cuadro 3-33), a fin de identificar los posibles Contaminantes de Preocupación (CP).

• **Cálculo del UCL95**

Para los valores que no fueron descartados en los pasos anteriores y cuando el número de datos es mayor a 10, se calculó el Límite Superior del Intervalo de Confianza Unilateral del 95% de la media aritmética (UCL95) con ayuda del programa estadístico ProUCL 5.1 de la US EPA. Para los parámetros con un registro menor a 10 datos, se seleccionó el mayor valor reportado.

El programa ProUCL genera diferentes valores de UCL95 en función de la distribución estadística y el número de datos. Para la evaluación se empleó como UCL95 el que mejor ajuste tiene y que es recomendado por el programa.

Se debe tener en cuenta que para los valores cuya concentración es inferior al LDA se tomó el valor del LDA para realizar el cálculo del UCL95, toda vez que al sustituir estos valores inferiores al LDA por LDM/2 no permitiría realizar un cálculo representativo del UCL95, pudiendo desestimar el valor real del contaminante ^{ff}. El análisis estadístico a través del software ProUCL 5.1 para los CP se adjuntan en el Anexo 6.6.1.

Para aquellos parámetros que presentaron un registro menor a diez (10) datos, se utilizará la concentración más alta reportada la cual reemplazará al UCL95.

• **Comparación del UCL95 con los ECA o estándares internacionales**

Los UCL95 y los valores máximos fueron calculados teniendo en cuenta la época (seca y húmeda) por cada matriz evaluada. Posterior a ello, se compararon los UCL95 de cada CP con los ECA y/o Estándares Internacionales, ver Cuadro 3-33 (siendo estas últimas de carácter referencial) de acuerdo con lo siguiente:

Suelo

- Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM Estándares de Calidad Ambiental para Suelo - Categoría para Uso Agrícola.
- *Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health*, Uso Agrícola.

Sedimentos

- *Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life* – ISQG
- *Dutch Target and Intervention Values* (Países Bajos, 2000).

Agua superficial

- Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, E2: Ríos de Selva, para todos los parámetros

^{ff} ProUCL Version 5.1 User Guide. Statistical Software for Environmental Applications for Data Sets with and without Nondetect Observations. Item 1.11

a excepción del Arsénico, el cual fue comparada con la Subcategoría A1: Aguas que puedan ser potabilizadas con desinfección.

Agua subterránea

- Alberta Tier 1 (Groundwater) *Remediation Guidelines*.

Cabe precisar que todos los parámetros caracterizados de las matrices de agua superficial y sedimentos, tanto en época seca y húmeda, presentaron concentraciones por debajo de lo Estándares de Calidad Ambiental y la *Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health*, respectivamente.

En consecuencia, en los siguientes cuadros se presenta la determinación de Contaminantes de Preocupación (CP) para las matrices suelos y agua subterránea, precisando la distribución que mejor correlacionó el UCL95 y su respectiva comparación con los estándares (nacionales e internacionales, ver Cuadro 3-33) de todos los parámetros que superan los Niveles de Fondo para el sitio S0114 (Sitio 14), sur y norte. Los resultados del UCL 95 se adjuntan en el Anexo 6.6.1 y las tablas de determinación de contaminantes de preocupación en el Anexo 6.6.2.

Cuadro 4-2 Determinación de los Contaminantes de Preocupación – Suelo en el sitio S0114 (Sitio 14) ubicado en la parte sur

CP	Valor Min. (mg/kg)	Valor Max. (mg/kg)	Nivel de fondo (mg/kg)	UCL95% (mg/kg)	Estándar Nacional / Internacional (mg/kg)	Comentarios
Selenio	<0,006	4,201	0,79	1,252	1	95% Adjusted Gamma UCL Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría
Benzo (a) antraceno	<0,005	0,225	-	0,225	0,1	El conjunto de datos es menor a 10 muestra, siendo no apto para calcular el UCL95, se utiliza la concentración más alta para la determinación de CP.
Fenantreno	0,021	0,169	-	0,169	0,046	El conjunto de datos es menor a 10 muestra, siendo no apto para calcular el UCL95, se utiliza la concentración más alta para la determinación de CP.

Estándares de Calidad Ambiental para Suelo, Categoría Uso Agrícola (D.S. N° 011-2017-MINAM).

Soil Quality Guidelines for the Environmental and Human Health, Category Agricultural.

* Concentración máxima seleccionada al no ser apto el tamaño muestral para calcular el UCL 95%.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Del Cuadro 4-2 se tiene que los contaminantes de preocupación para el sitio S0114 (Sitio 14) - Sur para suelos superficiales son Selenio, Benzo (a) antraceno y fenantreno.

Cuadro 4-3 Determinación de los Contaminantes de Preocupación – Suelo en el sitio S0114 (Sitio 14) ubicado en la parte norte

CP	Valor Min. (mg/kg)	Valor Max. (mg/kg)	Nivel de fondo (mg/kg)	UCL95% (mg/kg)	Estándar Nacional / Internacional (mg/kg)	Comentarios
Boro	<0,012	9,284	2,125	2,057	2	95% Adjusted Gamma UCL Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría
Selenio	0,29	10,9	0,79	1,67	1	95% H-UCL Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría
Hidrocarburos Totales C10-C28	<5	7109	-	2475	1200	97.5% Chebyshev (Mean, Sd) UCL Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría
Benzo (a) antraceno	<0,005	0,255	-	0,353	0,1	99% Chebyshev (Mean, Sd) UCL Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría
Fenantreno	<0,005	0,755	-	1,042	0,046	99% Chebyshev (Mean, Sd) UCL Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría
Naftaleno	<0,003	0,84	-	1,052	0,1	99% Chebyshev (Mean, Sd) UCL Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría

Estándares de Calidad Ambiental para Suelo, Categoría Uso Agrícola (D.S. N° 011-2017-MINAM).

Soil Quality Guidelines for the Environmental and Human Health, Category Agricultural.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Del Cuadro 4-3 se tiene que los contaminantes de preocupación para el sitio S0114 (Sitio 14) - Norte para la matriz suelos superficiales son Boro, Selenio, Fracción de Hidrocarburos F2 (<C10-C28), Benzo (a) antraceno, Fenantreno y Naftaleno.

Cuadro 4-4 Determinación de los Contaminantes de Preocupación – Agua Subterránea en el sitio S0114 (Sitio 14) ubicado en la parte sur

CP	Valor Min. (mg/kg)	Valor Max. (mg/kg)	Nivel de fondo (mg/kg)	UCL95% * (mg/kg)	Estándar Nacional / Internacional (mg/kg)	Comentarios
Aluminio	0,178	1,05	-	1,05	0,01	El conjunto de datos es menor a 10 muestra, siendo no apto para calcular el UCL95, se utiliza la concentración más alta para la determinación de CP.

Cuadro 4-4 Determinación de los Contaminantes de Preocupación – Agua Subterránea en el sitio S0114 (Sitio 14) ubicado en la parte sur

CP	Valor Min. (mg/kg)	Valor Max. (mg/kg)	Nivel de fondo (mg/kg)	UCL95% * (mg/kg)	Estándar Nacional / Internacional (mg/kg)	Comentarios
Cromo Total	0,001	0,007	-	0,007	0,0049	El conjunto de datos es menor a 10 muestra, siendo no apto para calcular el UCL95, se utiliza la concentración más alta para la determinación de CP.
Hierro	0,13	1,1	-	1,1	0,3	El conjunto de datos es menor a 10 muestra, siendo no apto para calcular el UCL95, se utiliza la concentración más alta para la determinación de CP.
Zinc Total	0,01	0,034	-	0,034	0,03	El conjunto de datos es menor a 10 muestra, siendo no apto para calcular el UCL95, se utiliza la concentración más alta para la determinación de CP.

* Concentración máxima seleccionada al no ser apto el tamaño muestral para realizar el cálculo del UCL 95 %.

Alberta Tier 1 (Groundwater) Remediation Guidelines de Canadá

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 4-5 Determinación de los Contaminantes de Preocupación – Agua Subterránea en el sitio S0114 (Sitio 14) ubicado en la parte norte

CP	Valor Min. (mg/kg)	Valor Max. (mg/kg)	Nivel de fondo (mg/kg)	UCL95% * (mg/kg)	Estándar Nacional / Internacional (mg/kg)	Comentarios
Fósforo	<0,008	0,288	-	0,288	0,05	El conjunto de datos es menor a 10 muestra, siendo no apto para calcular el UCL95, se utiliza la concentración más alta para la determinación de CP.
Aluminio	0,11	5,52	-	5,52	0,01	El conjunto de datos es menor a 10 muestra, siendo no apto para calcular el UCL95, se utiliza la concentración más alta para la determinación de CP.
Arsénico	0,00004	0,00793	-	0,00793	0,005	El conjunto de datos es menor a 10 muestra, siendo no apto para calcular el UCL95, se utiliza la concentración más alta para la determinación de CP.
Cobre	<0,0003	0,0238	-	0,0238	0,007	El conjunto de datos es menor a 10 muestra, siendo no apto para calcular el UCL95, se utiliza la concentración más alta para la determinación de CP.

Cuadro 4-5 Determinación de los Contaminantes de Preocupación – Agua Subterránea en el sitio S0114 (Sitio 14) ubicado en la parte norte

CP	Valor Min. (mg/kg)	Valor Max. (mg/kg)	Nivel de fondo (mg/kg)	UCL95% * (mg/kg)	Estándar Nacional / Internacional (mg/kg)	Comentarios
Cromo Total	0,003	0,011	-	0,011	0,0049	El conjunto de datos es menor a 10 muestra, siendo no apto para calcular el UCL95, se utiliza la concentración más alta para la determinación de CP.
Hierro	0,05	47	-	1,1	0,3	El conjunto de datos es menor a 10 muestra, siendo no apto para calcular el UCL95, se utiliza la concentración más alta para la determinación de CP.
Manganeso	0,06266	0,45372	-	0,45372	0,050	El conjunto de datos es menor a 10 muestra, siendo no apto para calcular el UCL95, se utiliza la concentración más alta para la determinación de CP.
Plata	<0,00006	0,00084	-	0,00084	0,0001	El conjunto de datos es menor a 10 muestra, siendo no apto para calcular el UCL95, se utiliza la concentración más alta para la determinación de CP.
Plomo	0,00031	0,01513	-	0,01513	0,01	El conjunto de datos es menor a 10 muestra, siendo no apto para calcular el UCL95, se utiliza la concentración más alta para la determinación de CP.
Zinc Total	0,026	0,082	-	0,082	0,03	El conjunto de datos es menor a 10 muestra, siendo no apto para calcular el UCL95, se utiliza la concentración más alta para la determinación de CP.

* Concentración máxima seleccionada al no ser apto el tamaño muestral para realizar el cálculo del UCL 95 %.

Alberta Tier 1 (Groundwater) Remediation Guidelines de Canadá

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Teniendo en cuenta los criterios expuestos anteriormente, se muestra en el siguiente cuadro aquellos parámetros evaluados los cuales no fueron considerados como CP.

Cuadro 4-6 Parámetros no seleccionados como Contaminantes de Preocupación

Matriz	Sustancia	Justificación
Suelo	Antimonio, Arsénico, Bario Total, Berilio, Cadmio, Cobalto, Cobre, Cromo Total, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plata, Plomo, Talio, Vanadio, Zinc, Hidrocarburos Totales C6-C10, Hidrocarburos Totales C28-C40, Benzo (b) fluoranteno, Naftaleno, Etilbenceno, Xilenos	Contaminantes cuya concentración máxima o el UCL95 son menores o iguales a los estándares de referencia

Cuadro 4-6 Parámetros no seleccionados como Contaminantes de Preocupación

Matriz	Sustancia	Justificación
	Acenafteno, Antraceno, Benzo (a) pireno, Benzo (k) fluoranteno, Dibenzo (a,h) antraceno, Fluoranteno, HAPs (Suma), Indeno (1,2,3-c, d) pireno, Pireno, Benceno, Etilbenceno, Tolueno	Todos los valores medidos son inferiores al LDA– existe incertidumbre sobre la medición
Agua Subterránea	Cloruros, Antimonio, Bario Total, Boro, Cadmio, Mercurio, Níquel, Selenio, Talio	Contaminantes cuya concentración máxima son menores o iguales a los estándares de referencia
	Mercurio, Hidrocarburos Totales C10-C40, Hidrocarburos Totales C28-C40, Antraceno, Benzo (a) pireno, Fluoranteno y Benceno	Todos los valores medidos son inferiores al LDA – existe incertidumbre sobre la medición
Sedimentos	Arsénico, Cadmio, Cobre, Cromo Total, Plomo, Zinc	Contaminantes cuya concentración máxima son menores o iguales a los estándares de referencia
	Mercurio, Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo (a) antraceno, Benzo (a) pireno, Criseno, Dibenzo (a,h) antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, Naftaleno, Pireno	Todos los valores medidos son inferiores al L.D. – existe incertidumbre sobre la medición
Agua Superficial	Fósforo, Arsénico, Cobre, Níquel, Plomo, Selenio	Contaminantes cuya concentración máxima son menores o iguales a los estándares de referencia
	Antimonio, Bario Total, Cadmio, Cromo Total, Mercurio, Talio, Hidrocarburos Totales, Antraceno, Benzo (a) pireno, Fluoranteno, Benceno	Todos los valores medidos son inferiores al L.D. – existe incertidumbre sobre la medición

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

La caracterización de las aguas subterráneas se realizó recolectando muestras en dos (02) puntos para el S0114-Sur (ASub003 y ASub004) y dos (02) para el S0114-Norte (ASub001 y ASub002) considerando la dirección predominante del flujo para época húmeda y seca. De los resultados analíticos no se presenta concentraciones relevantes de hidrocarburos (TPH F1, F2, F3 y HAPs), la totalidad de estos parámetros reportaron concentraciones inferiores al LDA, aun cuando el nivel freático es elevado con variaciones de hasta un mínimo de 1 m en el sitio S0114 (Sitio 14) - Sur y de 2 m en el sitio S0114 (Sitio 14) - Norte. El agua subterránea del sitio S0114 (Sitio 14) - Sur reportó valores importantes de metales para aluminio, cromo total, hierro y zinc y el sitio S0114 (Sitio 14) - Norte de fósforo, aluminio, arsénico, cobre, cromo total, hierro, manganeso, plata, plomo y zinc, concentraciones posiblemente relacionadas a la geoquímica del lugar y no a contaminantes por derrames históricos de hidrocarburos en el sitio.

Por lo expuesto, el agua subterránea no es considerada como fuente secundaria; además, no existe una ruta de exposición completa entre los contaminantes y los receptores humanos en el sitio, pues el consumo de agua potable no proviene del agua superficial o subterránea de cualquiera de los dos (2) sitios, similarmente para los receptores fuera del sitio (C.N. Nueva Jerusalén) los cuales distan 15,8 km del sitio impactado.

A pesar que el agua subterránea no es considerada como fuente secundaria, esta correspondería a un medio de transporte para la lixiviación de CP desde el suelo y subsuelo afectado.

Respecto a los CP identificados en peces, estos no se establecieron como una matriz ambiental (suelo, sedimentos, etc.) como tal, debido a que estos forman parte de un ecosistema ecológico; por lo tanto, dichos elementos se han considerado y se detallan en el escenario ecológico. Hay

que tener en cuenta que estos peces actúan más como una posible vía de exposición (en caso llegasen a presentar una vía completa) hacia los receptores humanos.

• Criterios de selección para escenario humano

Respecto al escenario humano, se recomienda usar el “Límite Superior del Intervalo de Confianza Unilateral del 95 % de la media aritmética (UCL95)” al ser una medida de “exposición máxima razonable”, representativa y relevante para describir concentraciones en evaluaciones ambientales (US EPA, 1989).

- Para contaminantes no cancerígenos. - Se considerará en el ERSA si el UCL95 es igual o encima del estándar ambiental adoptado.
- Para contaminantes cancerígenos. - Todos los contaminantes considerados cancerígenos con el UCL95 encima del estándar ambiental aplicado será considerados en el ERSA.

De acuerdo con la Guía para la elaboración del ERSA, sugiere que para el caso de aquellas concentraciones de contaminantes que se encuentren bajo los límites de detección analíticos (LDA), se considerará la concentración equivalente a la mitad del LDA para el cálculo del UCL95. Sin embargo, y ante lo expuesto en el ítem 3.1.4. del presente informe, se consideró el valor del LDA para realizar el cálculo del UCL95. Dentro de otras consideraciones, se tiene para aquellos contaminantes no considerados inicialmente en la evaluación de riesgos bajo los criterios antes señalados, se revisarán considerando los siguientes aspectos:

- Importancia considerable de la sustancia según la toxicidad, movilidad, persistencia, bioacumulación, carcinogenicidad, mutagenicidad y alteradores endócrinos.
- La sustancia desempeña un papel importante en las rutas de exposición específicas en el área de estudio.
- Toxicidad equivalente de la clase de químicos (hidrocarburos aromáticos policíclicos carcinógenos [CHAP's], dioxinas, furanos, etc.).

Partiendo del modelo conceptual del sitio S0114 (Sitio 14), donde se exponen las vías de exposición para este escenario; se plantean dos (2) receptores: el poblador de la C.N. Nueva Jerusalén y los receptores ecológicos; respecto al poblador local se identificaron tres (3) posibles escenarios humanos para cada sitio impactado (norte y sur), los cuales se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 4-7 Receptores Humanos del sitio S0114 (Sitio 14)

Escenarios Humanos	S0114 (Sitio 14) - Sur	S0114 (Sitio 14) - Norte
1. Poblador Local - Trabajador Industrial	En el sitio	En el sitio
2. Poblador Local - Cazadores Esporádicos	En el sitio	En el sitio
3. Poblador Local – Residente de la C.N. Nueva Jerusalén	Fuera del sitio (15,8 km)	Fuera del sitio (15,8 km)

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Las sustancias determinadas como contaminantes de preocupación presentan una probabilidad de entrar en contacto con estos receptores, bajo un contexto crítico; es decir, en el peor de los escenarios en el cual podría darse una posible afección a los mismos. A continuación, se detalla los CP para el escenario humano, teniendo en cuenta los criterios expuestos anteriormente:

Cuadro 4-8 Contaminantes de preocupación para el escenario humano

Posibles Receptores	Edad receptor	Ruta de exposición	Contaminante de Preocupación	Compuesto Carcinógeno *	Descripción
Trabajadores industriales cercanos Cazadores y/o pescadores esporádicos	Adulto Niño***	Suelo: Contacto dérmico / ingestión / inhalación	Boro	No	El boro es un compuesto que ocurre en forma natural en el ambiente. A menudo se encuentra combinado con otras sustancias formando compuestos llamados boratos. Algunos boratos comunes incluyen al ácido bórico, sales de boratos y óxido de boro. Ampliamente distribuido en minerales de la corteza terrestre. Ocupa el lugar 51 en la lista de los elementos más comunes en la corteza terrestre y se encuentra en una concentración promedio de 8 mg/kg. El Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS), la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) y la EPA no han clasificado al boro en cuanto a carcinogenicidad en seres humanos.
			Selenio	No	El selenio ocurre naturalmente en el ambiente y como elemento no puede ser manufacturado o destruido, sólo puede cambiar de forma en el ambiente. IARC determinó que el selenio y los compuestos de selenio no son clasificables en cuanto a su habilidad para producir cáncer en seres humanos.
			Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28)	No	La solubilidad y volatilidad de los productos de petróleo dependen del tamaño de las cadenas de carbono. F2 y F3 son mezclas menos volátiles y más viscosas, por lo que su solubilidad en el agua es menor y su movilidad en suelo se reduce, la dispersión de estos contaminantes por lo general ocurre en forma de fase libre, bajo este concepto, se discriminan como CP para el receptor secundario (a).
			Naftaleno	No	Los HAPs en su mayoría tienen una fuerte actividad carcinogénica y mutagénica. La mayor parte de los HAPs permanecen relativamente cerca de sus lugares de origen y sus concentraciones suelen disminuir logarítmicamente con la distancia al lugar de origen. La relativa baja persistencia del naftaleno (por su bajo peso molecular) indica su escasa capacidad de bioacumulación, bajo este concepto, este CP se asocia únicamente al receptor primario (b).
			Fenantreno	No	Presenta en su estructura tres anillos fusionados este se acumula en los tejidos grasos de los seres vivos. Se le considera isómero del antraceno, compuesto que tiene sus tres anillos fusionados en forma lineal. Es altamente tóxico cuando el individuo es expuesto al contaminante por períodos largos.

Cuadro 4-8 Contaminantes de preocupación para el escenario humano

Posibles Receptores	Edad receptor	Ruta de exposición	Contaminante de Preocupación	Compuesto Carcinógeno *	Descripción
Comunidad Nativa Nueva Jerusalén	Adulto / Niño	Agua superficial: Uso recreacional (ingesta, inmersión)	Benzo (a) antraceno	Si	Los HAPs en su mayoría tienen una fuerte actividad carcinogénica y mutagénica (Benzo (a) antraceno especialmente en animales). La mayor parte de los HAPs permanecen relativamente cerca de sus lugares de origen y sus concentraciones suelen disminuir logarítmicamente con la distancia al lugar de origen. Presentan carácter lipofílico, y son por ello potencialmente bioacumulados y concentrados en sedimentos y suelos, tanto más cuanto mayor sea su persistencia en cada medio. Son altamente persistentes y por tanto bioacumulables. Es importante mencionar que los sedimentos corresponden al foco el cual carece de vida acuática.
			Selenio	No	El selenio ocurre naturalmente en el ambiente y como elemento no puede ser manufacturado o destruido, sólo puede cambiar de forma en el ambiente. IARC determinó que el selenio y los compuestos de selenio no son clasificables en cuanto a su habilidad para producir cáncer en seres humanos.

* Agentes clasificados por la International Agency for Research on Cancer (IARC) - Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk to Humans.

Group 1 – Carcinogenic to humans

Group 2A – Probably carcinogenic to humans

Group 2B – Possibly carcinogenic to humans

Group 3 – Not classifiable as to its carcinogenicity to humans

Group 4 – Probably not carcinogenic to humans

** Aportes de estos compuestos ante una posible movilidad de los sedimentos hacia el suelo.

*** Receptor considerado únicamente para el escenario humano 2 (cazadores esporádicos)

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- **Criterios de selección para escenario ecológico**

Para determinar los CP en el escenario ecológico para cada matriz ambiental, se tuvo en cuenta la normativa (nacional e internacional vigente) aplicada para el escenario humano. Sin embargo, se detallan algunas particularidades en cada matriz ambiental respecto a estos CP; toda vez que las normativas vigentes (nacionales e internacionales, ver Cuadro 3-33) no contemplan en algunos casos niveles de referencia para algunos parámetros en este escenario.

- **Suelo**

Para determinar los CP se utilizaron los ECA para Suelo en la Categoría Uso Agrícola, aprobado mediante D.S. N° 011-2017-MINAM; asimismo, se emplearon normas internacionales como la *Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health*, Uso Agrícola, para aquellos parámetros que no estén contemplados en la norma nacional vigente.

En los cuadros 4-9 y 4-10 se presenta los CP para el escenario ecológico en suelos de los sitios S0114-Sur y S0114-Norte:

Cuadro 4-9 Contaminantes de Preocupación para Escenario Ecológico – Suelo en el sitio S0114 (Sitio 14) - Sur

CP	Valor Min. (mg/kg)	Valor Max. (mg/kg)	Nivel de Fondo (mg/kg)	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Estándar de Referencia (mg/kg)	Comentarios
Selenio	<0,006	4,201	0,79	1,252	1	95 % Adjusted Gamma UCL Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría
Benzo (a) antraceno	<0,005	0,225	-	0,225*	0,1	El conjunto de datos es menor a 10 muestra, siendo no apto para calcular el UCL95, se utiliza la concentración más alta para la determinación de CP.
Fenantreno	0,021	0,169	-	0,169*	0,046	El conjunto de datos es menor a 10 muestra, siendo no apto para calcular el UCL95, se utiliza la concentración más alta para la determinación de CP.

Estándares de Calidad Ambiental para Suelo, Categoría Uso Agrícola (D.S. N° 011-2017-MINAM).

Soil Quality Guidelines for the Environmental and Human Health, Category Agricultural.

* Concentración máxima seleccionada al no ser apto el tamaño muestral para realizar el cálculo del UCL 95 %.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 4-10 Contaminantes de Preocupación para Escenario Ecológico – Suelo en el sitio S0114 (Sitio 14) -Norte

CP	Valor Min. (mg/kg)	Valor Max. (mg/kg)	Nivel de Fondo (mg/kg)	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Estándar de Referencia (mg/kg)	Comentarios
Boro	<0,012	9,284	2,125	2,057	2	95 % Adjusted Gamma UCL Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría.
Selenio	0,29	10,9	0,79	1,67	1	95 % H-UCL Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría.
Hidrocarburos Totales C10-C28	<5	7109	-	2475	1200	97,5 % Chebyshev (Mean, Sd) UCL Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría.
Benzo (a) antraceno	<0,005	0,255	-	0,353	0,1	99 % Chebyshev (Mean, Sd) UCL Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría.
Fenantreno	<0,005	0,755	-	1,042	0,046	99 % Chebyshev (Mean, Sd) UCL Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría.
Naftaleno	<0,003	0,84	-	1,052	0,1	99 % Chebyshev (Mean, Sd) UCL Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría.

Estándares de Calidad Ambiental para Suelo, Categoría Uso Agrícola (D.S. N° 011-2017-MINAM).

Soil Quality Guidelines for the Environmental and Human Health, Category Agricultural.

* Concentración máxima seleccionada al no ser apto el tamaño muestral para realizar el cálculo del UCL 95 %.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

• Agua superficial

Para seleccionar los Contaminantes de Preocupación (CP) de la matriz agua superficial, se consideraron los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, E2: Ríos de Selva para todos los parámetros a excepción del arsénico que fue comparado con la Categoría 1: A1 Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección, aprobados mediante D.S. N° 004-2017-MINAM. De acuerdo al ítem 3 del Informe de Caracterización del sitio S0114 (Sitio 14) las concentraciones de todos los metales pesados, entre ellos el arsénico (As), mercurio (Hg), plomo (Pb) y selenio (Se) presentan niveles inferiores al límite de detección de análisis (LDA), al igual que los compuestos orgánicos HTP, antraceno, benzo (a) pireno, fluoranteno y benceno; sin embargo, el tejido de los peces analizados arrojó valores considerables de bario y cadmio.

Por lo expuesto, no se considera ningún contaminante de preocupación (CP) para la matriz agua superficial, pues la totalidad de parámetros de evaluación presentaron concentraciones inferiores a los estándares de referencia e incluso inferiores al LDA, tanto en época húmeda y seca. No se

evidencia alguna relación directa entre la concentración de los CP de la matriz suelos (selenio, HTP y naftaleno) y la matriz agua superficial.

Además, el pH no es considerado un CP, a pesar de presentar concentraciones en el rango de 5 a 6 unidades de pH, pues el comportamiento ácido de los cuerpos de agua superficial cercanos al sitio S0114 (Sitio 14) obedece a los elevados ácidos orgánicos provenientes de descomposición de materia vegetal o animal y el contenido de ácido húmico y fúlvicos característico de la Amazonia (Orozco, 2003).

El agua superficial, en el presente modelo conceptual, es considerado como un potencial medio de transporte de contaminantes desde el suelo a quebradas, ríos u otros cuerpos de agua superficial, mediante el arrastre durante las precipitaciones pluviales, hacia los receptores ecológicos (flora y fauna).

• Sedimentos

Respecto a sedimentos, no se cuenta con estándares nacionales respecto a receptores ecológicos; por lo cual se ha consultado con estándares internacionales (ver Cuadro 3-33), así como trabajos de investigación científica.

Para los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) se contemplaron los valores establecidos en la *Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life*, específicamente el *Interim Sediment Quality Guidelines* (ISQG) para cuerpos de agua continental, el cual corresponde al límite por debajo de los cuales no se espera efectos biológicos adversos en la vida acuática. Los HAPs: acenafteno, acenaftileno, antraceno, benzo (a) antraceno, benzo (a) pireno, criseno, dibenzo (a,h) antraceno, fenantreno, fluoranteno, fluoreno y naftaleno son indicadores de la calidad de sedimentos y/o protección de la vida acuática conforme a la normativa canadiense, de acuerdo al ítem 3 del Informe de Caracterización del sitio S0114 (Sitio 14), las concentraciones de estos HAP's registran concentraciones inferiores al LDA y por ende al ISQG; asimismo, los niveles de metales pesados (arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, plomo y zinc) registraron concentraciones inferiores al ISQG. No obstante, la muestra de sedimento aguas abajo del sitio S0114 (Sitio 14) ubicado al norte, tanto en época húmeda y seca, presentó concentraciones detectables de fracciones de hidrocarburos F2 y F3; de igual manera, la muestra aguas abajo del sitio S0114 (Sitio 14) ubicado al sur, para época seca.

Entonces se define que la fuente primaria de fracciones de hidrocarburos F2 (>C10-C28) se encuentran presentes en concentraciones importantes únicamente en la matriz del suelo y que puede alcanzar receptores sensibles tales como los trabajadores de la batería Dorissa, los habitantes de la comunidad nativa Nueva Jerusalén y receptores ecológicos principalmente por causa de la lixiviación que existe desde el suelo hacia el agua subterránea y transporte hacia fuentes de agua superficial y sedimentos.

Por lo expuesto, no se considera ningún contaminante de preocupación (CP) para la matriz sedimentos de agua superficial.

Es importante resaltar que en la presente matriz ambiental se registraron concentraciones de Bario (Ba), pero no se determinó como un CP pues de acuerdo a las investigaciones por Leung et al. (2005)⁹⁹, quienes desarrollaron un SQG para este parámetro a partir de las distribuciones de sensibilidad de especies, basadas en datos de campo o *field-based species sensitivity distributions* (f-SSDs). Este valor derivó de una concentración de peligrosidad al 5%, que viene a ser la

⁹⁹ Deriving Sediment Quality Guidelines from Field-Based Species Sensitivity Distributions. Environmental Science & Technology. 39, pp, 5148-5156.

concentración en sedimentos que afecta al 5% de las especies (HC5), siendo esta concentración de 130 mg/kg a partir del f-SSD; sin embargo, rectificaron este valor de referencia, toda vez que consideraron este valor como sobreprotector de la comunidad bentónica en un ambiente natural típico, dada las especies f-SSD; este valor se ajustó al umbral de niveles efecto o *Threshold Effect Level* (TEL) siendo estos un nivel conservativo el cual deriva de series de datos de ecotoxicidad estandarizados, llegando a un resultado de 2 218 mg/kg. Las concentraciones de Bario, tanto en época húmeda y seca, presentaron niveles inferiores al TEL de referencia.⁷

- **Peces**

Respecto a peces, se ha considerado los “Indicadores sanitarios y de inocuidad para los productos pesqueros y acuícolas para el mercado nacional y de exportación”, aprobados mediante la R.D.E. N° 057-2016-SANIPES-DE. Sin embargo, para el caso del Bario y otros parámetros los cuales no se tiene una referencia de concentraciones en tejido muscular; se consideraron los valores estipulados para la matriz en la que se muestrearon los peces (agua superficial), Categoría 4, E.2 Ríos de selva, aprobados mediante D.S. N° 004-2017 MINAM.

Cuadro 4-11 Contaminantes de preocupación para escenario ecológico - Peces

CP	Valor Min (mg/kg)	Valor Max. (mg/kg)	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Estándar Nacional /Internacional (mg/kg)	Comentarios
Bario Total	0,1435	16,75	8,49	0,7 - 1,0	95 % Adjusted Gamma UCL Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría.
Cadmio Total	0,0152	0,7154	0,378	0,05	95 % Student's-t UCL Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría.

Indicadores sanitarios y de inocuidad para los productos pesqueros y acuícolas para el mercado nacional y de exportación (R.D.E. N° 057 2016 SANIPES-DE).

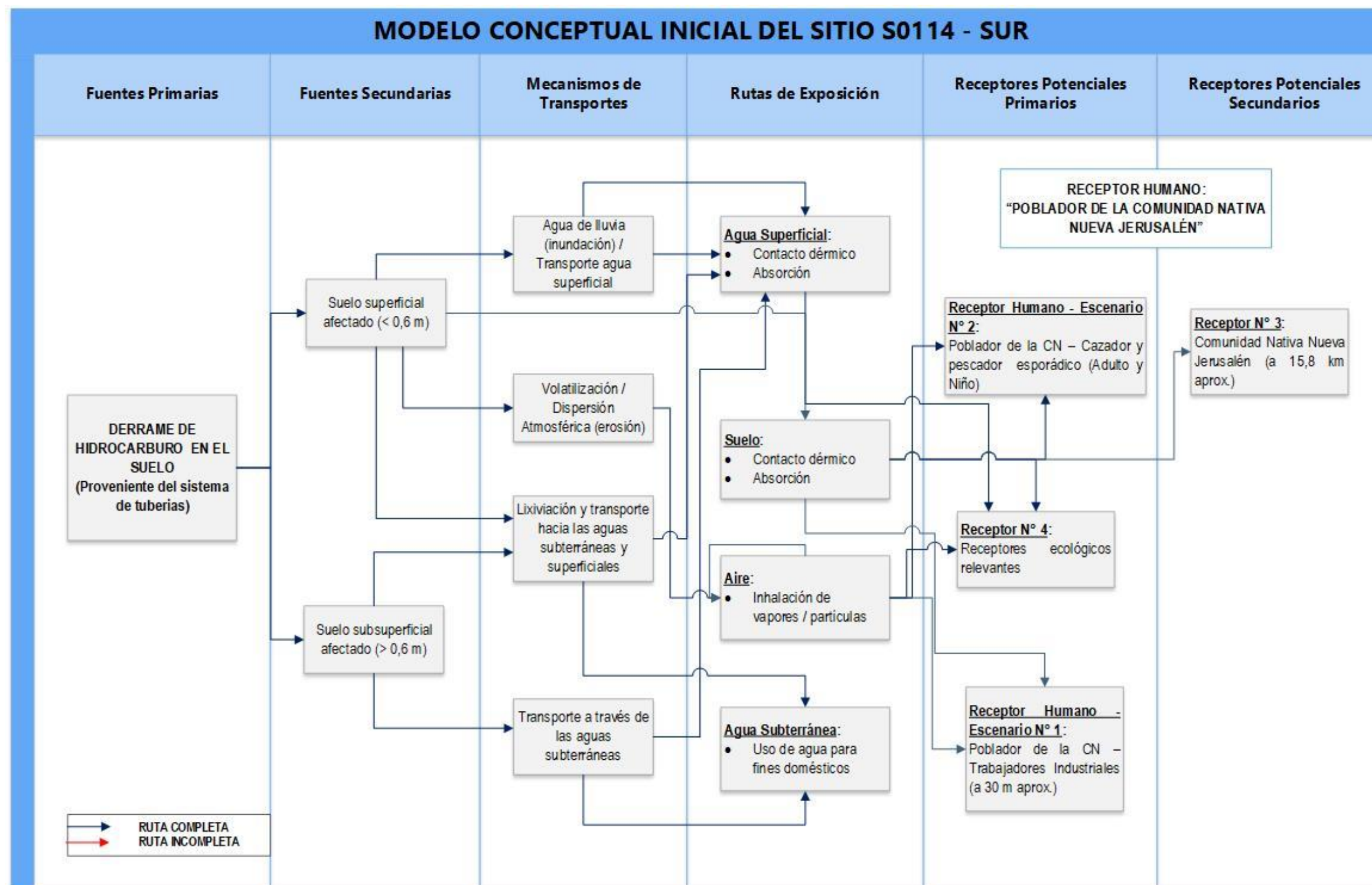
Estándares de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 4: E2 ríos de la Selva (DS N° 004-2017-MINAM).

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- **Modelo conceptual inicial del sitio**

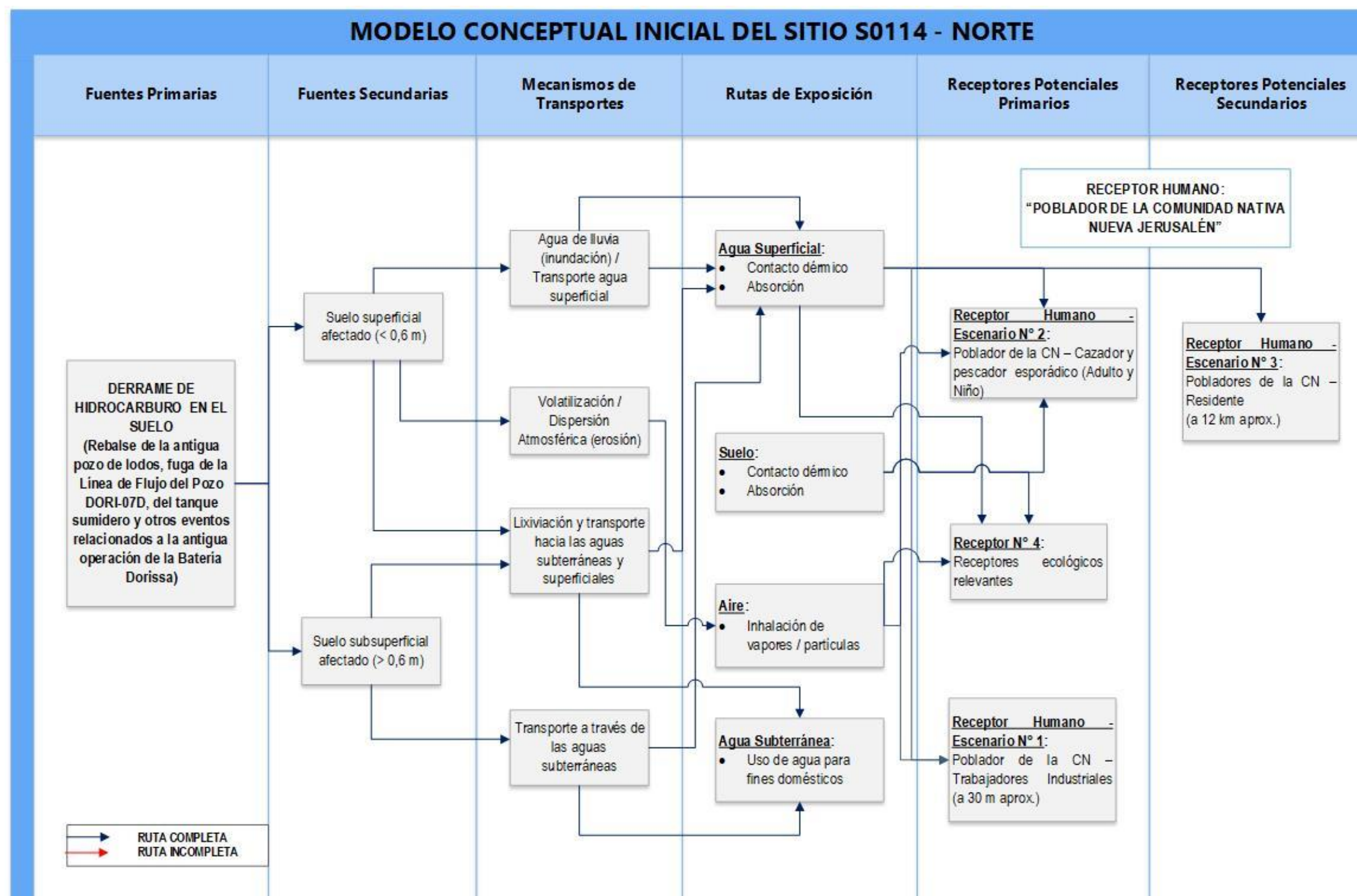
En los siguientes diagramas se muestra de forma esquemática y gráfica el modelo conceptual del sitio, a partir de los resultados y evidencias identificados durante la fase de caracterización del sitio S0114 (Sitio 14) – Sur y S0114 (Sitio 14) – Norte.

Figura 4-29 Modelo conceptual inicial del sitio S0114 (Sitio 14) – Zona Sur



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Figura 4-30 Modelo conceptual inicial del sitio S0114 (Sitio 14) – Zona Norte



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

4.2.2 Peligros identificados a través del Modelo Conceptual Inicial.

Cabe precisar que el sitio S0114 (Sitio 14) presenta dos (2) sitios impactados, el sitio S0114-Sur ubicado al sur de la Batería Dorissa con una superficie de 5 070,16 m² y el sitio S0114-Norte ubicado al noroeste de la Batería Dorissa con una superficie de 10 130,36 m²

A) Fuentes Primarias

• Zona Sur

En el sitio S0114 (Sitio 14) – Sur las fuentes primarias corresponde al sistema de tuberías de transporte de hidrocarburos cercanos al sitio impactado, que generaron fugas, derrames y eventos de contaminación.

Sin embargo, se precisa que solo tres (3) muestras reportaron concentraciones superiores al ECA para Fracción de Hidrocarburos F2 y una (1) muestra para F3, los valores máximos se encontraron a una profundidad de 0,6 m. Cabe precisar que en el rango de 1,5 m a 3,6 m se realizaron muestreo por percusión, cuyos resultados indican concentraciones de F2 y F3 inferiores al límite de detección analítico. Se identificaron concentraciones de benzo (a) antraceno y fenantreno a profundidades entre 0,6 a 1,2 m.

• Zona Norte

La fuente primaria para el sitio S0114 (Sitio 14) – Norte correspondería principalmente a las instalaciones de la Batería Dorissa o de la infraestructura (oleoductos) que transporta hidrocarburos, generando derrames de hidrocarburos durante la antigua operación; de la investigación histórica se tiene registro del rebalse de la antigua poza de lodos de la Batería Dorissa, la fuga de fluido de la Línea de Flujo del Pozo DORI-07D, entre otros.

De los resultados de la caracterización del sitio S0114 (Sitio 14) – Norte se puede concluir que los parámetros relacionados a derrames y/o fugas de hidrocarburos, como Fracción de Hidrocarburos F2, benzo (a) antraceno, naftaleno y fenantreno presentan importantes concentraciones en el rango de profundidad de 0,6 m hasta los 3,6 m; a profundidades mayores la concentración de estos contaminantes se encuentran por debajo de los estándares de calidad ambiental y/o normas internacionales (ver Cuadro 3-33) de referencia, e incluso inferiores al LDA.

El Selenio, para el sitio S0114 (Sitio 14) - Sur y Norte y el Boro, para el sitio S0114 (Sitio 114) - Norte son considerados como contaminantes de preocupación (CP) y se incluyeron como parte de la evaluación del riesgo en las etapas posteriores, a pesar de no existir la certeza de una relación directa entre los contaminantes de hidrocarburos y este metal. Existe la probabilidad que el selenio esté relacionado a condiciones geológicas y/o naturales, ya que los niveles de fondo reportaron concentraciones de selenio e incluso la concentración de Boro es de 2,125 mg/kg, superior al estándar de referencia fijado en 2 mg/kg.

B) Fuentes Secundarias

Se identificaron como fuentes secundarias de contaminación aquellas matrices ambientales que por su carga contaminante a través de evidencia analítica se vieron afectadas, convirtiéndose en focos (fuentes secundarias) y medio de depósito de contaminación que posteriormente puede trasladarse a otro lugar; ya sea en la misma matriz o una de diferente naturaleza, por acción de los mecanismos de transporte específicos y coherentes con las propiedades físicas y químicas de la interacción contaminantes-matriz ambiental.

Tomando como base las acciones de Remediación y Rehabilitación con el objeto de restaurar las funciones ecológicas de los sitios impactados, y considerando como estrategia para lograr este objetivo el uso de estándares rigurosos (ECA suelo agrícola) en la determinación de los niveles de remediación, se establece como criterio de suelo superficial el suelo del tipo agrícola, cuya definición es: “dedicado a la producción de cultivos, forrajes y pastos cultivados. Es también aquel suelo con aptitud para el crecimiento de cultivos y el desarrollo de la ganadería. Esto incluye tierras clasificadas como agrícolas, que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias, además de flora y fauna nativa, como es el caso de las áreas naturales protegidas.”

Visto en forma de perfil de suelo, este se distribuye básicamente en dos horizontes: Horizonte O (Capa superficial del horizonte A) y Horizonte A (zona de lavado vertical. En él enraíza la vegetación herbácea. Su color es generalmente oscuro por la descomposición de materia orgánica, determinando el paso del agua arrastrándola hacia abajo, de fragmentos de tamaño fino y de compuestos solubles).

La distribución en profundidad de los referidos horizontes, en líneas generales en un suelo de selva, no superan los 40 cm. Son embargo, para efectos del establecimiento de las condiciones originarias del ecosistema, se profundiza el perfil de suelo hasta los 60 cm (0,6 m). De acuerdo a lo anterior se ha tomado como profundidad para el suelo superficial en los análisis de ERSA, 0,6 m.

Se identifica al suelo superficial como una fuente secundaria afectada, entendiéndose a este suelo como aquel que se encuentra hasta una profundidad máxima de 0,6 m; y respecto al subsuelo, aquel que se encuentra a profundidades mayores a 0,6 m. Mediante los resultados de las perforaciones realizadas se evidencia la afectación del suelo superficial hasta una profundidad máxima de 0,6 m en ambos sitios y la afectación del suelo subsuperficial hasta una profundidad máxima de 3,6 m en el sitio S0114 (Sitio 14) -Sur y hasta una profundidad de 4,8 m en el sitio S0114 (Sitio 14) – Norte.

El acuífero posiblemente podría verse afectado por la lixiviación de los CP desde el suelo, ya que el sitio S0114 (Sitio 14) - Sur presenta un espesor máximo de suelo afectado de 3 m y la profundidad del nivel freático es desde 1 m hasta 3 m; similarmente el sitio S0114 (sitio 14) - Norte presenta un espesor de 4,5 m de suelo afectado y una profundidad del nivel freático en el rango de 2 a 13 metros.

Además, los cuerpos de agua superficial podrían verse afectados por el arrastre de contaminantes desde la superficie del sitio impactado (suelo) durante eventos de precipitación, es decir un transporte mecánico asistido por la lluvia o por difusión característica de cada contaminante.

No se considera como fuente secundaria a los sedimentos del sitio S0114 (Sitio 14) Sur y Norte, pues las concentraciones de metales y HAPs son inferiores a los estándares canadienses; además, no se identificaron contaminantes de preocupación en la matriz ambiental (Ver ítem 4.2.1. Determinación de contaminantes de preocupación).

Asimismo, no se considera como fuente secundaria el agua superficial, pues no se identificaron contaminantes de preocupación en esta matriz ambiental (Ver ítem 4.2.1. Determinación de contaminantes de preocupación).

A pesar que el agua subterránea no es considerada como fuente secundaria, esta correspondería a un medio de transporte para la lixiviación de CP desde el suelo y subsuelo afectado.

C) Receptores identificados

En el modelo conceptual presentado se identifican dos (2) tipos de receptores:

- Receptor Humano (en el sitio y fuera del sitio): Poblador Local de la Comunidad Nativa Nueva Jerusalén, considerando los siguientes escenarios:
 - Escenario Humano N° 1: Poblador Local - Trabajador Industrial (in situ)
 - Escenario Humano N° 2: Poblador Local - Cazador y pescador esporádico (in situ)
 - 2A: Cazador y pescador esporádico “Adulto”.
 - 2B: Cazador y pescador esporádico “Niño”.
 - Escenario Humano N° 3: Poblador Local - Residente de la C.N. Nueva Jerusalén (ex situ)
- Receptores ecológicos relevantes

Es importante aclarar, que el escenario de cazador y pescador local en el sitio fue seleccionado para el presente análisis de riesgo, porque representa el escenario “más crítico” por la frecuencia y por la exposición directa con los contaminantes de las matrices ambientales afectadas. Otros escenarios como personas que transitan por el sitio eventualmente como los monitores ambientales o personas que lavan de ropa con suelo impregnado, representan escenarios con una exposición directa pero menor e indirecta respectivamente.

• Receptores en sitio

Escenario Humano N° 1: Poblador Local – Trabajador Industrial

Corresponde a los pobladores de la Comunidad Nativa Nueva Jerusalén que desarrollan actividades industriales en la infraestructura más cercana al sitio S0114 (Sitio 14) - Sur como es el oleoducto proveniente de los Pozos DORI-01X, DORI-03D, DORI-04D, el cual se ubica a una distancia de 30 m en dirección sur del sitio impactado. Asimismo, se considera como receptor del escenario industrial a los trabajadores de la Batería Dorissa por su cercanía al Sitio S0114 (Sitio 14) – Norte, los cuales presentan una mayor probabilidad de exposición a los contaminantes presentes en los sitios impactados.

Este receptor está presente durante el desarrollo de actividades de supervisión, mantenimiento de instalaciones, excavaciones moderadas, adecuación de terrenos, entre otras actividades, en el sitio impactado o en zonas cercanas a las instalaciones petroleras, por lo cual podrían exponerse a los contaminantes de preocupación del suelo por las vías de exposición de inhalación de partículas, contacto dérmico e ingestión accidental.

Es importante mencionar que el trabajador industrial pasa la mayor parte del tiempo en actividades exteriores distantes a las instalaciones y no en un lugar en específico; sin embargo, se ha considerado un escenario conservador de evaluación equivalente a una frecuencia de exposición de 230 días/año, conforme a lo recomendado por la Guía ERSa (MINAM, 2015).

Se espera que este tipo de receptor tenga un consumo de partículas de los contaminantes del suelo; por lo tanto, se expone por las vías de exposición de ingestión accidental de partículas, dérmica por contacto del suelo con áreas de piel expuesta e inhalatoria por material particulado; no se consideran como ruta de exposición la inhalación de vapores, teniendo en cuenta que no se detectaron hidrocarburos de la fracción ligera o F1 (C6 – C10) en ninguna de las matrices analizadas; además, no se considera la exposición por consumo de agua no tratada, ni ingestión de pescado

Se debe resaltar que se considera un escenario de exposición conservador teniendo en cuenta la frecuencia de exposición.

Escenario Humano N° 2: Poblador Local - Cazador y Pescador esporádico

Corresponde a los pobladores de la Comunidad Nativa Nueva Jerusalén, adulto (2A) y niño (2B), que visitan los sitios impactados (Sitio S0114 Sur o Norte) o zonas cercanas a estos, con el fin de desarrollar actividades de caza esporádicamente, exponiéndose a los contaminantes de preocupación de la matriz suelos, directamente por contacto e ingestión accidental e indirectamente con los CP del suelo que lixivian y descargan en quebradas cercanos al sitio impactado (distancia de 50 m). No se considera, una vía de exposición completa con los CP de la matriz agua subterránea, dado que no se identificó una ruta de exposición completa.

Considerando un escenario conservador, se define una frecuencia de exposición de dos (2) veces a la semana, equivalente a 96 días al año, tanto para el receptor adulto y niño, siendo este último es más vulnerable. La edad del receptor niño evaluado es el rango de 6 a 11 años, dado que a esta edad los niños comienzan a aprender actividades como la caza y pesca en el bosque.

Se espera que este tipo de receptor tenga un consumo de partículas provenientes del suelo; por lo tanto, se expone a la contaminación por las vías de exposición por ingestión accidental de partículas, dérmica por contacto del suelo con áreas de piel expuesta e inhalatoria de material particulado del suelo. Para este receptor no se consideran como vía de exposición la inhalación de vapores, teniendo en cuenta que no se detectaron hidrocarburos de la fracción F1 o ligera (C6 – C10) en ninguna de las matrices analizadas.

Receptor ecológico (fauna y flora)

Incluye a la flora del sector que puede contener especies capaces de asimilar y/o bioacumular ciertos contaminantes de preocupación a través de sus procesos fisiológicos; asimismo se considera la fauna transitoria por el sitio contaminado al estar en contacto directo con las fuentes de contaminación secundaria (focos). Es importante mencionar que, la fauna puede movilizarse desde dichas fuentes hasta el receptor secundario en donde se tiene el hábito de la caza.

- **Receptores fuera del sitio**

Escenario Humano N° 3: Poblador Local - Residente de la C.N. Nueva Jerusalén

La distancia entre el Sitio S0114 (Sitio 14) Sur y Norte, y el asentamiento donde se emplaza el núcleo poblacional principal de la C.N. Nueva Jerusalén es de aproximadamente 13,5 km, por lo tanto, es poco probable la exposición con los CP identificados, a diferencia de los pobladores de la CN que desarrollan actividades industriales (escenario humano N° 1) y caza o pesca (escenario humano N° 2) en el sitio o en zonas cercanas.

Se evalúa tanto por una eventual exposición indirecta por el contacto del agua superficial y subterránea del sitio con aguas superficiales de relevancia para la comunidad (Río Macusari) debido al uso para fines recreacionales, así como por consumo de alimentos provenientes de las chacras familiares que pudieron ser regados con agua proveniente de las fuentes superficiales.

Sin embargo, se ha considerado para el análisis de riesgo la exposición por contacto dérmico e ingestión accidental de agua superficial para fines recreacionales (inmersión), alejados del sitio impactado, que actúan como cuerpos receptores para los CP que lixivian desde el suelo afectado del Sitio S0114 (Sitio 14), recorriendo una distancia aproximadamente de 13,5 km. No se ha considerado la exposición a agua superficial, dado que no determinaron CPs en dicha matriz ambiental.

Se define como receptor residencial aquel que pasa la mayor parte del día, pero no todo en su lugar de residencia. Las actividades que desarrolla este tipo de receptor se relacionan con los típicos quehaceres del hogar como cocinar, lavandería y limpieza además de actividades al aire libre de bajo impacto.

Es de resaltar que la probabilidad de exposición está directamente ligada a distancia del receptor al foco de contaminación, las características de las sustancias en sí y sus mecanismos de transporte. Por lo anterior, no se considera para este receptor inhalación e ingestión de partículas transportadas por el aire ni tampoco contacto dérmico e ingestión de suelo potencialmente afectado, teniendo en cuenta la distancias (13,5 km) a la que se encuentra dicha comunidad, del sitio S0114 (Sitio 14) Sur y Norte.

4.3 Evaluación de la toxicidad de los CP.

4.3.1 Toxicidad para seres humanos.

Para calcular las estimaciones de riesgo en el escenario humano se utilizó información referencial respecto a la toxicidad a través del software RBCA ToolKit Versión 2.6, el cual cuenta con una base de datos que incluye parámetros predeterminados para más de 650 sustancias químicas, basadas en un conjunto de referencias publicadas y citadas para cada parámetro. Entre estas y las que sirvieron para la presente ERSA se encuentran:

- Texas Risk Reduction Program, RG-366 TRRP-19, Toxicity Factors and Chemical/Physical Parameters, June 2001; (toxicity and physical/chemical properties tables dated May 24, 2011).
- USEPA, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Third Edition, OSWER, November 1986.
- USEPA, Method 8270C, Revision 3, "Semivolatile Organic Compounds by GC/MS", December 1996.
- USEPA Health Effects Assessment Summary Tables (HEAST), July, 1997.
- Handbook of Chemical Property Estimation Methods, 1982, W.J. Lyman, (McGraw-Hill, New York), ISBN -0-07-039175-0.
- National Primary Drinking Water Regulations, EPA 816-F-03-016, June 2003, downloaded February 2007.
- Occupational Safety and Health Administration, downloaded June 2003.
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 1997.
- Texas Surface Water Quality Criteria, 30 TAC 307 Table 1, downloaded June 2003.
- Texas Surface Water Quality Criteria, 30 TAC 307 Table 3, downloaded June 2003.
- USEPA Integrated Risk Information System (IRIS), as of March 31, 2007.
- Technical evaluation of the Intervention Values for Soil/Sediment and Groundwater, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. RIVM report 711701 023. February 2001.

Asimismo, se corroboró respecto a la carcinogenicidad de los CP entre la clasificación realizada por el software RBCA ToolKit, la clasificación de la Agencia Internacional de Investigación Sobre el Cáncer (IARC) y la Guía para la evaluación del riesgo de carcinógeno de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA). De esta clasificación, únicamente el Benzo(a)antraceno es categorizado como CP carcinógeno, siendo la inhalación e ingesta sus vías de exposición.

En el Anexo 6.6.3, se presenta los cuadros con los valores de toxicidad.

4.3.2 Toxicidad para receptores ecológicos.

La evaluación de la toxicidad al ecosistema sólo se realizó para los CP identificados, que involucra la comparación de concentraciones con valores de referencia obtenidos de la literatura. Este

acápites se enfoca en una investigación más exhaustiva sobre dichos CP en función al grado de toxicidad que pueda tener sobre este escenario.

Dentro de las metodologías y valores de referencia internacionales (ver Cuadro 3-33) más utilizados al momento de hacer evaluaciones ecotoxicológicas, se encuentran los desarrollados por entidades como la USEPA (Ecotox) y el Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (Canadian Council of Ministers of the Environment) Canadian Environmental Quality Guidelines.

A) Evaluación de la toxicidad en los ecosistemas acuáticos

Los ecosistemas acuáticos albergan gran variedad de organismos, con diferentes características y requerimientos ecológicos que facilitan y/o limitan su establecimiento y representatividad en los mismos, dentro de los habitantes de estos ecosistemas se han detectado y seleccionado algunos para aplicación de bioensayos tendientes a determinar su afectación ante la presencia y/o determinadas cantidades de un contaminante.

El acceso de un organismo a un contaminante dado está relacionado no solo con el ciclo de vida del contaminante, sino además por el de los organismos, y la capacidad del cuerpo de agua para asimilar, disminuir o aumentar su concentración, en función de los ciclos hidrológicos o de las regulaciones a las que se vea sometido el caudal.

Dentro de las comunidades que han sido empleadas para evaluar los efectos de contaminantes sobre la vida acuática para el sitio S0114 (Sitio 14), se ha considerado únicamente la evaluación de peces (solamente los CP encontrados en los peces). Todo ello debido a que no se tiene CP en la matriz agua superficial y por ende no habría un riesgo de toxicidad hacia el perifiton, fitoplancton y zooplancton; sin embargo, se realizó esta evaluación a fin de demostrar que las concentraciones de Cadmio y Bario Total en el agua superficial no representan un riesgo para estos receptores ecológicos (peces).

- **Peces**

La diversidad de especies de peces de agua dulce en el neotrópico representa casi el 50 % de las especies de peces de agua dulce a nivel mundial. De las 6 000 especies descritas para la región del neotrópico, 4 475 son reconocidas como especies válidas; sin embargo, la totalidad de la riqueza no ha sido descrita y se estima que podría llegar hasta las 8 000 especies (Reis *et al* 2003). Los peces son organismos acuáticos extremadamente sensibles a la perturbación ambiental, siendo afectados en su crecimiento y en sus funciones reproductivas (Iannaccone *et al*, 1999) por esta razón, han sido utilizados como indicadores de la calidad del agua en diversos países desde. Entre las características que estos organismos exhiben para su uso como indicadores se encuentran: facilidad de captura e identificación, se cuenta con una amplia información sobre sus historias de vida y hábitos, comprenden una amplia variedad de niveles tróficos y además están presentes en pequeños cuerpos de agua (Duncan & Lockwood 2001).

La evaluación de la toxicidad sobre la comunidad de peces se hizo utilizando como referencia los valores del Ecotox a partir de especies análogas.

Cuadro 4-12 EPA Ecotox usados para peces y otros estudios ecotoxicológicos - sitio S0114 (Sitio 14) Norte y Sur

Comunidad HB	Nombre Químico	Nombre Científica de Especie	Nombre Común de Especie	Especie Grupo	Etapas de Vida del Organismo	Medio	Sitio de Prueba	Conc 1 (Estandarizado)	Unidades Conc 1 (Estandarizado)
Peces	Barita	<i>Poecilia reticulata</i> *	Guppy	Pez; Prueba de Especie Estándar	NR	Agua	Lab	9 mg/L	Al mg/L
	Cadmio	<i>Danio rerio</i>	Zebra Danio	Pez; Prueba de Especie Estándar	No maduros	Agua	Lab	0.00022482	Al mg/L
	Plomo	<i>Clarias batrachus</i>	Zambezi Barbel	Pez	Alevín	Agua	Lab	0.45	Al mg/L

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

*Paredes& Miglio 2018. Evaluación de riesgo ecológico de la barita (BaSO₄) empleando pruebas ecotoxicológicas con doce organismos.

Para el bario total se utilizó el valor de referencia para la especie *Poecilia reticulata*, especie estudiada en Perú, es una especie de agua fresca, y podría servir de referente para las especies reportadas en el sitio S0114 (Sitio 14).

Respecto al Cadmio se utilizó el valor de referencia para la especie *Danio rerio*; que, a pesar de no estar reportada en los resultados del muestreo, es utilizada en la evaluación toxicológica en lo que se ha visto afectado por su acumulación de este CP, así como ser un modelo en la investigación biomédica^{hh}.

Por último, se consideró para el Plomo a la especie análoga *Clarias gariepinus* la cual pertenece al orden *Siluriformes*, al igual que la especie *Limatulichthys griseus* encontrada en el sitio S0114 (Sitio 14); por lo que podría presentar similares mecanismos de respuesta ante la exposición de este CP en el agua superficial. Además, esta especie análoga cuenta con ensayos de toxicidad ante el Plomo, donde la concentración de este elemento en tejido muscular aumenta a medida que aumenta la concentración de Plomo en el agua (relación directa) produciendo su mortandad.ⁱⁱ

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación de toxicidad en la comunidad de peces.

^{hh} Vargas-Vargas, R.A. (2017) - Pez cebra (Danio rerio) y anestesia. Un modelo animal alternativo para realizar investigación biomédica básica.

ⁱⁱ Olaifa, F. et al (2003) – Toxic stress of lead on *Clarias gariepinus* (african catfish) fingerlings.

Cuadro 4-13 Evaluación de toxicidad para peces en agua superficial del sitio S0114 (Sitio 14) - Sur

Matriz	Época	Estación	Orden	Familia	Especie	Unidades	Contaminante			Contaminante			Contaminante		
							Bario Total			Cadmio			Plomo		
							Resultado análisis	Valor Ecotox referencia	Análisis	Resultado análisis	Valor Ecotox referencia	Análisis	Resultado análisis	Valor Ecotox referencia	Análisis
Agua Superficial	Húmeda	SO-114-HB-PEC-1-002	Characiformes	Characidae	<i>Hemibrycon jelskii</i>	mg/L	0,0236	9	Valor por debajo del límite Ecotox	0,00001	0,00022482	Valor por debajo del límite Ecotox	0,00072	0,45	Valor por debajo del límite Ecotox
					<i>Leporinus friderici</i>	mg/L	0,0236	9		0,00001	0,00022482		0,00072	0,45	
			Chichliformes	Cichlidae	<i>Aequidens tetramerus</i>	mg/L	0,0236	9		0,00001	0,00022482		0,00072	0,45	

Importante:

Se indica que el Bario Total, Cadmio y Plomo no son CP para la matriz agua superficial del sitio S0114 (Sitio 14); sin embargo, se evaluaron estos elementos a fin de demostrar que las concentraciones registradas no superan los valores de Ecotox. Asimismo, los valores excedentes de estos CP en las muestras de peces pudieron haber sido contraídos en zonas no necesariamente proveniente del sitio S0114 (sitio 14).

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 4-14 Evaluación de toxicidad para peces en agua superficial del sitio S0114 (Sitio 14) - Norte

Matriz	Época	Estación	Orden	Familia	Especie	Unidades	Contaminante			Contaminante			Contaminante		
							Bario Total			Cadmio			Plomo		
							Resultado análisis	Valor Ecotox referencia	Análisis	Resultado análisis	Valor Ecotox referencia	Análisis	Resultado análisis	Valor Ecotox referencia	Análisis
Agua Superficial	Húmeda	SO-114-HB-PEC-1-004	Characiformes	Characidae	<i>Creagrutus cochui</i>	mg/L	0,0158	9	Valor por debajo del límite Ecotox	0,00001	0,00022482	Valor por debajo del límite Ecotox	0,00006	0,45	Valor por debajo del límite Ecotox
			Chichliformes	Cichlidae	<i>Laetacara flavilabris</i>	mg/L	0,0158	9		0,00001	0,00022482		0,00006	0,45	
		SO-114-HB-PEC-2-004	Characiformes	Characidae	<i>Moenkhausia sp.</i>	mg/L	0,0158	9	Valor por debajo del límite Ecotox	0,00001	0,00022482	Valor por debajo del límite Ecotox	0,00006	0,45	Valor por debajo del límite Ecotox
					<i>Moenkhausia lepidura</i>	mg/L	0,0158	9		0,00001	0,00022482		0,00006	0,45	
			Siluriformes	Loricariidae	<i>Hypostomus sp.</i>	mg/L	0,0158	9		0,00001	0,00022482		0,00006	0,45	
		SO-114-HB-PEC-3-004	Characiformes	Characidae	<i>Serrasalmus rhombeus</i>	mg/L	0,0158	9	Valor por debajo del límite Ecotox	0,00001	0,00022482	Valor por debajo del límite Ecotox	0,00006	0,45	Valor por debajo del límite Ecotox
					<i>Hoplias malabaricus</i>	mg/L	0,0158	9		0,00001	0,00022482		0,00006	0,45	
			Siluriformes	Loricariidae	<i>Limatulichthys griseus</i>	mg/L	0,0158	9		0,00001	0,00022482		0,00006	0,45	
			Chichliformes	Cichlidae	<i>Aequidens tetramerus</i>	mg/L	0,0158	9		0,00001	0,00022482		0,00006	0,45	
			Batrachoidiformes	Batrachoididae	<i>Thalassophryne amazonica</i>	mg/L	0,0158	9		0,00001	0,00022482		0,00006	0,45	
	Seca	SO-114-HB-PEC-3-004	Characiformes	Bryconidae	<i>Brycon sp.</i>	mg/L	0,02	9	Valor por debajo del límite Ecotox	0,00001	0,00022482	Valor por debajo del límite Ecotox	0,00006	0,45	Valor por debajo del límite Ecotox
				Characidae	<i>Characidae</i>	mg/L	0,02	9		0,00001	0,00022482		0,00006	0,45	
			Siluriformes	Serrasalminae	<i>Serrasalmus sp.</i>	mg/L	0,02	9		0,00001	0,00022482		0,00006	0,45	
				Loricariidae	<i>Aphanotorulus unicolor</i>	mg/L	0,02	9		0,00001	0,00022482		0,00006	0,45	

Importante:

Se indica que el Bario Total, Cadmio y Plomo no son CP para la matriz agua superficial del sitio S0114 (Sitio 14); sin embargo, se evaluaron estos elementos a fin de demostrar que las concentraciones registradas no superan los valores de Ecotox. Asimismo, los valores excedentes de estos CP en las muestras de peces pudieron haber sido contraídos en zonas no necesariamente proveniente del sitio S0114 (sitio 14).

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

En lo que respecta a la flora y fauna del lugar, no se cuenta con información a detalle sobre los grados de toxicidad de las especies endémicas del sitio S0114 (Sitio 14), por lo cual se ha considerado con los Valores de Toxicidad de Referencia (VRT) las cuales provienen de fuentes bibliográficas y de bioensayos realizados con especies de fauna que pudieran ser de interés para el área de estudio.

De acuerdo a lo estipulado en la *Ecological Risk Assessment Guidance for Superfund*^{jj}, para cada contaminante con una ruta de exposición completa, se debe revisar la literatura para determinar el nivel de exposición más bajo (concentración en agua o en la dieta, dosis ingerida) que muestre efectos adversos (reducción del crecimiento, reproducción deteriorada, aumento de la mortalidad) en una posible especie receptora; este valor se denomina LOAEL (Probabilidad de Efecto Tóxico Bajo). Asimismo, para aquellos contaminantes con efectos adversos documentados, se debe identificar el nivel de exposición más alto, denominado NOAEL (Concentración más Alta de Efecto No Observado). Un NOAEL es más apropiado que un LOAEL para usar como un valor de ecotoxicidad de detección, a fin de garantizar que el riesgo no se subestime. Sin embargo, los NOAEL actualmente no están disponibles para muchos grupos de organismos y muchos productos químicos. Cuando se dispone de un valor de LOAEL, pero no de NOAEL en la literatura, una práctica estándar usar el LOAEL más bajo disponible para la población en estudio, de esta forma nos aseguramos que la población esté protegida.

Debido a que NOAEL y LOAEL se estiman mediante pruebas de hipótesis (es decir, comparando el nivel de respuesta de un grupo de prueba con el nivel de respuesta de un grupo de control para una diferencia estadísticamente significativa), la proporción real de los animales de prueba que muestran la respuesta adversa a un LOAEL identificado depende del tamaño de la muestra, la variabilidad de la respuesta y el intervalo de dosis. Por esta razón, la USEPA recomienda a los NOAEL más conservadores en lugar de los LOAEL para determinar un nivel de exposición de detección, que es poco probable que tenga un impacto adverso en las poblaciones. Si se dispone de datos de dosis-respuesta, se puede determinar un nivel de bajo efecto específico del sitio.

En este sentido, se tuvo en cuenta los criterios expuestos por Sample B.E., et al (1996)^{kk} cuyo documento detalla las concentraciones con una Probabilidad de Efecto Tóxico Bajo (LOAEL) y la Concentración más Alta de Efecto No Observado (NOAEL) en ciertas especies salvajes en un determinado escenario ecológico. Respecto a ello, se ha procedido comparar el UCL95 y/o concentración más alta de cada CP determinado en este escenario, a fin de determinar su toxicidad independientemente de cada matriz ambiental. A continuación, se detalla la toxicidad y su efecto, teniendo en cuenta los NOAEL de una especie representativa y sensible a estos CP.

^{jj} Ecological Risk Assessment Guidance for Superfund: Process for Designing and Conducting Ecological Risk Assessments - US EPA

^{kk} Toxicological Benchmarks for Wildlife: 1996 Revision. - U.S. Department of Energy.

Cuadro 4-15 NOAEL para CP de la matriz suelos – sitio S0114 (Sitio 14) - Sur

CP	NOAEL* (mg/kg/d)	Descripción
Selenio	0,056	El NOAEL asumido para estos CP proviene de la especie <i>Odocoileus virginianus</i> (Ciervo cola blanca), la cual se ha considerado en el presente estudio como especie análoga al <i>Tapirus terrestris</i> (Tapir), bajo el supuesto de que esta sea una especie frecuente de la zona. Se asume que este valor podría tener los mismos efectos de toxicidad sobre el tapir, ejemplar del sitio S0114 (Sitio 14).
Benzo (a) antraceno	0,15 ^a	
Fenantreno	0,15 ^a	

* Toxicological Benchmarks for Wildlife: 1996 Revision. Tabla N°12.

^a Se consideró el valor del Benzo(a) pireno como valor representativo de la suma total de los HAPs.

Cuadro 4-16 NOAEL para CP de la matriz suelos – sitio S0114 (Sitio 14) - Norte

CP	NOAEL* (mg/kg)	Descripción
Boro	7,9	El NOAEL asumido para estos CP proviene de la especie <i>Odocoileus virginianus</i> (Ciervo cola blanca), la cual se ha considerado en el presente estudio como especie análoga al <i>Tapirus terrestris</i> (Tapir), bajo el supuesto de que esta sea una especie frecuente de la zona. Se asume que este valor podría tener los mismos efectos de toxicidad sobre el tapir, ejemplar del sitio S0114 (Sitio 14).
Selenio	0,056	
Hidrocarburos C10-C28	25 ^b	
Benzo (a) antraceno	0,15 ^a	
Fenantreno		
Naftaleno		

* Toxicological Benchmarks for Wildlife: 1996 Revision. Tabla N°12.

^a Se consideró el valor del Benzo(a) pireno como valor representativo del Dibenzo (a,h) antraceno.

^b Se empleó al Etil Acetato (Ester) en reemplazo al TPH Total, debido a que es un hidrocarburo que presenta similitud en su estructura química con la fracción F2

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Es preciso indicar que, de acuerdo con la información de la fase de caracterización no se encontraron evidencias de mamíferos en el sitio; sin embargo, a fines de no subestimar el riesgo, se asumió que el *Tapirus terrestris* presenta rutas o sea una especie que visita el sitio S0114 (Sitio 14). Asimismo, se contemplaron valores son referenciales los cuales se basan en estudios de toxicidad (obteniendo así valores NOAEL de algunas especies); es por ello que se consideró al *Odocoileus virginianus* como una especie análoga respecto al *Tapirus terrestres*, asumiendo de que esta especie frecuente el sitio S0114 (Sitio 14), a fin de tener una idea del grado de toxicidad que podría generarle.

4.4 Evaluación de la exposición.

A) Caracterización de los receptores y escenarios de exposición

La identificación de receptores se realizó según la información levantada en campo, estableciendo posibles escenarios de exposición.

A.1 Receptor y escenario ecológico

Se ha identificado un (1) un posible receptor ecológico, el cual agrupa tanto a ecosistemas, así como a la fauna y flora silvestre del sitio S0114 (Sitio 14); pudiendo esta verse afectada por la presencia de estos CP. De acuerdo con el análisis de toxicidad, se han determinado que estos CP son tóxicos a ciertos umbrales de acuerdo con la cada especie, y en base al modelo conceptual del sitio se define tres (03) posibles rutas de exposición:

- **Suelo**

Tanto especies de flora como fauna *in situ* podrían asimilar estos CP por contacto dérmico o por absorción por el sistema radicular. De acuerdo con la información recopilada en la etapa de caracterización, se identificó a la especie *Lepidocaryum tenue* la cual tiene un uso potencial por la población para la construcción de tejados de sus viviendas.

Fotografía 4-1 Flora identificada en el sitio S0114 (Sitio 14)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

No se registraron indicios de fauna silvestre en el lugar. Sin embargo, la especie dominante es *Tapirus terrestris* "Tapir", la cual no es cazada por los pobladores, ya que según alegan, esta especie está demasiado contaminada para ser consumida por ellos.

- **Aire**

La flora del sitio S114 (Sitio 14) en primera instancia sería afectada por la asimilación de vapores/partículas de los CP (bajo un escenario conservador) a través de las hojas (haz y envés). Paralelamente la fauna no es exenta a esta exposición, la cual estaría expuesta a la inhalación en función a la periodicidad y/o recurrencia de estas especies al sitio impactado (la fauna que pueda transitar cercana al sitio).

En caso de los metales pesados, es probable que estos pueden propagarse por dispersión de partículas; específicamente en el sitio S0114 (Sitio 14) Norte, donde existe un área desnuda la cual podría ser susceptible al transporte de partículas por acción del viento. Caso contrario es el sitio S0114 (Sitio 14) Sur, donde el área que lo caracteriza presenta una alta saturación en la superficie del suelo (arcilla), sumado a la cobertura de hojarasca en descomposición, y la vegetación frondosa del lugar, actúan como barreras naturales que atenúen esta dispersión.

• Agua Superficial

Las especies de flora y fauna presentarían un alto grado de afectación, toda vez que el agua es un elemento esencial para la subsistencia de dichas especies. El contacto con los CP presentes en el agua superficial sería por ingesta directamente (fauna) y absorción en las raíces (flora).

De acuerdo con la información recopilada en la etapa de caracterización, tanto en época húmeda y seca se observó una dominancia del orden Characiformes para el componente Necton, información corroborada por estudios anteriores en la Amazonía peruana (Ortega *et al.*, 2007; Ortega *et al.*, 2010, Ortega *et al.*, 2012); donde se registraron 11 especies de peces durante el monitoreo de época húmeda, todas nativas y ninguna introducida. Estas estuvieron agrupadas en tres (3) órdenes (Characiformes, Siluriformes, Cichliformes) y cuatro (4) familias (Bryconidae, Characidae, Loricariidae, Cichlidae).

Respecto a hidrobiología, se tiene para el fitoplancton en 11 especies de fitoplancton, destacando el Phylum Bacillariophyta con casi la totalidad de las especies registradas (82 %) para la época húmeda, y 24 especies de fitoplancton, destacando el Phylum Bacillariophyta con 8 especies representando el 33 % de dominancia, seguido por Charophyta con 7 especies para la época seca. Para el zooplancton en época húmeda, se colectaron 20 especies, distribuidas en 4 phylum, destacando los Phylum Rotífera y Nemátoda, con 11 y 4 especies respectivamente, representando el 55 % y 20 % de dominancia, y para la época seca se registraron 19 especies, distribuidas en 4 phylum, destacando el Phylum Rotífera con 9 especies representando el 47,36 % de dominancia. El perifiton presentó más especies recolectadas en la época seca, con 34 especies de perifiton, destacando el phylum Bacillariophyta con 12 especies representando el 35,3 % de dominancia.

Con la información hidrobiológica disponible se pudo realizar un análisis cualitativo de la toxicidad de CP encontrados en peces, a fin de demostrar que las concentraciones de estos elementos en las aguas superficiales del sitio S0114 (Sitio 14) no representan un riesgo hacia estos receptores ecológicos (dado que en esta matriz ambiental no se identificaron CP).

A.2 Receptor y escenario humano

Se determinaron tres (3) escenarios para el receptor humano (poblador de la Comunidad Nativa Nueva Jerusalén): i) Poblador Local – Trabajador Industrial; ii) Cazadores y pescadores esporádicos (adulto y niño); iii) Poblador Local - Residentes de la C.N. Nueva Jerusalén

Los receptores primarios (in situ) corresponden a los trabajadores industriales y cazadores y/o pescadores esporádicos (adulto y niño) y los receptores secundarios (ex situ) corresponde a los residentes de la CN Nueva Jerusalén, conforme a lo planteado en el modelo conceptual.

Escenario Humano N° 1: Poblador Local – Trabajador Industrial

El receptor humano 1 corresponde a los trabajadores industriales, por ende, es probable que estos receptores transiten por el sitio impactado para realizar actividades estrictamente de carácter industrial (verificación, inspección, etc.) o en zonas cercanas. En el Cuadro 4-17 se presenta los datos generales u otros datos del receptor humano 1:

Cuadro 4-17 Receptor/Escenario humano 1 - sitio S0114 (Sitio 14)

Escenario Humano N° 1: Trabajadores industriales	
Datos Generales	El grupo poblacional corresponde a pobladores de la C.N. Nueva Jerusalén adultos mayores a 18 años de edad y de género masculino
Espacios Educativos	N.A.
Vulnerabilidad	N.A.
Fuentes de agua potable y alimentos	N.A.
Aspectos migratorios	N.A.
Preocupación de las comunidades	N.A.

N.A.: No Aplica.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Escenario Humano N° 2: Poblador Local – Cazadores y pescadores esporádicos

Este receptor corresponde a pobladores adultos de la Comunidad Nativa Nueva Jerusalén que realizan actividades de pesca y/o caza en el sitio impactado (in situ) en acompañamiento de niños en el rango de edad de 6 a 11 años, este último receptor se evalúa dado que representan el receptor más sensible y vulnerable. Este escenario es hipotético pues la posibilidad que personas ingresen al sitio impactado y realicen específicamente las actividades en mención, es relativamente baja (ver Cuadro 4-18).

Cuadro 4-18 Receptor/Escenario humano 2 - sitio S0114 (Sitio 14)

Escenario Humano N° 2: Cazadores y pescadores esporádicos		
	Adulto (2A)	Niño (2B)
Datos Generales	El grupo poblacional corresponde a los pobladores “adultos” de la CN Nueva Jerusalén que realicen actividades esporádicas de pesca y/o caza en el sitio. Rango de edad: mayores de 18 años	El grupo poblacional corresponde a los pobladores “niños” de la CN Nueva Jerusalén que realicen actividades esporádicas de pesca y/o caza en el sitio. Rango de edad: 6 a 11 años
Espacios Educativos	La institución educativa de la CN Nueva Jerusalén es de nivel inicial, primario y secundario. Cuenta con infraestructura de material noble, con espacios para aulas divididos por secciones y con servicios higiénicos.	
Vulnerabilidad	Los registros de morbilidad señalan como principales enfermedades a las infecciosas intestinales, helmintiasis, infecciones agudas de las vías respiratorias superiores y enfermedades de la cavidad bucal con mayor prevalencia en el grupo de edad de 0 a 11 años. Las condiciones sanitarias que son deficientes en la comunidad, algunas viviendas cuentan con servicios higiénicos (letrinas).	
Fuentes de agua potable y alimentos	El agua propia de los cursos de agua en torno a los sitios impactados no es utilizada para riego o consumo humano, debido a que se encuentran distantes a los asentamientos. La comunidad cuenta con una pequeña planta de tratamiento comunal que no logra abastecer al total de su población.	
Aspectos migratorios	La emigración se da a localidades cercanas como Andoas, de distancias intermedias como San Lorenzo, Lagunas o Yurimaguas y más distantes como Iquitos, pero no se manifiestan motivos ligados a las actividades de hidrocarburos; sino por estudios, salud o negocios.	
Preocupación de las comunidades	Afección a su entorno y el medio ambiente.	

N.A.: No Aplica.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Escenario Humano N° 3: Poblador Local – Residentes de la C.N. Nueva Jerusalén

El receptor humano 3, corresponde al asentamiento donde se emplaza el núcleo poblacional principal de la C.N. Nueva Jerusalén, el cual se localiza aproximadamente a 15,8 km de distancia del Sitio S0114 (Sitio 14); por consiguiente, representa un escenario de evaluación de receptores fuera del sitio (ex situ).

Esta población podría verse afectada por una eventual exposición de contaminantes que lixivian al subsuelo y son transportados por las aguas subterráneas, para posteriormente descargar en aguas superficiales de relevancia para la comunidad (río Corrientes) para fines de usos recreacionales (ver Cuadro 4-19).

Cuadro 4-19 Receptor/Escenario humano 3 - sitio S0114 (Sitio 14)

Escenario Humano N° 3: CN Nueva Jerusalén	
Datos generales	El grupo poblacional corresponde a la CN Nueva Jerusalén cuenta con una población estimada asciende a las de 500 personas; entre adultos, adolescentes y niños de género masculino y femenino. Su tipo de vivienda se caracteriza por tener una sola habitación, sin paredes o divisiones, como era antiguamente, y otras que ya tienen separaciones o cuartos en su interior. Algunas casas son con pona o techos con hojas de palmera tejidas, en algunas casas también se han reutilizado calaminas o bidones abiertos que sirven de cercos o paredes.
Espacios educativos	La institución educativa de la CN Nueva Jerusalén es de nivel inicial, primario y secundario. Cuenta con infraestructura de material noble, con espacios para aulas divididos por secciones y con servicios higiénicos.
Vulnerabilidad	Los registros de morbilidad señalan como principales enfermedades a las infecciosas intestinales, helmintiasis, infecciones agudas de las vías respiratorias superiores y enfermedades de la cavidad bucal con mayor prevalencia en el grupo de edad de 0 a 11 años. Las condiciones sanitarias que son deficientes en la comunidad, algunas viviendas cuentan con servicios higiénicos (letrinas).
Fuentes de agua potable y alimentos	El agua propia de los cursos de agua en torno a los sitios impactados no es utilizada para riego o consumo humano, debido a que se encuentran distantes a los asentamientos. La comunidad cuenta con una pequeña planta de tratamiento comunal que no logra abastecer al total de su población.
Aspectos migratorios	La emigración se da a localidades cercanas como Andoas, de distancias intermedias como San Lorenzo, Lagunas o Yurimaguas y más distantes como Iquitos, pero no se manifiestan motivos ligados a las actividades de hidrocarburos; sino por estudios, salud o negocios.
Preocupación de las comunidades	Afección a su entorno y al medio ambiente.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

En el ítem 4.9 *Factores culturales y sociales* se presenta una mayor descripción del receptor humano referente a la Comunidad Nativa Nueva Jerusalén.

B) Cálculo de la dosis de exposición en seres humanos (para las vías de exposición relevantes)

La estimación de la dosis de exposición en seres humanos se realizó independientemente para el sitio S0114 (Sitio 14) - Sur y el sitio S0114 (Sitio 14) - Norte.

• Selección de factores de exposición

Para determinar la dosis de exposición fue necesario una selección preliminar de ciertos parámetros como características de los CP, tales como: parámetros de la contaminación, parámetros fisiológicos y biológicos de los receptores humanos identificados y parámetros relacionados al escenario de exposición.

En los siguientes cuadros se presenta los parámetros de los contaminantes de preocupación, como concentración en el foco, propiedades físico-químicas, biodisponibilidad, dosis de referencia por cada vía de exposición identificada (contacto dérmico e ingestión), entre otros para el sitio S0114 (Sitio 14) - Sur y sitio S0114 (Sitio 14) - Norte; asimismo en el Anexo 6.6.3, se adjunta la descripción detallada de las propiedades físicoquímicas de los CP seleccionados para el escenario humano.

Cuadro 4-20 Parámetros de los contaminantes de preocupación para suelos – sitio S0114 (Sitio 14) ubicado al sur

CP	CF	SA	PV	Log (K _{oc})	FBD _R	FBC	DdR (Der.)	DdR (Ing.)	DdR (Inh)
Selenio	1,252	0,0	0,00	1,33	1,00	ND	0,005	0,005	0,0126
Benzo (a) antraceno	0,225	0,01	1,54E-07	5,55	1,00	9200	0,005	0,005	ND
Fenantreno	0,169	0,994	6,80E-04	4,15	1,00	2630	0,03	0,03	ND

ND: No definido, no se obtuvo información del parámetro en la normativa seleccionada para la presente ERSa (Cuadro No. 6.5).

CF: Concentración en el foco (mg/kg MS)

SA: Solubilidad acuosa (@ 20 – 25 °C) mg/L

PV: Presión de vapor (@ 20 – 25 °C) mm Hg

Log (K_{oc}): Constante de partición octano agua (@ 20 – 25 °C).

Log (K_d): Coeficiente de distribución suelo-agua (@ 20 – 25 °C).

FBD_R: Factor de biodisponibilidad relativa

FBC: Factor de bioconcentración:

DdR_{DER}: Dosis de referencia dérmica (mg/kg/día)

DdR_{ING}: Dosis de referencia oral (mg/kg/día)

DdR_{INH}: Dosis de referencia por inhalación (m³/día)

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 4-21 Parámetros de los contaminantes de preocupación para suelos – sitio S0114 (Sitio 14) ubicado al norte

CP	CF	SA	PV	Log (K _{oc})	FBD _R	FBC	DdR (Der.)	DdR (Ing.)	DdR (Inh)
Boro	2,057	ND	ND	ND	1,00	ND	0,2	0,2	0,02
Selenio	1,67	0,0	0,00	1,33	1,00	ND	0,005	0,005	0,0126
Fracción de Hidrocarburos (<C10-C28)	2475	5,8	3,65E-02	3,70	1,00	ND	0,04	0,04	0,2
Benzo (a) antraceno	0,353	0,01	1,54E-07	5,55	1,00	9200	0,005	0,005	ND

Cuadro 4-21 Parámetros de los contaminantes de preocupación para suelos – sitio S0114 (Sitio 14) ubicado al norte

CP	CF	SA	PV	Log (K _{oc})	FBD _R	FBC	DdR (Der.)	DdR (Ing.)	DdR (Inh)
Fenantreno	1,042	0,994	6,80E-04	4,15	1,00	2630	0,03	0,03	ND
Naftaleno	1,052	31,4	8,89E-02	3,19	1,00	430	0,02	0,02	0,003

ND: No definido, no se obtuvo información del parámetro en la normativa seleccionada para la presente ERSa (Cuadro No. 6.5).

CF: Concentración en el foco (mg/kg MS)

SA: Solubilidad acuosa (@ 20 – 25 °C) mg/L

PV: Presión de vapor (@ 20 – 25 °C) mm Hg

Log (K_{oc}): Constante de partición octano agua (@ 20 – 25 °C).

Log (K_d): Coeficiente de distribución suelo-agua (@ 20 – 25 °C).

FBD_R: Factor de biodisponibilidad relativa

FBC: Factor de bioconcentración:

DdR_{DER}: Dosis de referencia dérmica (mg/kg/día)

DdR_{ING}: Dosis de referencia oral (mg/kg/día)

DdR_{INH}: Dosis de referencia por inhalación (m³/día)

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El Anexo 6.6.4 se presenta los parámetros biológicos y fisiológicos del receptor humano que fueron utilizados para el cálculo de la dosis de exposición, tanto para el S0114-Sur y S0114-Norte. En el siguiente cuadro se presenta un resumen de los parámetros por cada receptor humano identificado.

Cuadro 4-22 Parámetros de exposición utilizados para los receptores humanos

Parámetro de exposición	Receptor humano 1	Receptor humano 2 Cazador / Pescador		Receptor humano 3 Residencial	
	Trabajador	Adulto	Niño (a)	Adulto	Niño (a)
Tiempo promedio para agentes cancerígenos (años)	74,5*	74,5*		74,5*	
Tiempo promedio para agentes no cancerígenos (años)	24*	24*	12*	24	12*
Peso corporal (kg)	65*	65*	29*	65*	29*
Duración de la exposición (años)	24*	24*	12*	24	12*
Tiempo promedio para el flujo de vapor (años)	24	24		24	
Frecuencia de la exposición (días/año)	230*	96**	96**	365	365
Frecuencia de exposición para la exposición dérmica (días/año)	230*	96**	96**	365	365
Tasa de ingestión de agua (L/día)	NA	2*	1*	2*	1*
Tasa de ingestión de suelo (mg/día)	200*	200*	200*	50*	200*

Cuadro 4-22 Parámetros de exposición utilizados para los receptores humanos

Parámetro de exposición	Receptor humano 1	Receptor humano 2 Cazador / Pescador		Receptor humano 3 Residencial	
	Trabajador	Adulto	Niño (a)	Adulto	Niño (a)
Área de la superficie de la piel (estacional) (cm ²)	1815*	1 815*	2094*	1 815*	2 094*
Factor de adherencia del suelo a la piel (mg/cm ²)	0,75*	0,75*	0,75*	0,75	0,75
Área de la superficie de la piel durante la inmersión (cm ²)	NA	19 400*	8 750*	19 400*	8 750*
Tasa de ingestión de pescado (kg/año)	NA	1,0	1,0	1,0	1,0

Valores predeterminados de la ASTM E-2081 y Exposición Máxima Razonable (RME) especificados en la guía publicada por la U.S. EPA.

*Valores obtenidos del Anexo C de la Guía ERSa (RM: 034-2015-MINAM).

** Se asume una frecuencia de exposición de dos (2) veces a la semana, equivalente a 96 días/año.

(a) Niños en el rango de edad de 6 a 11 años.

NA: No aplica.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Es importante mencionar que varios de estos parámetros fueron tomados de literatura relevante para el presente ERSa, algunos de estos se encuentran preestablecidos en el programa RBCA Toolkit y fueron descritos anteriormente en la sección 4.1.

Cuadro 4-23 Fuentes consultadas para el cálculo de la dosis de exposición

Parámetro	Normativa / estándar (nacionales)	Descripción
Compuesto de preocupación	RG-366 TRRP-19 (TX11)	Texas Risk Reduction Program, RG-366 TRRP-19, Toxicity Factors and Chemical/Physical Parameters, June 2001; (toxicity and physical/chemical properties tables dated May 24,2011
	EPA SW-846	USEPA, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Third Edition, OSWER, November 1986.
	EPA 8270C	USEPA, Method 8270C, Revision 3, "Semivolatile Organic Compounds by GC/MS", December 1996.
	EPA-H	USEPA Health Effects Assessment Summary Tables (HEAST), July, 1997
	ISBN -0-07-039175-0	Handbook of Chemical Property Estimation Methods, 1982, W.J. Lyman, (McGraw-Hill, New York), ISBN -0-07-039175-0.
	EPA 816-F-03-016	National Primary Drinking Water Regulations, EPA 816-F-03-016, June 2003, downloaded February 2007
	---	Occupational Safety and Health Administration, downloaded June 2003
	---	American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 1997

Cuadro 4-23 Fuentes consultadas para el cálculo de la dosis de exposición

Parámetro	Normativa / estándar (nacionales)	Descripción
	30 TAC 307	Texas Surface Water Quality Criteria, 30 TAC 307 Table 1, downloaded June 2003
		Texas Surface Water Quality Criteria, 30 TAC 307 Table 3, downloaded June 2003
	---	USEPA Integrated Risk Information System (IRIS), as of March 31, 2007
	---	Technical evaluation of the Intervention Values for Soil/Sediment and Groundwater, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. RIVM report 711701 023. February 2001
	---	Contaminated Land Exposure Assessment (CLEA) Model
Fisiología y biología del receptor	Guía ERSA (R.M. N° 034-2015-INAM)	Anexo C: Tabla de datos para el cálculo de la exposición
Escenario de Exposición	NA	La frecuencia de exposición para el receptor humano 1 (trabajadores industriales) se ha considerado 230 días (acorde a los valores recomendados en la Guía ERSA); para el receptor humano 2, una frecuencia de 96 días al año; para el receptor humano 3 (C.N. Nueva Jerusalén), una frecuencia de 365 días, debido a que los fines recreacionales y de consumo son frecuentes durante todo el año.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

• Ecuaciones para el cálculo de la exposición

Tal como se ha mencionado en varias secciones del documento, la evaluación de riesgos hacia la salud humana se realizó mediante el uso del software RBCA Toolkit, el cual cuenta con valores predeterminados para cada CP, así como las fórmulas según la vía de exposición.

Para la presente ERSA se seleccionaron las vías ingestión de suelos, ingestión de aguas superficiales, exposición por contacto dérmico e ingesta de alimentos. Es importante mencionar que tanto la Guía ERSA como el software RBCA Toolkit utiliza a las Guías EPA como referencia para el cálculo de la exposición.

4.5 Rutas y vías de exposición (mecanismos de transporte) de los contaminantes asociados a las actividades de hidrocarburos.

Se identificaron rutas y vías de exposición en función a los acontecimientos de contaminación relevantes históricos, actuales y los que podrían ocurrir en un futuro.

• Mecanismos de transporte

Se consideran mecanismos de transporte a los fenómenos físicos que intervienen en la translocación de los contaminantes en el área de estudio.

Para el sitio S0114 (Sitio 14) se identificó el mecanismo de transporte por erosión y dispersión de partículas de CP (metales, TPH o ciertos HAPs, según aplique), los cuales fueron encontrados en el suelo superficial (profundidad menor a 0,6 m), por tal podrían ser transportadas por acción del

viento desde el foco hasta el receptor industrial, cazador esporádico y/o receptores ecológicos que habiten en el sitio o cercanos a este. Es importante mencionar que estos mecanismos de transporte se ven debilitados por la presencia de cobertura vegetal que actúa como barrera natural en el sitio S0114 (Sitio 14) - Sur y en menor medida en el sitio S0114 (Sitio 14) - Norte, así como la saturación del suelo, contenido de materia orgánica en el suelo, textura del suelo, topografía del terreno, entre otros.

Asimismo, los CP se encontraron en profundidades que alcanza el subsuelo, hasta los 4,8 m de profundidad en el sitio S0114 (Sitio 14) - Norte y hasta los 3,6 m en el sitio S0114 (Sitio 14) - Sur, por lo que se puede dar el mecanismo de lixiviación y transporte al agua subterránea y superficial.

Finalmente se considera como un mecanismo de transporte el escurrimiento de agua superficial, proveniente de las fuertes precipitaciones (3 057 mm anuales), la cual arrastraría contaminantes del suelo a cuerpos de agua superficial. Este mecanismo de transporte tiende a ser netamente mecánico; dado que las fuertes precipitaciones podrían generar la fragmentación de los sedimentos impactados, formando sólidos suspendidos que contengan ciertos contaminantes de preocupación adheridos a dichas partículas; así como acción mecánica antropogénica (remoción del medio) y el posible paso de animales (sajinos, sachavacas, etc.). Se tiene en cuenta que no hay diferencia significativa en cuanto al tipo de contaminante que se transporta por esta vía, ya sea soluble o insoluble en agua, pesado o liviano, libre o en un matiz compleja.

Estos mecanismos de transporte descritos forman parte de la evaluación del riesgo humano, para cada receptor humano y ecológico identificado, según aplique.

• Rutas de exposición

Entendiendo como exposición todo contacto de los límites exteriores de un determinado receptor con los componentes del medio que lo rodea. Estas rutas de exposición hacen referencia específica al mecanismo de ingreso de estos contaminantes al cuerpo de un determinado receptor donde se puede determinar de manera preliminar; dependiendo de las propiedades físicas y químicas de la sustancia, si esta se absorbe o no y en qué medida.

Existen dos propiedades fisicoquímicas generales en las sustancias contaminantes que pueden orientar en el tipo de vía de absorción predominante, estas son la volatilidad medida por la presión de vapor de la sustancia y la otra es su coeficiente de partición octanol / agua que da una idea de que tan fácilmente una sustancia puede atravesar una membrana biológica^{II}.

En este orden de ideas, cuando una sustancia tiene una presión de vapor baja, alcanza rápidamente el equilibrio con su fase de vapor y se volatiliza a menor temperatura, esto se traduce que esta sustancia puede ingresar fácilmente por la vía inhalatoria.

Por otro lado, si una sustancia tiene un coeficiente de partición octanol / agua superior a 3, se interpreta que la sustancia es liposoluble y por ende puede atravesar más fácilmente las barreras biológicas, como la piel. En este sentido, esta propiedad hace que la vía de exposición dérmica sea importante para este tipo de sustancias.

Es importante resaltar que a pesar de que existen muchas otras características fisicoquímicas que permiten predecir el comportamiento de las sustancias químicas potencialmente contaminantes, estas dos relacionadas anteriormente son un indicador básico y en la mayoría de los casos suficiente para hacer este tipo de análisis.

^{II} Fleming Martínez et al (2001). Efecto de la miscibilidad parcial entre octanol y agua sobre la solubilidad y el reparto de algunas sulfonamidas.

Dentro de las vías de exposición, se tienen las vías más comunes o extensas en función de su interacción con los componentes ambientales y sus posibles contaminantes; siendo estas la vía oral o digestiva, la vía inhalatoria y la vía dérmica. Existen otras vías de entrada de los contaminantes al organismo tales como la placentaria, leche materna y parenteral; sin embargo, no son objeto de análisis en este documento.

Vía digestiva: es la vía más común en intoxicaciones con agentes químicos, los cuales se absorben principalmente en el estómago e intestino debido a que ofrecen un área superficial más grande en comparación con los tejidos de la mucosa orofaríngea, por ejemplo.

La absorción de los contaminantes depende no solo de las características fisicoquímicas de estos sino también de la movilidad intestinal, gran área de exposición y otras variables fisiológicas que harían que aun pequeñas dosis fueran absorbidas ampliamente.

Vía inhalatoria: esta vía de exposición es la más común para la absorción de gases, vapores y material particulado. La absorción comienza desde la nariz misma hasta los pulmones; la nariz actúa junto con sus vellosidades como filtro de partículas y la mucosa oro nasal como una trampa para las mismas.

Cuando los contaminantes llegan a los pulmones usan el mecanismo de intercambio gaseoso entre el oxígeno y el dióxido de carbono para ingresar al torrente sanguíneo y distribuirse en el organismo hacia los órganos blanco.

Los pulmones tienen la característica de una gran superficie de contacto que hace que la velocidad de difusión de los gases sea muy alta, más aún en consideración de la escasa barrera con un torrente sanguíneo alto.

Vía Dérmica: la absorción a través de la piel o absorción percutánea permite el ingreso de sustancias exógenas al organismo. La absorción por esta vía se favorece por las características fisicoquímicas del contaminante y por el grosor de la epidermis principalmente. De manera general, entre más gruesa sea la epidermis, menor es la probabilidad de que los contaminantes puedan ingresar al organismo por esta vía.

La penetración de sustancias contaminantes por esta vía puede expresarse como un flujo de penetración para cada sustancia específica en unidades de miligramos por área superficial de piel y por unidad de tiempo; esto equivaldría a la velocidad teórica con que la sustancia particular penetra la piel.

Si bien es cierto que la dificultad para la estimación de este flujo de penetración es difícil de calcular, se sabe que es función del Kp o coeficiente de permeabilidad y el gradiente de concentración del contaminante.

Se supone que, para la exposición a suelos por contacto dérmico e ingestión accidental, sucede en el área inmediata al suelo afectado y, por definición, aplica sólo a los receptores que están en el sitio (*in situ*).

El receptor del escenario humano N° 1, corresponde al poblador local de la C.N. Nueva Jerusalén que es trabajador industrial del lote petrolero y probablemente transita por los Sitios S0114 (Sitio 14) – Norte y Sur, por tal corresponde a un receptor *in situ* y se espera la afectación a través de las rutas de exposición por contacto dérmico, ingestión e inhalación de partículas del suelo, tomando en cuenta la posibilidad de ingreso del receptor al foco de contaminación para inspecciones esporádicas.

El receptor del escenario humano N° 2 (*in situ*) corresponde al poblador local adulto y niño que visitan los sitios o transitan cerca a estos, para desarrollar actividades como la caza y pesca

esporádicamente, podrían verse afectados por las vías de exposición de contacto dérmico, ingestión accidental e inhalación de partículas del suelo e indirectamente con los contaminantes que lixivian y descargan en quebradas cercanas, dado las condiciones favorables para el desarrollo de las actividades en mención, no se considera la ruta de exposición por ingestión de agua no tratada. No se ha considerado el análisis de riesgos por ingestión directa de agua superficial de las quebradas cercanas al Sitio S0114 (sitio 14) Norte y Sur, dado que no se determinaron contaminantes de preocupación en la matriz agua superficial, e incluso la presencia de metales como el arsénico reportaron concentraciones inferiores al límite de detección.

Para el receptor del escenario humano N° 3 (C.N. Nueva Jerusalén), se plantea una potencial ruta de exposición por contacto dérmico e ingestión accidental de agua superficial afectada con los CP derivados de los derrames ocurridos en el sitio S0114 (Sitio 14). Esta exposición puede generarse, considerando que tanto las aguas superficiales como las subterráneas tienen una potencial relación respecto a la descarga de estas; pudiendo existir un contacto de las aguas superficiales de la Quebrada Pucacuro (S0114-Norte) y la Quebrada S/N (S0114-Sur) con las aguas del río Macusari, el cual pasa por las cercanías de la CN Nueva Jerusalén donde se frecuenta el uso recreativo de estas aguas. Asimismo, puede existir una exposición por consumo de pescado capturado en el río Macusari o proveniente de piscicultoras que usan el agua del río para alimentar sus lagunas de crianza.

Para este último receptor no se considera la ruta de exposición por inhalación de partículas, porque la distancia entre el foco de contaminación y el receptor es de 15,8 km, y tampoco la ruta de exposición por contacto dérmico e ingestión accidental de suelos, porque estas rutas de exposición afectan únicamente a los receptores en el sitio impactado.

Finalmente, dentro del modelo conceptual del sitio S0114 (Sitio 14) se consideró principalmente la interacción de un receptor ecológico con el suelo potencialmente contaminado con sustancias químicas, a través del contacto directo (dérmico y absorción) y la posible ingestión de material vegetal contaminado (receptor en sitio). Este mismo tipo de receptor puede estar expuesto a partículas de sustancias contaminantes que por la inhalación pueden ingresar al organismo del receptor.

Es importante mencionar que, existe una relación entre el receptor ecológico y el receptor humano, debido al hábito de la caza en este sector; el cual no necesariamente se puede dar en el sitio S0114 (Sitio 14). Sin embargo, la fauna tiene a desplazarse grandes distancias, existiendo una posibilidad de que transiten por el sitio impactado; y al estar expuestos a estos contaminantes se puedan ver afectados y se trasladen a áreas donde se realice la caza por parte de los pobladores.

4.6 Posible migración de los contaminantes de un medio físico a otro.

A partir de las fuentes secundarias identificadas se determinó que existen cuatro (04) mecanismo de transporte y varias vías de exposición potenciales para el escenario humano y ecológico, sin embargo, se definieron como rutas completas o incompletas según la relación entre dicha vía, el receptor y el escenario planteado.

Para cada uno de los contaminantes de preocupación (CP) identificados en los capítulos anteriores, se evaluó su posible migración a otros medios físico. Esto se realizó considerando de manera cualitativa las propiedades fisicoquímicas y las concentraciones encontradas de cada contaminante y las características hidrogeológicas del sitio.

Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)

Estos compuestos son relativamente insolubles en agua y tienen una gran afinidad por la materia orgánica, por lo que tienden a permanecer enlazados a partículas de suelo y se disuelven muy lentamente en agua. Usualmente el transporte de este contaminante ocurre en suelo, sedimentos y partículas suspendidas^{mm}, lo cual corresponde con los resultados obtenidos dado que, estos compuestos se encontraron en concentraciones que superan los límites de referencia solo en suelo. De acuerdo con estos argumentos su migración al agua subterránea y superficial es poco probable a menos que sean arrastrados al agua cuando están adsorbidos en coloides.

Por otro lado, se considera que la dispersión de partículas de suelo contaminadas con HAPs es posible dado que, existen algunas zonas descubiertas en el sitio S0114 (Sitio 14) - Norte y en menor medida en el sitio S0114 (Sitio 14) - Sur y además se encontraron concentraciones de dichos contaminantes sobre el estándar de referencia en suelo superficial (< 0,6 m).

Hidrocarburos de Petróleo

Las fracciones encontradas F2, correspondiente a cadenas de más de 10 carbonos, son mezclas poco volátiles y muy viscosas, con baja solubilidad en agua y movilidad reducida en el suelo. Cuando las condiciones están dadas, estos compuestos infiltran en el subsuelo y pueden alcanzar el nivel freático. Sin embargo, según lo observado en el sitio S0114 (Sitio 14) - Norte, los hidrocarburos presentes se encuentran meteorizados y representan las fracciones más recalcitrantes, lo cual hace prácticamente nula su movilidad a través del suelo, que además posee baja permeabilidad. En este mismo sentido los resultados de análisis de estas fracciones de hidrocarburos en agua subterránea y superficial mostraron concentraciones por debajo de los límites de detección de los métodos de análisis empleados.

Metales

El comportamiento ambiental de los metales depende altamente de su especiación química. Su solubilidad en agua depende de la habilidad de las especies para reaccionar con otras disueltas y formar precipitados insolubles (complejos) y a adsorberse en superficies cargadasⁿⁿ.

En el caso particular de los metales pesados, su movilidad en suelo es función de varios factores como la forma de unión química, el pH en el suelo, el potencial redox, el contenido de sustancias orgánicas, el contenido de minerales de arcilla del suelo.

El Boro no tiene propiedades volátiles como el mercurio, por lo que la migración al aire no sería posible por volatilización, sin embargo, si se podría presentar dispersión de partículas de suelo conteniéndolos dado que, se encontraron concentraciones sobre los niveles de fondo y ECA para Boro en el suelo superficial (<0,6m).

La movilidad de selenio en suelo, depende en gran medida de la forma o especie química presente y del valor de pH. Sin embargo, a diferencia de los anteriores, la solubilidad del Selenio aumenta con valores de pH por encima de 5^{oo}. Aunque se encontraron concentraciones detectables de este contaminante de interés tanto en agua subterránea como en el agua superficial, estas no superaron los estándares de referencia considerados.

mm ASTM E 2081-00 Standard Guide for Risk Bases Corrective Actions

nn ASTM E 2081-00 Standard Guide for Risk Bases Corrective Actions

oo Guía para la Elaboración de Estudios de Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente (ERSA) en sitios contaminados, 2015.

Por lo descrito, por lixiviación del subsuelo afectado (profundidad superior a los 0,6 m) se espera que ningún CP se transporte hacia las aguas subterráneas para su posterior afloramiento y/o descarga en aguas superficiales.

Cuadro 4-24 Vías de exposición del sitio S0114 (Sitio 14)

Medios de contacto	Vías de potencial exposición
Suelo	Contacto dérmico / ingestión / inhalación
Aguas superficiales	Contacto dérmico / Ingestión
Aire	Inhalación
Alimentos	Ingestión

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

4.7 Factores que modifiquen el efecto de los contaminantes sobre los receptores.

En un escenario de exposición múltiple o única a sustancias químicas con el potencial de ejercer un efecto negativo sobre la homeostasis del receptor, juegan papeles importantes en la magnitud del efecto del contaminante mismo tanto las características de la o las sustancias como las características del individuo y el escenario de exposición.

De manera general, se pueden identificar tres grandes factores que tienen efecto directo sobre la intensidad de toxicidad de las sustancias químicas o la magnitud del efecto a saber, la dosis, la capacidad de atravesar membranas biológicas y la sensibilidad del receptor a una sustancia específica.

Sin embargo, hay factores que influyen también en la toxicidad misma de la sustancia o grupo de sustancias en evaluación y estos son los factores ambientales como la pluviosidad, temperatura, salinidad, pH, dirección e intensidad de los vientos, entre otros que podrían diluir la sustancia, concentrarla o dejarla más disponible al receptor.

Aunque en una evaluación de riesgos y en general en la aplicación de políticas públicas relacionadas con la salud ambiental contempla una población general con características antropométricas y biológicas iguales, la realidad es que la variabilidad entre individuos humanos puede ser muy grande, así como la diferencia en la respuesta frente a la exposición a la misma dosis de un contaminante particular o mezcla de ellos.

Adicionalmente, no todas las vías de exposición permiten la misma velocidad de absorción y penetración en el individuo, razón por la cual, la vía de exposición limita también el grado de toxicidad de una sustancia, es decir que una misma sustancia que esté presente en agua o en suelo podría ingresar a un receptor vía oral a través del consumo de esta agua, vía dérmica por el contacto directo con esta o vía inhalatoria por partículas suspendidas en el aire respirable sin que eso signifique que la absorción y el efecto sean de la misma magnitud necesariamente.

Lo mismo sucede con los receptores ecológicos y más aun teniendo en cuenta la variabilidad tan amplia entre especies diferentes y los efectos o desenlaces que podrían acarrear la exposición a una sustancia o mezcla de ellas.

En un nicho ecológico, se pueden tener múltiples especies que podrían verse expuestas a un contaminante particular, pero la misma biología de estos individuos puede ser tan diametralmente opuesta que se presentan poblaciones resistentes y otras sensibles a un mismo contaminante, lo que haría que los resistentes no solo sobrevivan, sino que se fortalezcan y colonicen el nicho ecológico de los sensibles ocasionando un desequilibrio ecosistémico.

Diversos estudios eco-toxicológicos han demostrado que ciertos contaminantes pueden ser transportados a lo largo de considerables distancias debido al transporte atmosférico -ambiental de largo rango, con la capacidad de bioacumularse y biomagnificarse en redes tróficas y causar y efectos negativos en especies ocupando altos niveles tróficos.

4.8 Otros factores de estrés diferentes a los contaminantes evaluados.

Si bien el análisis del presente ERSa se ha centrado principalmente en los CP, no podemos dejar de lado aquellos CP que de una u otra forma podrían representar un riesgo a la salud de las personas y al ambiente. Sin embargo, muchos de estos elementos no alcanzaron el LDA necesario para determinar concretamente entre que rangos oscilan estas concentraciones, existiendo así una incertidumbre de su presencia en las diferentes matrices ambientales evaluadas.

En el mejor de los casos, valores inferiores al LDA nos indica la ausencia de dichos contaminantes, que a pesar de que puedan estar relacionados con la contaminación histórica por hidrocarburos en el sitio, no representan un riesgo a la salud de las personas y al ambiente. Similarmente, se registraron concentraciones de ciertos CP los cuales superaron el LDA, mas no el ECA correspondiente y/o estándar internacional para cada matriz ambiental. Esto nos permite inferir que si bien es cierto hay presencia de estos elementos en el entorno, los niveles y/o concentraciones se encuentran por debajo de los estándares de calidad ambiental, los cuales definen un ambiente donde no habría algún riesgo a la salud de las personas y al ambiente.

En el Cuadro 4-25 se presenta por cada matriz ambiental los parámetros que no fueron determinados como contaminantes de preocupación; además, de su respectiva justificación.

Cuadro 4-25 Parámetros no seleccionados como contaminantes de preocupación

Matriz	Sustancia	Justificación
Suelo	Antimonio, Arsénico, Bario Total, Berilio, Cadmio, Cobalto, Cobre, Cromo Total, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plata, Plomo, Talio, Vanadio, Zinc, Hidrocarburos Totales C6-C10, Hidrocarburos Totales C28-C40, Benzo (b) fluoranteno, Naftaleno, Etilbenceno, Xilenos	Contaminantes cuya concentración máxima o el UCL95 son menores o iguales a los estándares de referencia
	Acenafteno, Antraceno, Benzo (a) pireno, Benzo (k) fluoranteno, Dibenzo (a,h) antraceno, Fluoranteno, HAPs (Suma), Indeno (1.2.3-c. d) pireno, Pireno, Benceno, Etilbenceno, Tolueno	Todos los valores medidos son inferiores al LDA– existe incertidumbre sobre la medición
Sedimento	Arsénico, Cadmio, Cobre, Cromo Total, Plomo, Zinc	Contaminantes cuya concentración máxima son menores o iguales a los estándares de referencia
	Mercurio, Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo (a) antraceno, Benzo (a) pireno, Criseno, Dibenzo (a,h) antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, Naftaleno, Pireno	Todos los valores medidos son inferiores al L.D. – existe incertidumbre sobre la medición
Agua subterránea	Cloruros, Antimonio, Bario Total, Boro, Cadmio, Mercurio, Níquel, Selenio, Talio	Contaminantes cuya concentración máxima son menores o iguales a los estándares de referencia
	Mercurio, Hidrocarburos Totales C10-C40, Hidrocarburos Totales C28-C40, Antraceno, Benzo (a) pireno, Fluoranteno y Benceno	Todos los valores medidos son inferiores al LDA – existe incertidumbre sobre la medición

Cuadro 4-25 Parámetros no seleccionados como contaminantes de preocupación

Matriz	Sustancia	Justificación
Agua superficial	Fósforo, Arsénico, Cobre, Níquel, Plomo, Selenio	Contaminantes cuya concentración máxima son menores o iguales a los estándares de referencia
	Antimonio, Bario Total, Cadmio, Cromo Total, Mercurio, Talio, Hidrocarburos Totales, Antraceno, Benzo (a) pireno, Fluoranteno, Benceno	Todos los valores medidos son inferiores al L.D. – existe incertidumbre sobre la medición

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

4.9 Factores culturales y sociales^{PP}.

Para la identificación de los factores sociales y culturales del ERSA se ejecutó una **Ficha de Relevamiento** con el objetivo de obtener información específica. Se ejecutó un número promedio de 4 a 10 entrevistas por comunidad, a cargo de la especialista en relaciones comunitarias del equipo. Cabe señalar, que la ficha de relevamiento social contó con la revisión y validación de la empresa supervisora.

Las variables de levantamiento preliminar fueron en número de tres:

- Demografía y migración
- Actividades económicas
- Dieta, nutrición y salud.

La mayor parte de la información social requerida también es posible identificarla en fuentes secundarias, debido a la serie de estudios previos en el Lote 192. Hacer uso de las fuentes secundarias se considera relevante, pues la población ya se encuentra saturada con la investigación social (primaria) de la cual han sido objeto en tiempos pasados debido al levantamiento de información para la obtención de las licencias y permisos ambientales (Estudios de Impacto Ambiental).

En el Cuadro 4-26 se presenta la Ficha Social de Relevamiento.

Para complementar la Ficha Social de Relevamiento se llevó a cabo la Observación Participante, vital para identificar otros aspectos tales como los tipos de construcción y materiales de las viviendas, los patrones de comportamiento y aspectos culturales.

^{PP} La caracterización de los Grupos de Interés y de los Factores Sociales y Culturales referidos a la Comunidad Nativa Nueva Jerusalén mantienen un mismo texto y análisis para los siguientes sitios: sitio S0110 (Sitio 5), sitio S0113 (Sitio 13), sitio S0114 (Sitio 14), sitio S0115 (Sitio 11) y sitio S0116 (Sitio 12), salvo las particularidades referidas a actividades económicas que pudieran ser propias del sitio en estudio.

Cuadro 4-26 Ficha Social de Relevamiento

Indicadores	Preguntas Semiestructuradas
a. Demografía y Migración.	- N° Familias / Hogares. - Población (N° hombres, N° mujeres y N° niños. - Características socioculturales de las viviendas. - Lugares de emigración / Motivos de emigración (enfaticar motivos referidos a la actividad de hidrocarburos). - Lugares de inmigración / Motivos de inmigración (enfaticar motivos referidos a la actividad de hidrocarburos).
b. Actividades Económicas	- Actividades económico-productivas ejecutadas en torno al casco comunal. - Actividades económico-productivas ejecutadas en torno a los sitios impactados. - Impacto de la actividad de hidrocarburos en las actividades económico-productivas.
c. Dieta, Nutrición y Salud.	- Particularidades de la dieta cotidiana. - Cambios o introducciones en la dieta por impacto de la actividad de hidrocarburos. - Características de la salud: Condiciones del establecimiento, personal, morbilidad y mortalidad.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Para complementar la ficha social de relevamiento se llevó a cabo la observación participante, vital para identificar otros aspectos tales como los tipos de construcción y materiales de las viviendas, los patrones de comportamiento y aspectos culturales.

Cuadro 4-27 Ficha de observación participante

Indicadores	Preguntas Semiestructuradas
a. Vivienda	- Tipo de vivienda (material de construcción, tipo de piso, tipo de calles, asfaltadas o no asfaltadas), localización del área residencial con respecto a la fuente (distancia, vientos dominantes, etc.), antigüedad del área residencial, proyectos de crecimiento del área residencial. - Patrones de comportamiento en el interior de la vivienda. - Presencia de contaminantes en interiores: Por ejemplo, fumigación con insecticidas, leña para la cocción de alimentos. - Localización del dormitorio y del área de preparación de alimentos. - Presencia de industria familiar: Por ejemplo, carpinterías, ladrilleras, invernaderos.
b. Fuentes de Agua y Alimentos	- Fuentes de agua potable y alimentos - Determinar las fuentes de agua potable y alimentos de los receptores, con el propósito de establecer si hay una exposición a contaminantes de preocupación por el consumo de éstos. Se debe considerar además una posible exposición por el uso utensilios de cocina que contengan contaminantes de preocupación
c. Área de Recreación	- Áreas donde juegan los niños, - Tipo de piso del área de recreación, - Localización del área con respecto a la fuente. - Antigüedad del área de recreación, - Eventos de restauración en el área - o Frecuencia de juego.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Finalmente, se levantó información sobre aspectos referidos a las preocupaciones de la población en torno al servicio, sus expectativas y recomendaciones para la rehabilitación en base a una Ficha de Percepciones, la cual se detalla a continuación:

Cuadro 4-28 Ficha de Percepciones

N°	Temas		Preguntas y/o Uso de Mensajes Clave	
1	Conocimiento acerca del servicio y la empresa ejecutora.		¿Conoce usted sobre el servicio "Elaboración de los Planes de Rehabilitación de 13 Sitios Impactados por las Actividades de Hidrocarburos en la Cuenca del Río Corrientes"? ¿Conoce a la empresa JCI – HGE? De ser necesario se brindará información en relación con el proyecto. ¿Qué opinión tiene sobre el servicio?	
2	Percepciones y expectativas sobre la remediación (impactos)		¿Qué entiende usted por remediación? ¿Qué entiende usted por rehabilitación? Explicación sobre las diferencias y solicitud de opinión. ¿Qué espera usted de los trabajos de remediación o rehabilitación? ¿Qué cosas positivas podría traer la tarea de remediación a la comunidad?	
3	Detalles del servicio		¿Conoce usted los tiempos del servicio, la ejecución en campo, la sistematización y la presentación de resultados a las comunidades? ¿Qué riesgos o problemas podría traer la tarea de remediación a la comunidad?	
4	Recomendaciones		Recomendaciones a JCI-HGE, FONAM o la Junta de Administración para la ejecución del servicio.	

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

En el cuadro siguiente se registra el número de entrevistas realizadas en campo considerando la etapa de reconocimiento, y las dos épocas. Asimismo, en el Anexo 6.6.10 se adjuntan las entrevistas de campo:

Cuadro 4-29 Entrevistas en comunidades

Etapa	Meses (2018)	Número de entrevistas (J. Olaya, Nueva Jerusalén y Antioquia)
Reconocimiento	Febrero	15
Época húmeda	Mayo - Junio	22
Época seca	Agosto – Setiembre	24
Total de entrevistas		61

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- **Distancias estimadas desde el sitio S0114 (Sitio 14) a la CN Nueva Jerusalén**

El sitio S0114 (Sitio 14) se encuentra ubicado a 15,8 km del casco comunal de la CN Nueva Jerusalén. Es una zona marcada por la presencia de la quebrada Pucacuro, una cocha extensa y bosques inundables, los que fueron objeto de varios derrames de crudo en los últimos 40 años ⁹⁹.

Cuadro 4-30 Distancia del sitio S0114 (Sitio 14) a la CN Nueva Jerusalén

Comunidad	Sitio	Distancia estimada del sitio a la comunidad (Kilómetros)	Tipo de Recorrido
CN Nueva Jerusalén	S0114 (Sitio 14)	15,8	Carretera / Bosque

⁹⁹ Entrevista a Monitor Roberto Sandi.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

• Demografía y población

El río Corrientes se encuentra ubicado en la parte nororiental de la Amazonía peruana, distrito de Trompeteros, provincia de Maynas, en el departamento de Loreto. La cuenca del Corrientes alberga a 31 comunidades nativas de los pueblos indígenas Achuar, Kichwa y Urarina, los que involucran una población de 7 mil habitantes. Históricamente, estos pueblos han ocupado su territorio de manera amplia, más allá de los límites de un título de propiedad territorial como una manera de asegurar su subsistencia en base a los recursos del bosque.

La población de José Olaya, Antioquía y Nueva Jerusalén es de origen exclusivamente Achuar y mestiza y asciende a 2 351 habitantes, donde el 46,2 % corresponde a población masculina y el 53,8 % a población femenina.^{rr}

Según los resultados del trabajo de campo, basado en entrevistas y observación participante, la población de la CN Nueva Jerusalén cuenta con 300 pobladores. En el siguiente cuadro se identifica la población estimada para la CN Nueva Jerusalén, pertenecientes al grupo étnico achuar que tienen como lengua materna el achuar.

Cuadro 4-31 Población de la CN Nueva Jerusalén

Comunidad Nativa	Población total estimada - Trabajo de Campo ^(*)	Población total aproximada ^(**)
Nueva Jerusalén	300	261

(*) Cifras obtenidas durante las entrevistas a autoridades en las comunidades de estudio.

(**) Fuente: Base de Datos Oficial de Pueblos Indígenas u Originarios. Ministerio de Cultura. Actualización: Agosto, 2017.

• Caracterización de las viviendas

La organización tradicional Achuar se caracterizó por un patrón de asentamiento disperso en la selva; la vivienda estaba ocupada por una familia extensa, es decir más de una unidad nuclear coexistiendo bajo un mismo techo (padres, niños, abuelos, tíos, tías, etc.) y cuya organización respondía a la práctica de la poligamia (varón que puede tener más de una esposa) y el levirato (el hermano del que muere sin hijos se casa con la viuda). Por ello, la vivienda representaba una unidad básica y necesariamente autosuficiente de producción y consumo, de manera que el liderazgo era vital tanto para la gestión de la unidad familiar como para proveer y defender la producción durante los tiempos de guerra.

Antiguamente, los Achuar habitaron enormes casas multifamiliares y espaciales. Hoy, la composición de los hogares achuar, así como el tipo de asentamiento en el territorio, es diversa. Mientras algunos achuares viven en comunidades en donde las viviendas están aisladas, otros viven en comunidades nativas densamente nucleadas^{ss}.

Las viviendas Achuar siguen albergando a familias extensas, existiendo casas de una sola habitación, sin paredes o divisiones, como era antiguamente, y otras que ya tienen separaciones o cuartos en su interior. La construcción de las casas en las comunidades de estudio está basada en la combinación de materiales propios de la zona y foráneos, como de estilos de construcción.

^{rr} Estudio Técnico Independiente del ex Lote 1AB. Lineamientos estratégicos para la remediación de los impactos de las operaciones petroleras en el ex Lote 1AB en Loreto, Perú. PNUD. 2018.

^{ss} URIARTE, Luis. "Los Achuar". En: SANTOS GRANERO, Fernando y Frederica BARCLAY (editores). 2007.

Si bien se siguen construyendo casas con pona o techos con hojas de palmera tejidas, en algunas casas también se han reutilizado calaminas o bidones abiertos que sirven de cercos o paredes, o plásticos que han sido colocados fuera de las puertas de ingreso de las casas, tarimas de fierro que son empleadas como mesas o lugares para colocar cosas, especies de tubos como bancos, etc. Muchos de estos materiales fueron en algún tiempo propiedad de la empresa petrolera y luego fueron donados o desechados y, posteriormente, reciclados por los pobladores.^{tt}

En otras ocasiones, son los mismos pobladores quienes han adquirido calaminas (zinc) para sus techos o quienes han sido beneficiarios de una donación de calaminas, por parte del Estado o la empresa petrolera. Nueva Jerusalén se caracteriza porque la mayoría de sus viviendas carecen de paredes y existe una mínima separación de espacios internos, sin embargo existen espacios únicos que fungen de “subespacios” para dormitorio, cocina y sala de estar (lugar donde se coloca una o más “hamacas”), lo que posibilita que insumos inflamables o químicos se encuentren a la mano, como el caso de la leña para la cocción de alimentos, combustible o Diesel para el uso de las pequeñas embarcaciones familiares, etc. Esta situación se recrudece en tanto la cocina es contigua a los dormitorios. Los principales insumos para la cocina en Nueva Jerusalén son la leña y el gas.

Fotografía 4-2 Comunidad nativa Nueva Jerusalén



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- **Áreas de recreación y espacios educativos**

Al igual que en toda sociedad, las actividades de recreación están pautadas por el sistema cultural, de manera que los Achuar cuentan con una serie de actividades lúdicas y de ocio que se llevan a cabo en torno a la vivienda, el bosque y los ríos y quebradas. Sin embargo, el proceso de aculturación de las comunidades Achuar ha privilegiado en los últimos años a la losa deportiva o cancha comunal como el espacio recreativo por excelencia, lo que no descarta que niños y adultos realicen actividades de ocio y recreación en el bosque durante los momentos de caza, pesca o recolección.

El área de recreación está compuesta por un espacio clave denominado “Cancha o Losa Deportiva”, lugar a donde llegan niños, jóvenes y adultos a practicar deportes como el fútbol y voleibol. La CN Nueva Jerusalén cuenta con este como “espacio”, pero carece de piso pulido. La distancia de la “cancha” hacia el sitio S0114 (Sitio 14) es la misma que desde la comunidad

^{tt} Estudio Técnico Independiente, PNUD, 2018

(15,8 km). La frecuencia del juego de niños y jóvenes en estas losas es cotidiana, esencialmente en horas de la tarde, después de las actividades escolares y laborales.

Respecto a la educación entre los Achuar, la formación tradicional y educación de los niños y niñas están pautadas por la transmisión de valores para el fortalecimiento de la persona y la búsqueda de una visión, incluyendo fórmulas alimentarias, normas de dieta y abstinencia, purgas, búsqueda de visiones, etc. Es importante para el padre y la madre Achuar el transmitir a sus hijos todo lo referido a las normas de conducta social y el trato con todos los seres - animados o no - del bosque. ^{uu}

En relación a la educación formal, la CN Nueva Jerusalén cuenta con los tres niveles de Educación Básica Regular, es decir: inicial, primaria y secundaria. La Institución Educativa N° 610298 es la encargada de brindar la instrucción en primaria y secundaria, y laboran bajo la modalidad polidocente, todas las aulas cuentan con un docente responsable; cada nivel cuenta con su propia dirección y administración. El nivel inicial cuenta con dos docentes

Cada nivel cuenta con una infraestructura propia de material noble, con espacios para aulas divididos por secciones y con servicios higiénicos, aunque el agua potable, así como el desagüe para la disposición de excretas es ineficiente. Las viviendas o los domicilios del alumnado están conglomerados en torno a la infraestructura escolar.

Fotografía 4-3 institución Educativa Comunidad Nativa Nueva Jerusalén



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 4-32 Institución educativa según nivel educativo y estadísticas

Nivel Educativo	Institución Educativa	N° Alumnos*	N° docentes	N° aulas
Inicial	N° 714	45	2	2
Primaria	N° 6010928	95	6	6
Secundaria	N° 6010928	35	5	5

* Fuente: Información aproximada del número de alumnos, brindada por actores clave de la CN Nueva Jerusalén.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

^{uu} Análisis de Situación de Salud del Pueblo Achuar Análisis de Situación de Salud del Pueblo Achuar 2006. Dirección General de Epidemiología. Ministerio de Salud. Perú.

- **Fuentes de agua potable y alimentos: Agricultura, caza y pesca.**

Las condiciones sanitarias son deficientes en la comunidad, careciendo de servicios higiénicos o letrinas por lo que hacen uso del bosque. Se cuenta con un tanque elevado está fuera de funcionamiento y gracias a las iniciativas locales, la comunidad tiene un reservorio de agua ubicado a 300 metros del casco comunal a orillas del río Macusari.

El agua propia de los cursos de agua en torno a los sitios impactados no es utilizada para riego o consumo humano, debido a que se encuentran distantes a los asentamientos y la población local percibe la posibilidad que se encuentren afectadas por el hidrocarburo que llegó a manera de derrame o que se encuentren cercanas a botaderos propios de la actividad de abandono de las petroleras.

- **Alimentos propios de la actividad agrícola**

Los suelos de la CN Nueva Jerusalén tienen bajos niveles de nutrientes, las altas temperaturas y lluvias todo el año contribuyen a la lixiviación de los nutrientes químicos del suelo, razones por las que la agricultura es básica limitándose al cultivo en “chacras” familiares, ubicadas muy cerca al casco comunal (no se encuentran chacras en los sitios contaminados en evaluación).

Las especies más cultivadas son: la yuca (usada para el masato, bebida tradicional) y el plátano, ambas no requieren más que agua de lluvia para riego (secano) pues no es posible la canalización del agua de río o quebradas hasta las zonas de cultivo. La población de la comunidad no emplea fertilizantes químicos ni naturales para el cultivo de sus productos, tampoco reciben asistencia técnica de algún tipo.

Fotografía 4-4 Preparando terrenos de cultivo



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- **Alimentación basada en la caza o carne de monte**

El bosque era y es un espacio vital para los Achuar, pues de él se obtienen alimentos provenientes de la caza y la recolección de frutos silvestres. En la caza, el arma principal era la cerbatana de madera, y su fabricación es una de las formas de especialización técnica en esta sociedad. También se utilizan venenos “curare” para las cerbatanas, trampas y perros para atrapar a algunos animales. En la actualidad, se ha incorporado el uso de escopetas o rifles de poco alcance. La caza es una actividad extendida y practicada por la totalidad de los varones locales mientras que cada mujer achuar posee y cultiva su propia chacra donde se cultiva yuca y plátano esencialmente,

ambos productos como base de la dieta alimenticia Achuar juntamente con el pescado y la “carne de monte” ^{vv} como fuente proteica.

Debe agregarse que los niños y niñas Achuar también participan ejecutando actividades en el bosque. Desde muy pequeños acompañan a sus padres en sus faenas de caza, pesca o recolección, lo que les permite horas de recreo en el bosque o en alguna quebrada o curso de agua cercano. Los niños – al alcanzar la edad de 10 o 12 años aproximadamente- son instruidos por el padre en la actividad de la caza, aprendiendo a manejar alguna técnica tradicional o siendo adiestrados en el uso de la escopeta. Los niños varones Achuar empiezan sus cercanas incursiones al bosque a muy corta edad, aunque es en la pubertad y adolescencia que se adentran en éste y asumen el rol del cazador de la familia.

La caza requiere un amplio conocimiento, no solo de la etología animal (qué comen, a qué hora, como andan o duermen, cuándo están gordos, etc.) sino de las alteraciones indicativas del entorno (ruidos, pisadas, fecas). La excursión típica de un cazador adulto está basada en el recorrido de 30 a 45 km por día, lo que permite la identificación de lugares estacionales de recolección de frutos, especies medicinales u otros recursos (lianas, cortezas, etc.) para diferentes usos. ^{ww}

Las especies de caza favoritas son: Huangana, sajino, sachavaca, armadillo, añuje, majas, y aves como: pucacunga, pava, perdiz, paujil, trompetero, tucán, panguana, guacamayos y loros. El tipo de preparación de la carne de monte es esencialmente el asado o “ahumado”, para lo cual la carne es recubierta con algunas hojas de la especie bijao y colocada a la parrilla.

La población local reconoce que no en todos los sitios existen evidencias de zonas de caza, en el, en el sitio S0114 (Sitio 14) no se registraron evidencias del desarrollo de esta actividad; sin embargo, para los análisis y fines del presente estudio, se consideró la presencia de cazadores esporádicos.

Cabe anotarse que la caza entre los Achuar es también una práctica comunal en base a las denominadas “mingas” o trabajo comunitario. En síntesis, la caza y otras actividades económicas (recolección y pesca) permiten relaciones simbólicas y afectivas del poblador con el territorio o el bosque, generándose lazos de identidad con estos que evidencia la interrelación entre seres humanos y no humanos^{xx} (animales, plantas, seres míticos, otros). El bosque también – adicionalmente a una fuente de vida- implica un espacio de conocimiento, espiritualidad y recreación.

^{vv} URIARTE, Luis. “Los achuare”. En: SANTOS GRANERO, Fernando y Frederica BARCLAY (editores). Guía etnográfica de la Alta Amazonía. Volumen VI. Lima: IFEA, Smithsonian Tropical Research Institute, pp. 1-241. 2007.

^{ww} Análisis de Situación de Salud del Pueblo Achuar. Ministerio de Salud, Dirección General de Epidemiología. 2006.

^{xx} Descola, Philippe y Palsson, Gísli, Coord. (2001) [1996]. Naturaleza y sociedad: perspectivas antropológicas. Traducción de Stella Mastrangelo. México: Siglo XXI. Según la literatura etnográfica contemporánea sobre la Amazonía no opera en las ontologías de los pueblos indígenas la división entre sociedad y naturaleza. Se concibe más bien una amplia red social que incluye a los distintos seres humanos o no humanos (animales, vegetales, condiciones meteorológicas, espíritus, etc.), e incluso las cosas y los artefactos.

Fotografía 4-5 Alimentación basado en la caza entre los Achuar



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- **Alimentación producto de la pesca**

La pesca es otra de las actividades de vital importancia junto con la caza. Esta actividad se desarrolla en el río Corrientes y en cochas con el empleo de canoas pequeñas, redes, diversos tipos de flechas, arpones, anzuelos, etc. y la utilización de vegetales como el tigui, timbo, ganbi y semilla de asco; plantas que actúan como narcotizantes. La actividad se desarrolla de manera individual o en mingas.

Es la actividad más importante en su aporte a la dieta y nutrición familiar. Las familias consumen diariamente raciones de pescado estimado en 1000 gramos por persona. Sin embargo, en los últimos años, a raíz de la intervención estatal por los temores de la población de exposición al plomo y cadmio, las piscigranjas se han convertido en una estrategia para proveerse de pescado. El pescado se come asado, “envuelto en hoja de bijao”, en caldo o frito.

Las especies que se cultivan en las piscigranjas son introducidas: Paco (*Myleus pacu*) y Gamitana (*Colossoma macropomum*) y requieren de alimento y asistencia especializada que reciben de entidades del Estado. En períodos críticos, los cultivos se ven sumamente afectados, perdiéndose la producción de pescado en piscigranja y recurriéndose a quebradas y cochas (lagunas) cercanas a las comunidades.

Cabe anotar que se identificaron en el S0114 (sitio 14) evidencias de quebradas estacionales, para fines de estudio se considera presencia de pescadores esporádicos. Las especies para consumo humano más representativas y que se encuentran en ríos y quebradas de la zona son:

Cuadro 4-33 Pesca para consumo humano

Familia	Especie	Nombre común	Época húmeda	Época seca
Characidae	<i>Leporinus friderici</i>	"lisa"	x	
Characidae	<i>Serrasalmus rhombeus</i>	"paña" (piraña)	x	x
Characidae	<i>Hoplias malabaricus</i>	"fasaco"	x	x
Characidae	<i>Brycon cephalus</i>	"Sábalo"		x
characidae	<i>Hemibrycon jelskii</i>	"Sábalo"	x	
characidae	<i>Hemigrammus sp.</i>	"Mojarrita"	x	x
Acestrorhynchidae	<i>Acestrorhynchus falcatus</i>	"Diente de perro"	x	x
Gasteropelecidae	<i>Gasteropelecus sternicla</i>	Pez hacha plateado	x	x
Loricariidae	<i>Hypostomus sp.</i>	"carachama"	x	x

Fuente: Trabajo de campo. Visita de reconocimiento. Febrero 2,018.

Estas especies son propias de aguas ligeramente ácidas y suelos arcillosos y pueden ser tolerantes a polución orgánica de moderada a muy fuerte.

• Recolección

Esta actividad representa un medio de subsistencia familiar, y como tal, cumple las siguientes funciones: suplemento de alimentos de origen vegetal no obtenidos a través del cultivo, complemento de proteínas vegetales durante las épocas de escasez de caza y pesca, obtención de materias primas para diferentes usos domésticos y utensilios. etc. Se recolecta plantas medicinales como: uña de gato, chuchuhuasi, sachá ajos, suelda con suelda, leche caspi, etc. El método de recolección de los frutos es cortar los árboles con hachas y machetes. Durante el mes de noviembre se recolecta huevos de taricaya (tortuga). Los monitores ambientales no mencionan que el sitio S0114 (Sitio 14) sea una zona de recolección.

• Salud

El pueblo Achuar concibe que la enfermedad es causada por un ser externo y que es reflejo de un desequilibrio en las relaciones sociales. Por ello, el individuo observa normas y prácticas culturales para prevenir y eludir el daño de la enfermedad (fórmulas alimentarias, normas de abstinencia, purgas, tratamientos tonificantes de cuerpo y espíritu, etc.). ^{yy} La base del sistema médico Achuar radica en la identificación de la naturaleza del daño o enfermedad dentro de un sistema propio de clasificación de enfermedades. ^{zz}

Existen tres categorías básicas de enfermedades en la concepción Achuar: *wáwek*, *sugkúr* y *mímkau*. *Wáwek* o *wáwekratmau* son enfermedades que aparecen súbitamente y conducen a la muerte de manera muy rápida, de manera que son atribuidas a la hechicería o el daño, donde los pacientes deben ser atendidos por un *Wishín shirám* o médico que dieta, emplea la ayahuasca, entona cantos y receta abstinencias, entre otras prácticas propias de su sistema médico. Las enfermedades *sugkur* son aquellas menos graves y que pueden ser tratadas por la medicina occidental. Se incluye dentro de estas enfermedades a las lesiones; mientras que las

^{yy} Análisis de Situación de Salud del Pueblo Achuar. Ministerio de Salud, Dirección General de Epidemiología. 2006.

^{zz} Warren, Patricio; Hess, Carmen & Ferraro, Emilia. Salud y antropología. Serie Hombre y Ambiente, 29, pp 7-46. 1994.

enfermedades de tipo *mímkau* son patologías graves atribuidas al contacto mágico con un objeto, animal o a la violación de prescripciones rituales del postparto y la lactancia por lo que afectan –especialmente– a niños lactantes cuya salud está pautada por el comportamiento de los padres
aaa

Dentro del sistema médico Achuar existen las parteras y los promotores de plantas medicinales. Las *Uchin Takumtikin* o parteras han aprendido de madres y abuelas los conocimientos para atender un parto a través de técnicas como el “enderezar” al bebe, utilizar vegetales para “aliviar” el dolor y facilitar el parto, etc. Los *Nupajar tsuakratin* o promotores de plantas medicinales cuentan con una serie de recursos según la sintomatología. Entre las especies de plantas o vegetales de mayor uso se encuentran el jengibre para hemorragias, enfermedades estomacales, dolores reumáticos, etc. El ajo calma distintos tipos de dolor como el de dientes y de huesos. También se conocen diversas cortezas que se aplican para curar abscesos o heridas. En resumen, existe todo un conocimiento referido a la medicina Achuar que coexiste en la actualidad con el sistema médico occidental.

El poblador Achuar combina esta lógica cultural de tratamiento de la enfermedad con la lógica occidental, por lo que recurre a un establecimiento de salud y accede a tratamiento y medicinas. Sin embargo, la prestación estatal del servicio de salud tiene muchas deficiencias para atender a la población Achuar del Corrientes, aun considerando que la población habita en un entorno de alto riesgo por exposición a emergencias y riesgos sanitarios por desastres antropogénicos provenientes de derrames de petróleo y brotes epidémicos. A esto se añade que las enfermedades prevalentes son la desnutrición crónica, la anemia, la malaria, así como las enfermedades infecciosas y parasitarias, existiendo también una alta tasa de muerte materna y neonatal.^{bbb}. Adicionalmente, si bien Proyecto Especial Plan Integral de Salud del Corrientes (PEPISCO) - activo entre el año 2005 – 2015 – hizo posible una mejora en cuanto a la infraestructura de salud, existe aún problemas en materia de infraestructura, equipos, mobiliario y personal.

El establecimiento de salud de la CN Nueva Jerusalén es de categoría I-1, es decir puesto de salud o posta de salud con profesional de salud no médico dedicado a la atención de urgencias y emergencias.

En la comunidad se aprecia familias grandes, en algunos casos con más de siete (7) hijos, por este motivo, y considerando las dificultades que deben afrontar los jefes de hogar para cubrir las necesidades básicas, el personal del establecimiento de salud realiza charlas de planificación familiar. Sin embargo, la principal dificultad en esta labor de concientización es la resistencia a usar métodos anticonceptivos, tanto ellos como sus parejas.

Otras campañas que realiza el personal de salud, son capacitaciones para el cuidado de la salud e higiene y prevención de enfermedades endémicas como la malaria, así como la desparasitación en las instituciones educativas.

Los registros de morbilidad de la Oficina General de Tecnologías de la Información del Ministerio de Salud señalan como principales enfermedades a las infecciones agudas de las vías respiratorias superiores, helmintiasis^{ccc}, Enfermedades infecciosas intestinales, otras infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores y enfermedades de la cavidad bucal con mayor prevalencia en el grupo de edad de 0 a 11 años.

^{aaa} Warren, Patricio; Hess, Carmen & Ferraro, Emilia. Salud y antropología. Serie Hombre y Ambiente, 29, pp 7-46. 1994.

^{bbb} Salud de los pueblos indígenas amazónicos y explotación petrolera en los lotes 192 y 8: ¿Se cumplen los acuerdos en el Perú? Defensoría del Pueblo. 2018.

^{ccc} Enfermedad producida por gusanos parásitos que viven alojados en el intestino o en los tejidos del ser humano y los animales vertebrados.

En el cuadro siguiente se detalla la morbilidad por grupos de edad en la CN Nueva Jerusalén, según registros del MINSA.

Cuadro 4-34 Morbilidad en la CN Nueva Jerusalén

GRUPOS DE CATEGORÍAS	00a - 11a	12a - 17a	18a - 29a	30a - 59a	60a >
(A00 - A09) ENFERMEDADES INFECCIOSAS INTESTINALES	30	1	3	2	1
(A20 - A28) CIERTAS ZOONOSIS BACTERIANAS	-	-	1	1	-
(A50 - A64) INFECCIONES C/MODO DE TRANSMISIÓN PREDOMINANTEMENTE SEXUAL	-	-	3	-	-
(B00 - B09) INFECCIONES VIRALES POR LESIONES DE LA PIEL Y DE LAS MEMBRANAS MUCOSAS	1	-	1	-	-
(B35 - B49) MICOSIS	4	-	5	6	-
(B50 - B64) ENFERMEDADES DEBIDAS A PROTOZOARIOS	26	17	18	18	4
(B65 - B83) HELMINTIASIS	30	2	6	9	1
(B85 - B89) PEDICULOSIS, ASCARIASIS Y OTRAS INFESTACIONES	-	1	-	1	-
(D50 - D53) ANEMIAS NUTRICIONALES	9	-	5	3	-
(E65 - E68) OBESIDAD Y OTROS DE HIPERALIMENTACIÓN	-	-	-	1	-
(E70 - E90) TRASTORNOS METABÓLICOS	-	-	1	3	-
(F40 - F48) TRASTORNOS NEURÓTICOS, TRASTORNOS RELACIONADOS CON EL ESTRÉS Y TRASTORNOS SOMATOMORFOS	-	-	-	1	-
(G20 - G26) TRASTORNOS EXTRAPIRAMIDALES Y DEL MOVIMIENTO	1	-	-	-	-
(G40 - G47) TRASTORNOS EPISÓDICOS Y PAROXÍSTICOS	3	5	2	3	1
(G50 - G59) TRASTORNOS DE LOS NERVIOS, DE LAS RAÍCES Y DE LOS PLEXOS NERVIOSOS	-	-	-	1	-
(H10 - H13) TRASTORNOS DE LA CONJUNTIVA	2	2	3	6	1
(H49 - H52) TRASTORNOS DE MÚSCULOS OCULARES, DEL MOVIMIENTO BINOCULAR, LA ACOMODACIÓN Y LA REFRACCIÓN	-	-	1	-	-
(H60 - H62) ENFERMEDADES DEL OÍDO EXTERNO	3	-	1	-	-
(H65 - H75) ENFERMEDADES DEL OÍDO MEDIO Y DE LA MASTOIDES	1	1	-	-	-
(I10 - I15) ENFERMEDADES HIPERTENSIVAS	-	-	-	3	2
(J00 - J06) INFECCIONES AGUDAS DE LAS VÍAS RESPIRATORIAS SUPERIORES	91	5	13	22	3
(J09 - J18) INFLUENZA (GRIPE) Y NEUMONÍA	3	-	-	1	1
(J20 - J22) OTRAS INFECCIONES AGUDAS DE LAS VÍAS RESPIRATORIAS INFERIORES	32	2	-	-	-
(J30 - J39) OTRAS ENFERMEDADES DE LAS VÍAS RESPIRATORIAS SUPERIORES	1	-	-	-	-
(J40 - J47) ENFERMEDADES CRÓNICAS DE LAS VÍAS RESPIRATORIAS INFERIORES	8	-	-	3	1
(K00 - K14) ENFERMEDADES DE LA CAVIDAD BUCAL, DE LAS GLÁNDULAS SALIVALES Y DE LOS MAXILARES	30	15	33	21	1
(K20 - K31) ENFERMEDADES DEL ESÓFAGO, DEL ESTOMAGO Y DEL DUODENO	2	1	6	12	4
(K80 - K87) TRASTORNOS DE LA VESÍCULA BILIAR, DE LAS VÍAS BILIARES Y DEL PÁNCREAS	-	-	1	-	3
(L00 - L08) INFECCIONES DE LA PIEL Y DEL TEJIDO SUBCUTÁNEO	8	-	4	5	-
(L20 - L30) DERMATITIS Y ECZEMA	20	1	6	7	-
(L50 - L54) URTICARIA Y ERITEMA	-	-	2	4	-
(M40 - M54) DORSOPATIAS	2	-	11	12	5
(M60 - M79) TRASTORNOS DE LOS TEJIDOS BLANDOS	1	-	1	6	-
(N20 - N23) LITIASIS URINARIA	-	-	-	1	-
(N30 - N39) OTRAS ENFERMEDADES DEL SISTEMA URINARIO	3	8	16	19	-
(N70 - N77) ENFERMEDADES INFLAMATORIAS DE LOS ÓRGANOS PÉLVICOS FEMENINOS	-	-	-	1	-
(O20 - O29) OTROS TRASTORNOS MATERNOS RELACIONADOS PRINCIPALMENTE CON EL EMBARAZO	-	-	4	-	-
(O80 - O84) PARTO	-	-	-	1	-

Cuadro 4-34 Morbilidad en la CN Nueva Jerusalén

GRUPOS DE CATEGORÍAS	00a - 11a	12a - 17a	18a - 29a	30a - 59a	60a >
(R00 - R09) SÍNTOMAS Y SIGNOS QUE INVOLUCRAN LOS SISTEMAS CIRCULATORIO Y RESPIRATORIO	9	-	1	3	-
(R10 - R19) SÍNTOMAS Y SIGNOS QUE INVOLUCRAN EL SISTEMA DIGESTIVO Y EL ABDOMEN	1	1	1	6	-
(R50 - R69) SÍNTOMAS Y SIGNOS GENERALES	58	29	39	35	3
(S40 - S49) TRAUMATISMOS DEL HOMBRO Y DEL BRAZO	1	-	1	-	-
(S90 - S99) TRAUMATISMOS DEL TOBILLO Y DEL. PIE	-	1	1	-	-
(T15 - T19) EFECTOS DE CUERPOS EXTRAÑOS QUE PENETRAN POR ORIFICIOS NATURALES	1	-	-	-	-
(T20 - T32) QUEMADURAS Y CORROSIONES	-	-	2	-	-
(T66 - T78) OTROS EFECTOS Y LOS NO ESPECIFICADOS DE CAUSAS EXTERNAS	1	1	2	4	-
(T90 - T98) SECUELAS DE TRAUMATISMOS, DE ENVENENAMIENTOS Y DE OTRAS CONSECUENCIAS DE CAUSAS EXTERNAS	-	-	1	-	-
(W00 - X59) OTRAS CAUSAS EXTERNAS DE TRAUMATISMOS ACCIDENTALES	1	-	1	-	-
Total	383	93	196	221	31

Fuente: MINSA - Oficina General de Tecnologías de la Información. 2018

• Aspectos migratorios

Cabe anotar que la población mestiza ha llegado a establecerse en un número importante en estas comunidades, debido a la relación de éstas con la empresa petrolera, la cual demanda servicios y mano de obra.

Para el caso de las tres comunidades, la emigración se da a localidades cercanas como Andoas, de distancias intermedias como San Lorenzo, Lagunas o Yurimaguas y más distantes como Iquitos, pero no se manifiestan motivos ligados a las actividades de hidrocarburos, si por estudios, salud o negocios. La inmigración es mayoritariamente por motivos laborales ligados a la actividad temporal vinculada a la operadora del Lote 192.

Cabe anotar que la movilidad entre las comunidades de Nueva Jerusalén y José Olaya es muy intensa, muchos tienen familiares y/o viviendas en ambas localidades. Sin embargo, esta situación difiere en Antioquía donde no se observan foráneos exceptuando a los funcionarios del estado de los sectores educación y salud.

Grupos de Interés

El sitio S0114 (Sitio 14) se encuentra ubicado dentro de los territorios de la Comunidad Nativa Nueva Jerusalén (CN Nueva Jerusalén). La CN fue reconocida legalmente el año 1987 y titulada el 20 de enero de 1998 con R.D. 198-87-AG-RA-XXII-L. En el cuadro siguiente, se encuentra información sobre el reconocimiento y la titulación de la comunidad.

Cuadro 4-35 Reconocimiento y Titulación de la CN Nueva Jerusalén

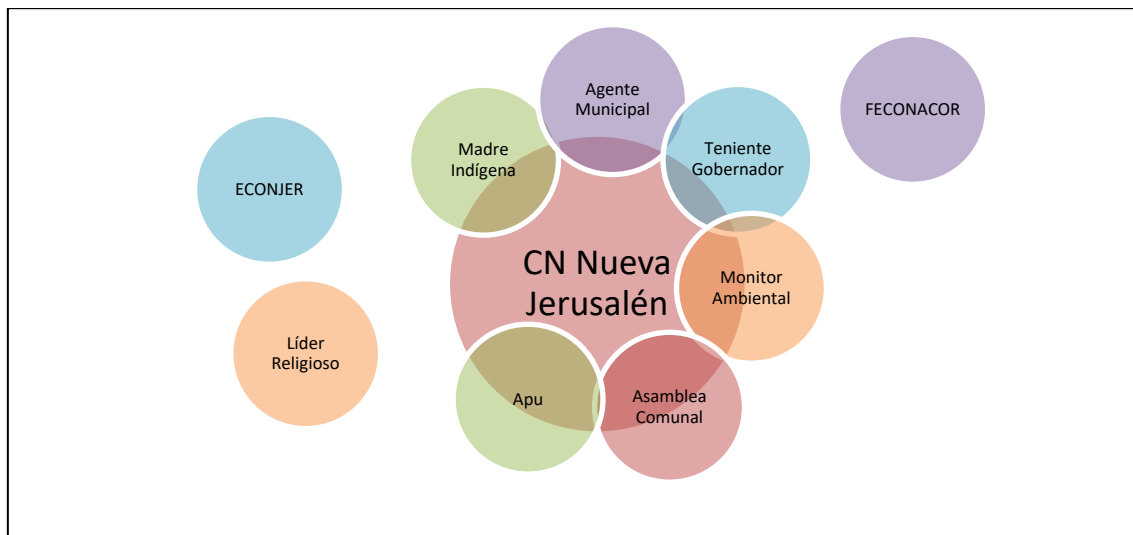
Comunidad	Resolución de reconocimiento	Fecha de resolución de reconocimiento	Título Comunal	Fecha de Titulación Comunal
Nueva Jerusalén	R.D.	6/25/87	R.D.021-98-CTAR-DRA	1/20/98

(*) Fuente: Directorio 2016 comunidades nativas del Perú. SICNA - Sistema de información sobre comunidades nativas de la Amazonía peruana.

Los orígenes de la comunidad nativa data de 1920, siendo fundada por el Sr. Jiyukan Maynas Cariajano. En el siguiente gráfico se aprecia la conformación por Grupos de Interés, donde se

pueden observar los actores clave de la comunidad considerando la “distancia” que se percibe de cada uno en función a la comunidad. ^{ddd}

Gráfico 4-1 Grupos de Interés CN Nueva Jerusalén



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

A continuación, la lista de grupos de interés:

- Federación de Comunidades Nativas de la cuenca del Corrientes (FECONACOR).
- Comunidad Nativa Nueva Jerusalén.
- Autoridades consuetudinarias: Apu / Junta Directiva Comunal.
- Autoridades del Estado: Teniente Gobernador / Agente Municipal.
- Líderes: Madre Indígena / Monitores Ambientales/ Líder religioso evangélico.
- Instituciones Privadas: Empresa Comunal (ECONJER).

Para el detalle y análisis de los grupos de interés se ejecutó en campo - entre los meses de febrero, mayo y julio del presente año- una metodología basada en la observación participante y la entrevista semiestructurada dirigida a un estimado de 5 a 6 autoridades y/o líderes comunales. Esta metodología permitió caracterizar a los grupos de interés y conocer sus percepciones acerca del servicio, así como acerca de la rehabilitación y la remediación.

FECONACOR

La Federación de Comunidades Nativas de la cuenca del Corrientes (FECONACOR) es la organización indígena representativa de la cuenca. Afiliadas a ésta se encuentran 14 comunidades según Asamblea realizada el 4,5 y 6 de agosto del 2017 en la Comunidad Nativa Pampa Hermosa^{eee}. Estas comunidades son:

- 1) José Olaya
- 2) Nueva Jerusalén

^{ddd} Cabe resaltar que la metodología ejecutada para el presente servicio no consideró un mapeo de poder e influencia por lo que la posición de distancia (influencia) de los grupos de interés es la lectura del investigador.

^{eee} <http://observatoriopetrolero.org/pronunciamento-de-feconacor-federacion-de-comunidades-nativas-de-la-cuenca-del-corrientes/>

- 3) Antioquia
- 4) Nueva Nazareth
- 5) Pampa Hermosa
- 6) Sauki (anexo de Pampa Hermosa).
- 7) Providencia
- 8) Santa Rosa
- 9) San José de Porvenir
- 10) Nuevo Paraíso
- 11) Nuevo Triunfo
- 12) Trompeteros
- 13) San Ramón
- 14) San José

Cabe anotar que la Inscripción en Registros Públicos de FECONACOR es: Zona Registral N° IV - Sede Iquitos Oficina Registral de Iquitos. N° de Partida 1109637. Resolución del Superintendente Nacional de Registros Públicos N° 124-97 SUNARP.

Su actual presidente es el Sr. Carlos Sandi Maynas, quien lidera una agenda política a favor de los derechos indígenas que se centra en el respeto y defensa del territorio, los recursos y la biodiversidad del pueblo Achuar del río Corrientes. La actual junta directiva para el período junio 2017 – junio 2022 es:

- Presidente: Carlos Sandi Maynas.
- Vicepresidente: Nicolás Kukush Sandi.
- Secretaría de actas y archivos: Edinson Ramírez Butuna.
- Secretaría de Educación: Dobías Hualinga Sandi.
- Secretaría de Economía – Tesorero: Federico Diaz Sandi.
- Gerente: Raúl Sosa Rodríguez.

Asamblea comunal

La Asamblea Comunal está conformada por los comuneros o jefes de hogar que residen en la comunidad y que cumplen con una serie de obligaciones como comuneros, tales como la participación en las mingas (trabajo comunal) y la asunción de cargos por designación de la asamblea comunal. La Asamblea General es el órgano máximo y está constituida por comuneros debidamente empadronados y calificados.

Apu

El Apu es la figura más importante en la comunidad, quien la gestiona de la mano con una junta directiva. Es la persona que toma decisiones en base a los acuerdos de sus asambleas comunales, encargándose del cumplimiento de éstos. El Vice Apu lo reemplaza en ausencia.

La Junta Directiva es elegida por un periodo de dos a tres años mediante votación mayoritaria en la asamblea comunal, pudiendo ser ratificada o cambiada. El cargo de Apu debe ser asumido por todos los comuneros, aunque existen algunos personajes que son reelegidos como tal debido a

su liderazgo y carisma. En Nueva Jerusalén el cargo de Apu está siendo asumido (octubre 2018) por el Sr. Julio Maynas Chimborás.

Teniente Gobernador / Agente Municipal

Los cargos de Teniente Gobernador y Agente Municipal son conferidos por el Estado Peruano. Ambas autoridades representan a la nación y se encargan de velar por el cumplimiento y respeto a la constitución política y el derecho nacional.

El Teniente Gobernador representa un cuerpo de vigilancia o disciplina en la comunidad, mientras que el agente municipal representa a ésta ante la población. El artículo 71 de la Ley Orgánica de Municipalidades indica que cuando se establezcan agencias municipales en comunidades campesinas y nativas, no constituidas como municipalidades delegadas, el alcalde designará agente a la autoridad elegida por la comunidad, de acuerdo con sus usos y costumbres.

A octubre del 2018, el cargo de Teniente Gobernador era asumido por el Sr. David Tapayuri Tanchima y el de Agente Municipal por el Sr. Clever Carijano Sandi.

Madre indígena

La madre indígena es una mujer líder que se destaca por su sabiduría y conocimiento acerca de su cultura y cómo ve el futuro para ésta. Suele participar ampliamente en las asambleas y conduce las opiniones locales. La actual madre indígena de la CN Nueva Jerusalén es Carmen Washington Maynas.

Monitor ambiental

Como resultado de la firma del Acta de Dorissa^{fff} el año 2006, Pluspetrol acepta la presencia de los monitores comunitarios independientes, a través de los compromisos con las comunidades achuar, cuya capacitación y salarios ha financiado a través del proyecto Plan de Salud en el marco de los acuerdos del Acta.

Los monitores son los encargados de recolectar la información. Elegidos por sus comunidades mediante una asamblea comunal, la mayoría de ellos son jóvenes y tienen un nivel de estudio secundario. La empresa Pluspetrol en acuerdo con el Acta de Dorissa financió las remuneraciones de los monitores mediante un depósito en una cuenta manejada por FECONACO⁹⁹⁹ de forma independiente. El resto del financiamiento está cubierto por otras organizaciones externas como Rainforest Foundation Noruega, WWF Perú, la Universidad Autónoma de Barcelona o la fundación privada suiza Nuevo Planeta. Cabe mencionar, que el hecho de contar con un financiamiento externo garantiza al programa una mayor independencia.^{hhh}

Durante el período de evaluación de JCI-HGE en campo, los monitores ambientales de la CN Nueva Jerusalén que acompañaron toda la experiencia fueron:

- Ely Sandi Maynas.
- Mayer Sandi Maynas.
- Simón Chimborás Maynas.
- Roberto Sandi Maynas.

^{fff} Acta de Dorissa: Acuerdo firmado el 2006 entre los Apus de las comunidades indígenas del Río Corrientes – el MEM – el MINSA – el Gobierno Regional de Loreto y la Empresa Pluspetrol Norte S.A.

⁹⁹⁹ Organización histórica, previa a FECONACOR.

^{hhh} Sistematización de experiencias con el programa de capacitación y vigilancia territorial independiente de FECONACO. Iquitos, Perú febrero 2011. Shinai y FECONACO. Financiado por WWF e IBIS.

Líder religioso evangélico

Líder con influencia en los pobladores de la comunidad nativa, por este motivo pobladores y familias acuden a él para recibir sus consejos. Tiene entre sus funciones: predicar la palabra de Dios y la búsqueda de nuevos adeptos, invitándolos a que acudan a sus cultos.

Empresa comunal ECONJER

Con la presencia de la empresa Pluspetrol en el ex Lote 1AB desde 2000, se intensifica la relación económica de las comunidades, siendo la actividad petrolera una importante fuente de ingreso de las comunidades por medio de las empresas comunales.

La Empresa Comunal de Servicios Generales Nueva Jerusalén con RUC 20528122087 fue fundada el 18 de septiembre del 2008. En su Informe de Sostenibilidadⁱⁱⁱ, Pluspetrol afirma que las empresas comunales promueven la generación de nuevas oportunidades laborales para la población local, a la vez que el grado de organización y capacitación que van adquiriendo les permite acceder a contratos de servicios no solo con Pluspetrol sino con otras empresas que también desarrollan actividades en la zona.

Entre las actividades que realizan las empresas comunales figuran diversos trabajos de mantenimiento de vías, chaleos, construcción de infraestructura, reforestación, talas selectivas, talas masivas, alquiler de camionetas y minimización de los residuos sólidos, entre otros.

A continuación, se presenta información de la Ficha Registral de la empresa Comunal:

- N° partida de Ficha Registral: 1102791
- N° de socios: 28
- Fecha de Constitución: 09 de junio 2008
- Gerente: Raúl Mucushua Cariajano, DNI 70353436

Junta de Administración

- Presidente: Pancho Ramírez Washington, DNI 05627924
- Secretario de Actas y Archivos: Wilder Paima Cariajano, DNI 43428735
- Secretario de Economía: Samuel Cariajano Sandi, DNI 05711615
- Fiscal: Milton Panaifo Díaz, DNI 40558904
- Vocal: Guillermo Ramírez Dahua, DNI 44033287, DNI 44033287

4.10 Análisis de Riesgo en el Ambiente y la Salud de las personas según Guía de Evaluación de Riesgos para la Salud y el Ambiente (ERSA) de MINAM.

En esta sección se presenta la caracterización del riesgo para la salud humana y el ambiente. Para el escenario humano se ha estimado el riesgo para efectos cancerígenos y para efectos no cancerígenos. Para ello primero, se determinó el riesgo total de cada contaminante de preocupación para todos los medios físicos, rutas y vías de exposición identificados en el Modelo Conceptual, luego se calculó la suma de los riesgos individuales por vías de exposición. Segundo, se determinó el riesgo total de todos los CP seleccionados como la suma de los riesgos por ingestión, inhalación y contacto dérmica, siempre y cuando aplique.

ⁱⁱⁱ Informe de Sostenibilidad 2014. Pluspetrol S.A.

Esta caracterización implica combinar el peligro, la respuesta a la dosis y las evaluaciones de exposición para describir el riesgo general de un determinado CP. Uno de los objetivos del estudio de ERSA es evaluar tanto la toxicidad, la exposición y determinar el riesgo asociado con el actual y potencial uso del sitio.

A través del software RBCA Toolkit se caracterizó el riesgo para efectos cancerígenos y para efectos no cancerígenos para cada CP en función a las vías de exposición y escenarios planteados. Para la estimación del riesgo cancerígeno y no cancerígeno se está optando por una postura conservadora con la finalidad de que no se subestime el riesgo, dado que la información de estudios epidemiológicos y toxicológicos utilizados como base de datos, en su mayoría, son resultados de pruebas realizadas en animales, extrapolando los riesgos a los seres humanos.

Los siguientes resultados presentan el riesgo total por exposición a sustancias cancerígenas y no cancerígenas de los contaminantes asociados a la contaminación por actividades de hidrocarburos únicamente del Sitio S0114 (Sitio 14) y no el riesgo e impacto acumulativo y sinérgico de todos los sitios impactados del Lote Petrolero que afectan directa e indirectamente a los pobladores de las comunidades nativas.

El Cuadro 4-36 describe los receptores para los cuales se realizarán las caracterizaciones de riesgo no cancerígeno y cancerígeno teniendo en cuenta las diferentes vías de exposición evaluadas en los capítulos anteriores.

Cuadro 4-36 Vías de exposición para los escenarios humanos considerados

Vías de exposición	Receptor Humano – Poblador de la CN			Fuente considerada para el modelamiento
	Escenario 1 Trabajador Industrial	Escenario 2 Cazador y pescador esporádico	Escenario 3 Residencial	
Inhalación Polvo	X	X	-	Suelo superficial (menor a 0,6 m).
Contacto Dérmico Suelo	X	X	-	Suelo superficial (menor a 0,6 m).
Ingestión Suelo y polvo	X	X	-	Suelo superficial (menor a 0,6 m).
Ingestión Agua superficial	-	X	X	Quebradas cercanas al sitio impactado / Río Macusari
Contacto Dérmico Agua superficial	-	X	X	Quebradas cercanas al sitio impactado / Río Macusari
Ingestión Pescado	-	X	-	Quebradas cercanas al área impactada.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

A) Caracterización del riesgo cancerígeno

La caracterización del riesgo cancerígeno tiene como fin determinar si la exposición a la que se encuentran los receptores humanos identificados para los CP (caracterizados como cancerígenos), se encuentran dentro del rango de riesgo aceptable, considerando el límite superior a la probabilidad en la que se estima que una persona contraiga cáncer (sea tratable o letal) durante su vida entera (RECV). En concordancia con la Guía ERSA (MINAM, 2015) para la

presente ERSa se considera por defecto un RECV de uno en cien mil habitantes como aceptable (1:100 000; RVEC=1,0E-5), tanto para el riesgo individual de cada CP como acumulativo. En el siguiente cuadro se detalla la categorización utilizada para el riesgo cancerígeno:

Cuadro 4-37 Riesgo Cancerígeno según Índice de Riesgo

Riesgo	Rango	Descripción
Riesgo aceptable	$IRT \leq 1E-5$	La exposición a las sustancias cancerígenas del Sitio S0114 (Sitio 14) no representan un riesgo de contraer cáncer a lo largo de la vida de uno en cien mil habitantes expuestos (1 hab. / 100 000 hab.)
Riesgo aceptable en caso excepcionales	$IRT = 1E-5$ y $IRT = 1E-4$	La exposición a las sustancias cancerígenas del Sitio S0114 (Sitio 14) no representan un riesgo de contraer cáncer a lo largo de la vida en el rango de uno en cien mil y uno en diez mil habitantes expuestos (1 hab. / 100 000 hab. – 1 hab. / 10 000 hab.)
Riesgo inaceptable (no aceptable)	Uno en diez mil ($1:10.000 = 1E-04 = 1 \times 10^{-4}$) o más es en general	La exposición a las sustancias cancerígenas del Sitio S0114 (Sitio 14) representan un riesgo de contraer cáncer a lo largo de la vida en uno en diez mil habitantes expuestos. (1 hab. / 10 000 hab.).

Fuente: Guía ERSa (MINAM, 2015).

Un nivel de riesgo de uno en un millón (1 / 1 000 000 hab.) representa que el riesgo para los seres humanos es casi inexistente.

Es importante resaltar, que el nivel de riesgo no es un riesgo real, es decir, no se espera que una persona de cada un millón o cien mil contraiga cáncer si se expone a los CP, en realidad es un riesgo matemático basado en premisas científicas utilizadas en la evaluación de riesgos.

Para el cálculo del riesgo cancerígeno se ha utilizado la dosis de exposición y factor de pendiente de Cáncer (PFC), calculados a partir de los datos del sitio ingresados en el software RBCA Toolkit (Ver Anexo 6.6.4 Y Anexo 6.6.5). La estimación del riesgo cancerígeno se realizó para las rutas de exposición completas identificadas en el modelo conceptual, para sus respectivas vías de exposición, y para cada escenario de evaluación.

• Escenario Humano 1: Poblador Local - Trabajadores Industriales

El CP benzo (a) antraceno es un probable carcinógeno humano (B2/ 2B) acorde a la clasificación de la *Integrated Risk Information System* (IRIS) y la Agencia Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (IARC). Este contaminante se evidenció en la matriz suelos, tanto en el sitio S0114 (Sitio 14) - Sur y Norte. La distancia considerada entre el foco y el receptor es de cero (0) metros para el sitio S0114 (Sitio 14) - Norte y Sur, con el fin de evaluar un escenario crítico.

Para este escenario se identificó rutas de exposición completas con los CP del suelo mediante las vías de exposición por inhalación de partículas, contacto dérmico e ingestión accidental. Entre los parámetros de exposición más importantes se consideró una frecuencia de exposición de 230 días al año, una duración de exposición de 24 años, un tiempo promedio para agentes cancerígenos de 74,5 años equivalente a la esperanza promedio de vida según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), un peso corporal de 65 kg, entre otros que se detallan en el Anexo 6.6.4

A continuación, se presenta el análisis de riesgo por exposición al benzo (a) antraceno para el trabajador industrial, el cual es considerado un receptor en el sitio (*in situ*) para el sitio S0114 (Sitio 14) – Sur y Norte.

En el Cuadro 4-38 se presenta los resultados del Índice de Riesgo (IR) por exposición a las sustancias cancerígenas identificadas en la matriz ambiental suelo para el escenario humano 1 (trabajadores industriales), tanto para el sitio S0114 (Sitio 14) -Sur y Norte. Del cálculo se puede determinar que los índices de riesgos individual (IR) para cada CP presentan un valor inferior al RECV fijado en $1,0E10^{-5}$, siendo un riesgo aceptable.

Como se ha descrito en capítulos anteriores, el receptor del escenario humano 1 puede ser afectado por los CP del suelo en el sitio S0114 (Sitio 14) - Sur mediante las vías de exposición por contacto dérmico, ingestión e inhalación de partículas del suelo, los cálculos del índice de riesgo indican que el riesgo es aceptable, dado que el IR_j para la vía de exposición por contacto dérmico es de $1,5E-4$; por ingestión, es de $5,7E-04$; y por inhalación, es de $1,7E-10$, valores muy por debajo del $RECV = 1,0E-05$.

Este receptor del escenario humano 1, también podría exponerse a través de las vías de exposición por contacto dérmico, ingestión accidental de suelos e inhalación de partículas del suelo en el sitio S0114 (Sitio 14) - Norte, pues presenta una potencial ruta completa conforme a lo descrito en el modelo conceptual y en secciones anteriores. Los cálculos del IR integral por vía (IR_j) indican que no existe riesgo potencial de efectos carcinógenos por inhalación de partículas de benzo (a) antraceno, pues el valor del IR_j para esta vía de exposición es de $4,8E-11$; asimismo, el índice de riesgo por exposición a través de la vía dérmica e ingestión es de $1,6E-7$, valores muy alejados al RVEC, siendo un riesgo aceptable. El Índice de Riesgo Total (IR_T), entendiéndose como la suma de los diversos IR_j identificados, es de $3,2E-7$, por ende, es un riesgo aceptable, ya que este índice es inferior al límite del Riesgo Extra de Cáncer de por Vida (RECV).

Para este escenario humano, por exposición a cada uno de los sitios, no se ha considerado la vía de exposición por ingestión de agua subterránea afectadas, si bien es cierto se determinaron CP para esta matriz ambiental, no existe una ruta de exposición completa entre el escenario humano 1 (trabajador industrial) y el agua subterránea, pues la fuente de abastecimiento de agua potable no proviene del acuífero que subyace en los sitios impactados, siendo la profundidad media del nivel freático de 2 y 7 m en el sector sur y norte respectivamente, por tales motivos no hay posibilidad de contacto entre el receptor y los contaminantes presentes en los sitios, consecuentemente no hay riesgo. Asimismo, no se ha considerado una afectación de los receptores por ingestión o contacto dérmico con el agua superficial, ya que no se determinaron contaminantes de preocupación en dicha matriz.

En el Anexo 6.6.6 se presentan los cálculos de riesgo cancerígeno, considerando las distintas vías de exposición.

Cuadro 4-38 Índice del riesgo cancerígeno para CP en suelos - Escenario humano 1

Sitio	Vía	Matriz Ambiental	Contaminante de Preocupación (CP)	Dosis de Exposición (DE)	Factor de Pendiente (FPC)	Índice de Riesgo (IR)	Índice de Riesgo Integral por Vía (IR _i)	Índice de Riesgo Total (IR _T)
S0114-Sur	Dérmica	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	1,4E-7	7,3E-1	1,0E-07	1,0E-07	2,0E-07
	Ingestión	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	1,4E-7	7,3E-1	1,0E-07	1,0E-07	
	Inhalación	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	2,3E-14	8,8E-5	2,1E-15	2,1E-15	
S0114-Norte	Dérmica	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	2,2E-07	7,3E-01	1,6E-07	1,6E-07	3,2E-07
	Ingestión	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	2,2E-07	7,3E-01	1,6E-07	1,6E-07	
	Inhalación	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	5,4E-10	8,8E-05	4,8E-11	4,8E-11	
RECV							1,0E-05	

Fuente: RBCA Toolkit, V 2.6, 2018

CP: Contaminante de preocupación

IR_T: Índice de riesgo total (acumulativo)

RECV: Riesgo Extra de Cáncer de por Vida

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

• Escenario Humano 2: Poblador Local - Cazadores y pescadores esporádicos

En el Cuadro 4-39 y Cuadro 4-40 se presenta los resultados del Índice de Riesgo (IR) por exposición a las sustancias cancerígenas identificadas en la matriz ambiental suelos para el escenario humano 2 cazadores y pescadores esporádicos adulto y niño respectivamente. La distancia considerada entre el foco y el receptor del escenario humano 2 fue de cero (0) metros para el sitio S0114 (Sitio 14) - Sur y Norte, con el fin de evaluar un escenario crítico.

Para este escenario humano se evaluó los receptores adultos y niños (6 a 11 años de edad) por separado, este último receptor es más vulnerable a la exposición directa de los contaminantes presentes en el sitio impactado, dado que, desde muy temprana edad, aproximadamente desde los 6 años, empieza con el aprendizaje de la caza, de la pesca o acompaña a sus familiares al bosque.

Estos receptores presentan potenciales rutas de exposición completas con los CP del suelo mediante las vías de exposición por inhalación de partículas, contacto dérmico e ingestión accidental; y de agua superficial, por contacto dérmico (inmersión) e ingestión accidental de los CP del suelo que lixivian y descargan en cuerpos de agua cercanos. Con la finalidad de evaluar un escenario conservador se ha planteado que los CP del suelo lixivian y descargan en quebradas cercanas al sitio a una distancia de 50 m, a pesar que los resultados de los ensayos de TCLP indican que no se genera lixiviados.

Entre los parámetros de exposición más importantes se consideró una frecuencia de exposición de dos (2) veces a la semana equivalente a 96 días al año, una duración de exposición de 12 y 24 años para el receptor niño y adulto respectivamente, un tiempo promedio para agentes cancerígenos de 74,5 años para ambos receptores equivalente a la esperanza promedio de vida según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), un peso corporal de 29 kg y 65 kg para el receptor niño y adulto respectivamente, entre otros que se detallan en el Anexo 6.6.4.

Del cálculo se puede determinar que los índices de riesgos individual (IR) para cada CP y para el receptor adulto y niño presentan un valor inferior al RECV fijado en $1,0E10^{-5}$, siendo un riesgo aceptable.

En el Cuadro 4-39 y Cuadro 4-40 se presenta los resultados del Índice de Riesgo (IR) por exposición al benzo (a) antraceno presente en la matriz ambiental suelo para el escenario humano N° 2, correspondiente a los cazadores y pescadores esporádicos adultos y niños respectivamente, los cuales son considerados como receptores en el sitio (*in situ*) para el sitio S0114 (Sitio 14) - Sur y Norte.

Del cálculo se puede determinar que los índices de riesgos individual (IR) para el CP presenta un valor inferior al RECV fijado en $1,0E10^{-5}$, siendo un riesgo aceptable para ambos sitios y para ambos receptores (adulto y niño).

La vía de exposición por inhalación de partículas, contacto dérmico e ingestión accidental de suelos afectados del sitio S0114 (Sitio 14) - Sur presenta una potencial ruta completa conforme a lo descrito en el modelo conceptual, pues se considera que el receptor desarrolla sus actividades de caza en el sitio impactado (*in situ*) o muy cercano a este. Los cálculos del IR integral por vía (IR_i) indican que no existe riesgo potencial de efectos carcinógenos por inhalación de partículas de benzo (a) antraceno, pues el valor del IR_i para esta vía de exposición es de $4,5E-12$ (adulto) y $2,2E-12$ (niño); asimismo, el índice de riesgo para la vía de exposición por contacto dérmico es de $4,3E-8$ (adulto) y $5,5E-8$ (niño); y para la vía por ingestión, de $4,5E-12$ (adulto) y de $2,2E-12$ (niño), valores muy alejados al RVEC, siendo un riesgo aceptable.

El cazador y/o pescador esporádico en zonas colindantes al sitio S0114 (Sitio 14) - Norte podría ser afectado por las vías de exposición por contacto dérmico, ingestión e inhalación de partículas de benzo (a) antraceno. Del Cuadro 4-39 y Cuadro 4-40 se tiene que el IR integral por vía (IR_j) no representa riesgo potencial de efectos carcinógenos por inhalación de partículas, dado que el valor del IR_j para esta vía de exposición es de $2,0E-11$ (adulto) y $9,9E-12$ (niño); para la vía de exposición por contacto dérmico, es de $6,7E-8$ (adulto) y $8,6E-8$ (niño); y para la vía por ingestión, de $6,7E-8$ (adulto) y de $7,5E-8$ (niño), valores muy alejados al RVEC, sienten un riesgo aceptable.

El Índice de Riesgo Total (IR_T), que corresponde a la suma de los diversos IR_j identificados, es de $8,5E-8$ (adulto) y $1,0E-7$ (niño) para el sitio S0114 (Sitio 14) - Sur y de $1,3E-7$ (adulto) y $1,6E-7$ (adulto) para el sitio S0114 (Sitio 14) - Norte, por ende, es un riesgo aceptable para ambos sitios, ya que estos índices son inferiores al límite del Riesgo Extra de Cáncer de por Vida (RECV).

Para este escenario no se ha considerado la vía de exposición por ingestión de agua subterránea afectadas del sitio S0114 (Sitio 14) - Sur y Norte, si bien es cierto se determinaron CP para esta matriz ambiental, no existe una ruta de exposición completa entre los cazadores y/o pescadores esporádicos y el agua subterránea, pues la fuente de abastecimiento de agua potable no proviene del acuífero que subyace en los sitios impactados, siendo la profundidad media del nivel freático de 2 y 7 m en el sector sur y norte respectivamente, por tales motivos no hay posibilidad de contacto entre el receptor y los contaminantes presentes en los sitios, consecuentemente no hay riesgo.

Asimismo, no se ha considerado una afectación de los receptores por ingestión o contacto dérmico con el agua superficial, ya que no se determinaron contaminantes de preocupación en el agua superficial.

En el Anexo 6.6.6 se presentan los cálculos de riesgo cancerígeno, considerando las distintas vías de exposición.

Cuadro 4-39 Índice del riesgo cancerígeno para CP en suelos - Escenario humano 2 - Adulto

Sitio	Vía	Matriz Ambiental	Contaminante de Preocupación (CP)	Dosis de Exposición (DE)	Factor de Pendiente (FPC)	Índice de Riesgo (IR)	Índice de Riesgo Integral por Vía (IR _i)	Índice de Riesgo Total (IR _T)
S0114-Sur	Dérmica	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	5,8E-8	7,3E-1	4,3E-8	4,3E-8	8,5E-8
		Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	3,4E-13	7,3E-1	2,5E-13		
	Ingestión	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	5,9E-8	7,3E-1	4,3E-8	4,3E-8	
		Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	2,1E-13	7,3E-1	1,6E-13		
	Inhalación	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	5,1E-11	8,8E-5	4,5E-12	4,5E-12	
	S0114-Norte	Dérmica	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	9,1E-8	7,3E-1	6,7E-08	
Agua Superficial ^A			Benzo (a) antraceno	1,2E-11	7,3E-1	9,1E-12		
Ingestión		Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	9,2E-8	7,3E-1	6,7E-08	6,7E-08	
		Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	7,8E-12	7,3E-1	5,7E-12		
Inhalación		Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	2,3E-10	8,8E-5	2,0E-11	2,0E-11	
REC _V					1,0E-05			

Fuente: RBCA Toolkit, V 2.6, 2018

CP: Contaminante de preocupación

IR_T: Índice de riesgo total (acumulativo)

REC: Riesgo Extra de Cáncer de por Vida

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 4-40 Índice del riesgo cancerígeno para CP en suelos - Escenario humano 2 – Niño

Sitio	Vía	Matriz Ambiental	Contaminante de Preocupación (CP)	Dosis de Exposición (DE)	Factor de Pendiente (FPC)	Índice de Riesgo (IR)	Índice de Riesgo Integral por Vía (IR _i)	Índice de Riesgo Total (IR _T)
S0114-Sur	Dérmica	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	7,5E-8	7,3E-1	5,5E-8	5,5E-8	1,0E-7
		Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	3,4E-13	7,3E-1	2,5E-13		
	Ingestión	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	6,6E-8	7,3E-1	4,8E-8	4,8E-8	
		Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	2,1E-13	7,3E-1	1,6E-13		
	Inhalación	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	2,5E-11	8,8E-5	2,2E-12	2,2E-12	
		Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	1,2E-7	7,3E-1	8,6E-08		
S0114-Norte	Dérmica	Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	1,2E-11	7,3E-1	9,1E-12	8,6E-08	1,6E-07
		Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	1,0E-7	7,3E-1	7,5E-08		
	Ingestión	Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	7,8E-12	7,3E-1	5,7E-12	7,5E-08	
		Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	1,1E-10	8,8E-5	9,9E-12		
	Inhalación	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	1,1E-10	8,8E-5	9,9E-12	9,9E-12	
		Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	1,1E-10	8,8E-5	9,9E-12		
REC ^V								1,0E-05

(A) Agua superficial afectada por lixiviación de contaminantes provenientes de la matriz suelos.

Fuente: RBCA Toolkit, V 2.6, 2018

CP: Contaminante de preocupación

IR_T: Índice de riesgo total (acumulativo)

REC: Riesgo Extra de Cáncer de por Vida

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- **Escenario humano 3: Poblador Local - Residente de la Comunidad Nativa Nueva Jerusalén**

El escenario humano N° 3 corresponde a los residentes de la C.N. Nueva Jerusalén, es un receptor fuera del sitio (*ex situ*), pues la distancia entre los focos de contaminación y la población es de 15,8 km.

En el modelo conceptual planteado se considera que los contaminantes de preocupación del suelo lixivian hacia las aguas subterráneas, las cuales descargan y/o afloran en algún cuerpo de agua superficial que posteriormente desemboca en el río Macusari, siendo este último de relevancia para la población de la comunidad nativa, debido al uso de sus aguas para fines recreacionales (natación) o de consumo de pescado.

Sin embargo, el benzo (a) antraceno contaminante categorizado como sustancia cancerígena, es un HAP que presenta una solubilidad acuosa muy baja o prácticamente es insoluble en agua; además, tiene una gran afinidad por la materia orgánica, por lo que tienden a permanecer enlazados a partículas de suelo y se disuelven muy lentamente en agua. Por lo tanto, la migración de este contaminante al agua subterránea es poco probable, sumado a la baja permeabilidad de los suelos del sitio S0114 (Sitio 14) - Sur y Norte, los cuales presentan una textura predominante franco-arcillosa.

En base a lo descrito, para este receptor no existe riesgo cancerígeno por contacto dérmico e ingestión de agua superficial; sin embargo, en el Cuadro 4-41 se presenta la estimación de los índices de riesgos para las vías de exposición en mención, cuyos valores son inferiores al RECV.

No se ha considerado una afectación de los receptores residenciales por inhalación de partículas, por la distancia entre el receptor y los focos de contaminación (mayor a 15,8 km).

En conclusión, el riesgo es aceptable para el receptor humano 3.

En el Anexo 6.6.6 se presentan los cálculos de riesgo cancerígeno, considerando las distintas vías de exposición.

Cuadro 4-41 Índice del riesgo cancerígeno para CP en suelos - Escenario humano 3

Sitio	Vía	Matriz Ambiental	Contaminante de Preocupación (CP)	Dosis de Exposición (DE)	Factor de Pendiente (FPC)	Índice de Riesgo (IR)	Índice de Riesgo Integral por Vía (IR _i)	Índice de Riesgo Total (IR _T)
S0114-Sur	Dérmica	Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	2,0E-17	7,3E-1	1,4E-17	1,4E-17	2,4E-17
	Ingestión	Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	1,2E-17	7,3E-1	9,1E-18	9,1E-18	
S0114-Norte	Dérmica	Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	1,5E-15	7,3E-1	1,1E-15	1,1E-15	1,8E-15
	Ingestión	Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	9,5E-16	7,3E-1	6,9E-16	6,9E-16	
REC _V						1,0E-05		

(A) Agua superficial afectada por lixiviación de contaminantes provenientes de la matriz suelos.

Fuente: RBCA Toolkit, V 2.6, 2018

CP: Contaminante de preocupación

IR_T: Índice de riesgo total (acumulativo)

REC: Riesgo Extra de Cáncer de por Vida

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

B) Caracterización del riesgo no cancerígeno

El objetivo de la evaluación dosis-respuesta para sustancias no cancerígenas es identificar un umbral o valor en el que se espera que no se produzca un daño, la meta de la caracterización del riesgo de no cancerígeno es determinar si la exposición con base en el valor medido rebasa ese límite y, por lo tanto, es preocupante para la salud de la población.

Para estimar el riesgo no cancerígeno de los CP en los distintos escenarios se ha utilizado el software RBCA Toolkit, el cual calcula la Dosis de Exposición (DE) y la Dosis de Referencia (DdR) a partir de datos del sitio ingresados en dicho software RBCA (Ver Anexo 6.6.4). Seguidamente se evalúa si la exposición es superior a la exposición de referencia. Un método común para la caracterización de un riesgo de no cancerígeno es calcular el cociente de peligrosidad (CdP).

Siguiendo las pautas de la Guía ERSa (MINAM, 2015) se ha establecido un riesgo aceptable para un cociente de peligrosidad (CdP) inferior a la unidad (1), mientras que para un cociente superior a uno (1) se considera preocupante por tratarse de una exposición elevada que puede representar un riesgo.

La Dosis de Referencia (DdR) es un valor de toxicidad para evaluar los posibles efectos en los humanos, que resulta de la exposición a los contaminantes de preocupación (CP). Generalmente se obtienen de la base de datos del Sistema Integrado de Información de Riesgos (*Integrated Risk Information System* -IRIS), cuyas evaluaciones son aprobadas por la Agencia de Protección Ambiental de USA (EPA), sin embargo, se tiene una postura conservadora al utilizar esta información, dado que por lo general solo ha sido revisada dentro del marco de la EPA y no siempre por comunidad científica externa o en el marco nacional. Las estimaciones de las DdR, se traduce a una exposición diaria en mg/kg/día a la población, que posiblemente no tenga un riesgo de efectos no cancerígenos en la salud durante una exposición que abarca toda la vida.

La Dosis de Exposición (DE) es la cantidad total de una sustancia que penetra en el organismo de los receptores por una vía de exposición específica.

El Coeficiente de Peligro es la relación entre el Dosis de Exposición (DE) de los CP en un período de tiempo especificado y una Dosis de Referencia (DdR) de los CP, derivada para un período de exposición similar.

En el siguiente cuadro se detalla la categorización utilizada para el riesgo no cancerígeno:

Cuadro 4-42 Riesgo no cancerígeno - Criterios

Riesgo	Rango	Descripción
Riesgo aceptable	$CdP \leq 1$	Cuando la relación entre la dosis de exposición y la dosis de referencia es menor a uno (1) denota que no existe riesgo en las condiciones de exposición con los contaminantes del Sitio S0114 (Sitio 14). Representa una exposición a una dosis menor a la dosis de referencia estimada como segura.
Riesgo preocupante	$1 < CdP \leq 10$	Cuando la relación entre la dosis de exposición y la dosis de referencia es mayor a uno (1) y menos a diez (10) significa que la exposición representa un riesgo preocupante y aumenta la posibilidad de que aparezcan efectos adversos en los receptores humanos del Sitio S0114 (Sitio 14).

Cuadro 4-42 Riesgo no cancerígeno - Criterios

Riesgo	Rango	Descripción
		Representa una exposición a una dosis por encima a la dosis de referencia y un efecto potencialmente adverso a la salud.
Riesgo muy elevado	CdP > 10	Cuando la relación entre la dosis de exposición y la dosis de referencia es mayor a diez (10) significa que la exposición representa un riesgo muy elevado y aparecen efectos adversos en los receptores humanos del Sitio S0114 (Sitio 14). Se debe tomar acciones correctivas inmediatas para proteger a la población y receptores. Como parte de medidas correctivas debe considerarse la restricción del acceso

Fuente: Guía ERSA (MINAM, 2015).

La estimación del riesgo no cancerígeno se realizó para las rutas de exposición completas identificadas en el modelo conceptual, para sus respectivas vías de exposición, y para cada escenario de evaluación.

• Escenario humano 1: Poblador Local - Trabajadores industriales

En el Cuadro 4-43 y Cuadro 4-44 se presentan los resultados calculados para el escenario humano 1, es decir, los pobladores que son trabajadores industriales cercanos al Sitio S0114 (sitio 14) Sur y Norte, expuestos por contacto dérmico, ingestión e inhalación a los contaminantes de preocupación CP del suelo considerándolo como un receptor in situ (distancia entre el foco y el receptor de 0 metros) de acuerdo con los escenarios de exposición descritos en capítulos anteriores.

Entre los parámetros de exposición más importantes se consideró una frecuencia de exposición de 230 días al año (siguiendo las pautas de la Guía ERSA), una duración de exposición de 24 años, un peso corporal de 65 kg, entre otros que se detallan en el Anexo 6.6.4.

El benzo (a) antraceno a pesar de clasificarse como probable carcinógeno humano (2B), según la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (*International Agency for Research on Cancer*, IARC), se han incluido en esta evaluación, debido a que existen datos de bioensayos que indican que produce tumores por exposición oral y contacto dérmico (IRIS, 1999).

Respecto al Sitio S0114 (sitio 14) – Sur, los cocientes de peligrosidad (CdP) de selenio, benzo (a) antraceno y fenantreno para las vías de exposición por contacto dérmico e ingestión representan un riesgo aceptable, por otro lado el selenio (Se) es de $1,7E-10$ para la vía de exposición por inhalación de partículas también representa un riesgo aceptable, no se determinaron cocientes de peligrosidad por inhalación de partículas para el benzo (a) antraceno y fenantreno, debido a la falta de información de fuentes bibliográficas para la dosis de referencia por inhalación (DdR). Todos los IP_j por vía de exposición representan un riesgo es aceptable.

Respecto al escenario industrial expuesto a los CP del sitio S0114 (Sitio 14) - Norte, se determinaron tres (3) vías de exposición: contacto dérmico, ingestión accidental e inhalación de partículas, debido a que representa un receptor en el sitio (in situ) y, por ende, existe una mayor probabilidad de exposición con el foco de contaminación. En el Cuadro 4-43 se puede observar que los CdP por exposición al Boro, Selenio, Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28), Benzo (a)

antraceno, Fenantreno y Naftaleno por contacto dérmico e ingestión accidental, representan un riesgo aceptable. Asimismo, los CdP para exposición del receptor industrial por inhalación de partículas de Boro, Selenio, Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28) y Naftaleno, representa un riesgo aceptable, no se determinaron cocientes de peligrosidad por inhalación de partículas para el benzo (a) antraceno y fenantreno, debido a la falta de información de fuentes bibliográficas para la dosis de referencia por inhalación (DdR).

El Índice de Peligrosidad Total (IP_T), entendiéndose como la suma de los diversos IP_j identificados, es de $7,3E-04$ para el sitio S0114 (Sitio 14) – Norte y de $2,9E-1$ para el Sitio S0114 (Sitio 14) - Sur, representando un riesgo aceptable, ya que estos índices son inferiores al cociente de peligrosidad.

Para este escenario humano, por exposición a cada uno de los sitios, no se ha considerado la vía de exposición por ingestión de agua subterránea afectadas, si bien es cierto se determinaron CP para esta matriz ambiental, no existe una ruta de exposición completa entre el receptor humano industrial y el agua superficial y subterránea, pues la fuente de abastecimiento de agua potable no proviene del acuífero que subyace en los sitios impactados, siendo la profundidad media del nivel freático de 2 y 7 m en el sector sur y norte respectivamente, por tales motivos no hay posibilidad de contacto entre el receptor y los contaminantes presentes en los sitios, consecuentemente no hay riesgo. Asimismo, no se ha considerado una afectación de los receptores por ingestión o contacto dérmico con el agua superficial, ya que no se determinaron contaminantes de preocupación en dicha matriz.

En el Anexo 6.6.6 se presentan los cálculos de riesgo no cancerígeno, considerando las distintas vías de exposición

Un resumen de los resultados obtenidos para cálculo de riesgo cancerígeno y no cancerígeno, considerando como foco a suelos/subsuelos afectados, es presentado en el Anexo 6.6.7 respectivamente. Asimismo, en el Anexo 6.6.8 se presentan los diagramas de rutas de exposición generado por el software RBCA.

• Escenario humano 2: Poblador Local - Cazadores y pescadores esporádicos

En el Cuadro 4-44 y Cuadro 4-45 se presentan los resultados del Índice de Peligrosidad (IP) por exposición a las CP identificados en la matriz ambiental suelo para el escenario humano N° 2, correspondiente a cazadores esporádicos adulto y niño, los cuales son considerados como receptores en el sitio (*in situ*) para el sitio S0114 (Sitio 14) -Sur y Norte, conforme a lo descrito en capítulos anteriores.

Entre los parámetros de exposición más importantes se consideró una frecuencia de exposición de dos (2) veces a la semana equivalente a 96 días al año; asimismo, siguiendo las pautas de la Guía ERSa, se consideró una duración de exposición de 12 y 24 años para el receptor niño y adulto respectivamente, un peso corporal de 29 kg y 65 kg para el receptor niño y adulto respectivamente, entre otros que se detallan en el Anexo 6.6.4.

Del cálculo del índice de peligrosidad individual se determina que la exposición a los contaminantes de preocupación para el receptor adulto (Ver Cuadro 4-44) y niño (Ver Cuadro 4-45) representan un riesgo aceptable, tanto para el Sitio S0114 (sitio 14) Sur y Norte, dado que los valores del cociente de peligrosidad no superan la unidad (1).

Cuadro 4-43 Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas en suelos - Escenario Humano 1

Sitio	Vía	Matriz Ambiental	Contaminante de Preocupación (CP)	Dosis de Exposición (DE)	Dosis de Referencia (DdR)	Cociente de Peligrosidad (CdP)	Índice de Peligrosidad Integral por Vía (IPj)	Índice de Peligrosidad Total (IPT)
S0114-Norte	Dérmico	Suelo Superficial	Boro	3,0E-07	2,0E-01	1,5E-06	1,6E-01	2,9E-01
		Suelo Superficial	Selenio	4,4E-07	5,0E-03	8,8E-05		
		Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28)	6,5E-03	4,0E-02	1,6E-01		
		Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	6,8E-07	5,0E-03	1,4E-04		
		Suelo Superficial	Fenantreno	2,0E-06	3,0E-02	6,7E-05		
		Suelo Superficial	Naftaleno	2,0E-06	2,0E-02	1,0E-04		
	Ingestión	Suelo Superficial	Boro	4,0E-06	2,0E-01	2,0E-05	1,2E-01	
		Suelo Superficial	Selenio	3,2E-06	5,0E-03	6,5E-04		
		Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28)	4,8E-03	4,0E-02	1,2E-01		
		Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	6,8E-07	5,0E-03	1,4E-04		
		Suelo Superficial	Fenantreno	2,0E-06	3,0E-02	6,7E-05		
		Suelo Superficial	Naftaleno	2,0E-06	2,0E-02	1,0E-04		
	Inhalación	Suelo Superficial	Boro	1,0E-11	2,0E-02	5,1E-10	3,8E-03	
		Suelo Superficial	Selenio	8,2E-12	1,3E-02	6,5E-10		
		Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28)	7,4E-04	2,0E-01	3,7E-03		
		Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	1,7E-09	SI	NC		
		Suelo Superficial	Fenantreno	4,0E-08	SI	NC		
		Suelo Superficial	Naftaleno	2,7E-07	3,0E-03	9,1E-05		
S0114-Sur	Dérmico	Suelo Superficial	Selenio	3,3E-7	5,0E-3	6,6E-05	1,5E-04	7,3E-04
		Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	4,3E-7	5,0E-3	8,7E-05		
		Suelo Superficial	Fenantreno	3,3E-7	3,0E-2	1,1E-05		
	Ingestión	Suelo Superficial	Selenio	2,4E-6	5,0E-3	4,9E-04	5,7E-04	
		Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	4,4E-7	5,0E-3	8,7E-05		
		Suelo Superficial	Fenantreno	3,3E-7	3,0E-2	1,1E-05		
	Inhalación	Suelo Superficial	Selenio	2,2E-12	1,3E-2	1,7E-10	1,7E-10	
		Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	3,8E-10	SI	NC		
		Suelo Superficial	Fenantreno	2,3E-9	SI	NC		
Cociente de Peligrosidad						1,0E+0		

(A) Agua superficial afectada por lixiviación de contaminantes provenientes de la matriz suelos.

SI: Sin información

NC: No calculado

Fuente: RBCA Toolkit, V 2.6, 2018

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Para el cazador y/o pescador esporádico en el sitio S0114 (Sitio 14) - Sur se determinaron potenciales rutas completas para las vías exposición por contacto dérmico, ingestión accidental e inhalación de partículas de los CP. Los cocientes de peligrosidad (CdP) para selenio, benzo (a) antraceno y fenantreno representan un riesgo aceptable para todas las vías de exposición identificadas, tanto para el receptor adulto y niño. Es importante mencionar no fue posible estimar los CdP para el benzo (a) antraceno y fenantreno para la vía de exposición por inhalación, y de selenio para la vía de exposición por contacto dérmico, debido a la falta de información bibliográfica de dosis de referencia (DdR). Asimismo, el índice de peligrosidad total (IP_T) para el receptor adulto es de $3,1E-4$ y para el receptor niño de $7,2E-4$, representando riesgos aceptables para el escenario humano 2 en el sitio S0114 (Sitio 14) - Sur.

Como se describió en el modelo conceptual, el cazador y/o pescador esporádico en zonas colindantes al sitio S0114 (Sitio 14) - Norte podría ser afectado por contacto dérmico, ingestión e inhalación de partículas de CP. Del Cuadro 4-44 (adulto) y Cuadro 4-45 (niño) se tiene que el IP para el boro, selenio, fracción de hidrocarburos F2 (C10-C28) y naftaleno equivale a un riesgo aceptable para la vía de exposición por inhalación, ya que los valores son inferiores al cociente 1. Similarmente las vías de exposición por contacto dérmico presentan un IP_j de $6,8E-02$ para el receptor adulto y de $1,8E-01$ para el receptor niño; y un IP_j para la vía por ingestión de $5,1E-2$ (adulto) y $1,1E-1$ (niño), representando un riesgo aceptable.

El Índice de Peligrosidad Total (IP_T), presenta un valor de $1,2 E-1$ para el receptor adulto y $2,9 E-1$, siendo un riesgo aceptable.

Para este escenario no se ha considerado la vía de exposición por ingestión de agua subterránea afectadas del sitio S0114 (Sitio 14) - Sur y Norte, si bien es cierto se determinaron CP para esta matriz ambiental, no existe una ruta de exposición completa entre los cazadores y/o pescadores esporádicos y el agua subterránea, pues la fuente de abastecimiento de agua potable no proviene del acuífero que subyace en los sitios impactados, siendo la profundidad media del nivel freático de 2 y 7 m en el sector sur y norte respectivamente, por tales motivos no hay posibilidad de contacto entre el receptor y los contaminantes presentes en los sitios, consecuentemente no hay riesgo. Asimismo, no se ha considerado una afectación de los receptores por ingestión o contacto dérmico con el agua superficial, ya que no se determinaron contaminantes de preocupación en el agua superficial.

En el Anexo 6.6.6 se presentan los cálculos de riesgo no cancerígeno, considerando las distintas vías de exposición

Un resumen de los resultados obtenidos para cálculo de riesgo cancerígeno y no cancerígeno, considerando como foco a suelos/subsuelos afectados, es presentado en el Anexo 6.6.7 respectivamente. Asimismo, en el Anexo 6.6.8 se presentan los diagramas de rutas de exposición generado por el software RBCA.

Cuadro 4-44 Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas en suelos - Escenario Humano 2 - Adulto

Sitio	Vía	Matriz Ambiental	Contaminante de Preocupación (CP)	Dosis de Exposición (DE)	Dosis de Referencia (DdR)	Cociente de Peligrosidad (CdP)	Índice de Peligrosidad Integral por Vía (IPj)	Índice de Peligrosidad Total (IPT)
S0114-Norte	Dérmico	Suelo Superficial	Boro	1,3E-7	2,0E-1	6,3E-07	6,8E-02	1,2E-01
		Suelo Superficial	Selenio	1,8E-7	5,0E-3	3,7E-05		
		Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28)	2,7E-3	4,0E-2	6,8E-02		
		Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	2,8E-7	5,0E-3	5,7E-05		
		Suelo Superficial	Fenantreno	8,4E-7	3,0E-2	2,8E-05		
		Suelo Superficial	Naftaleno	8,5E-7	2,0E-2	4,2E-05		
		Agua Superficial ^A	Boro	NC	2,0E-1	NC		
		Agua Superficial ^A	Selenio	NC	5,0E-3	NC		
		Agua Superficial ^A	Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28)	NC	4,0E-2	NC		
		Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	5,0E-11	5,0E-3	1,0E-08		
		Agua Superficial ^A	Fenantreno	7,4E-10	3,0E-2	2,5E-08		
		Agua Superficial ^A	Naftaleno	1,6E-9	2,0E-2	8,0E-08		
	Ingestión	Suelo Superficial	Boro	1,7E-6	2,0E-1	8,3E-06	5,1E-02	
		Suelo Superficial	Selenio	1,4E-6	5,0E-3	2,7E-04		
		Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28)	2,0E-3	4,0E-2	5,0E-02		
		Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	2,9E-7	5,0E-3	5,7E-05		
		Suelo Superficial	Fenantreno	8,4E-7	3,0E-2	2,8E-05		
		Suelo Superficial	Naftaleno	8,5E-7	2,0E-2	4,3E-05		
		Agua Superficial ^A	Boro	0,0E+0	2,0E-1	0,0E+00		
		Agua Superficial ^A	Selenio	1,0E-7	5,0E-3	2,0E-05		
		Agua Superficial ^A	Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28)	6,2E-7	4,0E-2	1,5E-05		
		Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	3,3E-11	5,0E-3	6,5E-09		
		Agua Superficial ^A	Fenantreno	7,6E-10	3,0E-2	2,5E-08		
		Agua Superficial ^A	Naftaleno	1,8E-9	2,0E-2	9,2E-08		
Inhalación	Suelo Superficial	Boro	4,2E-12	2,0E-02	2,1E-10	1,6E-03		
	Suelo Superficial	Selenio	3,4E-12	1,3E-02	2,7E-10			
	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28)	3,1E-4	2,0E-01	1,5E-03			
	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	7,0E-10	SI	NC			
	Suelo Superficial	Fenantreno	1,7E-8	SI	NC			
	Suelo Superficial	Naftaleno	1,1E-7	3,0E-03	3,8E-05			
S0114-Sur	Dérmico	Suelo Superficial	Selenio	1,4E-7	5,0E-3	2,8E-05	6,8E-05	3,1E-04
		Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	1,8E-7	5,0E-3	3,6E-05		

Cuadro 4-44 Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas en suelos - Escenario Humano 2 - Adulto

Sitio	Vía	Matriz Ambiental	Contaminante de Preocupación (CP)	Dosis de Exposición (DE)	Dosis de Referencia (DdR)	Cociente de Peligrosidad (CdP)	Índice de Peligrosidad Integral por Vía (IPj)	Índice de Peligrosidad Total (IPT)
		Suelo Superficial	Fenantreno	1,4E-7	3,0E-2	4,5E-06		
		Agua Superficial ^A	Selenio	NC	5,0E-3	NC		
		Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	1,4E-12	5,0E-3	2,7E-10		
		Agua Superficial ^A	Fenantreno	5,2E-12	3,0E-2	1,7E-10		
	Ingestión	Suelo Superficial	Selenio	1,0E-6	5,0E-3	2,0E-04	2,4E-04	
		Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	1,8E-7	5,0E-3	3,6E-05		
		Suelo Superficial	Fenantreno	1,4E-7	3,0E-2	4,6E-06		
		Agua Superficial ^A	Selenio	3,2E-9	5,0E-3	6,4E-07		
		Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	8,9E-13	5,0E-3	1,8E-10		
		Agua Superficial ^A	Fenantreno	5,3E-12	3,0E-2	1,8E-10		
	Inhalación	Suelo Superficial	Selenio	9,1E-13	1,3E-02	7,2E-11	7,2E-11	
		Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	1,6E-10	SI	NC		
		Suelo Superficial	Fenantreno	9,5E-10	SI	NC		
Cociente de Peligrosidad						1,0E+0		

(A) Agua superficial afectada por lixiviación de contaminantes provenientes de la matriz suelos.

SI: Sin información

NC: No calculado

Fuente: RBCA Toolkit, V 2.6, 2018

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 4-45 Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas en suelos - Escenario Humano 2 - Niño

Sitio	Vía	Matriz Ambiental	Contaminante de Preocupación (CP)	Dosis de Exposición (DE)	Dosis de Referencia (DdR)	Cociente de Peligrosidad (CdP)	Índice de Peligrosidad Integral por Vía (IPj)	Índice de Peligrosidad Total (IPT)
S0114-Sur	Dérmico	Suelo Superficial	Boro	3,3E-7	2,0E-1	1,6E-06	1,8E-01	2,9E-01
		Suelo Superficial	Selenio	4,8E-7	5,0E-3	9,5E-05		
		Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28)	7,1E-3	4,0E-2	1,8E-01		
		Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	7,3E-7	5,0E-3	1,5E-04		
		Suelo Superficial	Fenantreno	2,2E-6	3,0E-2	7,2E-05		
		Suelo Superficial	Naftaleno	2,2E-6	2,0E-2	1,1E-04		
		Agua Superficial ^A	Boro	NC	2,0E-1	NC		
		Agua Superficial ^A	Selenio	NC	5,0E-3	NC		
		Agua Superficial ^A	Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28)	NC	4,0E-2	NC		
		Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	5,2E-11	5,0E-3	1,0E-08		
		Agua Superficial ^A	Fenantreno	7,7E-10	3,0E-2	2,6E-08		
		Agua Superficial ^A	Naftaleno	1,7E-9	2,0E-2	8,3E-08		
	Ingestión	Suelo Superficial	Boro	3,7E-6	2,0E-1	1,9E-05	1,1E-01	
		Suelo Superficial	Selenio	3,0E-6	5,0E-3	6,1E-04		
		Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28)	4,5E-3	4,0E-2	1,1E-01		
		Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	6,4E-7	5,0E-3	1,3E-04		
		Suelo Superficial	Fenantreno	1,9E-6	3,0E-2	6,3E-05		
		Suelo Superficial	Naftaleno	1,9E-6	2,0E-2	9,5E-05		
		Agua Superficial ^A	Boro	0,0E+0	2,0E-1	0,0E+00		
		Agua Superficial ^A	Selenio	1,2E-7	5,0E-3	2,5E-05		
		Agua Superficial ^A	Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28)	7,7E-7	4,0E-2	1,9E-05		
		Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	2,7E-11	5,0E-3	5,5E-09		
		Agua Superficial ^A	Fenantreno	6,6E-10	3,0E-2	2,2E-08		
		Agua Superficial ^A	Naftaleno	1,9E-9	2,0E-2	9,4E-08		
Inhalación	Suelo Superficial	Boro	4,2E-12	2,0E-02	2,1E-10	1,6E-03		
	Suelo Superficial	Selenio	3,4E-12	1,3E-02	2,7E-10			
	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28)	3,1E-4	2,0E-01	1,5E-03			
	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	7,0E-10	SI	NC			
	Suelo Superficial	Fenantreno	1,7E-8	SI	NC			
	Suelo Superficial	Naftaleno	1,1E-7	3,0E-03	3,8E-05			
S0114-Norte	Dérmico	Suelo Superficial	Selenio	3,6E-7	5,0E-3	7,1E-05	1,8E-04	7,2E-04
		Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	4,7E-7	5,0E-3	9,4E-05		

Cuadro 4-45 Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas en suelos - Escenario Humano 2 - Niño

Sitio	Vía	Matriz Ambiental	Contaminante de Preocupación (CP)	Dosis de Exposición (DE)	Dosis de Referencia (DdR)	Cociente de Peligrosidad (CdP)	Índice de Peligrosidad Integral por Vía (IPj)	Índice de Peligrosidad Total (IPT)
		Suelo Superficial	Fenantreno	3,5E-7	3,0E-2	1,2E-05		
		Agua Superficial ^A	Selenio	NC	5,0E-3	NC		
		Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	1,4E-12	5,0E-3	2,7E-10		
		Agua Superficial ^A	Fenantreno	5,2E-12	3,0E-2	1,7E-10		
	Ingestión	Suelo Superficial	Selenio	2,3E-6	5,0E-3	4,5E-04	5,5E-04	
		Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	4,1E-7	5,0E-3	8,2E-05		
		Suelo Superficial	Fenantreno	3,1E-7	3,0E-2	1,0E-05		
		Agua Superficial ^A	Selenio	3,2E-9	5,0E-3	6,4E-07		
		Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	8,9E-13	5,0E-3	1,8E-10		
		Agua Superficial ^A	Fenantreno	5,3E-12	3,0E-2	1,8E-10		
	Inhalación	Suelo Superficial	Selenio	9,1E-13	1,3E-02	7,2E-11	7,2E-11	
		Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	1,6E-10	SI	NC		
		Suelo Superficial	Fenantreno	9,5E-10	SI	NC		
Cociente de Peligrosidad						1,0E+0		

(A) Agua superficial afectada por lixiviación de contaminantes provenientes de la matriz suelos.

SI: Sin información

NC: No calculado

Fuente: RBCA Toolkit, V 2.6, 2018

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Adicionalmente, para el escenario humano 2 cazador y/o pescador esporádico se ha estimado el riesgo por consumo de pescado del sitio S0114 (Sitio 14) - Sur y sitio S0114 (Sitio 14) - Norte, en base a los resultados analíticos de metales en peces. La estimación del riesgo se presenta en los Cuadros 4-46 y 4-47.

Del cálculo de los cocientes de peligrosidad en función de la ingesta diaria admisible, se determina que el CdP para el Vanadio en el sitio S0114 (Sitio 14) - Sur y del Cadmio, Selenio y Vanadio en el sitio S0114 (Sitio 14) - Norte superan el cociente fijado en la unidad (1).

Cuadro 4-46 Resultados del escenario humano de pobladores de la CN para sustancias no cancerígenas en la ingestión de pescado - Sitio S0114 (Sitio 14) – Sur

Vía	Matriz Ambiental	Contaminante de Preocupación (CP)	Dosis de Exposición (DE)	Dosis de Referencia (DdR)	Cociente de Peligrosidad (CdP)	Índice de Peligrosidad Integral por Vía (IP _v)	Índice de Peligrosidad Total (IP _T)
Ingestión	Pescado	Aluminio Total	12,5	65	0,19	NA ^a	NA
		Antimonio Total	0,0025	0,026	0,10		
		Arsénico Total	0,002	0,139	0,02		
		Bario Total	4,2	32,5	0,13		
		Berilio Total	0,0025	0,13	0,02		
		Boro Total	0,05	13	0,00		
		Cadmio Total	0,03	0,05	0,65		
		Cobalto Total	0,02	No Calculado	-		
		Cromo Total	0,054	97,5	0,0006		
		Estaño Total	0,0048	39	0,0001		
		Estroncio Total	5,0	39	0,13		
		Hierro Total	12,5	45,5	0,27		
		Litio Total	0,025	1,3	0,02		
		Manganeso Total	5,0	9,1	0,55		
		Mercurio Total	0,017	0,5	0,03		
		Molibdeno Total	0,010	0,325	0,03		
		Níquel Total	0,16	1,3	0,12		
		Plata Total	0,012	0,325	0,04		
		Plomo Total	0,078	0,3	0,26		
		Selenio Total	0,054	0,325	0,16		
		Titanio Total	0,403	No Calculado	-		
		Vanadio Total	0,114	0,065	1,75		
		Zinc Total	8,2	19,5	0,42		
		Cociente de Peligrosidad					

Leyenda:

	Riesgo inaceptable
	Riesgo aceptable

a No se consideran efectos aditivos entre los diferentes CP por lo tanto no se calcula un índice de peligrosidad total.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 4-47 Resultados del escenario humano de pobladores de la CN para sustancias no cancerígenas en la ingestión de pescado - Sitio S0114 (Sitio 14) – Norte

Vía	Matriz Ambiental	Contaminante de Preocupación (CP)	Dosis de Exposición (DE)	Dosis de Referencia (DdR)	Cociente de Peligrosidad (CdP)	Índice de Peligrosidad Integral por Vía (IP _v)	Índice de Peligrosidad Total (IP _T)
Ingestión	Pescado	Aluminio Total	12,5	65	0,19	NA ^a	NA
		Antimonio Total	0,0053	0,026	0,20		
		Arsénico Total	0,057	0,139	0,41		
		Bario Total	1,4	32,5	0,04		
		Berilio Total	0,0025	0,13	0,02		
		Boro Total	0,16	13	0,01		
		Cadmio Total	0,18	0,05	3,58		
		Cobalto Total	0,40	No Calculado	-		
		Cromo Total	0,055	97,5	0,0006		
		Estaño Total	0,0025	39	0,0001		
		Estroncio Total	2,6	39	0,07		
		Hierro Total	12,5	45,5	0,27		
		Litio Total	0,025	1,3	0,02		
		Manganeso Total	5,0	9,1	0,55		
		Mercurio Total	0,069	0,5	0,14		
		Molibdeno Total	0,046	0,325	0,14		
		Níquel Total	0,16	1,3	0,12		
		Plata Total	0,012	0,325	0,04		
		Plomo Total	0,066	0,3	0,22		
		Selenio Total	0,325	0,325	1,00		
		Titanio Total	0,280	No Calculado	-		
		Vanadio Total	0,148	0,065	2,27		
		Zinc Total	12,5	19,5	0,64		
		Cociente de Peligrosidad					

Leyenda:

	Riesgo inaceptable
	Riesgo aceptable

a No se consideran efectos aditivos entre los diferentes CP por lo tanto no se calcula un índice de peligrosidad total.
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Dado que los mecanismos de daño de los diferentes compuestos de preocupación son diferentes, se hace imposible el cálculo de un índice de peligrosidad total y por lo tanto solo es posible el cálculo del cociente de peligrosidad por cada contaminante.

Se concluye que el riesgo asociado al eventual consumo de pescado contaminado con metales representa un riesgo inaceptable para el receptor expuesto en este escenario.

Es importante resaltar, que la fuente de bioacumulación de metales en los peces correspondería a otras fuentes ajenas al sitio S0114 (Sitio 14), dado que en los focos de contaminación no se determinaron como CP al Cadmio y Boro en ninguna matriz ambiental y el Selenio a pesar que fue determinado como CP no se relaciona a derrames de hidrocarburos sino posiblemente a fuentes naturales o la geología del lugar; asimismo, los resultados analíticos de Cadmio, Boro y Selenio en la matriz agua superficial reportaron concentraciones inferiores al límite de detección analítico (LDA).

- **Escenario Humano 3: Poblador Local – Residente de la Comunidad Nativa Nueva Jerusalén**

El escenario humano N° 3 correspondiente a los residentes la C.N. Nueva Jerusalén, corresponde a receptores fuera del sitio (ex situ), pues la distancia entre los focos de contaminación y la población es de 15,8 km. Entre los parámetros de exposición más importantes se consideró una frecuencia de exposición de la totalidad de los días al año (365 días), una duración de exposición de 24 años, un peso corporal de 65 kg, entre otros que se detallan en el Anexo 6.6.4.

En el modelo conceptual planteado se considera que los contaminantes de preocupación del suelo lixivian hacia las aguas subterráneas, las cuales descargan y/o afloran en algún cuerpo de agua superficial que posteriormente desemboca en el río Macusari, siendo este último de relevancia para la población de la comunidad nativa, debido al uso de sus aguas para fines recreacionales (natación) o de consumo de pescado.

En el Cuadro 4-48 se presentan los resultados del Índice de Riesgo (IR) para las vías de exposición por contacto dérmico (inmersión) y oral (ingestión accidental) de agua superficial.

Para el sitio S0114 (Sitio 14) - Sur el índice de peligrosidad por exposición al benzo (a) antraceno y fenantreno representa a un riesgo aceptable, pues los cocientes estimados no superan la unidad. Igualmente, para el sitio S0114 (Sitio 14) - Norte el riesgo es aceptable para la exposición al benzo (a) antraceno, fenantreno y naftaleno por contacto dérmico e ingestión de agua superficial.

Asimismo, de los cálculos del IP integral por vía (IP_i) indican un riesgo aceptable tanto para el sitio S0114 (Sitio 14) - Sur y Norte, pues el valor del IP_i para la vía de exposición por contacto dérmico (inmersión) y para la vía de exposición por ingestión, presentan valores muy inferiores al cociente de 1.

El Índice de Peligrosidad Total (IP_T), entendiéndose como la suma de los diversos IP_i identificados, presenta un riesgo aceptable para ambos sitios, ya que este índice es inferior al cociente de peligrosidad

No se determinaron cocientes de peligrosidad por exposición al Boro, Selenio y Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28), debido a la falta de información de fuentes bibliográficas para la estimación de la dosis de exposición por contacto dérmico.

No se ha considerado una afectación de los receptores residenciales por inhalación de partículas, por la distancia entre el receptor y los focos de contaminación (mayor a 15,8 km).

En el Anexo 6.6.6 se presentan los cálculos de riesgo no cancerígeno, considerando las distintas vías de exposición. Un resumen de los resultados obtenidos para cálculo de riesgo cancerígeno y no cancerígeno, considerando como foco a suelos/subsuelos afectados, es presentado en el Anexo 6.6.7 respectivamente. Asimismo, en el Anexo 6.6.8 se presentan los diagramas de rutas de exposición generado por el software RBCA.

Cuadro 4-48 Índice de Peligrosidad para CP no cancerígenas en suelos - Escenario humano 3

Sitio	Vía	Matriz Ambiental	Contaminante de Preocupación (CP)	Dosis de Exposición (DE)	Dosis de Referencia (DdR)	Cociente de Peligrosidad (CdP)	Índice de Peligrosidad Integral por Vía (IP _i)	Índice de Peligrosidad Total (IP _T)
S0114-Sur	Dérmica	Agua Superficial ^A	Selenio	NC	5,0E-03	NC	2,6E-14	3,7E-14
		Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	7,9E-17	5,0E-03	1,6E-14		
		Agua Superficial ^A	Fenantreno	3,0E-16	3,0E-02	1,0E-14		
	Ingestión	Agua Superficial ^A	Selenio	1,9E-13	5,0E-03	NC	1,1E-14	
		Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	2,7E-17	5,0E-03	5,4E-15		
		Agua Superficial ^A	Fenantreno	1,7E-16	3,0E-02	5,7E-15		
S0114-Norte	Dérmica	Agua Superficial ^A	Boro	NC	2,0E-01	NC	1,4E-11	2,4E-11
		Agua Superficial ^A	Selenio	NC	5,0E-03	NC		
		Agua Superficial ^A	Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28)	NC	4,0E-02	NC		
		Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	6,1E-15	5,0E-03	1,2E-12		
		Agua Superficial ^A	Fenantreno	9,0E-14	3,0E-02	3,0E-12		
		Agua Superficial ^A	Naftaleno	1,9E-13	2,0E-02	9,7E-12		
	Ingestión	Agua Superficial ^A	Boro	0,0E+0	2,0E-01	NC	1,0E-11	
		Agua Superficial ^A	Selenio	1,2E-11	5,0E-03	NC		
		Agua Superficial ^A	Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28)	7,5E-11	4,0E-02	NC		
		Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	2,0E-15	5,0E-03	4,1E-13		
		Agua Superficial ^A	Fenantreno	5,1E-14	3,0E-02	1,7E-12		
		Agua Superficial ^A	Naftaleno	1,6E-13	2,0E-02	8,2E-12		
Cociente de Peligrosidad						1,0E+0		

(A) Agua superficial afectada por lixiviación de contaminantes provenientes de la matriz suelos.

Fuente: RBCA Toolkit, V 2.6, 2018

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

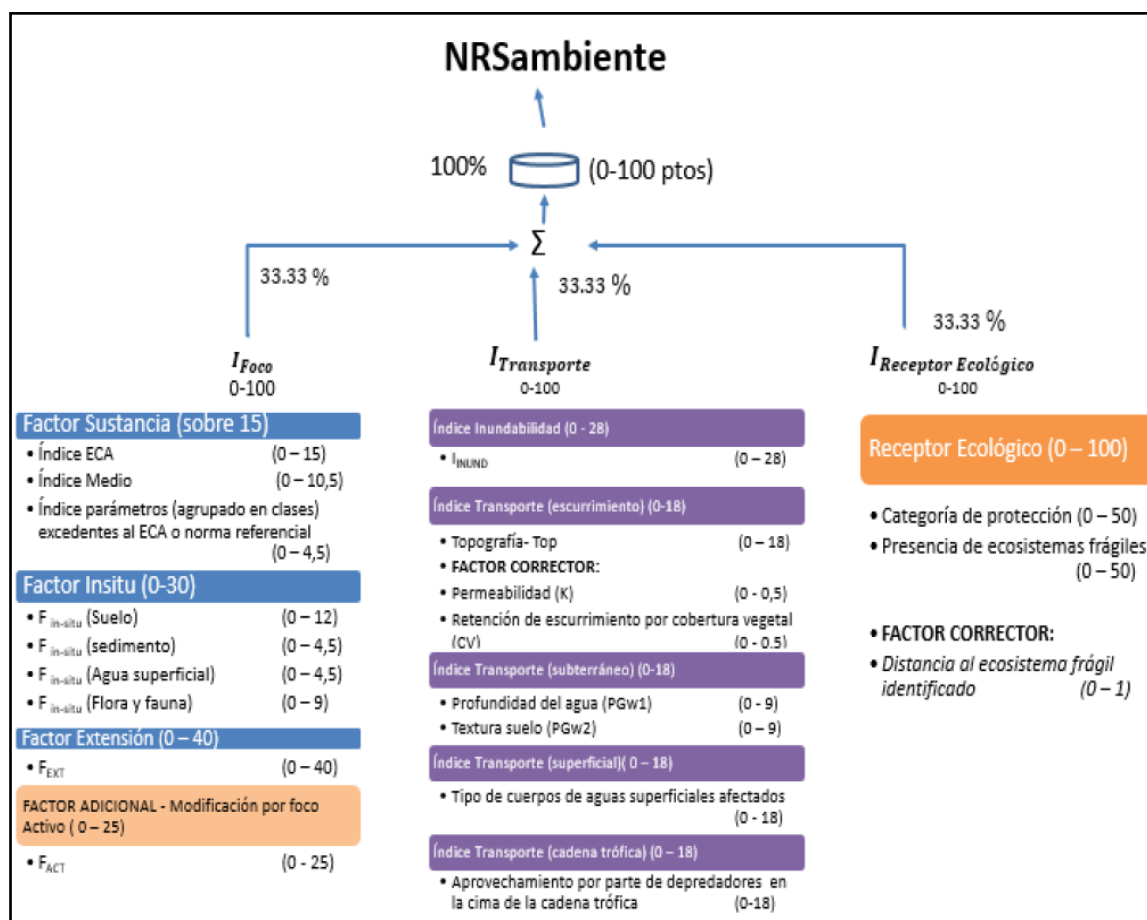
C) Caracterización del riesgo ecológico

Para poder estimar el riesgo ecológico, se tuvo en cuenta los posibles receptores que puedan verse afectados ante los CP por cada una de las matrices ambientales evaluadas por la cual puedan tener una vía de exposición. Para el caso de la comunidad hidrobiológica, partimos de los valores de toxicidad (Ecotox) descritos en el ítem 4.3.2 del presente estudio, donde su comparación permita encontrar excedencias las cuales permitan estimar un riesgo. Teniendo cuenta que no existen datos toxicológicos específicos para las especies evaluadas, será necesario en este aspecto, tomar decisiones basadas en una evaluación cualitativa.

Para el caso de los sitios S0114 (Sitio 14) Norte y Sur, no se tuvo CP para esta matriz ambiental, por lo que no ameritó una evaluación sobre la comunidad hidrobiológica (fitoplancton, zooplancton, perifiton y bentos) a excepción de los peces; por lo cual el análisis se centró para el Bario Total, Cadmio y Plomo, elementos que se registraron en el tejido muscular de peces y los valores de Ecotox de especies análogas y/o representativas a las encontradas en el área de estudio. De ello se concluye que estos CP representan un Riesgo Aceptable (presentes en las aguas superficiales) sobre los peces; toda vez que no se registraron excedencias a los valores referenciales de Ecotox. Asimismo, se infiere que el Bario Total, Cadmio y Plomo, pueden estar asociados a fuentes ajenas a los sitios S0114 (Sitio 14) Norte y Sur y no al derrame histórico de hidrocarburos.

Además, para fin de tener un panorama sobre este escenario y realizar la caracterización del riesgo ecológico donde se contempla los CP en el sitio S0114 (Sitio 14), se empleó la *“Metodología para la estimación del nivel de riesgo a la salud y al ambiente de sitios impactados”* establecida por OEFA; en la cual se consideró específicamente la determinación del Nivel de Riesgo por Sustancias (NRSambiente), a través del modelo Sustancia – Transporte – Receptor, interpretado como la suma de la evaluación de dichos tres componentes para el potencial receptor ambiente. En la Figura 4-30 se presentan los criterios de valoración y puntuación del Nivel de Riesgo por Sustancias respecto al ambiente.

Figura 4-31 Esquema de los criterios de valoración y puntuación del Nivel de Riesgo por Sustancias



Fuente: Resolución de Consejo Directivo N° 028-2017-OEFA/CD / Adaptado de Canadian Council of Ministres of the Environment. (2008) National Classification System for Contaminated Sites. Guidance Document

C.1 Descripción de la metodología

Para la estimación del nivel de riesgo asociado a sustancias respecto a un receptor ambiente se emplea la siguiente fórmula:

$$NRS_{ambiente} = \frac{(I_{Foco} \cdot 0.33) + (I_{Transporte \text{ asociado a receptor ecológico}} \cdot 0.33) + (I_{Receptor ambiente} \cdot 0.33)}{1}$$

Dónde:

I_{foco} : Índice basado en la suma de varios factores asociados al impacto en el vector suelo, agua subterránea, agua superficial, sedimento y flora/fauna.

$I_{transporte \text{ asociado a receptor ecológico}}$: Índice basado en la posible migración y/o atenuación de la afectación como consecuencia del transporte hacia escenarios de exposición ambiental fuera del sitio impactado.

$I_{receptor ambiente}$: Índice basado en la potencial exposición del receptor ecológico a las sustancias peligrosas.

Mediante ella se obtiene un valor numérico, entre 0 y 100. Para el caso del sitio S0114 (Sitio 14), este cálculo es posible dado que existe al menos un parámetro (relacionado a la actividad que generó la afectación) que supera el ECA o nivel (norma) de referencia aplicable para alguno de los componentes ambientales evaluados (suelo, agua superficial, sedimento, agua subterránea).

Para este caso se emplearán los CP en el escenario ecológico para cada matriz ambiental, teniendo en cuenta la normativa (nacional e internacional vigente).

• Índice Foco

Se relaciona con el riesgo relativo de las sustancias potencialmente contaminantes presentes en el sitio. Los aspectos a evaluar incluyen factores específicos de contaminantes, tales como la toxicidad y que presente concentraciones por encima de los valores de referencia, así como el agrupamiento en clases y componentes ambientales donde se detecta la presencia de afectación.

Para determinar el valor Índice Foco, se usa la siguiente fórmula:

$$I_{Foco} = F_{sust} + F_{in-situ} + F_{ext} + F_{ACT}$$

Dónde:

F_{sust} : Factor basado en la toxicidad y potencial efecto de las sustancias potencialmente contaminantes presentes en el medio en un escenario conservador.

$F_{in-situ}$: Factor *in-situ* basado en las observaciones e indicadores *in situ*.

F_{ext} : Factos extensión basado en la extensión del sitio potencialmente contaminado

F_{ACT} : Factor actividad del foco: Que contempla un valor modificador para incorporar las siguientes posibilidades: a) que el foco sea activo o no; b) la probabilidad de no poder definir la opción a en campo.

El valor máximo del Índice foco es de 100 puntos; sin embargo, adicionalmente se incluye un factor correctivo relacionado a la característica de actividad / no actividad de dicho foco. Este factor correctivo está diseñado de forma que pueda aportar numéricamente en caso se considere activo.

Factor sustancia

El valor factor sustancia se basa en información obtenida analíticamente, y se obtiene de la aplicación del siguiente algoritmo:

$$F_{sust} = I_{ECA} + I_{MEDIO} + I_{PARAM EXCED}$$

Dónde:

I_{ECA} : Índice basado en la comparación de la concentración máxima o UCL95 detectada de cada compuesto y su valor ECA, nivel de fondo o valor genérico de referencia aplicable. Proporciona un valor para evaluar las condiciones de calidad del medio.

I_{MEDIO} : Índice que categoriza la afectación en función del número de medios afectados (suelo, agua superficial, sedimento, agua subterránea).

$I_{PARAM EXCED}$: Índice que se basa en el efecto aditivo de la presencia de diferentes compuestos químicos agrupados en clases.

Índice ECA

La categorización del índice ECA, correspondería a la categorización de la toxicidad de las sustancias presentes basado en el Primer Nivel de Análisis de Riesgo. Para ello se procede a calcular el Cociente ECA máximo (para todos los medios de los que se dispongan datos analíticos de laboratorio y para todas las sustancias o compuestos asociados a la actividad de hidrocarburos) y asignar un valor al Índice ECA en función del resultado del Cociente ECA.

$$Cociente_{ECA} = MAX \left[\frac{Concentración\ representativa_i}{ECA_i} \times Factor\ corrector_i \right]$$

Dónde:

i: Parámetro (compuesto o sustancia) de interés.

Concentración representativa: Concentración máxima de un parámetro detectada si se dispone de menos de 10 datos, o UCL95 si se dispone de más de 10 valores.

Factor corrector: Factor corrector para considerar la potencial biodisponibilidad del compuesto, será empleado solamente para el caso de metales si se dispone de ensayos de lixiviación o de extracción secuencial. En caso de no disponer información o para el resto de los compuestos, se considera igual a la unidad.

ECA: Nivel de referencia (norma nacional o internacional) contemplado para los componentes considerados (suelo, agua superficial, agua subterránea o sedimento).

El factor corrector sirve para valorar el foco como más (+) o menos (-) problemático en caso el metal no se encuentre biodisponible, y se obtiene de la siguiente manera:

- Si se dispone de ensayos de lixiviación (metodología TCLP), el factor corrector corresponderá al porcentaje (%) de metal que es lixiviable respecto al valor total.
- Si no existe información sobre ensayos de lixiviación (TCLP), pero existe información sobre extracción secuencial por Método Tessier, se aplicará la siguiente corrección:

Cuadro 4-49 Factor corrector para evaluación de biodisponibilidad de metales (Tessier)

Factor corrector para evaluar biodisponibilidad de metales	Valor
Sin información sobre la biodisponibilidad	1
Metales mayormente en forma de iones intercambiables (Extracción 1)	1
Metales mayoritariamente ligados a carbonatos (Extracción 2), que se liberan al bajar el pH	0.75
Metales mayormente asociados a óxidos de hierro y manganeso (Extracción 3), que pasan al agua en condiciones reductoras y no son estables en condiciones anóxicas.	0.50
Metales mayoritariamente asociados a la Materia Orgánica (Extracción 4), que se liberan en condiciones oxidantes	0.50
Concentración metales mayoritariamente asociada a fracción residual (Extracción 5).	0.25

Fuente: Dirección de evaluación – OEFA.

El Índice ECA se categorizará en función del resultado del Cociente ECA, calculado mediante la fórmula de Cálculo de Cociente ECA y corresponderá al máximo valor, independientemente del componente ambiental, de la siguiente manera:

Cuadro 4-50 Parámetro I_{ECA}

Cociente ECA	Valor
Cociente ECA >20	15
10 < Cociente ECA < 20	10
1 < Cociente ECA < 10	6.5
Cociente ECA < 1	0
No se tienen datos analíticos	7.5

Fuente: Dirección de evaluación – OEFA.

Índice Medio

Este índice responde a la pregunta de en cuantos medios o vectores se detectan concentraciones de sustancias que superen los valores de referencia. El puntaje general se calcula sumando los puntajes individuales de cada medio vector.

$$I_{MEDIO} = (I_{SUELO} + I_{AGUA\ SUPERFICIAL} + I_{SEDIMENTOS} + I_{AGUA\ SUBTERRÁNEA})$$

Se categoriza de la siguiente manera:

Cuadro 4-51 Parámetro I_{MEDIO} (N° medios afectados)

Medios Afectados	Valor
Suelo	
Se supera el ECA aplicable al menos para 3 parámetros	2.75
Se supera el ECA aplicable al menos para 1 parámetro	2
Ningún parámetro supera el valor ECA.	0
No se sabe (no existe información analítica de laboratorio de los compuestos sospechados).	1.25
Agua superficial	
Se supera el ECA aplicable al menos para 3 parámetros.	2.50
Se supera el ECA aplicable al menos para 1 parámetro.	1.75
Ningún parámetro supera el valor ECA.	0
No se sabe (no existe información analítica de laboratorio de los compuestos sospechados).	1.25

Cuadro 4-51 Parámetro I_{MEDIO} (N° medios afectados)

Medios Afectados	Valor
Sedimentos	
Se supera el ECA aplicable o valor referencial al menos para 3 parámetros.	2.75
Se supera el ECA aplicable o valor referencial al menos para 1 parámetro.	2
Ningún parámetro supera el valor ECA o valor referencial.	0
No se sabe (no existe información analítica de laboratorio de los compuestos sospechados).	1.25
Agua subterránea	
Se supera el ECA aplicable o valor referencial al menos para 1 parámetros o se detecta presencia de fase libre sobrenadante en la napa freática.	2.75
Ningún parámetro supera el valor ECA o valor referencial aplicable.	0
No se sabe (no existe información analítica de laboratorio de los compuestos sospechados).	1.25

Fuente: Dirección de evaluación – OEFA.

Índice Clases

Este índice responde a la pregunta de cuantas clases o tipo de sustancias están superando su valor de referencia. No es necesario analizar todos los compuestos, sino que se priorizarán en la identificación de sitios impactados aquellas sustancias relevantes asociadas a los focos potenciales en el emplazamiento. De la misma manera y cuando se considere necesario, podrían analizarse sustancias como Sustancias Fenólicas, Hidrocarburos Clorados y PCB, Sustancias Halogenadas, Ftalatos, Pesticidas, etc. En ese caso, deberá definirse el grupo de clases al cual pertenece y su normativa referencial de comparación.

Cuadro 4-52 Parámetro I_{PARA EXCED}

Índice parámetros (agrupado en clases) excedentes al ECA o norma referencial	Valor "Clases"
Cuatro o más	4.5
De dos a tres	3
Una	1.5
No supera ningún parámetro (agrupado en clases)	0
Se desconoce debido a la falta de datos analíticos	2.25

Fuente: Dirección de evaluación – OEFA.

Factor in-situ

Este factor complementa al anterior, atendiendo a que en determinadas ocasiones la identificación del sitio impactado contará con un número limitado de determinaciones analíticas de laboratorio para los medios potencialmente afectados. El valor de este factor será el sumatorio de valores aplicados a cada vector observado.

$$F_{in-situ} = F_{in-situ}(suelo) + F_{in-situ}(sedim) + F_{in-situ}(agua\ sup) + F_{in-situ}(flora/fauna)$$

Los valores se obtendrán a partir de los siguientes cuadros:

Cuadro 4-53 Parámetro in situ (suelo)

Observaciones organolépticas e indicadores in situ en suelo (subsuelo y aguas subterráneas)	Valor
Presencia de crudo en superficie / fase libre sobrenadante.	12
Presencia de COV's (en Ensayos Head-Space realizados en muestras de suelo) y/o alteración organoléptica.	9
Presencia de suelo removido (indicios de excavaciones, enterramientos, remediaciones <i>in situ</i> , etc.).	4,5
No hay información sobre observaciones <i>in situ</i> .	6,75
Sin indicios.	0

Fuente: Dirección de evaluación – OEFA.

Cuadro 4-54 Parámetro $F_{in-situ}$ (sedimentos)

Observaciones organolépticas e indicadores in situ en sedimento	Valor
Presencia de producto en fase libre en el sedimento colectado (a través de equipo de muestreo), u observación de producto en fase libre en la superficie del agua luego del hincado.	4,5
Observaciones de líneas o manchas de HC en las orillas del cuerpo de agua y/o indicios organolépticos de HC en sedimento colectado (a través de equipo de muestreo), o luego del hincado.	3,25
No hay información sobre observaciones <i>in situ</i> .	2,25
No se aprecian características organolépticas en el sedimento colectado (a través de equipo de muestreo) o a través del hincado.	0

Fuente: Dirección de evaluación – OEFA.

Cuadro 4-55 Parámetro F_{in-situ} (agua superficial)

Observaciones organolépticas e indicadores in situ en agua superficial	Valor
Presencia de fase libre sobrenadante.	4,5
Presencia de gotas / líneas o manchas de hidrocarburo (iridiscencia) / cambio significativo a nivel de color en cuerpo de agua.	3,5
Olor en la muestra colectada que pueda indicar afectación en el cuerpo de agua lentic (laguna, cocha) O lotico (Río).	2,75
No hay información sobre observaciones <i>in situ</i> .	2,25
Sin indicios de afectación organoléptica.	0

Fuente: Dirección de evaluación – OEFA.

Cuadro 4-56 Parámetro F_{in-situ} (flora/fauna)

Observaciones organolépticas e indicadores in situ en flora y fauna	Valor
Se aprecia mortandad de fauna y/o flora en el sitio debido a la presencia de sustancias peligrosas.	9
Se aprecia individuos de fauna y/o flora con presencia de producto impregnado; o bien determinación visual de manchas en vegetación, asociados a variaciones estacionales.	7
Se aprecia cambio en la composición de especies vegetales como consecuencia de una posible afectación (sucesión ecológica natural).	4
No hay información sobre observaciones <i>in situ</i> .	4,5
Aparentemente no se aprecian cambios en la fauna y/o flora.	0

Fuente: Dirección de evaluación – OEFA.

Es determinante la presencia de hidrocarburos en fase libre en los medios ambientales. Dicha evidencia en el sitio debe considerarse como principal para priorización y debe ser destacada en el informe respectivo.

Factor extensión

Por último, en la evaluación de la cantidad de sustancia presente, se tiene en cuenta la extensión del área potencialmente contaminada. Los criterios para la delimitación del área potencialmente contaminada serán los siguientes:

- Observaciones *in situ*: considerándose los valores del factor in situ para el componente suelo.
- Concentraciones superiores al ECA (o norma referencial) o bien presencia de producto o crudo en fase libre.

El Factor extensión se otorgará según los siguientes criterios:

Cuadro 4-57 Parámetro F_{EXT} (factor extensión)

Extensión de sitio contaminado	Valor
Extensión del sitio ≥ 10 Ha.	40
$0,1 < \text{extensión sitio} < 10$ Ha.	Valor proporcional entre 7,5 – 40
Extensión del sitio $< 0,1$ Ha	7,5
Se desconoce	12,5

Fuente: Dirección de evaluación – OEFA.

Para el cálculo del Factor extensión en áreas potencialmente afectadas de entre 0.1 y 10 ha, se considerará la siguiente fórmula:

$$F_{EXT} = 7.5 + \frac{32.5x(Ext(Ha) - 0.1)}{9.9}$$

Dónde:

Ext (Ha): Área del sitio potencialmente contaminado en hectáreas

Factor actividad del foco

Se entiende por foco aquel factor que origina la contaminación; en un foco activo, aquel que se encuentra aportando contaminante al ambiente.

Cuadro 4-58 Parámetro F_{ACT} (actividad foco)

Actividad de foco	Valor
Existe al menos un foco activo.	25
Se desconoce (no se tiene información al respecto)	12.5
El foco o los focos observados son inactivos	0

Fuente: Dirección de evaluación – OEFA.

Cabe señalar que el valor del F_{ACT} contempla la adición de un valor para magnificar el índice foco.

• Índice Transporte

Permite determinar el potencial de que las sustancias potencialmente contaminantes se muevan a otro medio o hacia el exterior del sitio. Para ello, la metodología empleada ha considerado las principales vías de movilización de los compuestos previsiblemente detectados en la cuenca del río Corrientes, y se otorga un valor a cada una de ellas en función de aspectos que los definan.

$$I_{TRANSPORTE} = I_{Inund} + I_{Trans(ESC)} + I_{Trans(SUBT)} + I_{Trans(AG SUP)} + I_{Transp(CAD TROFICA RE)}$$

Dónde:

I_{inund} : Índice que categoriza el sitio en función de la inundabilidad.

$I_{trans (ESC)}$: Índice que categoriza el potencial de escurrimiento de sustancias en el sitio en función de la topografía, que a su vez se ve condicionada por la permeabilidad predominante del suelo superficial y presencia de cobertura vegetal que pueda retener o dificultar el escurrimiento hacia otras áreas.

$I_{trans (SUBT)}$: Índice que categoriza la potencial movilización de sustancias a través del medio subterráneo, que depende básicamente de la profundidad a la que se detecta la napa y la textura del suelo o permeabilidad del subsuelo.

$I_{trans (AG SUP)}$: Índice que categoriza la potencial movilización de sustancias a través del agua superficial en función del comportamiento típico del cuerpo de agua superficial presente.

$I_{trans (CAD TROFICA RE)}$: Índice que categoriza la potencial movilización de sustancias a través de la cadena trófica asociada al receptor ecológico.

La inundabilidad del área se categoriza con un índice que se le atribuye los siguientes valores:

Cuadro 4-59 Parámetro F_{inund} (inundabilidad)

Factor o índice de inundabilidad	Valor
Sitio impactado en área inundable estacionalmente (condiciones normales)	28
Sitio impactado en área inundable estacionalmente (periodos extraordinarios de creciente o precipitación)	18
Sitio impactado en área no inundable	0
Se desconoce comportamiento estacional	14

Fuente: Dirección de evaluación – OEFA.

El índice de transporte asociado al potencial escurrimiento, se definirá mediante la siguiente evaluación:

$$I_{Trans (ESC)} = Top \times (K + CV)$$

Dónde:

Top: valor asociado a la topografía.

K: Valor asociado a la permeabilidad del suelo superficial.

CV: Valor asociado a la presencia o ausencia de cobertura vegetal.

La descripción topográfica se basa en la ubicación del sitio frente a su entorno (zona elevada o deprimida respecto a su entorno), así como a la presencia o no de pendientes pronunciadas que puedan implicar potencial de escurrimiento.

Cuadro 4-60 Parámetro Topografía

Topografía	Valor
Sitio impactado en zona elevada, con pendientes pronunciados en el entorno	18
Sitio impactado en zona elevada, sin pendientes pronunciadas en el entorno	9
Sitio impactado en áreas menos elevadas, sin capacidad de escurrimiento en superficie hacia otras áreas	0
No se ha observado el entorno o no ha sido posible observarlo por la abundancia de vegetación	8,5

Fuente: Dirección de evaluación – OEFA.

Cuadro 4-61 Parámetro K (permeabilidad)

Permeabilidad predominante suelo superficial	Valor
Baja (arcillas, lutitas, limos y limolitas).	0,5
Media (Arenas, arenas limosas y areniscas).	0,33
Alta (gravas y arenas-aluviales, rocas muy fracturadas).	0,17
Se desconoce la permeabilidad y litología predominante en superficie.	0,32

Fuente: Dirección de evaluación – OEFA.

Cuadro 4-62 Parámetro CV (cobertura vegetal)

Retención de escurrimiento por Cobertura vegetal	Valor
No hay vegetación. No impide la circulación de sustancias en superficie.	0,5
Hay vegetación que impide parcialmente o dificulta el escurrimiento en superficie.	0,33
Hay vegetación que impide la circulación de sustancias en superficie.	0,17
Se desconoce si la vegetación impide la circulación en superficie.	0,32

Fuente: Dirección de evaluación – OEFA.

El índice de transporte asociado a la movilización por medio de las aguas subterráneas se define de la siguiente manera:

$$I_{Trans (SUBT)} = PGw1 + PGw2$$

Dónde:

PGw1: Factor profundidad del agua.

PGw2: Factor textura del suelo (facilidad infiltración en zona no saturada y conductividad hidráulica en zona saturada).

Cuadro 4-63 Parámetro PGw1 (profundidad agua)

Profundidad agua	Valor
Superficial (entre 0 y 2 metros) – siempre (permanente).	9
En épocas de lluvias superficial (entre 0 y 2 metros) (estacional).	6,75
Mediana (de 2 a 5 metros).	4,5
A más de 5 metros.	2,25
Se desconoce.	4

Fuente: Dirección de evaluación – OEFA.

Cuadro 4-64 Parámetro PGw2

Textura suelo	Valor
Gravas y arenas.	9
Arenas limosas (o se desconoce).	6
Limos y arcillas.	3
Se desconoce la litología del paquete de suelo.	5,5

Fuente: Dirección de evaluación – OEFA.

El Índice Transporte asociado al agua superficial se sujeta básicamente al cuerpo de agua superficial más cercano y/o al cuerpo potencialmente contaminado, considerando una categorización en función de un flujo continuo o estacional.

Cuadro 4-65 Índice transporte (agua superficial)

Tipo de los cuerpos de aguas superficiales afectados	Valor
Río o afluente, quebrada, riachuelo o arroyo (fluye continuo).	18
Quebrada, riachuelo o arroyo (estacional).	
Canal de flotación (instalación humana).	
Cocha comunicante (conectada estacionalmente a otros cursos).	12
Pantanos (incluye aguajales).	
Cocha no comunicante.	6
No se han observado cuerpos de aguas superficiales en un radio de 1 000 m.	0
Cuerpo de agua no definido en sus características.	9

Fuente: Dirección de evaluación – OEFA.

Para la determinación del Índice de transporte relacionado a la cadena trófica, considera la potencial exposición que podría tener este al incorporar organismos que hayan estado expuestos al sitio impactado y que puedan bioacumular sustancias tóxicas dentro de su cadena trófica.

Cuadro 4-66 Índice transporte (cadena trófica)

Aprovechamiento por parte de depredadores en la cima de la cadena trófica (carnívoros secundarios y terciarios, aves rapaces, etc.)	Valor
Aprovechamiento de recursos en el sitio y su entorno inmediato (pesca, caza, recolección, etc.)	18
Sin aprovechamiento de recursos en el sitio y su entorno inmediato (pesca, caza, recolección, etc.)	0
No se tiene información al respecto	9

Fuente: Dirección de evaluación – OEFA.

- **Índice receptor ecológico**

La evaluación del receptor se ha realizado teniendo en cuenta las vías potenciales de exposición al ambiente. Desde el punto de vista ecológico, la evaluación del receptor utiliza como punto de partida la categoría de protección del sitio, la cual se complementa con la identificación in-situ de ecosistemas frágiles, así como la intervención de un factor corrector en el cual interviene la distancia de estos al sitio impactado.

$$I_{RECEPTOR\ ECOLÓGICO} = RE1 + RE2 \times RE3$$

Dónde:

RE1: Categoría de protección.

RE2: Presencia de ecosistemas frágiles.

RE3: Distancia al ecosistema frágil más cercano identificado.

Cuadro 4-67 Categoría de protección (RE1)

Categoría de protección	Valor
Sitio impactado y entorno inmediato dentro de alguna categoría de protección (ANP, Parque Nacional, reserva nacional, reserva paisajística, refugios de vida silvestre, reservas comunales, bosques de protección, etc.)	50
Sitio impactado fuera de categorías de protección con otras cualidades especiales: Corredor biológico con antecedentes bibliográficos; Existencia de al menos una especie vegetal o animal, o ecosistema en alguna categoría de conservación o especial, protección.	33,25
Sitio impactado fuera de categorías de protección. Se desconoce la existencia de especies vegetales o animales, o ecosistemas, en alguna categoría de conservación o especial protección.	16.75
No se tiene información sobre la clasificación del sitio impactado	25

Fuente: Dirección de evaluación – OEFA.

Cuadro 4-68 Presencia de ecosistemas frágiles (RE2)

Presencia de ecosistemas frágiles	Valor
Presencia de bosque inundable, "Aguajales", lagunas o Cochas.	50
Presencia de llanuras meándricas o "restingas".	40
Presencia de bosque ribereño o de terraza (inundables durante cierta etapa del año).	30
Presencia de bosque de colina baja o alta.	20
Presencia de bosques de montaña.	20
Presencia de herbazales hidrofíticos (inundables cierta etapa del año).	10
Se desconoce si hay ecosistemas frágiles en el entorno.	25

Fuente: Dirección de evaluación – OEFA.

Cuadro 4-69 Distancia a ecosistemas frágiles (RE3)

Distancia al ecosistema frágil identificado	Valor
En el mismo sitio.	1
Cerca (menos de 3km del sitio impactado).	0.8
Lejos (a más de 3km del sitio impactado).	0.5
Se desconoce si hay algún ecosistema frágil en el entorno inmediato.	0.65

Fuente: Dirección de evaluación – OEFA.

Tomando en cuenta la metodología detallada en los párrafos anteriores se presenta el cálculo para la estimación del Nivel de Riesgo asociado a sustancias para el receptor ecológico.

C.2 Estimación del riesgo para ecosistemas

Cálculo del NRS - I foco

Para el cálculo del Factor Sustancia, teniendo en cuenta los valores regulados en el ECA para suelo con uso agrícola y considerando los CP identificados en el ítem 3 se obtuvieron los cocientes ECA presentados en el Cuadro 4-69.

Cuadro 4-70 Cálculo del NRS - I_{foco}

CP	Valor Min. (mg/kg)	Valor Max. (mg/kg)	Nivel de Fondo (mg/kg)	Componente ambiental evaluado	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Nivel de Referencia (mg/kg)	Cociente ECA por compuesto
Selenio	<0,006	4,201	0,79	Suelo	1,252	1	1,25
Benzo (a) antraceno	<0,005	0,225	-	Suelo	0,225	0,1	2,25

Cuadro 4-70 Cálculo del NRS - I_{foco}

CP	Valor Min. (mg/kg)	Valor Max. (mg/kg)	Nivel de Fondo (mg/kg)	Componente ambiental evaluado	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Nivel de Referencia (mg/kg)	Cociente ECA por compuesto
Fenantreno	0,021	0,169	-	Suelo	0,169	0,046	3,67
Aluminio	0,178	1,05	-	Agua subterránea	1,05	0,01	105,00
Cromo Total	0,001	0,007	-	Agua subterránea	0,007	0,0049	1,43
Hierro	0,13	1,1	-	Agua subterránea	1,1	0,3	3,67
Zinc Total	0,01	0,034	-	Agua subterránea	0,034	0,03	1,13

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Teniendo en cuenta que el valor máximo para el Coeficiente ECA es de 150, se obtiene el valor del Índice ECA en 15. En el Cuadro 4-70 se presentan los valores asignados al Índice ECA, Índice medio e Índice Clases:

Cuadro 4-71 Cálculo del I_{ECA} , I_{medio} e I_{clases}

Índices		Valor	Valor final
Índice ECA		15	15
Índice medio	I-suelo	2,75	5.25
	I-ag sup	0	
	I-sedim	0	
	I-ag subt	2,50	
Índice clases		4,5	4,5

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Considerando que las matrices de suelo y agua subterránea superan al menos 3 y 1 parámetro del valor referencial, respectivamente; sus puntuaciones fueron las más altas dentro del rango establecido por la metodología empleada. Las matrices de agua superficial y sedimentos no superan el valor referencial en ningún parámetro, por ello su puntaje corresponde a 0 en ambos casos.

Siendo así, el valor resultante para el Factor sustancia es de 24,75 para el sitio S0114 (Sitio 14).

Asimismo, para el cálculo del factor in situ, se procedió a otorgar los siguientes puntajes a las variables asociadas a los diferentes vectores observados:

Cuadro 4-72 Cálculo del Factor *in situ*

F in situ (suelo)	F in situ (sedimento)	F in situ (agua superficial)	F in situ (flora y fauna)	Total Factor In SITU
12	3,25	3,5	4	22,75

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El valor resultante del Factor *in situ* es de 22,75 para el sitio S0114 (Sitio 14). Ello se debe a que durante los trabajos de campo se evidenciaron manchas (restos de hidrocarburos) en ciertas partes del suelo y zonas saturadas (valor 12 para F *in situ* - suelo). Así mismo, se evidenció iridiscencia de hidrocarburos en pequeñas quebradas estacionales y pequeños cuerpos de agua (empozados) producto de las precipitaciones de la zona (valor 3,25 y 3,5 para F *in situ* sedimento y F *in situ* agua superficial, respectivamente). Ver Fotografía 4-6.

Fotografía 4-6 Evidencias de contaminación en el sitio S0114 (Sitio 14)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Para el caso de flora y fauna se aprecia cambio en la composición de especies vegetales como consecuencia de una posible afectación (sucesión ecológica natural), valor 4 para F *in situ* flora y fauna. Se observó una unidad de vegetación: Bosque de colinas Bajas (Bcb), fuertemente influenciada por actividad antrópica, puesto que incluye tuberías de oleoducto y su respectivo DDV. Por otro lado, esta red de tuberías es utilizada como camino habitual o zona de desplazamiento para pobladores de la zona. Ver Fotografía 4-7.

Fotografía 4-7 Bosque de colinas Bajas (BcB) en el sitio S0114 (Sitio 14)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Posteriormente, se procedió a determinar el puntaje asociado a la extensión del sitio S0114 (Sitio 14). Se precisa que, para la determinación de la extensión del sitio, se elaboró preliminarmente un polígono como parte del modelo conceptual y con la finalidad de confirmar y/o afinar la extensión, se dispuso sondeos en el perímetro del sitio impactado en ambas épocas. En base a dichos trabajos el sitio S0114 (Sitio 14), se dividió en dos sectores ubicados al norte y sur de la Batería Dorissa, tal como se aprecia en la Figura 4-31.

Por tanto, al sector norte le corresponde un área de 1,40 Ha y al sector sur, 0,51 Ha. Por lo que, aplicando la metodología, el Factor extensión, es de 8,83 y 5,88 puntos para los sectores norte y sur, respectivamente.

Figura 4-32 Imagen actual del sitio S0114 (Sitio 14)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Sin embargo, para fines del análisis de riesgo ecológico, se contemplará una evaluación integral, ello debido a que ambos sectores se encuentran a una distancia de 330 metros aproximadamente, lo cual implica poca variabilidad de los aspectos físicos, así mismo se encuentran sobre una misma unidad de vegetación.

El foco potencial se considera como activo por lo que el valor asignado a Fact es de 25 puntos. Ello debido a que durante los trabajos de campo se tuvieron hallazgos de hidrocarburo a 20 cm y signos de afectación por iridiscencia en ambos sectores del sitio S0114 (Sitio 14).

Teniendo en cuenta los valores obtenidos y la aplicación de la fórmula para Índice Foco, se obtiene un valor de 81,33 y 78,38 para los sectores norte y sur, respetivamente.

Cálculo del NRS - I transporte

El Índice de inundabilidad para ambos sectores del sitio S0114 (Sitio 14) está asociado a áreas inundables en periodos extraordinarios de creciente o precipitación, por ello les corresponde el valor 18 para ambos casos.

Dado que el Índice de transporte por escurrimiento está relacionado a la topografía del terreno, será necesario aplicar la metodología de manera independiente para los sectores norte y sur del

sitio S0114 (Sitio 14). Ello debido a que la topografía del sector ubicado al norte de la Batería Dorissa se presenta con poca pendiente (valor 0), mientras que la topografía de la zona impactada más al sur aún conserva su topografía natural con pendientes más altas (valor 9) tal como se constató por los técnicos que participaron en las épocas de campo durante las fases de muestreo.

Por otro lado, la permeabilidad (K), en ambos sectores está predominado por los limos y arcillas lo cual hace que el medio presente baja permeabilidad. Por otro lado, existe vegetación que impide parcialmente o dificulta el escurrimiento en superficie.

En función a ello, el resultado del parámetro $I_{trans(ESC)}$ de los sectores norte y sur del sitio S0114 (Sitio 14) es de 0 y 7,47, respectivamente. Ver Cuadro 4-73.

Cuadro 4-73 Cálculo del $I_{trans(ESC)}$

Sector	Top	K	CV	$I_{trans(ESC)}$
Al norte de la Batería Dorissa	0	0,50	0,33	0
Al sur de la Batería Dorissa	9	0,50	0,33	7,47

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Para el cálculo del Índice de transporte subterráneo, se tienen en cuenta valores que obedecen a las características físicas del sitio S0114 (Sitio 14), tal como profundidad del agua y textura del suelo.

En el caso del sector que se encuentra en el área norte de la Batería Dorissa debe presentar su nivel freático alrededor de los 8 a 15 m de profundidad teniendo en cuenta que la topografía de la zona es muy cambiante por encontrarse alterada (valor 2,25). Por otra parte, el sector que se encuentra al sur presenta su nivel freático a una profundidad de 1 a 3 m de acuerdo a la topografía de la zona por presenta pendientes cambiantes elevadas (valor 4,5).

En cuanto a la textura del suelo, se identificaron 02 tipos de suelo en cada sector. El sector norte de la Batería Dorissa está compuesto por: Arcillosa y Franca Arcillosa, donde el suelo predominante es la arcilla; mientras que el sector al sur está compuesto por: Franca y Franca Arenosa, en estos suelos la diferencia en porcentajes entre arenas, limos y arcillas no están muy lejanas. Siendo la textura predominante de suelo en todo el sitio S0114 (Sitio 14), franco arcilloso (valor 3).

Por tanto, el Índice de transporte (movilización de agua subterránea) para el sector norte y sur es 5,25 y 7,5, respectivamente.

Cuadro 4-74 Cálculo del $I_{trans(SUBT)}$

Sector	PGw1	PGw2	$I_{trans(SUBT)}$
Al norte de la Batería Dorissa	2,25	3	5,25
Al sur de la Batería Dorissa	4,5	3	7,5

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Para el índice de transporte agua superficial, se otorga un puntaje de 18 puntos, dado que existen quebradas estacionarias en el sitio S0114 (Sitio 14).

Para el Índice de transporte cadena trófica para el receptor ecológico se tiene un valor de 0, dado que en la zona no se realiza aprovechamiento de recursos. Por ser una zona inundable, los accesos para realizar actividades de recolección en todo el lugar son bastante limitados. Se registró 01 especie vegetal susceptible a uso por parte de pobladores locales, con fines de construcción de tejados, sin embargo, no se observaron indicios de recolección de esta especie.

Asimismo, no se registraron especie de fauna con potencial de uso por parte de las poblaciones cercanas. La única especie de fauna registrada fue *Tapirus terrestris* "Tapir", la cual no es cazada, según los pobladores, por estar en constante contacto con sustancias contaminantes.

Teniendo en cuenta la información presentada, y aplicando la fórmula para el cálculo de Índice de transporte se obtiene un valor de 41,25 puntos y 50,97 puntos para los sectores norte y sur, respectivamente.

Cálculo del NRS I - Receptor

La evaluación del receptor ambiente se ha realizado teniendo en cuenta que el sitio S0114 (Sitio 14) se encuentra fuera de categorías de protección, sin embargo, se ha identificado la existencia de la especie "*Tapirus terrestris*" comúnmente llamado Tapir, la misma que se encuentra en el Apéndice II del CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres), también se encuentra declarado con la categoría "Vulnerable" en la lista del IUCN y "Casi amenazado" según el Decreto Supremo que aprueba la actualización de la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas (D.S. N° 004-2014-MINAGRI). Por tanto, el valor de la Categoría de Protección (RE1) es de 33,25 para el sitio S0114 (Sitio 14).

Para la evaluación se tiene en cuenta además que el emplazamiento del sitio S0114 (Sitio 14) se encuentra en un Bosque de colina Baja (Bcb). Esta unidad de cobertura vegetal involucra a los bosques desarrollados en dos tipos de geoformas (colinas bajas y lomadas).

Asimismo, está situado a una distancia mayor de 3 Km a un ecosistema frágil (RE3).

Cuadro 4-75 Rangos del riesgo para I receptor ecológico

RE1	RE2	RE3	I receptor ecológico
33,25	20	0,5	53,75

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Teniendo en cuenta estos valores, el I receptor ecológico = 53,75 para el sitio S0114 (Sitio 14).

Finalmente, el Nivel de Riesgo por sustancias para el ambiente para cada uno de los sectores en el sitio S0114 (Sitio 14) es de:

$$\text{NRS ambiente (sector norte)} = 58,19 / \text{NRS ambiente (sector sur)} = 60,42$$

De acuerdo con los rangos de los valores de riesgo establecidos en la metodología para la estimación del nivel de riesgo a la salud y al ambiente de sitios impactados (ver Cuadro 4-76) se tiene que el escenario ecológico presenta un nivel de riesgo medio para el sitio S0114 (Sitio 14).

Cuadro 4-76 Rangos del riesgo para escenario ecológico

Rango del nivel de riesgo	Clasificación	Descripción
66,67 - 100	Nivel de Riesgo Alto	Existe una alta probabilidad de que las poblaciones de fauna y flora terrestre y acuática presente en el sitio puedan verse afectadas por los contaminantes de preocupación evaluados.
33,34 – 66,66	Nivel de Riesgo Medio	Existe una mediana probabilidad de que las poblaciones de fauna y flora terrestre y acuática presentes en el sitio puedan verse afectadas por los contaminantes
1 – 33,33	Nivel de Riesgo Bajo	Existe baja probabilidad de que las poblaciones de fauna y flora terrestre y acuática presente en el sitio puedan verse contaminantes evaluados.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Este nivel de riesgo está asociado a: la toxicidad de las sustancias presentes en el foco, la concentración de dichas sustancias, la extensión del sitio S0114 (Sitio 14) y el factor activo existente del foco. De hecho, en el sitio se identificaron focos potenciales de contaminación: hidrocarburo en suelo superficial e iridiscencia.

Entre las variables que deducen un nivel de riesgo medio es que el sitio S0114 (Sitio 14) se encuentra fuera de una ANP; sin embargo, se está contemplando dentro de su extensión a una sola especie considerada en categoría “Vulnerable”. Asimismo, no existen ecosistemas frágiles a menos de 3 km de distancia. Por otro lado, la textura de suelos donde predominan los suelos arcillosos lo cual se caracteriza por una permeabilidad baja.

D) Caracterización del riesgo para recursos naturales abióticos

La necesidad de considerar una estimación de los riesgos actuales y/o futuros que proceden de la contaminación en el sitio S0114 (Sitio 14) para los recursos naturales abióticos, se entiende como bienes que requieren una protección contra la contaminación; independientemente de su función como ruta de exposición para seres humanos, fauna y flora.

En base a ello y tal como se pudo observar en los resultados obtenidos en la fase de caracterización del sitio 114 (Sitio 14), la mayor afectación se encuentra en el suelo por la presencia de Selenio, Benzo (a) antraceno y fenantreno en el sector sitio S0114 (Sitio 14) - Sur; así como de Boro, Selenio, Fracción de Hidrocarburos F2 (<C10-C28), Benzo(a) antraceno, Fenantreno y Naftaleno para el sitio S0114 (Sitio 14) - Norte.

El agua subterránea del sitio S0114 (Sitio 14) - Sur reportó valores importantes de metales para aluminio, cromo total, hierro y zinc y el sitio S0114 (Sitio 14) - Norte de fosforo, aluminio, arsénico, cobre, cromo total, hierro, manganeso, plata, plomo y zinc, concentraciones posiblemente relacionadas a la geoquímica del lugar y no a contaminantes por derrames históricos de hidrocarburos en el sitio; reafirmandose en la evaluación de riesgos en el escenario humano donde se concluye que estos elementos representan un riesgo aceptable para seres humanos (como se vio en los ítems previos).

D.1 Riesgos para el suelo

Para poder estimar el riesgo a esta matriz ambiental, se tuvo en cuenta principalmente una serie de criterios expuestos en el Anexo H de la Guía ERSa; que involucra principalmente la biodegradación de estos contaminantes, la lixiviación, movilidad y contenido de los contaminantes en el suelo, etc. Estos criterios se aplicarán para cada uno de los CP encontrados en el suelo, y según sus propiedades físicoquímicas, así como las condiciones del medio en la que se encuentran, variará el grado del riesgo para cada una de ellos.

Cuadro 4-77 Criterios para estimar el riesgo en el suelo

Rango del nivel de riesgo	Clasificación del Riesgo	Descripción
Cambios y/o alteraciones perceptibles (visual) de las condiciones del suelo	No Probable	No se evidencia ningún cambio en la matriz suelos, o se evidencian leves olores a HC.
	De Esperarse	Se evidencian olores pronunciados de HC volátiles y/o manchas de HC (borra) en el suelo.
	Probable	Se evidencian manchas oscuras de HC, manchas y/o presencia de HC viscoso en el estrato, así como olores pronunciados de HC volátil.
Biodisponibilidad del contaminante	No Probable	De acuerdo a la naturaleza del contaminante y las condiciones del medio que restringen su disponibilidad, el contaminante NO ESTA BIODISPONIBLE a posibles receptores bióticos.
	De Esperarse	De acuerdo a la naturaleza del contaminante y las condiciones del medio que restringen parcialmente su disponibilidad, el contaminante ESTA MEDIANAMENTE BIODISPONIBLE a posibles receptores bióticos.
	Probable	De acuerdo a la naturaleza del contaminante y las condiciones del medio en el que se encuentra, el contaminante ESTA BIODISPONIBLE a posibles receptores bióticos.
Transporte/ Movilidad del contaminante por dispersión / volatilización	No Probable	Por las condiciones del entorno (pendiente, cobertura vegetal, suelo desnudo, humedad, etc.) y las propiedades del suelo (arcilloso, limoso, arenoso), el contaminante presenta una BAJA/NULA DISPERSIÓN .
	De Esperarse	Por las condiciones del entorno (pendiente, cobertura vegetal, suelo desnudo, etc.) y las propiedades del suelo (arcilloso, limoso, arenoso), el contaminante presenta una DISPERSIÓN MODERADA/REGULAR .
	Probable	Por las condiciones del entorno (pendiente, cobertura vegetal, suelo desnudo, etc.) y las propiedades del suelo (arcilloso, limoso, arenoso), el contaminante presenta una ALTA DISPERSIÓN .

Cuadro 4-77 Criterios para estimar el riesgo en el suelo

Rango del nivel de riesgo	Clasificación del Riesgo	Descripción
Transporte / Movilidad del contaminante en el suelo hacia las aguas subterráneas	No Probable	Por las condiciones del entorno (pendiente, cobertura vegetal, suelo desnudo, etc.) y las propiedades del suelo (arcilloso, limoso, arenoso), el contaminante presenta una BAJA MOVILIDAD .
	De Esperarse	Por las condiciones del entorno (pendiente, cobertura vegetal, suelo desnudo, etc.) y las propiedades del suelo (arcilloso, limoso, arenoso), el contaminante presenta una MOVILIDAD MEDIA .
	Probable	Por las condiciones del entorno (pendiente, cobertura vegetal, suelo desnudo, etc.) y las propiedades del suelo (arcilloso, limoso, arenoso), el contaminante presenta una MOVILIDAD ALTA .
Biodegradabilidad de los contaminantes (especialmente para compuestos orgánicos)	No Probable	ALTA/FAVORABLE BIODEGRADACIÓN. El medio presenta una tasa de permeabilidad baja, con recubrimiento en el sitio y condiciones para la proliferación bacteriana (oxígeno, M.O., etc.).
	De Esperarse	MEDIA BIODEGRADACIÓN. El medio presenta una tasa de permeabilidad media, con recubrimiento parcial en el sitio y condiciones limitantes para la proliferación bacteriana (oxígeno, M.O., etc.).
	Probable	REDUCIDA BIODEGRADACIÓN. Se considera un medio saturado o en suelos con buena permeabilidad, sin recubrimiento en el sitio y donde la capacidad de biodegradación es despreciable.
Contenido de contaminantes en el suelo	No Probable	Porcentaje de muestras que superan el límite de referencia < 30 % y relación entre UCL 95 o concentración máxima y niveles de referencia < 10.
	De Esperarse	Porcentaje de muestras que superan el límite de referencia > 30 % y/o relación entre UCL 95 o concentración máxima y niveles de referencia > 10 pero < 20.
	Probable	Porcentaje de muestras que superan el límite de referencia > 60 % y/o relación entre UCL 95 o concentración máxima y niveles de referencia > 20.

Adaptado del Anexo H de la Guía ERSa (R.M. N° 034-2015-MINAM).
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

De acuerdo a la tabla anterior, se considerará para cada uno de los CP los criterios expuestos a fin de estimar el riesgo presente en esta matriz ambiental en el sitio S0114 (Sitio 14) - Sur y sitio S0114 (Sitio 14) - Norte.

• **Sitio S0114 (Sitio 14) Sur**

Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs)

Respecto a la movilidad de los HAPs en el suelo, se consideró un riesgo representativo en función a cada uno de los compuestos que los conforman. De acuerdo a su composición y propiedades de estos CP, la USEPA ha señalado algunos HAPs los cuales presentan cierta movilidad en función a la cantidad de anillos:

- Naftalina (2 anillos): Movilidad Media.
- Acenafteno, Acenaftileno, Antracen, Fluoreno, Fenantreno (3 anillos): Movilidad Media.
- El resto de los HPA: Movilidad Baja a Muy Baja.

De acuerdo a su composición, se detalla cada uno de estos compuestos según su N° de anillos bencénicos:

Cuadro 4-78 Clasificación de los HAPs por el N° de anillos bencénicos

N° Anillos	HAP's
2 anillos	Naftaleno, Metil-naftaleno.
3 anillos	Acenaftileno, Acenaftaleno, Fluoreno, Fenantreno, Antraceno.
4 anillos	Fluoranteno, Pireno, Benzo(a) antraceno, Criseno.
≥ 5 Anillos	Benzo(b) fluoranteno, Benzo(k) fluoranteno, Benzo(a) pireno, Indeno(1,2,3-cd) pireno, Dibenzo(a,h) antraceno, Benzo(ghi) perileno.

Adaptado del Anexo H de la Guía ERSa (R.M. N° 034-2015-MINAM).
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Considerando estos criterios, se establecieron la movilidad para cada uno de los HAP's:

Cuadro 4-79 Movilidad de los HAPs en el suelo

Contaminante de preocupación	Movilidad	Descripción
Benzo (a) antraceno	Baja	La movilidad disminuye a medida que aumenta el número de anillos de benceno. Tienen baja solubilidad en agua y baja volatilidad. Pueden ser arrastrados al agua subterránea cuando están adsorbidos en coloides.
Fenantreno	Media	

Adaptado del Anexo H de la Guía ERSa (R.M. N° 034-2015-MINAM).
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Del cuadro anterior podemos deducir que existe un Riesgo De Esperarse para el parámetro Fenantreno, toda vez que presentan una movilidad media debido a su composición y estructura química (número de anillos de benceno), los cuales tendrían la probabilidad de ser arrastrados hacia las aguas subterráneas; sin embargo, para el Benzo (a) antraceno se determinó un Riesgo No Probable.

Respecto a los cambios y/o alteraciones perceptibles, se registraron manchas y olores en ciertas zonas donde era visible la contaminación por hidrocarburos. Esto se evidenció en las labores de muestreo de suelos, donde la contaminación a nivel superficial (no mayor a 1 m) presentaban olores perceptibles (al momento se sacaron las muestras con el barreno) y con las lecturas del *Photo*

Ionization Detector (PID) superiores a 20 ppm (para algunos puntos de muestreo); por lo cual se consideró un Riesgo De Esperarse en relación a la movilidad del contaminante por volatilización ante una exposición de un posible receptor cercano al sitio S0114 (Sitio 14).

En cuanto a la biodisponibilidad, los HAPs por ser volátiles en su mayoría (de acuerdo a su estructura química), sin embargo, se ha considerado un Riesgo De Esperarse debido a que existen algunas limitantes que impiden su dispersión/volatilización; tal como el recubrimiento del derrame producido en el sitio, donde aquellas partes del suelo que presenten contenido del hidrocarburo podrían liberar estos CP hacia un posible receptor ecológico (siendo el más próximo la vegetación del lugar), así como la presión de vapor, temperatura atmosférica, su afinidad por las partículas atmosféricas^{jjj}, e incluso la fotoxidación a la que están expuestos en la atmosfera para su eliminación^{kkk}.

La biodegradabilidad de estos compuestos por lo general es media o baja, específicamente para aquellos HAPs de más de tres (3) anillos donde es limitada la biodegradación^{lll}. Este proceso ocurre a través de una apertura oxidativa sucesiva de los anillos bencénicos hasta alcanzar una mineralización, lo cual ocurre en menor medida; por ende, se consideró un Riesgo De Esperarse de acuerdo a la biodegradabilidad de estos CP.

Respecto al contenido de HAPs en el suelo, se tiene que el Benzo(a) pireno presenta un Riesgo De Esperarse, toda vez que solo se tiene el 50 % del total de las muestras las cuales están contaminadas por este CP. Sin embargo, el Fenantreno representa un Riesgo Probable, toda vez que se tiene el 75 % del total de las muestras las cuales están contaminadas por este CP.

Metales pesados

En lo que respecta a metales pesados, solo se consideró como CP al Selenio, toda vez que el UCL95 superó el estándar canadiense (SQL). Teniendo en cuenta ello, los riesgos asociados a este elemento dependerán de sus propiedades químicas, así como las condiciones del medio en el que se encuentra.

Se consideró un Riesgo No Probable respecto a las alteraciones perceptibles por Selenio en el suelo, toda vez que no se identificaron cambios perceptibles en dicha matriz ambiental. Esto se pudo contrastar en las labores de muestreo, donde no se reportaron incidentes por contacto dérmico ante este CP (especialmente por óxidos de Se) el cual tiene el potencial de provocar quemaduras y/o irritación a la piel; sin embargo, estos eventos se producen muy rara vez^{mmm}.

La movilidad de los metales pesados en el suelo está influenciada por el pH principalmente, donde la mayor solubilidad se da a bajos niveles de pH; sin embargo, para el Selenio ocurre todo lo contrario, toda vez que su solubilidad aumenta a niveles de pH por arriba de 5. En este sentido, se considera un Riesgo No Probable de este CP, dado a que el pH en el suelo del sitio S0114 (sitio 14) oscila entre 4,46 a 4,92.

En cuanto a su biodisponibilidad, se entiende a la fracción de este elemento el cual se encuentra disponible hacia un receptor (ser vivo) condicionado por las características del medio. Asimismo, el contenido Selenio se ha presentado en varias muestras de suelo cuyo rango de concentraciones oscila entre 0,006 a 4,2 mg/kg; sin embargo, de acuerdo con Kabata-Pendias (1992) sostiene que

^{jjj} Baert, A. (2002). Comentarios acerca de los riesgos que entraña la recogida del petróleo del prestige y la limpieza de las aves, por si pudieran afectar al litoral francés, según los datos disponibles a 29 de noviembre de 2002.

^{kkk} Caballero López, S.N. & Alvarado Díaz, D. (2006). Análisis y determinación de la concentración de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP's) contenidos en el material particulado respirable (PM10) en la localidad de Puente Aranda de Bogotá en la zona de alta actividad industrial y alto flujo vehicular.

^{lll} Anexo H, ítem 3.4 de la Guía para la elaboración de Estudios de Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente (ERSA) en sitios contaminados.
^{mmm} Nordberg, G. (2001). Metales: propiedades químicas y toxicidad. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Madrid, SEAS, 2001.

la ocurrencia de este metal se deba a los suelos ácidos, gleyzados donde predominan los seleniuros y sulfuros de selenio, siendo ligeramente móviles; además de estar disponibles para las plantas, esta adsorción se encuentra afectada por la presencia de otros aniones y cationes presentes en el suelo, como el caso de los fosfatosⁿⁿⁿ. Por esta razón se considera un Riesgo No Probable para este metal.

La movilidad de Selenio por dispersión atmosférica, se tiene en cuenta las condiciones topográficas del sitio S0114 (sitio 14) Sur; que a pesar de presentar una reducida área desnuda se tiene una barrera natural (vegetación) frondosa alrededor del sitio la cual impide dicha dispersión en el entorno, por lo cual representaría un Riesgo No Probable la dispersión atmosférica de este elemento.

Respecto al contenido de Selenio en el suelo, se tiene que el 100 % de las muestras tomadas para este sitio superaron el estándar canadiense (SQL=1 mg/kg); sin embargo, teniendo en cuenta que su distribución y presencia se debe por los criterios ya expuestos (condiciones del medio), se contempló un Riesgo No Probable para este escenario.

Cuadro 4-80 Determinación del riesgo de los CP en el suelo – sitio S0114 (Sitio 14) Sur

Rango del nivel de riesgo	Contaminantes de preocupación para la matriz suelos		
	Selenio	Benzo (a) antraceno	Fenantreno
Cambios y/o alteraciones perceptibles (visual) de las condiciones del suelo	No Probable	De Esperarse	De Esperarse
Biodisponibilidad del contaminante	No Probable	De Esperarse	De Esperarse
Transporte/ Movilidad del contaminante por dispersión / volatilización	No Probable	De Esperarse	De Esperarse
Transporte / Movilidad del contaminante en el suelo hacia las aguas subterráneas	No Probable	No Probable	De Esperarse
Biodegradabilidad de los contaminantes (especialmente para compuestos orgánicos)	N.A.	De Esperarse	De Esperarse
Contenido de contaminantes en el suelo	No Probable	De Esperarse	Probable

N.A.: No Aplica.

Adaptado del Anexo H de la Guía ERSa (R.M. N° 034-2015-MINAM).

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

De la evaluación de riesgos para el suelo (recurso natural abiótico) para el sitio S0114 (sitio 14) Sur, se puede observar que la presencia de Fenantreno si representa un Riesgo Probable, y en menor medida el Benzo(a) antraceno con un Riesgo De Esperarse (entendiéndose como una posibilidad de que ocurra un riesgo) a esta matriz ambiental, los cuales estarían relacionados con el derrame histórico de hidrocarburos en el suelo. Esto se basa a los riesgos individuales que presentan cada CP y asumiendo el riesgo más conservador en el sitio S0114 (sitio 14) Sur.

ⁿⁿⁿ Matamoros-Veloza, A. (2001). Spatial distribution and geochemistry of selenium in soils of Utiaca and Villeta municipalities.

Es importante recalcar que este riesgo contempla una evaluación cualitativa en base a la información recopilada en campo, además de tener en cuenta las posibles rutas de exposición “suelo – agua – ser humano” para el caso de posible lixiviación de los CP, así como la ruta “suelo-polvos – aire – ser humano” para el caso de posible dispersión / volatilización de los CP evaluados.

- **Sitio S0114 (Sitio 14) Norte**

Fracción de Hidrocarburos F2

Se estimó un Riesgo No Probable para la Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28) respecto a su transporte y/o movilidad por volatilización, debido a su composición química la cual tienden a ser más viscosos y por ende, con una probabilidad baja a infiltrarse por el subsuelo; así como su contenido en la matriz suelos, dado que solo se tiene el 20 % del total de las muestras las cuales están contaminadas por este elemento y un cociente igual a 2,06 respecto al UCL95 y el ECA Suelo y/u estándar internacional.

Sin embargo, se consideró un Riesgo Probable respecto a los cambios y/o alteraciones perceptibles del sitio, toda vez que estos compuestos se registraron manchas (borra) en estratos hasta alcanzar una profundidad de 3,6 m. En cuanto a su biodisponibilidad esta, se encuentra parcialmente disponible por evidenciarse algunas manchas de este elemento en el suelo del sitio S0114 (sitio 14); además que se encuentra en parte recubiertos por material arcilloso el cual podría actuar como una especie de capa protectora hacia la superficie. En relación a su movilidad hacia las aguas subterráneas, este compuesto puede llegar al nivel freático permaneciendo en la parte superior del acuífero por su densidad; sin embargo, no se tienen registros en aguas subterráneas de F2 por lo que solo se considera dicha probabilidad como un Riesgo De Esperarse.

En cuanto a su biodegradabilidad, se considera un Riesgo De Esperarse, debido a que el medio donde se encuentra este compuesto presenta una permeabilidad baja (dado que los suelos son en su mayoría Franco Arcillosos) ^{ooo} así como una alta saturación en ciertas partes del sitio y compacidad media a alta, la cual limita un escenario donde los microorganismos puedan realizar una biorremediación aeróbica de este contaminante, sumándole el bajo aporte de nutrientes en el suelo debido a la escasa representatividad del horizonte orgánico en el sitio.^{ppp}

Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs)

Respecto a la movilidad de los HAPs en el suelo, se consideró un riesgo representativo en función a cada uno de los compuestos que los conforman. De acuerdo a su composición y propiedades de estos CP, la USEPA ha señalado algunos HAPs los cuales presentan cierta movilidad en función a la cantidad de anillos:

- Naftalina (2 anillos): Movilidad Media.
- Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Fluoreno, Fenantreno (3 anillos): Movilidad Media.
- El resto de los HPA: Movilidad Baja a Muy Baja.

De acuerdo a su composición, se detalla cada uno de estos compuestos según su N° de anillos bencénicos:

^{ooo} Resultados obtenidos en la fase de caracterización del Sitio S0114 por JCI-HGE, 2018.

^{ppp} PNUD (2018) - Estudio Técnico Independiente del ex Lote 1AB.

Cuadro 4-81 Clasificación de los HAPs por el N° de anillos bencénicos

N° Anillos	HAPs
2 anillos	Naftaleno, Metil-naftaleno.
3 anillos	Acenaftileno, Acenaftaleno, Fluoreno, Fenantreno, Antraceno.
4 anillos	Fluoranteno, Pireno, Benzo (a) antraceno, Criseno.
≥ 5 anillos	Benzo (b) fluoranteno, Benzo(k) fluoranteno, Benzo (a) pireno, Indeno (1,2,3-cd) pireno, Dibenzo (a,h) antraceno, Benzo (g,h,i) perileno.

Adaptado del Anexo H de la Guía ERSa (R.M. N° 034-2015-MINAM).

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Considerando estos criterios, se establecieron la movilidad para cada uno de estos CP presentes en el suelo del sitio S0114 (Sitio 14) Norte.

Cuadro 4-82 Movilidad de los HAPs en el suelo

Contaminante de preocupación	Movilidad	Descripción
Benzo (a) antraceno	Baja	La movilidad disminuye a medida que aumenta el número de anillos de benceno. Tienen baja solubilidad en agua y baja volatilidad. Pueden ser arrastrados al agua subterránea cuando están adsorbidos en coloides.
Fenantreno	Media	
Naftaleno	Media	

Adaptado del Anexo H de la Guía ERSa (R.M. N° 034-2015-MINAM).

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Del cuadro anterior podemos deducir que existe un Riesgo De Esperarse para el Naftaleno y Fenantreno; toda vez que presentan una movilidad media debido a su composición y estructura química (número de anillos de benceno), los cuales tendrían la probabilidad de ser arrastrados hacia las aguas subterráneas; excepto el Benzo(a) antraceno el cual presenta una baja movilidad.

Respecto a los cambios y/o alteraciones perceptibles, se registraron manchas y olores en ciertas zonas donde era visible la contaminación por hidrocarburos. Esto se evidenció en las labores de muestreo de suelos, donde la contaminación a nivel superficial (no mayor a 1 m) presentaban olores perceptibles (al momento se sacar las muestras con el barreno) y con las lecturas del *Photo Ionization Detector* (PID) superiores a 20 ppm (para algunos puntos de muestreo); por lo cual se consideró un Riesgo De Esperarse en relación a la movilidad del contaminante por volatilización ante una exposición de un posible receptor cercano al sitio S0114 (sitio 14) Norte.

En cuanto a la biodisponibilidad, los HAPs por ser volátiles en su mayoría (de acuerdo a su estructura química), sin embargo, se ha considerado un Riesgo De Esperarse debido a que existen algunas limitantes que impiden su dispersión/volatilización; tal como el recubrimiento del derrame producido en el sitio, donde aquellas partes del suelo que presenten contenido del hidrocarburo podrían liberar estos CP hacia un posible receptor ecológico (siendo el más próximo la vegetación del lugar), así como la presión de vapor, temperatura atmosférica, su afinidad por las partículas atmosféricas⁹⁹⁹, e incluso la fotoxidación a la que están expuestos en la atmósfera para su

⁹⁹⁹ Baert, A. (2002). Comentarios acerca de los riesgos que entraña la recogida del petróleo del prestigio y la limpieza de las aves, por si pudieran afectar al litoral francés, según los datos disponibles a 29 de noviembre de 2002.

eliminación^{rrr}.

La biodegradabilidad de estos compuestos por lo general es media o baja, específicamente para aquellos HAPs de más de tres (3) anillos donde es limitada la biodegradación^{sss}. Este proceso ocurre a través de una apertura oxidativa sucesiva de los anillos bencénicos hasta alcanzar una mineralización, lo cual ocurre en menor medida; por ende, se consideró un Riesgo De Esperarse de acuerdo a la biodegradabilidad de estos CP.

El contenido de HAPs en el suelo representan un Riesgo Probable, toda vez que solo se tiene el 60 % del total de las muestras las cuales están contaminadas por Benzo(a) antraceno y Fenantreno, así como el 50 % para Naftaleno.

Metales pesados

En lo que respecta a metales pesados, se realizó la evaluación al Selenio y Boro, toda vez que fueron considerados como CP dado que sus respectivos UCL95 superaron los estándares canadienses (SQL). Teniendo en cuenta ello, los riesgos asociados a este elemento dependerán de sus propiedades químicas, así como las condiciones del medio en el que se encuentra.

Se consideró un Riesgo No Probable respecto a las alteraciones perceptibles por Selenio en el suelo, toda vez que no se identificaron cambios perceptibles en dicha matriz ambiental. Esto se pudo contrastar en las labores de muestreo, donde no se reportaron incidentes por contacto dérmico ante este CP (especialmente por óxidos de Se) el cual tiene el potencial de provocar quemaduras y/o irritación a la piel; sin embargo, estos eventos se producen muy rara vez^{ttt}. De la misma manera se considera el mismo nivel de riesgo para el Boro.

La movilidad de los metales pesados en el suelo está influenciada por el pH principalmente, donde la mayor solubilidad se da a bajos niveles de pH; sin embargo, para el Selenio ocurre todo lo contrario, toda vez que su solubilidad aumenta a niveles de pH por arriba de 5. En este sentido, se considera un Riesgo No Probable de este CP, dado a que el pH en el suelo del sitio S0114 (sitio 14) oscila entre 4,46 a 4,92. Respecto al Boro, la movilidad es indirectamente proporcional al aumento del pH, donde la retención de este metal se produce por influencia de los óxidos de aluminio y hierro y el aumento de pH entre 6 a 8^{uuu}; por lo tanto, se considera un Riesgo De Esperarse dado que podrían tener una ligera movilidad en el suelo.

En cuanto a su biodisponibilidad, se entiende a la fracción de este elemento el cual se encuentra disponible hacia un receptor (ser vivo) condicionado por las características del medio. Asimismo, el contenido Selenio se ha presentado en varias muestras de suelo cuyo rango de concentraciones oscila entre 0,29 a 10,9 mg/kg; sin embargo, de acuerdo con Kabata-Pendias (1992) sostiene que la ocurrencia de este metal se deba a los suelos ácidos, gleyzados donde predominan los seleniuros y sulfuros de selenio, siendo ligeramente móviles; además de estar disponibles para las plantas, esta adsorción se encuentra afectada por la presencia de otros aniones y cationes presentes en el suelo, como el caso de los fosfatos^{vvv}. Para el Boro, su biodisponibilidad es reducida dado que se ve influenciada por el pH del suelo, donde su aumento hace que la disponibilidad del Boro disminuya para las plantas, siendo el ácido bórico $[B(OH)_3]$ y borato $[B(OH)_4^-]$ las especies asimilables y sus proporciones en el equilibrio de la solución varían con el

^{rrr} Caballero López, S.N. & Alvarado Díaz, D. (2006). Análisis y determinación de la concentración de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) contenidos en el material particulado respirable (PM10) en la localidad de Puente Aranda de Bogotá en la zona de alta actividad industrial y alto flujo vehicular.

^{sss} Anexo H, ítem 3.4 de la Guía para la elaboración de Estudios de Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente (ERSA) en sitios contaminados.

^{ttt} Nordberg, G. (2001). Metales: propiedades químicas y toxicidad. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Madrid, SEAS, 2001.

^{uuu} Malavé Acuña, A. (2005). Los suelos como fuente de boro para las plantas. Revista UDO Agrícola 5 (1): 10-26. 2005.

^{vvv} Matamoros-Veloza, A. (2001). Spatial distribution and geochemistry of selenium in soils of Utica and Villeta municipalities.

pH (Goldberg, 1997)²⁸. Por esta razón se considera un Riesgo No Probable para ambos metales, en relación al sitio S0114 (Sitio 14) Norte.

Respecto a la movilidad de Boro y Selenio por dispersión atmosférica, se tiene en cuenta las condiciones topográficas del sitio S0114 (sitio 14) Norte; donde se tiene un área considerable la cual se encuentra desnuda (remoción y recubrimiento de arcillas) y podría darse una dispersión de material particulado a posibles receptores cercanos. Sin embargo, se tiene una barrera natural (vegetación) alrededor del sitio la cual impide dicha dispersión hacia áreas más distantes, por lo cual representaría un Riesgo No Probable la dispersión atmosférica de este elemento.

Por último, el Selenio presentó un 47,8% y el Boro un 36,9 % del total de las muestras las cuales superan el estándar canadiense (SQL), por lo que presentarían un Riesgo De Esperarse en relación al contenido (presencia y distribución) de estos metales pesados en el suelo.

Cuadro 4-83 Determinación del riesgo de los CP en el suelo – sitio S0114 (sitio 14) Norte

Rango del nivel de riesgo	Contaminantes de preocupación para la matriz suelos					
	Selenio	Boro	Fracción C10-C28	Benzo(a) antraceno	Fenantreno	Naftaleno
Cambios y/o alteraciones perceptibles (visual) de las condiciones del suelo	No Probable	No Probable	Probable	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse
Biodisponibilidad del contaminante	No Probable	No Probable	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse
Transporte/ Movilidad del contaminante por dispersión / volatilización	No Probable	No Probable	No Probable	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse
Transporte / Movilidad del contaminante en el suelo hacia las aguas subterráneas	No Probable	No Probable	De Esperarse	No Probable	De Esperarse	De Esperarse
Biodegradabilidad de los contaminantes (especialmente para compuestos orgánicos)	-	-	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse
Contenido de contaminantes en el suelo	De Esperarse	De Esperarse	No Probable	Probable	Probable	Probable

Adaptado del Anexo H de la Guía ERSa (R.M. N° 034-2015-MINAM).

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

De la evaluación de riesgos para el suelo (recurso natural abiótico) se puede observar que la presencia de la Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28), así como la del Benzo(a) antraceno, Fenantreno y Naftaleno representan un Riesgo Probable en el suelo, basándose en la evaluación de los riesgos individuales que presentan cada CP donde se asumió el riesgo más conservador en el sitio S0114 (sitio 14) Norte. Es importante recalcar que este riesgo contempla una evaluación

cualitativa en base a la información recopilada en campo, además de tener en cuenta las posibles rutas de exposición “suelo – agua – ser humano” para el caso de posible lixiviación de los CP, así como la ruta “suelo-polvos – aire – ser humano” para el caso de posible dispersión / volatilización de los CP evaluados.

D.2 Riesgos para cuerpos de agua superficial y subterránea

Para el agua subterránea se han encontrado concentraciones de Fosforo, Aluminio, Arsénico, Cobre, Cromo Total, Hierro, Manganeso, Plata, Plomo y Zinc que exceden los estándares canadienses (Alberta Tier 1) por lo cual fueron determinados como CP (sus respectivos UCL95 superaron los estándares canadienses). Sin embargo, hay que tener en cuenta que estos elementos se encuentran presentes en el suelo en grandes cantidades (de acuerdo a los resultados de la fase de caracterización), además se considera un posible aporte de dichos elementos por lixiviación desde el subsuelo hacia las aguas subterráneas.

Teniendo en cuenta que esta movilidad podría estar influenciada por el pH del sitio (4,46 a 4,92), la textura del suelo (franco arcilloso) la cual condicione la transmisividad del flujo subterráneo (pueda transportar dichos CP) entre otras características, la presencia de estos metales se deba a las condiciones naturales del sitio S0114 (sitio14) tanto el sector Norte y Sur y no necesariamente impliquen un riesgo como tal, producto de una afectación antrópica. Asimismo, teniendo en cuenta la evaluación de riesgos para el escenario humano y el modelo conceptual del sitio, se tiene que estas aguas subterráneas presentan una ruta de exposición incompleta para posibles receptores cercanos al sitio. Por lo cual se concluye que estos CP presentan un Riesgo No Probable en este escenario.

D.3 Riesgos para la atmósfera

Este ítem no aplica en el presente estudio.

E) Resumen del análisis de riesgos

• Riesgo cancerígeno para el escenario humano

Se determinó que la exposición de los receptores humanos a los CP clasificados como cancerígenos, se encuentran dentro del rango de riesgo aceptable, considerando el límite superior a la probabilidad en la que se estima que una persona contraiga cáncer (sea tratable o letal) durante su vida entera (1:100 000; RVEC=1,0E-5).

La matriz suelos es la única matriz que presenta CP categorizados como sustancias cancerígenas. El CP categorizado como sustancia cancerígena es el Benzo (a) antraceno, tanto para el sitio S0114 (Sitio 14) - Sur y sitio S0114 (Sitio 14) - Norte.

Para suelos superficiales mediante contacto dérmico, ingestión e inhalación de partículas se observa que el riesgo es aceptable ($RVEC < 1E^{-5}$) para efectos carcinógenos por exposición a Benzo (a) antraceno, tanto para el escenario humano 1 (trabajador industrial), escenario humano 2 (cazadores y/o pescadores esporádicos adulto y niño) y escenario humano 3 (residente de la CN Nueva Jerusalén) por exposición a los sitios impactados de la zona sur o norte.

- **Riesgo no cancerígeno para el escenario humano**

Se determinó que la exposición de los receptores humanos a los CP clasificados como no cancerígenos, no rebasa el umbral o valores límites a los que se espera que se tengan efectos adversos (coeficiente de peligrosidad = 1), por ende, el riesgo es aceptable.

En suelos los CP categorizados como no cancerígenos son Selenio y Fenantreno para el sitio S0114 (Sitio 14) - Sur y Boro, Selenio, Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28), Fenantreno y Naftaleno para el sitio S0114 (Sitio 14) - Norte. Es importante mencionar que el benzo (a) antraceno a pesar de clasificarse como probable carcinógeno humano (2B), según la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (*International Agency for Research on Cancer*; IARC), se han incluido en la evaluación, debido a que existen datos de bioensayos que indican que el benzo (a) antraceno produce tumores por exposición oral y contacto dérmico (IRIS, 1999)

Para suelos superficiales, en ambos sitios, para las vías de exposición por contacto dérmico, ingestión accidental e inhalación de partículas se observó que el riesgo es aceptable por exposición al Boro, Selenio, Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28), Fenantreno, Naftaleno y benzo (a) antraceno tanto para el escenario humano 1 (trabajador industrial) y escenario humano 2 (cazador y pescador esporádico adulto y niño). El escenario humano 3 (residente de la CN Nueva Jerusalén) no fue incluido para la exposición por contacto dérmico, ingestión e inhalación a los CP de la matriz suelos debido a que no existe una ruta de exposición completa.

Las rutas de exposición en aguas superficiales fueron establecidas para fines recreativos (natación y/o consumo de pescado), considerando un supuesto contacto de estas con aguas subterráneas afectadas por la lixiviación de los CP del suelo. Este escenario se definió para el escenario humano 3 (poblador local – residente de la C.N. Nueva Jerusalén), en donde se observó que para todos los CP un riesgo es aceptable. El escenario humano 1 (trabajadores industriales) y escenario humano 2 (cazadores y/o pescadores esporádicos adulto y niño) para la zona sur y norte no fueron incluidos en este escenario debido a que no existe una ruta de exposición completa entre el agua subterránea y los receptores humanos en mención.

- **Cuadro Resumen del riesgo en el ambiente y la salud de las personas**

En el siguiente cuadro se presenta el resumen de resultados de la evaluación de riesgo para el escenario humano, ecológico y abiótico de ambos sitios impactados:

Cuadro 4-84 **Resumen de riesgo para el escenario humano, ecológico y abiótico – Sitio S0114 (Sitio 14) – Sur**

ESCENARIO	CATEGORÍAS DE RIESGO POR ESCENARIO					
1. HUMANO	Riesgo Cancerígeno			Riesgo No Cancerígeno		
	Aceptable	Aceptable en caso excepcionales	Inaceptable	Aceptable	Preocupante	Muy elevado
	X			X		
	X			X		
	X			X		
Escenario Humano 3: Poblador Local – Residente de la CN Nueva Jerusalén	X			X		
2. ECOLÓGICO	Riesgo Ecológico					
Receptores ecológicos	Bajo	Medio	Alto	-		
		X				
3. ABIÓTICO	Riesgo Abiótico					
Suelo	No Probable	De esperarse	Probable	-		
	X	X				
	X					
Agua Superficial y Subterránea						

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 4-85 Resumen de riesgo para el escenario humano, ecológico y abiótico – Sitio S0114 (Sitio 14) – Norte

ESCENARIO		CATEGORÍAS DE RIESGO POR ESCENARIO					
1. HUMANO	Escenario Humano 1: Poblador Local - Trabajador Industrial	Riesgo Cancerígeno			Riesgo No Cancerígeno		
		Aceptable	Aceptable en caso excepcionales	Inaceptable	Aceptable	Preocupante	Muy elevado
		X			X		
		X			X		
		X			X		
2. ECOLÓGICO	Escenario Humano 3: Poblador Local – Residente de la CN Nueva Jerusalén	Riesgo Ecológico			-		
		Bajo	Medio	Alto			
			X				
3. ABIÓTICO	Receptores ecológicos	Riesgo Abiótico			-		
		No Probable	De esperarse	Probable			
		X	X	X			
		X					
Agua Superficial y Subterránea							

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

4.11 Análisis de incertidumbres incluyendo los aspectos relacionados de los costos estimados.

Tal como lo indica la guía ERSA, la complejidad de muchas variables que intervienen durante el proceso de evaluación de riesgos genera que existan múltiples incertidumbres que de algún modo pueden afectar en la fiabilidad de los resultados obtenidos. La evaluación del riesgo está relacionada a los escenarios de exposición planteados y que probablemente resulten en estimaciones conservadores de los riesgos a los receptores.

Se citan, a continuación, las principales incertidumbres asociadas al desarrollo del presente ERSA, las cuales se originaron por distintas causas como son la falta de información, las simplificaciones, inferencias, suposiciones hechas para hacer factible el análisis.

- Existe la inferencia de caracterizar las fuentes secundarias a partir de una red de muestreo pequeña, como en las matrices ambientales de agua superficial, sedimentos y agua subterránea.
- Para el análisis de riesgo humano se ha considerado parámetros de exposición estandarizados para los escenarios más vulnerables del receptor de la C.N. Nueva Jerusalén; sin embargo, esto representa una incertidumbre, dado que los efectos a la salud causados varían entre individuos debido a su exposición (dosis de exposición, peso corporal, duración, entre otros), así como su respuesta del individuo (edad, diferencias genéticas, entre otros).
- El análisis de riesgo para humanos por exposición a los contaminantes del S0114 (Sitio 14) cuenta con una incertidumbre de escenario, dado que no se han evaluado todos los patrones de comportamiento de los pobladores de la C.N. Nueva Jerusalén potencialmente expuestos, sino que se priorizó la evaluación de los escenarios más vulnerables, como el escenario de niño cazador y pescador o el trabajador industrial, ambos receptores en el sitio (*in situ*)
- Asimismo, existe incertidumbre en el uso de modelos por falta de información, debido a que se depende de una analogía de transporte de contaminantes, principalmente en base a los resultados analíticos de las matrices ambientales suelo, sedimento, agua superficial, sedimentos, siendo el muestreo de suelo la única matriz que contó con una red lo suficientemente representativa.
- No existen estudios toxicológicos que reflejen la respuesta a la exposición de sustancias peligrosas, ya sean cancerígenas y no cancerígenas, de la población local, siendo necesario para el presente análisis de riesgos el uso de datos sustitutos de estudios toxicológicos realizados por agencias internacional como la IRIS, IARC, entre otros, incrementado la incertidumbre del estudio de evaluación de riesgos, dado que gran parte de estos estudios fueron desarrollados en animales y no hay certeza sobre si los seres humanos se verán afectados al igual que los animales. El problema de los estudios experimentales con animales o de estudios *in vitro* es la incertidumbre ligada a la extrapolación de los datos a humanos.
- Se asume que la exposición para todos los individuos de la población de la CN Nueva Jerusalén es igual para cada escenario evaluado, siendo una incertidumbre moderada, pues no se cuenta con el nivel exacto de la exposición, pero sin con una aproximación.
- Los resultados de análisis de riesgo por exposición a los contaminantes pudieran no reflejar la realidad de la problemática ambiental de los pueblos indígenas locales, dado que la evaluación solo se restringe específicamente al sitio impactado y no evalúa la exposición a todos los sitios impactados o a pasivos ambientales existentes en el lote petrolero, presentando un nivel de incertidumbre moderado ya que no permite evaluar el riesgo acumulativo o sinérgico, pero permite la posibilidad de desarrollar medidas correctivas, con la finalidad de reducir el impacto acumulativo a futuro.

Además de la descripción de los factores de incertidumbres asociados a la evaluación del riesgo, en el Cuadro 4-87 se presenta la valoración de los aspectos considerados dentro del análisis de incertidumbres para cada uno de los aspectos considerados, cuyos rangos de porcentaje por nivel de incertidumbre se presentan en el Cuadro 4-86, ello a fin de establecer rangos de incertidumbres de manera cuantitativa.

Cuadro 4-86 Rangos de incertidumbres

Rango (%)	Valoración
0 – 33	Baja
34 – 66	Moderada
67 - 100	Alta

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

A) Incertidumbres asociadas al modelo conceptual

• Determinación de los CP

La selección de los CP se realizó usando la metodología descrita en el Ítem 3.1, la misma que establece una comparación analítica entre las concentraciones reportadas para las distintas matrices ambientales y normativas de referencia legal nacional (ECA), en el caso de no contar con un criterio de referencia nacional se optó por una comparación analítica con criterios establecidos en normativas internacionales (ver Cuadro 3-33). Por ejemplo, para el caso del suelo se observó que la normativa de referencia internacional utilizada para la comparación analítica (Canadian SQG), es mucho más restrictiva que los ECA suelos de Perú y contempla otros contaminantes no regulados por la norma peruana; por lo tanto, puede existir una sobreestimación de las concentraciones que superaron dichos criterios, ya que las normativas se han desarrollado en función de las características de las matrices de cada país de origen. A esto debe sumarse que, varios CP fueron excluidos durante la categorización del riesgo al no encontrar criterios de referencia tanto en ECA como en los niveles de referencia internacionales (ver Cuadro 3-33).

En lo que respecta al escenario ecológico, se pudo haber sobrestimado la definición de los CP; toda vez que ciertos parámetros como el Aluminio, Hierro, Manganeseo y Zinc en aguas subterráneas los cuales sobrepasaron los estándares canadienses; se podría atribuirse a la predominancia de estos elementos en los suelos arcillosos como el caso del sitio S0114 (sitio 14) los cuales presentaron elevadas concentraciones de estos elementos. Además, considerando el bajo pH del suelo y las fuertes lluvias, puede atribuirse un lavado de estos elementos los cuales puedan estar lixiviando al subsuelo, y por consiguiente a la napa freática; debido a las condiciones naturales y geológicas del sitio.

Para el caso del sitio S0114 (Sitio 14), se tiene que el 77 % de los parámetros establecidos como CP fueron comparados con normas internacionales (ver Cuadro 3-33), tal es así que su nivel de incertidumbre es Alto.

• Fuentes secundarias

Se consideraron como fuentes secundarias (foco) al suelo superficial y subsuelo, excluyéndose a aguas superficiales, aguas subterráneas y sedimentos; debido a que no se observó una relación en las concentraciones reportadas para cada una las matrices ambientales. Bajo este concepto, se asumió que tanto aguas superficiales como aguas subterráneas aún no entran en contacto con

las fuentes secundarias, o simplemente no tienen relación entre sí; sin embargo, la información analítica de estas matrices es insuficiente, pudiendo generar una subestimación del riesgo respecto a las matrices excluidas.

Para el caso del sitio S0114 (Sitio 14), el 50 % de las matrices evaluadas tienen una relación en las concentraciones reportadas, por lo cual su nivel de incertidumbre es Moderado.

• Receptores

Se conoce que el ingreso al foco de contaminación es de difícil acceso, sin embargo, se asumió un posible ingreso de los receptores humanos al sitio, con la finalidad de evaluar el escenario más crítico. Los escenarios humanos de trabajadores industriales y cazadores y/o pescadores esporádicos presentan una incertidumbre baja, dado que en el análisis de riesgos para estos receptores se identificaron y evaluaron una mayor cantidad de rutas de exposición completas entre los receptores y el foco de contaminación, evitando la subestimación del riesgo, pero probablemente sobreestimando el riesgo.

No es posible cuantificar el nivel de riesgo para el escenario residencial (escenario humano 3) por exposición “directa” con los contaminantes del sitio impactado, debido a la distancia de 15,8 km entre el foco de contaminación y el principal asentamiento de la CN Nueva Jerusalén, por tal razón se ha evaluado la exposición “indirecta” a través del agua superficial de los ríos cercanos a la CN que actúan como medios de transporte de las aguas superficiales y subterráneas afectadas con los contaminantes del sitio impactado, lo cual representa un nivel de incertidumbre moderada.

Para el caso del receptor humano de la población de la CN Nueva Jerusalén, los cuales se ubican a una distancia de 15,8 km se tiene un nivel de incertidumbre moderado. Un nivel de incertidumbre moderado se considera para un rango de distancia de 13 a 25 km, menos a 13 tiene un nivel bajo, mientras que una distancia mayor a 25 le corresponde un nivel de incertidumbre alto.

En el caso del escenario ecológico, no se tiene indicadores para definir con certeza el grado de contaminación presente en la flora y fauna. Si bien es cierto que en las muestras de peces se han registrado concentraciones de Bario Total, Cadmio y Plomo, estas sustancias podrían relacionarse más por posibles aportes de aguas de reinyección (eventos recientes) que por el derrame producido hace más de 30 años. Hay que tener en cuenta también que durante las labores de muestreo no se ha recopilado en algunos casos suficiente muestra de tejido muscular, por lo que se ha tenido que formar una muestra compuesta (producto del barrido con la red de pesca) en el cuerpo de agua presente en el sitio S0114 (Sitio 14).

Sin embargo, dado que en el sitio S0114 (Sitio 14) se contó con evaluación hidrobiológica (peces), se considera una incertidumbre baja. Para el presente análisis se está considerando que una evaluación hidrobiológica que incluya sólo bentos, su nivel incertidumbre sería moderada, mientras que si no tuviera evaluación hidrobiológica la incertidumbre sería alta.

Es importante mencionar que los datos ecotoxicológicos usados para la determinación de toxicidad en organismos acuáticos, fueron llevados a cabo muchos de ellos en condiciones de laboratorio, y con especies análogas, por lo que el nivel de incertidumbre con respecto a estos datos es alto. Es necesario realizar ensayos toxicológicos en especies presentes en la zona, para reducir esta incertidumbre.

• Uso del suelo

Se supuso que para un futuro el suelo tendrá el mismo uso actual. Ello dado que el sitio se encuentra dentro de un área operativa (Batería Dorissa), de lo cual se infiere que su uso se mantendrá. Se considera que si el sitio estuviera situado cerca a las inmediaciones de infraestructura auxiliar la incertidumbre sería moderada, dado que alguna de dichas instalaciones

podría quedar sin uso sin estar ello directamente relacionado a la operatividad de una Batería. De estar ubicado en zonas no operativas o con existencia sólo de pozos APA, la incertidumbre sería alta.

- **Usos del cuerpo de agua superficial**

Se asumió que existe una descarga de aguas subterráneas a las aguas superficiales (río Macusari) que son aprovechadas para usos con fines recreativos por la CN Nueva Jerusalén. Esta relación entre las matrices ambientales mencionadas es desconocida, por lo tanto, puede existir una sobreestimación del riesgo.

De acuerdo a la distancia entre el sitio y la CN se ha establecido el nivel de incertidumbre, para lo cual se han establecido los mismos rangos empleados para el aspecto receptor humano (población CN Nueva Jerusalén), por lo que le corresponde un nivel de incertidumbre moderado.

B) Incertidumbres asociadas a la caracterización del sitio

- **Muestreo**

Para las matrices aguas subterráneas y aguas superficiales se recolectaron únicamente dos tipos de muestras (aguas arriba y aguas abajo) para los sectores S0114 (Sitio 14) Norte y Sur, siendo esta información insuficiente para caracterizar el sitio y por ende puede existir una subestimación de las características propias de las mismas.

Las concentraciones de las muestras fondo y contramuestras de suelos no se incluyeron durante la evaluación de los CP, pudiendo existir una subestimación de las concentraciones reportadas.

Si bien es cierto que la cantidad de muestras de nivel de fondo (1 muestra compuesta para suelos) no es representativa estadísticamente para poder definir concentraciones atribuibles a las condiciones naturales del sitio; se consideró el total de muestras de nivel de fondo de los 13 sitios contaminados en la cuenca del río Corrientes, a fin de disminuir el sesgo en determinar un nivel de fondo a nivel macro, que permita contrastar si las excedencias en ciertos parámetros se deban o no a condiciones naturales o a los derrames históricos producidos en el sitio S0114 (Sitio 14).

Para la estimación del número de sondeos de detalle, se empleó la Tabla N° 6 de la Guía de Muestreo de Suelos, tomando como base el número de muestreos de Identificación respecto al área del sitio; en algunos casos se tuvo que realizar una interpolación para determinar la cantidad de sondeos que no estaban plasmadas específicamente en dicha tabla, determinándose un número de sondeos según lo establecido por la Guía, por lo cual el nivel de incertidumbre es bajo.

- **Atenuación Natural**

Se asume una biodegradación restringida de los CP en las distintas matrices de acuerdo a las condiciones naturales del sitio; por lo cual podría existir una sobrestimación del riesgo. Esto aplicaría para algunos CP de tipo orgánicos presentes en el suelo, los cuales podrían biodegradarse por acción bacteriana, por procesos de fitovolatilización de estos compuestos por acción de la flora presente del sitio S0114(Sitio 14) y/o por los procesos de meteorización física (erosión), entre otros.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que no se cuenta a detalle de determinadas especies propias del clima tropical las cuales puedan presentar dicho potencial de biodegradar estos componentes; tan solo se cuenta con investigaciones puntuales sobre el potencial que presentan algunas especies vegetales, las cuales han tenido resultados en distintas condiciones a las que se encuentran estas especies endémicas.

Para el caso del sitio S0114 (Sitio 14), del total de CP evaluados, se tiene que el 18 % son de tipo orgánico por lo que se considera una incertidumbre alta.

- **GAPs de información**

La metodología seleccionada para el análisis de riesgo de los seres humanos es la Risk Based Corrective Action (Acción Correctiva basada en Riesgos – RBCA, por sus siglas en inglés), propuesta por la ASTM, fue desarrollada con la finalidad de tomar decisiones coherentes para la evaluación y respuesta ante una fuga de petróleo, basado en la protección de la salud de los seres humanos y el ambiente. Como se menciona la aplicación de la metodología RBCA es para derrames de petróleo y no específicamente para sitios impactados, dado que difieren con los primeros en cuanto complejidad, en características físicas y químicas y en lo que respecta al riesgo que puedan representar, entendiéndose la aplicación de la metodología como una incertidumbre moderada.

El software RBCA Toolkit para el escenario humano requiere información específica del sitio con la finalidad de establecer el comportamiento del subsuelo en función de sus características fisicoquímicas. A pesar de contar con la mayor parte de información, ciertos parámetros fueron obtenidos de literatura (entiéndanse estos como datos de entrada como el Tiempo promedio para el flujo de vapor, Tasa de ingestión de agua, Tasa de ingestión de suelo, Ingestión de agua durante la inmersión, etc.), por lo que, estos al no corresponder precisamente al sitio de estudio puede generar incertidumbre en la determinación del riesgo; toda vez que hay escenarios puntuales y muy particulares donde las condiciones no necesariamente tienen un comportamiento ya predefinido por el RBCA, lo cual podría generar un sesgo en la definición y caracterización del riesgo para los distintos escenarios evaluados.

Durante el uso del software RBCA, de los 28 datos requeridos, el 79 % de los datos fueron datos reales, por lo que la incertidumbre es baja.

El software RBCA Toolkit no permite evaluar el riesgo por exposición a sedimentos afectados; sin embargo, para la estimación del riesgo por exposición a los CP de esta matriz ambiental se utilizó el software RBCA Toolkit, siendo probable la subestimación o sobreestimación del riesgo, por tratar a los sedimentos como suelo superficial y dado que la disponibilidad de contaminantes es diferente.

C) Incertidumbres sobre los efectos de los contaminantes

- **Toxicidad**

Para la evaluación de los efectos tóxicos ecológicos se utilizaron valores referenciales dosis/respuesta de estudios ecotoxicológicos, discriminando el tipo de exposición en el que se encontraron estos receptores durante las pruebas de toxicidad. Entiéndanse a estos como los NOAEL para algunas especies de mamíferos, así como valores de Ecotox para la comunidad hidrobiológica; los cuales se basan en datos o umbrales de toxicidad en especies sobre las cuales se han realizado ensayos de laboratorio (considerándose a estas especies análogas) y sirviendo de referente hacia las especies registradas en el área de estudio. Sin embargo, cabe la posibilidad que no siempre las especies análogas presenten los mismos mecanismos de respuesta de las especies endémicas registradas, dado que cada una de ellas pueda tolerar o no una exposición ante estos CP, produciéndose una sobrestimación o subestimación del riesgo hacia los escenarios planteados en esta ERSa.

Para la evaluación de riesgos en el escenario humano se utilizó tanto información de la guía ERSa como la información de la literatura preestablecida por el software RBCA; por lo tanto, se desconoce

si pueda existir una sobrestimación o subestimación de los resultados de riesgo. Asimismo, hay que tener en cuenta que muchos de los compuestos analizados no podrían verse asociados a los derrames históricos producidos, sino más bien a eventos recientes; dado a su tasa de biodegradabilidad que en algunos casos no exceden a un (1) año, como el caso de los HAPs.

En el caso de las especies de fauna, existe un gran vacío sobre el grado de toxicidad en la gran mayoría de especies que frecuentan el área de estudio; lo cual nos permita conocer de manera verídica los efectos toxicológicos de estos compuestos bajo las condiciones en las que se encuentran en el sitio S0114 (Sitio 14) y su disponibilidad sobre estos receptores ecológicos. Teniendo en cuenta que se emplearon valores referenciales de NOAEL en base a la especie *Odocoileus virginianus* como una especie análoga respecto al *Tapirus terrestres* (que para el caso específico del sitio S0114 (Sitio 14) no se encontraron evidencias de mamíferos en el sitio), podría conllevar esto a una subestimación del riesgo.

Para la estimación del riesgo cancerígeno y no cancerígeno, para el escenario humano, se está optando por una postura conservadora con la finalidad de que no se subestime el riesgo, dado que la información de estudios epidemiológicos y toxicológicos utilizados como base de datos, en su mayoría, son resultados de pruebas realizadas en animales, extrapolando los riesgos a los seres humanos.

Para el caso del sitio S0114 (Sitio 14), sólo el arsénico está definido como cancerígeno para el escenario humano, todos los demás CP identificados están dentro del Grupo 2A y 2B, probablemente y posiblemente carcinógenos en humanos, respectivamente; de acuerdo a International Agency for Research on Cancer (IARC). Por ello, el nivel de incertidumbre es de nivel moderado. Se precisa que de estar dentro del Grupo 1, la incertidumbre sería baja.

- **Biodisponibilidad**

No se contó con información de biodisponibilidad para todos los CP identificados, pudiendo generarse una subestimación o sobrestimación del riesgo. Dado que no se contó con dicha data, la incertidumbre para todos los casos es Alta.

- **Sustituciones en TPHs**

Para la evaluación de riesgo humano se utilizó el software RBCA que no cuenta en su base datos las cadenas de TPHs C10-C28 y C28-C40 identificadas como CP del presente ERSA, por lo que se optó usar cadenas representativas como TPH C12-C28 y C28-C35, así como la suma de estos, pudiendo generarse una sobrestimación o subestimación del riesgo.

De tres (3) cadenas de TPH's, en el sitio S0114 (Sitio 14), se sustituyeron dos (2) cadenas, por lo que el nivel de incertidumbre es moderado.

D) Incertidumbres relativas al análisis de la exposición

- **Exposiciones a futuro**

No se consideraron derrames que puedan generarse a futuro, así como actividades relacionadas a una futura exposición en la que se deba intervenir el suelo a profundidades donde se encuentran las concentraciones más altas de los CP identificados (ejemplo excavaciones).

Considerando que el sitio S0114 (Sitio 14), se ubica en una zona con uso de suelo futuro industrial, la incertidumbre es baja respecto a una posible exposición por potenciales derrames.

• Fuentes secundarias

Debido a que el software RBCA tiene una limitante respecto al ingreso de data relacionada a matrices como sedimentos y aguas superficiales, los sedimentos del presente ERSA fueron considerados como suelos, por lo tanto, el software RBCA asumió los mecanismos de transporte de esta última matriz. Se desconoce si existe una subestimación o sobrestimación del riesgo, realizando dicha consideración.

A pesar que los resultados de las pruebas TCLP indican que los contaminantes presenten en el suelo no lixivian, se ha considerado la ruta de exposición completa entre los CP del suelo mediante el mecanismo de transporte por lixiviación desde el suelo y su descarga en cuerpos de agua superficial (Modelo ASTM) donde los pobladores locales desarrollan actividades como la caza y pesca, siendo probable la sobreestimación del riesgo humano.

El agua superficial es el principal medio de transporte de contaminantes de los sitios impactados hasta los pobladores locales de la C.N. Nueva Jerusalén, por eso con la finalidad de no subestimar el riesgo se ha planteado como fuente secundaria el agua superficial afectada por los CP del suelo que lixivian y descargan a una distancia de 50 m, donde se expone el receptor humano más sensible, el cazador niño.

En este caso, la incertidumbre es baja, dado que se determinaron CP en la matriz suelos; en el caso que no se determinen CP en la matriz suelos la incertidumbre es alta y en el caso que determine CP en la matriz agua superficial y sedimentos la incertidumbre es moderada.

• Análisis de riesgo

El análisis de riesgo se realizó según el TIER II, basado en parámetros específicos del sitio S0114 (Sitio 14), tanto para la ubicación de receptores en el sitio (*in situ*) como fuera del sitio (*ex situ*), este tipo de análisis permite el uso de modelos de transporte para calcular los riesgos de los receptores fuera del sitio, por lo tanto se establece un nivel de incertidumbre moderada, pues utilizar el análisis del TIER I correspondería una incertidumbre alta, dado que este análisis es a nivel genérico de referencia con criterio de riesgo (RBSL, por sus siglas en inglés) para la exposición en el sitio, asumiendo datos predeterminados para los factores de exposición y características inherentes al sitio; y finalmente, un análisis del TIER III correspondería un nivel de incertidumbre baja, dado que es similar a un cálculo del TIER II, pero en vez de aplicar los modelos de transformación y transporte incluidos en el RBCA Tool Kit, se tiene la posibilidad de efectuar un cálculo según RBCA, ya sea tomando en cuenta “factores de atenuación natural” que se hayan determinado con otro modelo externo al RBCA Tool Kit o bien con mediciones específicas recolectadas en el sitio.

Es probable que los presentes resultados de análisis de riesgo por exposición a los contaminantes no reflejen la realidad de la problemática ambiental de los pueblos indígenas locales, dado que la presente evaluación solo permite estimar el riesgo por exposición a los CP presentes en el Sitio S0114 (Sitio 14) y no por exposición a todos los sitios impactados o pasivos ambientales existentes en el lote petrolero, presentando una incertidumbre moderada porque no permite evaluar el riesgo acumulativo y sinérgico, pero si plantear medidas correctivas individuales, con la finalidad de reducir el impacto sinérgico y acumulativo a futuro.

En el Cuadro 4-87 se presentan las valorizaciones para cada aspecto considerado en el análisis de incertidumbres, el mismo que ha sido determinado mediante un análisis técnico.

Cuadro 4-87 Valoración de los aspectos considerados dentro del análisis de incertidumbres

Factor	Aspectos	Descripción	Valoración
Modelo conceptual	Determinación de los CP	Uso de normativa de referencia internacional para la comparación analítica sin referencia en los ECA nacionales.	Alto
	Fuentes secundarias	Se considera a suelos y sedimentos como foco, excluyéndose a aguas superficiales y aguas subterráneas	Moderado
	Receptores humanos (Trabajadores industriales)	Considera la cercanía de los trabajadores de la Batería Dorissa al sitio contaminado	Baja
	Receptores humanos (Pobladores de la CN)	Considera la cercanía de la población de la comunidad nativa Nueva Jerusalén al sitio contaminado	Moderado
	Receptor ecológico (flora y fauna)	Está en función a la disponibilidad de información de la evaluación hidrobiológica	Baja
	Uso del suelo	Certeza de la información sobre los usos futuros del suelo.	Bajo
	Usos del cuerpo de agua superficial	Se considera la existencia de una descarga de aguas subterráneas a las aguas superficiales (río Macusari) y la distancia entre el sitio y la CN.	Moderado
Caracterización del sitio	Muestreo	El número de los puntos de muestreo en función al área del sitio.	Bajo
	Atenuación natural	Se considera una biodegradación de los CP en las distintas matrices.	Moderado
	GAP's de información	Falta de datos requeridos por el software RBCA Toolkit.	Baja
Efecto de los contaminantes	Toxicidad escenario humano	Se considera valores referenciales en función a su evaluación de carcinogenicidad.	Moderado
	Biodisponibilidad	No se contó con información de biodisponibilidad para los CP.	Alto
	Efectos por mezclas químicas	Se asumen efectos aditivos de los CP, más no, efectos sinérgicos o antagonistas.	Alto
	Sustituciones en TPH's	Se emplearon cadenas de TPH C12-C28 y C28-C35 empleadas en el software RBCA.	Moderado
Análisis de la exposición	Exposiciones a futuro	Considera potenciales derrames futuros respecto a uso futuro	Bajo
	Fuentes secundarias	El software RBCA no acepta datos de sedimentos por lo que éstos fueron considerados como suelos	Moderado
	Análisis de riesgo	Para el escenario humano únicamente se utilizó la información de caracterización del sitio	Moderado

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

4.12 Determinación de los niveles de remediación específicos (para humanos y receptores ecológicos).

Se estableció como procedimiento de trabajo para determinar la pertinencia de adoptar los niveles de remediación objetivo la distancia a que se pudiera encontrar el sitio impactado de un buffer de 30 metros a partir de la poligonal del área que encierra las facilidades operativas. Este ejercicio de análisis espacial para el sitio impactado S0114 (Sitio 14) se muestra en el Anexo 6.4.3.2 (Figura de definición de áreas operacionales para la determinación de los niveles de remediación del Sitio S0114 (Sitio 14)).

El criterio de remediación que se adoptó fue el de superponer dos poligonales:

- Poligonal que encierra el sitio impactado del sitio S0114 (Sitio 14).
- Poligonal del sitio S0114 (Sitio 14) que encierra facilidades operativas, más un buffer externo de protección de 30 metros

Al superponer las dos poligonales, si espacialmente la poligonal del sitio impactado se encuentra dentro de la poligonal operacional más buffer de 30 metros, los niveles de remediación objetivo serán los industriales, de lo contrario se asumirán los agrícolas.

Aplicando el criterio para el sitio S0114 (Sitio 14), la poligonal del sitio impactado norte se encuentra en un 100% dentro del área de facilidades operativas más buffer, por lo que se ha considerado relevante mantener un criterio de Nivel de Remediación Objetivo al ECA de suelo industrial, la poligonal del sitio impactado sur se encuentra fuera del área en un 100 % de facilidades operativas más buffer, por lo que se ha considerado relevante mantener un criterio de Nivel de Remediación al ECA de suelo agrícola.

A) Niveles de remediación para el escenario humano

• Sustancias no cancerígenas

Los CP categorizados como no cancerígenas fueron Selenio y Fenantreno para el sitio S0114 (Sitio 14) - Sur y Boro, Selenio, Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28), Fenantreno y Naftaleno para el sitio S0114 (Sitio 14) - Norte, adicionalmente se evaluó el Benzo (a) antraceno, ya que pueden tener efectos adversos sobre la salud, el cual es categorizado como probable carcinógeno humano (Ver ítem 4.10).

El riesgo para la salud humana generado por sustancias no cancerígenas se considera aceptable, cuando al IP es menos o igual a la unidad (1).

Del análisis de riesgo en la salud humana de las personas (Ver Ítem 4.10) se tiene que las condiciones actuales de los sitios S0114 (Sitio 14) - Sur y Norte representan un riesgo aceptable para la salud humana para efectos no cancerígenos, tanto para el escenario humano 1 (trabajador industrial), escenario humano 2 (cazadores y pescadores esporádicos) y escenario humano 3 (residentes de la CN Nueva Jerusalén), para los CP identificados, mecanismos de transporte, rutas y vías de exposición.

Por lo expuesto, no se ha determinado Niveles de Remediación (NRE) para los CP de la matriz suelos, pues el escenario actual representa un riesgo aceptable para la salud del escenario humano 1 (trabajador industrial), escenario humano 2 (cazadores y pescadores esporádicos) y escenario humano 3 (residentes de la CN Nueva Jerusalén).

No se definen metas de remediación para el recurso hídrico (subterráneo) dado que los Hidrocarburos no superaron los límites de referencia y no existe evidencia suficiente para determinar que la concentración de los metales es consecuencia de la actividad petrolera. Por lo tanto, se requieren estudios adicionales en este aspecto.

- **Sustancias cancerígenas**

El contaminante de preocupación (CP) categorizado como cancerígena en suelos fue el Benzo (a) antraceno, para ambos sitios.

El riesgo para la salud humana generado para sustancias cancerígenas en el sitio se considera aceptable, cuando el índice del riesgo total (IRT) es un (1) caso de cáncer por cada cien mil habitantes ($IRT \leq 1E-5$).

Del análisis de riesgo en la salud humana de las personas (Ver ítem 4.10) se tiene que las condiciones actuales del sitio representan un riesgo aceptable para la salud humana para efectos cancerígenos, tanto para el escenario humano 1 (trabajador industrial), escenario humano 2 (cazadores y pescadores esporádicos) y escenario humano 3 (residentes de la CN Nueva Jerusalén), para los CP identificados, mecanismos de transporte, rutas y vías de exposición.

Por lo expuesto, no se ha determinado Niveles de Remediación (NRE) para los CP de la matriz suelos, pues el escenario actual de los sitios S0114 (Sitio 14) - Sur y Norte representan un riesgo aceptable para la salud del escenario humano 1 (trabajador industrial), escenario humano 2 (cazadores y pescadores esporádicos) y escenario humano 3 (residentes de la CN Nueva Jerusalén).

No se definen metas de remediación para el recurso hídrico (subterráneo) dado que los Hidrocarburos no superaron los límites de referencia y no existe evidencia suficiente para determinar que la concentración de los metales es consecuencia de la actividad petrolera. Por lo tanto, se requieren estudios adicionales en este aspecto.

B) Nivel de remediación para el escenario ecológico

En lo que respecta al escenario ecológico, no se cuenta con información disponible sobre las concentraciones de estos CP en cada una de las especies recurrentes del sitio y/o representativas de este ecosistema, así como una metodología que permita estimar Niveles de Remediación (NR) sobre este escenario. Sin embargo, se considerará las matrices ambientales evaluadas, el riesgo determinado en el escenario abiótico y NR que correspondan.

C) Nivel de remediación para proteger recursos naturales abióticos

Siguiendo lo expuesto en la Guía para la elaboración del ERSa, las propuestas de remediación deben de considerar medidas idóneas para proteger suelos o sedimentos no contaminados de una alteración negativa en el futuro; ya sea por dispersión de estos contaminantes por transporte eólico hacia estos sitios no impactados, filtración de contaminantes hacia las aguas subterráneas, etc. Sin embargo, dichas propuestas que aseguren la calidad ambiental de un determinado lugar se basarán en los resultados de la evaluación de riesgos, así como en los estándares nacionales e internacionales (ver Cuadro 3-33) de los CP evaluados en el presente estudio. Para el sitio S0114 (sitio 14), se determinaron NR para los CP en los cuales se haya estimado un Riesgo Probable, tal como se detalló en el ítem 4.10, literal C.

En el sector Sur, se establecerán NR para el Fenantreno y Benzo(a) antraceno, de acuerdo a lo siguiente:

Cuadro 4-88 Niveles de remediación para suelo – sitio S0114 (sitio 14) Sur

CP	Valor Min. (mg/kg)	Valor Max. (mg/kg)	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Estándar Nacional /Internacional (mg/kg)	Comentarios
Benzo (a) antraceno	<0,005	0,225	0,225	0,1	Para estos CP se tendrán como NR el estándar internacional canadiense (SQG)
Fenantreno	0,021	0,169	0,169	0,1	

Soil Quality Guidelines for the Environmental and Human Health, Category Agricultural.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Para el sector Norte, se establecerán NR para los siguientes CP:

Cuadro 4-89 Niveles de remediación para suelo – sitio S0114 (sitio 14) Norte

CP	Valor Min. (mg/kg)	Valor Max. (mg/kg)	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Estándar Nacional /Internacional (mg/kg)	Comentarios
Benzo (a) antraceno	<0,005	0,255	0,353	10	Para estos CP se tendrán como NR el estándar internacional canadiense (SQG)
Fenantreno	<0,005	0,755	1,042	50	
Naftaleno	<0,003	0,84	1,052	22	Para estos CP se tendrán como NR el ECA para suelo.
Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28)	<5	7 109	2 475	5 000	

Estándares de Calidad Ambiental para Suelo, Categoría Uso Industrial (D.S. N° 011-2017-MINAM).

Soil Quality Guidelines for the Environmental and Human Health, Category Industrial.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Conforme al análisis de riesgo a la salud humana que se presentó en la sección 4.10 las condiciones actuales del Sitio S0114 (sitio 14) Norte y Sur representan un riesgo aceptable para los escenarios humanos evaluados, principalmente para los receptores en el sitio (*in situ*) como el trabajador industrial y cazador y/o pescador esporádico, por lo tanto, no se estimaron niveles de remediación para este escenario; sin embargo, para el escenario abiótico en base a una evaluación cualitativa se establecieron niveles de remediación para los suelos afectados del Sitio S0114 (sitio 14) Norte y Sur considerando las concentraciones de los contaminantes que no representen riesgos, establecidos en la normativa nacional (ECA-Suelo / D.S. N° 011-2017-MINAM) y/o normativa internacional, tal como se detalla en los Cuadro 4-88 y 4-89, además, del uso de suelo.

El procedimiento y criterios para determinar la aplicación del ECA suelo – Uso Industrial y Uso Agrícola como nivel de remediación (NRE) para el Sitio S0114 (sitio 14) Norte y Sur respectivamente se detallan en el ítem 5.6.1.

4.13 Conclusiones y recomendaciones.

A) Conclusiones

- En base al estudio de caracterización, modelo conceptual y análisis estadístico de los resultados obtenidos, se determinaron los CP para el escenario humano, ecológico y abiótico. Asimismo, se identificaron tres (3) escenarios humanos (trabajadores industriales, cazadores esporádicos y la C. N. Nueva Jerusalén), para los cuales se diferenciaron aquellos CP que son cancerígenos (benzo(a) antraceno) para ambos sitios y no cancerígenas [Boro, Selenio, Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28), Fenantreno y Naftaleno], a fin de poder estimar el nivel de riesgo para cada uno de estos elementos. Respecto al escenario ecológico, se determinaron CP en el suelo para el sitio S0114 (Sitio 14) Sur al Selenio, Benzo(a) antraceno y Fenantreno. De la misma manera para el sitio S0114 (Sitio 14) Norte se determinaron como CP al Boro, Selenio, Hidrocarburos Totales C10-C28, Benzo (a) antraceno, Fenantreno y Naftaleno. Finalmente, para el escenario abiótico, se consideraron los CP identificados en las matrices ambientales afectadas (suelos y agua subterránea) independientemente del escenario al que se les asocie. Respecto a los peces, se consideraron como CP al Bario Total, Cadmio y Plomo, cuyas concentraciones se registraron en el análisis de tejido muscular.
- Respecto a la caracterización del riesgo para los tres (3) escenarios humanos (trabajador industrial, cazador y/o pescador esporádico adulto y niño, y los residentes de la C.N. Nueva Jerusalén), se concluye lo siguiente:
 - o La caracterización del riesgo en el escenario humano se ha determinado en base a los criterios establecidos en la Guía ERSA.
 - o Para determinar la existencia de un riesgo por sustancias cancerígenas en el sitio S0114 (Sitio 14) Zona Sur, se estimó el Índice de Riesgo Total (IR_T), entendiéndose como la suma de los diversos IR_j identificados, para los escenarios humanos se obtuvieron los valores de $2,0E-7$ (escenario humano 1), $8,5E-8$ (escenario humano 2 – adulto), $1,0E-7$ (escenario humano 2 – niño) y $2,4E-17$ (escenario humano 3), concluyéndose que en los escenarios evaluados el riesgo es aceptable; ya que los índices estimados son inferiores al límite del Riesgo Extra de Cáncer de por Vida (RECV), definido como $1,0E-5$. Respecto al riesgo por sustancias no cancerígenas, se estimó el Índice de Peligro Total (IP_T), entendiéndose como la suma de los diversos IP_j identificados, para los escenarios humanos evaluados, determinando los valores de $7,3E-4$ (escenario humano 1), $3,1E-4$ (escenario humano 2 – adulto), $7,2E-4$ (escenario humano 2 – niño) y $4,6E-14$ (escenario humano 3), concluyéndose que en los escenarios evaluados el riesgo es aceptable; ya que los índices estimados son inferiores al Cociente de Peligrosidad definido como 1.
 - o Similarmente para determinar la existencia de un riesgo por sustancias cancerígenas en el sitio S0114 (Sitio 14) Zona Norte, se estimó el Índice de Riesgo Total (IR_T), entendiéndose como la suma de los diversos IR_j identificados, para los escenarios humanos se obtuvieron los valores de $3,2E-7$ (escenario humano 1), $1,3E-7$ (escenario humano 2 – adulto), $1,6E-7$ (escenario humano 2 – niño) y $1,8E-15$ (escenario humano 3), concluyéndose que en los escenarios evaluados el riesgo es aceptable; ya que los índices estimados son inferiores al límite del Riesgo Extra de Cáncer de por Vida (RECV), definido como $1,0E-5$. Respecto al riesgo por sustancias no cancerígenas, se estimó el Índice de Peligro Total (IP_T), entendiéndose como la suma de los diversos IP_j identificados, para los escenarios humanos evaluados, determinando los valores de $2,9E-1$ (escenario humano 1), $1,2E-1$ (escenario humano 2 – adulto), $2,9E-1$ (escenario humano 2 – niño) y $4,3E-9$ (escenario humano 3),

concluyéndose que en los escenarios evaluados el riesgo es aceptable; ya que los índices estimados son inferiores al Cociente de Peligrosidad definido como 1.

- Adicionalmente, al análisis de riesgos por exposición a los focos de contaminación (zona sur y norte) se realizó la estimación de riesgo por consumo de peces que habitan en los cuerpos de agua superficiales circundantes a los sitios impactados, resultando un riesgo inaceptable la ingesta de pescado del sitio S0114 (Sitio 14) - Sur por el Vanadio y del sitio S0114 (Sitio 14) - Norte por el Cadmio, Selenio y Vanadio bioacumulado en los organismos de los peces.
- Es importante resaltar, que la fuente de bioacumulación de metales en los peces correspondería posiblemente a otras fuentes ajenas al sitio S0114 (Sitio 14), dado que en los focos de contaminación no se determinaron como CP al Cadmio y Boro en ninguna matriz ambiental y el Selenio a pesar que fue determinado como CP no se relaciona a derrames de hidrocarburos sino posiblemente a fuentes naturales o la geología del lugar.
- Para el cálculo del riesgo ecológico, no se realizó la evaluación del riesgo para la comunidad hidrobiológica toda vez que no se registraron CP para el agua superficial. Sin embargo, al tener concentraciones de Bario Total, Cadmio y Plomo en tejido muscular en peces, se realizó la evaluación de estos parámetros registrados en el agua superficial. Con ello se concluye que estos CP no necesariamente fueron asimilados por los peces en los alrededores del sitio S0114 (Sitio 14), sino por fuentes alternas al área de estudio; asimismo, las concentraciones presentes de Bario Total, Cadmio y Plomo en el agua superficial representan un Riesgo No Probable para los peces que puedan estar en el sitio S0114 (Sitio 14), en base a los valores de Ecotox, el cual nos indica el umbral máximo que podrían tolerar estos receptores y verse afectados.
- Asimismo, se consideró la probabilidad de afectación a la flora / fauna presente en el medio, ésta última representada por la especie *Tapirus Terrestris*, comúnmente llamada Tapir, por encontrarse dentro de la categoría de “vulnerable”. Complementariamente, se tuvo en cuenta la “Metodología para la estimación del nivel de riesgo a la salud y al ambiente de sitios impactados” establecida por OEFA para realizar la caracterización del riesgo ecológico; comprendiendo el modelo Sustancia-Transporte-Receptor, el cual contempla tres (3) índices: (i) Foco (contaminante); (ii) Transporte (rutas y vías de exposición); y, (iii) Receptor (receptores), además de los contaminantes de preocupación establecidos para el escenario ecológico. Con ello se concluye que existe un Nivel de Riesgo Medio (NRS ambiente = 51,69) de acuerdo al rango establecido por dicha metodología.
- Para la evaluación de los recursos naturales abióticos, se consideraron los criterios establecidos en el Anexo H de la Guía ERSA. De acuerdo a ello, se determinó un Riesgo Probable al suelo (es decir, la probabilidad que se manifieste el riesgo o que estos CP lleguen a afectar esta matriz ambiental) por la presencia de Benzo (a) antraceno y Fenantreno para el sitio S0114 (Sitio 14) Sur; y por la presencia de Benzo (a) antraceno, Fenantreno, Naftaleno y Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28) para el sitio S0114 (Sitio 14) Norte.
- Respecto a los niveles de remediación, se debe tener en cuenta que estos se definen en caso se determine un riesgo inaceptable. En base a ello, para el escenario humano no se han establecido niveles de remediación para los CP evaluados, toda vez que estos presentan un Riesgo Aceptable (ver el ítem 4.10, literal A y B). Para el escenario ecológico, se debe tener en cuenta que estos se basan en las concentraciones que puedan asegurar una “no alteración” en el cuerpo receptor; es decir, los estándares de calidad ambiental (nacionales e internacionales,

ver Cuadro 3-33) para las matrices evaluadas. Bajo este criterio, se tendrán en cuenta los Niveles de Remediación establecidos para los recursos naturales abióticos, tal como se detalla en el ítem 4.12, literal C.

B) Recomendaciones

- Es probable que los presentes resultados de análisis de riesgo por exposición a los contaminantes no reflejen la realidad de la problemática ambiental de los pueblos indígenas locales, dado que la presente evaluación solo permite estimar el riesgo por exposición a los CP presentes específicamente en el sitio en estudio y no por exposición a todos los sitios impactados o pasivos ambientales existentes en el lote petrolero, presentando una incertidumbre moderada porque no permite evaluar el riesgo acumulativo y sinérgico, pero si plantear medidas correctivas individuales, con la finalidad de reducir el impacto sinérgico y acumulativo a futuro, por ello para poder afinar los estudios de riesgo se recomienda lo siguiente:
- La valoración de riesgo debe hacerse de forma ecosistémica, bajo el principio de cuencas hidrológicas. Los sitios deben ser agrupados de acuerdo a su localización en micro y/o subcuencas.
- Los criterios de valoración de receptores, condiciones de exposición, inputs de información que alimenten la evaluación, deben ser estandarizados desde el inicio. Esto disminuiría notablemente las incertidumbres del análisis
- Es importante incrementar el número de muestras para alimentar el análisis estadístico de los contaminantes de preocupación, especialmente en sedimentos, agua superficial y agua subterránea. Esto disminuiría notablemente las incertidumbres del análisis
- Es importante realizar un estudio de niveles de fondo en el área de estudio, tomando en cuenta mayor número de muestras representativas, de ser posible estas muestras deben realizarse también para agua superficial, sedimentos y agua subterránea.
- Se considera oportuno el levantamiento de información ecotoxicológica base (investigación) que permita contar con un espectro de información en las evaluaciones de riesgo ecológico, este análisis debe hacerse in situ y con especies de la zona. Esto disminuiría notablemente las incertidumbres del análisis
- La metodología para evaluación de riesgo debe ser más focalizada a un instrumento de gestión fundamental en la toma de decisiones. Diferenciar los riesgos en humanos y ecológico no resulta útil. Se requiere una evaluación integral/única de riesgo que permita su valoración al momento de tomar decisiones
- La metodología de evaluación de riesgo debe ser única, con los mismos inputs y premisas de análisis
- Debe contemplarse en el análisis la exposición acumulada por efecto de otros sitios impactados. El ambiente de selva está interconectado por el sistema hidrológico y no puede ser vista la contaminación de forma aislada sino de forma integrada al sistema de micro y subcuencas.
- La metodología de análisis debe permitir diferenciar entre los pasivos ambientales a remediar o zonas a rehabilitar, con data mayor a 5 años (por ejemplo) y los sitios impactados por eventos operacionales más recientes. Las acciones a tomar en uno u otro caso están bien diferenciadas, así como las responsabilidades

- Los estándares de calidad ambiental a ser utilizados deberán ser adecuados para el entorno medioambiental de selva y no el usado hasta ahora que proviene de otras latitudes.
- Los niveles de remediación objetivos a alcanzar por las acciones de remediación deben ser acordes a la actividad que en sitio se desarrolla. Como el alcance de la rehabilitación de sitios impactados intenta, entre otras cosas la recuperación de las funciones del ecosistema, se debe acordar un sistema de áreas o zonas de amortiguamiento entre las facilidades operativas y las áreas naturales sin intervención, generando de este modo diferentes niveles de remediación objetivo que sean coherentes con el uso del espacio, con los objetivos planteados y técnica y económicamente realizables.
- Si bien es cierto que, para la estimación del riesgo del escenario humano se han contemplado todos los criterios y la información recopilada en la fase de caracterización, es necesario enfatizar y/o contemplar información puntual relacionada a los procesos industriales (estado de las instalaciones industriales, tipo de crudo, tuberías, etc.) los cuales estuvieron fuera del alcance de los objetivos del proyecto; sin perjuicio de que la información obtenida hasta el momento sea representativa. Además, los riesgos estimados tal como se detallaron en acápites anteriores fueron sobredimensionados teniendo en cuenta escenarios conservadores, a fin de poder identificar posibles rutas y puntos de exposición de los CP hacia los posibles receptores, por lo que se debería ajustar a las condiciones más a fines con la realidad del sitio de estudio.
- Deberá contarse con información puntual y/o específica sobre los receptores ecológicos, así como la realización de ensayos en las cuales se pueda determinar niveles de toxicidad representativos a estos receptores; y puedan definir objetivamente los niveles de riesgos que puedan presentar. Además, si bien es cierto que el nivel de riesgo no es alto, debería ser reducido hasta los niveles más bajos que sea factible a fin de asegurar la calidad ambiental y de los receptores involucrados, los cuales están definidos por los niveles de fondo, estándares de calidad ambiental y/o internacionales; según sea el caso.
- Se recomienda desarrollar una metodología a nivel cuantitativo que contemple las variables principales que condicionen el comportamiento de los recursos naturales, a fin de obtener indicadores que permitan medir de manera certera el grado de riesgo que puedan presentar dichos recursos.

5 ACCIONES DE REMEDIACIÓN Y REHABILITACIÓN

5.1 Objetivos generales y específicos de la rehabilitación del sitio considerando los resultados del ERSA y factores socioculturales de las poblaciones locales.

El objetivo general es establecer y estructurar un conjunto de acciones mediante etapas u operaciones articuladas que permitan la recuperación del sitio impactado S0114 (Sitio 14) por actividades de la industria petrolera, disminuyendo los niveles de riesgo a la salud y al ambiente de este a niveles aceptables, teniendo en cuenta el uso proyectado que se le asignará al mismo y contemplando los factores sociales inherentes a la intervención durante la rehabilitación.

Se establecen como objetivos específicos de la rehabilitación/remediación los siguientes:

- Proponer la metodología o técnica de rehabilitación/remediación más adecuada de acuerdo con una matriz de criterios de evaluación.
- Estimar los costos asociados a la alternativa de rehabilitación/remediación seleccionada.
- Establecer la planificación de la potencial ejecución de la alternativa de rehabilitación/remediación seleccionada con base en los resultados del ERSA.
- Desarrollar, a nivel conceptual, planes de gestión ambiental (residuos, monitoreo durante y post ejecución, de muestreo de verificación, etc.) asociados a la ejecución de la rehabilitación/remediación.
- Identificar los beneficios sociales de la población local asociados a la alternativa de rehabilitación/remediación seleccionada.

5.2 Justificación.

Las actividades petroleras, por más de 40 años, han tenido diversos eventos de contaminación al ambiente; ya sea por accidentes, por operaciones inadecuadas o por mantenimiento de sus instalaciones. Este conjunto de eventos ha ido afectando progresivamente las condiciones naturales del ecosistema presente, caracterizado por su fragilidad y con condiciones sociales particulares de vulnerabilidad.

Debido a lo anterior, se genera la necesidad de implementar acciones concretas que permitan la recuperación a niveles de riesgo aceptables de las áreas impactadas por las actividades de la industria petrolera, en el entorno ambiental y social de la cuenca del río Corrientes, en este caso el S0114 (Sitio 14) el cual forma parte de los sitios previamente establecidos por FONAM.

Este documento compila de manera estructurada la metodología o técnica de rehabilitación/remediación a seguir, así como la estrategia para el abordaje en su implantación.

5.3 Propuesta de uso futuro del sitio impactado, en función de las consideraciones técnicas posibles y la vocación del suelo intrínsecamente, incluyendo el uso actual y el proyectado.

El uso del suelo se define como una superficie del territorio que se encuentra zonificada de acuerdo con su potencial aptitud, a la utilización que se le esté dando al momento de su categorización, a la posible vocación para soportar una actividad o desarrollo, o sus características ecológicas que le infieran una condición particular para su zonificación. En resumen, a las diferentes formas en que se emplea un terreno y su cubierta vegetal se les conoce como uso del suelo.

Las áreas que corresponden a los sitios impactados forman parte del Lote Petrolero N° 192 (antiguo Lote 1AB) se categorizan del tipo **industrial/extractivo** que se define (Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM) como “suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla abarca la extracción y/o aprovechamiento de recursos naturales (actividades mineras, hidrocarburos, entre otros) y/o, la elaboración, transformación o construcción de bienes.”

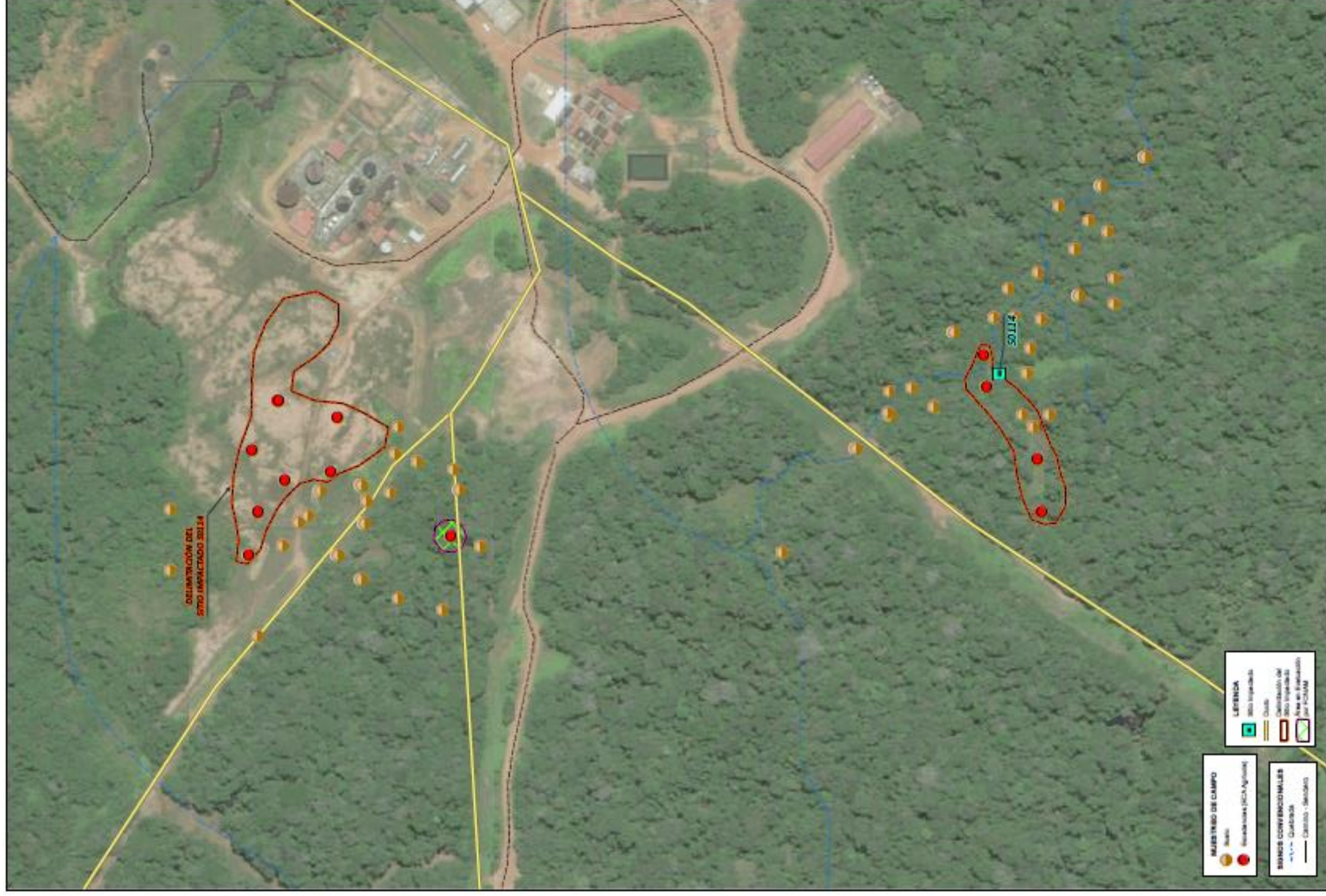
No obstante, pudiera ampliarse el espectro de usos actual del área de acuerdo con las actividades que en él se ejecuten o se planifiquen ejecutar. Es importante resaltar que el sitio impactado tiene una superficie de 1,5 ha, conformada por dos polígonos, dentro de localidades muy cercanas a áreas operativas o en parte de las zonas de seguridad de facilidades petroleras (tuberías). Por lo anterior, no se considera en principio otorgar una categoría distinta a la industrial/extractiva.

Se infiere que, posterior a la rehabilitación/remediación del sitio S0114 (Sitio 14), posiblemente se plantee una categoría distinta al uso industrial/extractivo, aun cuando se ubica en el entorno de un área operacional, que permita a las comunidades hacer uso de este espacio.

Esta área de operaciones actualmente corresponde a los oleoductos que conducen hidrocarburos de los pozos DORI 05, DORI 08D, DORI 06D, DORI 09D, DORI 07D, DORI 09D, DORI 15, DORI 02 CD, DORI 03D, DORI 04D hacia la Bateria Dorissa.

Ver Anexo 6.1.1 Figura didáctica S0114 (Sitio 14) – Comunidad Nativa Nueva Jerusalén, donde se muestra de manera didáctica la ubicación del sitio impactado y su interacción del medio ambiente con las áreas operativas de hidrocarburos además de los contaminantes de preocupación.

Figura 5-1 Ubicación del sitio S0114 (Sitio 14)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

5.4 Alcance de la rehabilitación.

Para desarrollar el alcance de las acciones encaminadas a la recuperación de un área impactada, resulta imprescindible establecer la conveniencia o no de usar el término rehabilitación como la práctica a ejecutar para el tratamiento de los sitios impactados.

En la Ley General del Ambiente (Ley N° 28611) se puede conseguir una interpretación del término “rehabilitación” focalizado a la “recuperación” de ecosistemas, con miras al restablecimiento de sus condiciones previas a cualquier perturbación, daño o contaminación. No se define en este instrumento el término Remediación.

En la Guía para la elaboración de planes de descontaminación de suelos (D.S. N° 002-2013-MINAM), se define la remediación como “...tarea o conjunto de tareas a desarrollarse en un sitio contaminado con la finalidad de eliminar o reducir contaminantes, a fin de asegurar la protección de la salud humana y la integridad de los ecosistemas”.

Posteriormente, en el instrumento que crea el Fondo de Contingencia para Remediación Ambiental (D.S. N° 039-2016-EM) al igual que en el Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos (D.S. N° 039-2014-EM), se define al Plan de Rehabilitación como el “Instrumento de Gestión Ambiental Complementario dirigido a recuperar uno o varios elementos o funciones alteradas del ecosistema después de su exposición a los impactos ambientales negativos que no pudieron ser evitados o prevenidos, ni reducidos, mitigados o corregidos”.

En el Decreto Supremo donde se aprueban los criterios para la gestión de sitios contaminados (N° 012-2017-MINAM) se ajusta el término remediación como “la eliminación o reducción, a niveles aceptables, de los riesgos para la salud de las personas o el ambiente asociados a la contaminación del sitio. Además, comprende las acciones que permitan lograr el uso posterior del sitio o el restablecimiento de este a un estado similar al presentado antes de ocurrir los impactos ambientales negativos”. Se combinan, de manera laxa los términos rehabilitación y remediación.

Con base en lo anterior y revisando a profundidad el instrumento para la creación del Fondo de Contingencia se observa en este la siguiente mención: “...Plan de Rehabilitación para la remediación ambiental del sitio impactado”, lo que se entiende como una laxitud jurídica sobre el tratamiento indistinto de ambos términos, cuyos alcances técnicos difieren. No obstante, de acuerdo con esa misma reflexión se entenderá la “remediación” como la ejecución técnica de la rehabilitación de los sitios impactados.

A modo conclusivo, para efectos del presente proyecto, de sus alcances y objetivos, se considera que el término **remediación** comprende las operaciones técnicas a seguir para la ejecución del Plan de Rehabilitación y de esta manera deberá ser entendido en este y los siguientes documentos.

El plan de rehabilitación implica una serie de operaciones y acciones sobre el área impactada que permita - en un tiempo horizonte de 3 a 5 años - controlar, reducir o minimizar las condiciones de contaminación, con la finalidad de proteger la salud de las personas y el ambiente (D.S. N° 011-2017-MINAM). Para cumplir con este objetivo se persigue cumplir con los estándares de calidad de acuerdo con las normas nacionales ECA (o internacionales en ausencia de esta), ver Cuadro 3-33, para suelo, agua (superficial y subterránea) y sedimentos, y llevar las condiciones de riesgo de salud a los niveles mínimos aceptables para los componentes ecológicos, abióticos y humanos, de acuerdo con el ERSA, que de acuerdo a esta metodología se reconocen como niveles de remediación (NR). El alcance del Plan de Rehabilitación persigue adicionalmente restituir las funciones ecológicas del entorno físico natural en el que se encuentra el sitio impactado.

5.5 Descripción y análisis de las alternativas de remediación.

En el presente acápite, se plantea la metodología de selección, descripción y análisis de la alternativa de remediación aplicable propuesta, como parte del servicio de Planes de Rehabilitación de 13 Sitios Impactados por las Actividades de Hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes.

La rehabilitación de un sitio contaminado consiste la aplicación de un conjunto de acciones con el objetivo de controlar, disminuir o eliminar los contaminantes y sus efectos, todas enmarcadas en función de tres categorías de acción:

- Remediación, que puede ser tratamiento *in situ* o *ex situ*.
- Contención o aislamiento, que consiste en limitar el potencial de migración y difusión del contaminante, logrando que el área afectada no represente peligro ni riesgo a la salud ni al ambiente.
- No remediar, que se considera cuando el área afectada tiene la capacidad de auto regenerarse en el tiempo sin intervención antrópica, o cuando el área afectada no representa peligro ni riesgo a la salud ni al ambiente.

La selección de la mejor acción depende básicamente, de tres aspectos:

- Características propias del sitio, incluye el tipo de medio (suelo, agua, etc.).
- Tipo y características del contaminante (cantidad y tipo de hidrocarburos, metales, aromáticos, etc.).
- Técnica de remediación disponible (viabilidad, eficiencia, tiempo).

5.5.1 Descripción de las alternativas de remediación.

El sitio S0114 (Sitio 14) comprende dos áreas bien diferenciadas. Un polígono norte, que se caracteriza por presentar una superficie del terreno mayormente plana, que colinda con las facilidades de Dorissa por un lado y con el río Pucacuro; y un polígono sur muy cercano a un corredor de tuberías con líneas operativas, por donde además discurre una quebrada del tipo estacional.

El acceso al sitio impactado es posible por carretera de tierra afirmada, la cual se encuentra en buen estado. No es un área de uso para caza, ni siembra por parte de la población nativa de la comunidad Nueva Jerusalén. No obstante, el río Pucacuro sí es aprovechado para la pesca por parte de la comunidad nativa y de algunos trabajadores.

Según los resultados presentados en el documento de caracterización, en el sitio impactado S0114 (Sitio 14) se identificó presencia de elementos contaminantes que excedieron la normativa, los cuales se presentan a continuación:

Cuadro 5-1 Elemento contaminante con excedencia por componente evaluado

Componente	Elementos contaminante presentes
Suelo	- TPH: F2 y F3 (profundidad entre 0 – 0,6 m). - Metales: Ni, V, Pb y Ba (hasta 4,8 m). - HAPs: Naftaleno, Fenantreno, Benzo (a) antraceno y Benzo (a) fluoranteno (profundidad hasta 4,8 m).
Peces	- Metales: Cd, Ba y Pb.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Sin embargo, de los resultados obtenidos de la evaluación realizada en el ERSA se puede demostrar que el riesgo para la salud de los receptores humanos es aceptable y el riesgo para el componente ecológico es “no probable”, mientras que el nivel de riesgo para el componente abiótico suelos resultó “Probable” y “De esperarse”, lo que obliga la atención desde el punto de vista de remediación para este componente.

De acuerdo con lo anterior se seguirá con las premisas de trabajo establecidas en el punto 4.12 (determinación de los niveles de remediación):

El criterio de remediación que se adoptó fue el de superponer dos poligonales:

- Poligonal que encierra el sitio impactado del sitio S0114 (Sitio 14).
- Poligonal del sitio S0114 (Sitio 14) que encierra facilidades operativas, más un buffer externo de protección de 30 metros

Al superponer las dos poligonales, si espacialmente la poligonal del sitio impactado se encuentra dentro de la poligonal operacional más el buffer de 30 metros, los niveles de remediación objetivo serán los industriales, de lo contrario se asumirán los agrícolas.

Aplicando el criterio para el sitio S0114 (Sitio 14), la poligonal del sitio impactado norte se encuentra en un 100% dentro del área de facilidades operativas más buffer, por lo que se ha considerado relevante mantener un criterio de **Nivel de Remediación Objetivo al ECA de suelo industrial**, la poligonal del sitio impactado sur se encuentra fuera del área de facilidades operativas más buffer, por lo que se ha considerado relevante mantener un criterio de **Nivel de Remediación al ECA de suelo agrícola**.

En el sector Sur, se establecerán NR para para los siguientes CP:

Cuadro 5-2 Niveles de remediación para suelo – sitio S0114 (sitio 14) Sur

CP	Valor Min. (mg/kg)	Valor Max. (mg/kg)	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Estándar Nacional /Internacional (mg/kg)	Comentarios
Benzo (a) antraceno	<0,005	0,225	0,225	0,1	Nivel de remediación ECA Agrícola
Fenantreno	0,021	0,169	0,169	0,1	

Soil Quality Guidelines for the Environmental and Human Health, Category Agricultural.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Para el sector Norte, se establecerán NR para los siguientes CP:

Cuadro 5-3 Niveles de remediación para suelo – sitio S0114 (sitio 14) Norte

CP	Valor Min. (mg/kg)	Valor Max. (mg/kg)	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Estándar Nacional /Internacional (mg/kg)	Comentarios
Benzo (a) antraceno	<0,005	0,255	0,353	10	Nivel de remediación ECA Industrial
Fenantreno	<0,005	0,755	1,042	50	
Naftaleno	<0,003	0,84	1,052	22	
Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28)	<5	7109	2475	5 000	

Estándares de Calidad Ambiental para Suelo, Categoría Uso Industrial (D.S. N° 011-2017-MINAM).

Soil Quality Guidelines for the Environmental and Human Health, Category Industrial.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

A. Lista de alternativas aplicables

Consiste en la selección de la técnica/metodología de remediación mediante una evaluación rápida de las características generales del área y del elemento contaminante presente. Esta fase tiene como objeto el descarte de aquellas técnicas de remediación no viables y centrar esfuerzo en una segunda fase para aquellas aplicables.

En primer lugar, se cita a profesionales con experiencia en el tema de remediación y caracterización de sitios contaminados, y se efectúa un taller en el cual se explican los contaminantes encontrados por sitio, las características ambientales, y los volúmenes a remediar. Durante el taller, cada especialista en forma separada llena una matriz de pre-selección de alternativas de remediación por sitio, esta selección se efectúa de una lista larga de alternativas, con la revisión de distintos documentos (EPA, ETI, informe reconocimiento inicial de los sitios impactados, modelo conceptual inicial, informes de caracterización, etc.). La ejecución de esta fase de selección se documenta en el Anexo 6.11.

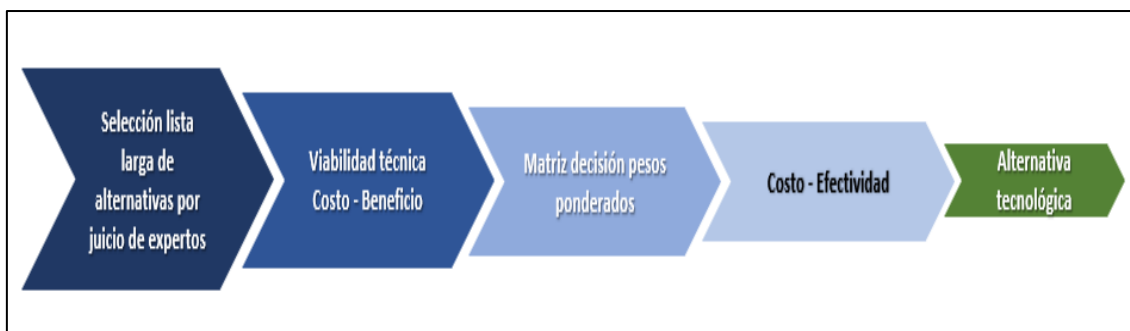
En segundo lugar, las tecnologías seleccionadas son evaluadas a través de una matriz de viabilidad técnica y de costo-beneficio.

En tercer lugar, se evalúan de manera sistemática a través de una matriz de decisión por pesos ponderados (Weighted Decision Matrix), la cual es una herramienta que se utiliza para comparar alternativas con respecto a múltiples criterios con diferentes niveles de importancia. Puede usarse para clasificar todas las alternativas en relación con una referencia "fija" y, por lo tanto, crear un orden parcial para las alternativas.

Finalmente, las alternativas seleccionadas por la matriz de decisión por pesos ponderados evaluadas desde el punto de vista del costo – efectividad.

El siguiente diagrama ilustra los pasos, de forma general, seguidos para la selección de alternativas de remediación (Figura 5-2).

Figura 5-2 Diagrama de los pasos seguidos para la selección de alternativas de remediación



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

➤ **Preselección inicial de potenciales alternativas tecnológicas**

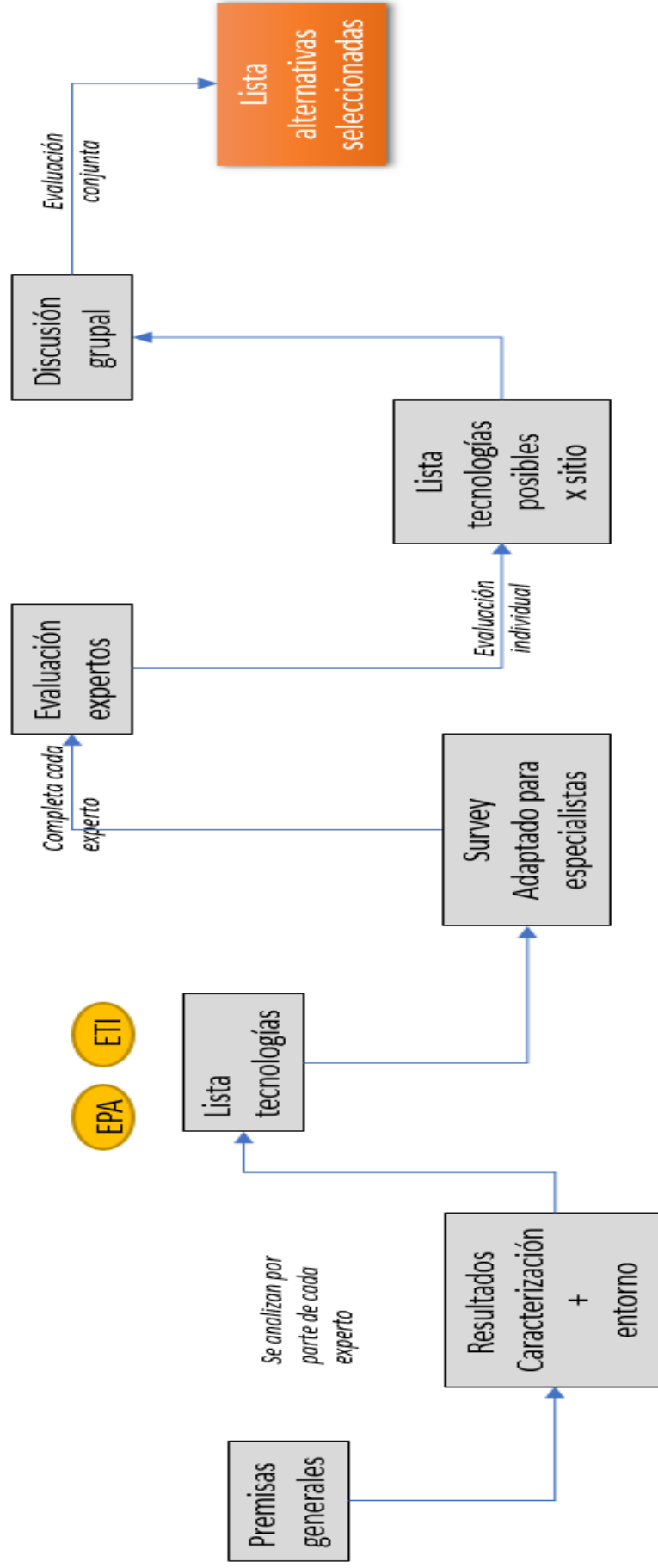
Para efectos de describir el proceso preliminar de selección de alternativas del universo de alternativas existentes tecnológicas para la remediación de la contaminación, se desarrollaron varias sesiones de trabajo que respondían a un esquema de trabajo que se muestra en la siguiente Figura 5-3.

Para llevar este proceso de selección a cabo se evaluaron las alternativas tecnológicas basados en la información existente en:

- Informe de reconocimiento de sitios impactados
- Modelo conceptual inicial
- Informe de caracterización por sitio
- Estudio técnico independiente (ETI) del PNUD
- *Treatment technology screening matrix* (EPA)
- Visualización en Google Earth de la localización de cada sitio y su entorno

El listado base de tecnologías a evaluar tiene como fuente *Treatment technology screening matrix* (EPA) y en el documento “Estudio Técnico Independiente del ex Lote 1AB, del PNUD. Al estar contempladas las tecnologías de este último estudio en la matriz de EPA se toma esta última como universo potencial de tecnologías para los sitios impactados del río Corrientes, la cual se visualiza en la siguiente Figura 5-4.

Figura 5-3 Proceso para la evaluación de la lista larga de alternativa tecnológicas



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Figura 5-4 Universo de alternativas tecnológicas de remediación

Rating Codes ● Above Average ○ Average ○ Below Average N/A - "Not Applicable" I/D - "Insufficient Data" ◇ - Level of Effectiveness highly dependent upon specific con- taminant and its application			Fuels	Inorganics
Soil, Sediment, Bedrock, and Sludge				
3.1 In Situ Biological Treatment				
4.1 Bioventing	●	○		
4.2 Enhanced Bioremediation	●	◇		
4.3 Phytoremediation	○	●		
3.2 In Situ Physical/Chemical Treatment				
4.4 Chemical Oxidation	○	◇		
4.5 Electrokinetic Separation	○	●		
4.6 Fracturing	○	○		
4.7 Soil Flushing	○	●		
4.8 Soil Vapor Extraction	●	○		
4.9 Solidification/Stabilization	○	●		
3.3 In Situ Thermal Treatment				
4.10 Thermal Treatment	●	○		
3.4 Ex Situ Biological Treatment (assuming excavation)				
4.11 Biopiles	●	◇		
4.12 Composting	●	○		
4.13 Landfarming	●	○		
4.14 Slurry Phase Biological Treatment	●	◇		
3.5 Ex Situ Physical/Chemical Treatment (assuming excavation)				
4.15 Chemical Extraction	○	●		
4.16 Chemical Reduction /Oxidation	○	●		
4.17 Dehalogenation	○	○		

Sitio: _____; Comunidad: _____; Sector: _____

Indicar en el primer cuadro con una "x" la(s) selección(es) y en el otro cuadro la(s) razón(es) más relevantes

Sitio: _____; Comunidad: _____; Sector: _____

Indicar en el primer cuadro con una "x" la(s) selección(es) y en el otro cuadro la(s) razón(es) más relevantes

Fuente: EPA, modificado por Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Como leyenda gráfica que acompaña la lista de tecnologías se anexó la que originalmente acompaña la matriz EPA, la cual se presenta a continuación:

TABLE 3-1: DEFINITION OF SYMBOLS USED IN THE TREATMENT TECHNOLOGIES SCREENING MATRIX					
Factors		● Above Average	● Average	○ Below Average	Other
Development Status Scale status of an available technology		Implemented as part of the final remedy at multiple sites, well documented, understood, etc.	Has been implemented at full scale but still needs improvements, testing, etc.	Not been fully implemented but has been tested (pilot, bench, lab scale) and is promising	◇ Level of Effectiveness highly dependent upon specific contaminant and its application/design
Treatment Train Is the technology only effective as part of the treatment train?		Stand-alone technology (not complex in terms of number of media/treatment technologies, maybe one "routine" technology in addition)	Relatively simple (two-car train or so), and well understood, widely applied, etc.	Complex (more technologies, media to be treated, generates excessive waste, etc.)	
Relative overall cost and performance	O&M Operation and Maintenance Intensive	Low degree of O&M intensity	Average degree of O&M intensity	High degree of O&M intensity	
	Capital Capital Intensive	Low degree of capital investment	Average degree of capital investment	High degree of capital investment	
	System Reliability /Maintainability The expected range of demonstrated reliability and maintenance relative to other effective technologies	High reliability and low maintenance	Average reliability and average maintenance	Low reliability and high maintenance	
	Relative Costs Design, construction, and operations and maintenance (O&M) costs of the core process that defines each and pre-and post-treatment	Low degree of general costs relative to other options	Average degree of general costs relative to other options	High degree of general costs relative to other options	
	Time Time required to clean up a "standard" site using the technology	in situ soil	Less than 1 year	1-3 years	More than 3 years for in situ soil
		ex situ soil	Less than 0.5 year	0.5-1 year	More than 1 year for ex situ soil
groundwater		Less than 3 years	3-10 years	More than 10 years for water	
Availability Number of vendors that can design, construct, and maintain the technology		More than 4 vendors	2-4 vendors	Fewer than 2 vendors	N/A "Not Applicable"
Contaminants Treated Contaminants are classified into eight groups: - Nonhalogenated VOCs - Halogenated VOCs - Nonhalogenated SVOCs - Halogenated SVOCs - Fuels - Inorganics - Radionuclides - Explosives		Effectiveness Demonstrated at Pilot or Full Pilot or Full Scale	Limited Effectiveness Demonstrated at Pilot or Full Scale	No Demonstrated Effectiveness at Pilot or Full Scale	
					N/A "Not Applicable"
					I/D "Insufficient Data"

Fuente: EPA

Se establecieron unas premisas iniciales de trabajo, las cuales conjuntamente con el material de gabinete disponible, así como con el resumen de la caracterización y ERSa por sitio impactado, permitieron a los expertos de la consultora, filtrar/seleccionar de la lista larga de alternativas tecnológicas.

Estas premisas de trabajo se resumen a continuación:

- Para los contaminantes determinados
- Alto rendimiento para el volumen contaminado (potencial)
- Experiencia probada (nacional y/o internacional)
- Costo
- Insumos
- Demandas de agua y energía
- Disponibilidad

Como soporte documental para la ejecución de esta fase de selección de alternativas tecnológicas a partir de un pool de tecnologías potencialmente aplicables, se documenta este ejercicio por parte de la consultora JCI-HGE en el Anexo 6.11.

A continuación, se presenta un resumen del sustento técnico sobre la preselección inicial de la técnica para el sitio S0114 (Sitio 14):

- **Características relevantes:** El polígono norte (cercano a la batería Dorissa) presenta suelos de textura mayormente arcillosa. El polígono sur presenta suelos arcillosos hacia el lado norte y franco arenosos hacia el lado sur. El ingreso al sitio es por vía fluvial (2 días de viaje) y luego por carretera afirmada, unas 2 a 3 horas. La población más cercana CCNN Jerusalén se encuentra a 15,8 km. La batería Dorissa se encuentra cerca al polígono norte, el cual presenta una topografía plana. El polígono sur se encuentra cercano a un oleoducto, y el ingreso es accidentado desde la parte alta de la carretera
- **Volumen estimado a remediar:** más de 10 000 m³ suelo
- **Tipo de contaminante presente:** Orgánicos (HAPs + HTP: F2)
- **Análisis inicial de técnicas:** Existen varias tecnologías *in situ* que pudieran utilizarse como: bioventeo, biorremediación, extracción con vapor; sin embargo, las mismas se descartan por el tipo de suelo arcilloso que le resta efectividad a las mismas. Otras tecnologías ex-situ como biopilas, landfarming también se desestiman por la textura del suelo y por tratarse de contaminantes intemperizados.

Dado el volumen de suelos a remediar (elevado), y los contaminantes encontrados, se recomienda emplear el tratamiento térmico para suelos y sedimentos. Asimismo, también se puede optar por una tecnología de estabilización/solidificación ex situ.

El polígono norte, al ser un área considerable y de topografía relativamente plana cercana a infraestructura vial y/o plataforma petrolera, se podría considerar como un sitio adecuado para realizar un tratamiento térmico donde se podría inyectar vapor / aire caliente o la resistencia eléctrica / electromagnética / fibra óptica / radio frecuencia para aumentar la tasa de volatilización de los semivolátiles y facilitar la extracción.

Dada las condiciones de accesibilidad y de infraestructura petrolera del polígono sur, se requiere la implementación de una alternativa menos invasiva. La técnica permitiría que los contaminantes estén físicamente unidos o encerrados dentro de una masa estabilizada (solidificación), o se induzca a reacciones químicas entre el agente estabilizante y los contaminantes para reducir su movilidad (estabilización). El confinamiento con geomembrana controlará la dilución y/o migración de la masa contaminada que deberá ser monitoreada al año para evaluar la eficiencia del tratamiento y que pueda corresponder con el tiempo de vida útil de la geomembrana.

Los compuestos HAPs son más persistentes y requieren de una temperatura de desorción térmica alta que parte desde los 320 hasta 560 °C, mientras que los compuestos de TPH pueden ser descompuestos y eliminados a partir de 90 °C. Los tratamientos térmicos suelen presentar este tipo de desempeño, y con muy buenos resultados en corto tiempo. Se sugiere en este caso la aplicación de la desorción térmica como tecnología que ofrece una excelente prestación, pero que, además a diferencia de la incineración, no reduce el 100% de suelo a cenizas, sino que existe una recuperación de suelo (empobrecido) del 80%. Tienen una elevada complejidad los tratamientos térmicos y un consumo importante de combustible, siendo mayor esto en la incineración que en la desorción térmica.

Cabe señalar que la técnica de biorremediación no siempre es la más adecuada para biodegradar suelos contaminados. La misma depende de muchos factores entre los que se pueden citar: espacio y tiempo disponible para tratamiento, edad del crudo, concentraciones de fracciones pesadas de hidrocarburo, características del suelo: textura, humedad, pH.

A continuación, se mencionan mayores detalles de los factores mencionados:

- Un factor importante para obtener un proceso de biorremediación exitoso es la aireación (ventilación) del suelo, durante todo el tiempo que dure el proceso; en ese sentido, la disponibilidad del oxígeno es fundamental para optimizar la remediación del suelo.
- El tipo de suelo es otro factor importante en la medida que determine la capacidad de adsorción y absorción⁷⁵ de los contaminantes. Suelos compuestos de materiales húmicos y arcillas dificultan en cierta medida la biodegradación, debido a la poca porosidad de estos que resulta en una disminución del oxígeno disponible.
- El hecho de que en la zona se presente un alto régimen de precipitaciones anuales, juega un importante papel en la toma de decisiones en el uso de la biorremediación. Un primer requisito de las condiciones necesarias para la biorremediación es que esta se debe mantener en un ambiente acuoso mesurado. Aunque el agua es esencial para activar y mantener la descomposición de los hidrocarburos, también mucha agua puede interferir (ser perjudicial) en la disponibilidad de oxígeno, ya que esta puede llegar a ocupar los espacios donde se encontraba el aire necesario para la supervivencia de los microorganismos. El nivel ideal de humedad debería estar alrededor del 35% (se deben evitar valores por debajo del 15% o por encima del 45%).
- El estado de humedad de los suelos es expresado generalmente con un porcentaje de la capacidad del suelo de retener agua. Con menos de un 10% de retención de agua, las fuerzas osmóticas y de adsorción reducen la disponibilidad de agua para los microorganismos y se presenta una reducción en la actividad metabólica de estos. En

⁷⁵ En la absorción hay transferencia de masa y volumen en la partícula del suelo, mientras que la adsorción es un fenómeno superficial.

general la biodegradación aerobia de material orgánico depende de la capacidad de retención de agua del suelo, la cual tiene un rango óptimo entre 50 a 70%.

- Por lo antes expuesto, en zonas donde llueve intensamente es necesario controlar la humedad, para esto se debe acondicionar celdas herméticas que cuenten con un buen sistema de drenaje que no permita posibles inundaciones al tratamiento creando ambientes anaerobios que impidan que las bacterias no puedan desarrollarse y degradar los hidrocarburos.
- El rango óptimo de pH para el crecimiento de los microorganismos se debe mantener entre 6 y 8, preferentemente 7. Las condiciones naturales de los suelos en la cuenca del río Corrientes, tienden a ser ácidos, lo que implicaría que muchas bacterias presenten tolerancia limitada.
- Para la técnica de biorremediación el suelo debe ser suficientemente permeable para permitir que la solución con los nutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio que por lo general se agregan en forma de fertilizantes) y el oxígeno llegue adecuadamente al sistema.
- En la cuenca Corrientes abundan suelos finos (arcillosos). Debido al tamaño de partícula (diámetros menores de 0.002 mm) se dificulta o restringe el flujo o intercambio de agua (fluidos) y microorganismos en la matriz interior del suelo, necesarios para la limpieza.
- Todo esto indica que el sitio de tratamiento debería ser un sitio controlado que tenga una superficie lo suficientemente grande para tratar un volumen interesante de suelo. Sin embargo, este sitio controlado debería ser un sitio techado para controlar la humedad, el suelo debería ser mezclado con material granular para mejorar la ventilación, el pH y la temperatura deberían ser controladas. El uso de maquinarias estaría restringido por el espacio, por lo que el mezclado de suelos se tendría que realizar a mano.
- El tipo de hidrocarburo presente también es importante porque afecta el proceso de biodegradación bacteriano, así como otros procesos laterales que contribuyen a la descontaminación. Entre estos se encuentran la evaporación y la degradación fotoquímica producto de la radiación solar. En ambos casos se encuentra que entre más volátil sea el compuesto mayor será el efecto que estos procesos paralelos tendrán en la recuperación del residuo. Los hidrocarburos de alto peso molecular resultan mucho más complejos de transformar y requieren mayor tiempo para que la acción microbiana descomponga las largas cadenas en sustancias no contaminantes.
- Para la cuenca del río Corrientes los sitios impactados que presentan restos de hidrocarburos, reflejaron en los resultados de análisis de laboratorio que hay presencia de fracciones de hidrocarburos F2 y F3. Estos se comportan de forma recalcitrante a la descomposición y son conocidos como suelos temperizados o intemperizados.
- La biodegradabilidad del crudo juega un papel muy importante en el éxito de la técnica de biorremediación, por lo que se debe considerar el peso molecular y estructura del hidrocarburo.
- La gravedad del petróleo en la zona de trabajo oscila entre 10° y 30° API grados, lo cual corresponde a crudos medianos y livianos respectivamente; sin embargo, la biodegradación es muy lenta para petróleos menores a 20° grados API. Tal como ya se mencionó, una vez el crudo se expone a condiciones atmosféricas, se intemperiza,

eliminando las fracciones volátiles y biodegradables, quedando expuestas las fracciones más pesadas, F2 y F3⁷⁶.

- En la selva alta se tiene niveles de fertilidad medios debido a que estos presentan mucha erosión por la alta precipitación anual, en consecuencia, los suelos son bajos en nitrógeno y fósforo.
- Se deberá tener presente que, de realizarse el trabajo de remediación en sitios controlados, disminuirá el apoyo de trabajo que pudiera brindar la comunidad.
- El volumen del suelo a tratar para este sitio impactado es grande, lo cual dificulta la aplicación de un tratamiento biológico.
- Finalmente, el tiempo que se requeriría para tratar el suelo contaminado utilizando la técnica de biorremediación además de ser muy largo (por encima del requerido por la Autoridad), requeriría aún mayor tiempo para utilizar alguna técnica adicional que permita complementar la limpieza del suelo (alcanzar las concentraciones requeridas).

A continuación, se presentan algunas referencias bibliográficas que sustentan el análisis técnico de la consultora para descartar la aplicación, en el sitio impactado sitio S0114 (Sitio 14), de la técnica de la biorremediación:

- ✚ “Remediación y Revitalización de Sitios Contaminados: Casos Exitosos en México” La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. 2013
- ✚ Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, S.A. de C.V. (Comimsa). Ecoticias. Científicos mexicanos remedian suelos contaminados con calor. 2017
- ✚ Biotreating E&P Wastes: Lessons Learned From 1992-2002 por Chevron Texaco. Sara McMillen, Ross Smart y Rene Bernier (ChevronTexaco Energy Research & Technology Company) y Rob Hoffman (ChevronTexaco Overseas Petroleum)
- ✚ Estudio Técnico Independiente del ex Lote 1AB. Lineamientos estratégicos para la remediación de los impactos de las operaciones petroleras en el ex Lote 1AB en Loreto, Perú (PNUD Perú)

Las cuales son registro de la aplicación de esta técnica de remediación en países de América del Norte, por otra parte, lo expresado también se nutre de experiencia de los profesionales responsables de realizar el presente estudio.

Por lo anterior se descarta la biorremediación para el tratamiento de suelos contaminados con hidrocarburos, que para los sitios impactados de la cuenca del río Corrientes comprometen básicamente fracciones de hidrocarburos F2 y F3, que han sido objeto de procesos de meteorización y lavado, lo que hace que sus componentes más volátiles y con mayor potencial de riesgo de contaminación ya no estén presentes en las referidas fracciones.

Por otra parte, la alternativa de atenuación natural como alternativa de remediación en los sitios impactados ha sido también descartada desde un principio. Siendo la aplicación de esta alternativa totalmente factible en algunos de los sitios impactados de la cuenca del río Corrientes, debido al pronunciado carácter social de este proyecto, se considera necesario establecer propuestas de actuación con una acción para todos los sitios impactados.

⁷⁶ Lecciones aprendidas en Biotratamiento en Desechos E&P desde 1992 hasta 2002 por Chevron Texaco

En síntesis, para el sitio S0114 (Sitio 14), las alternativas escogidas a partir del ejercicio de preselección son:

- Electrocinética
- Desorción térmica
- Oxidación química
- Aislamiento con geomembrana
- Estabilización/Solidificación
- Atenuación natural
- Extracción con vapor
- Incineración
- Lavado de suelos

➤ **Evaluación de alternativas por viabilidad técnica y análisis costo-beneficio**

Durante la evaluación preliminar se analizarán, de forma cualitativa, dos elementos determinantes en primer filtro para la toma de decisiones:

• **Viabilidad técnica**

La viabilidad técnica viene dada por el nivel de seguridad de llevar a cabo satisfactoriamente y en condiciones óptimas una tecnología disponible, verificando las características del entorno, las condiciones de acceso, el tipo de material contaminante, la operatividad, implicaciones socioambientales, mecanismos de control, etc. En este sentido, se ha determinado en 5 categorías de carácter empírico:

- 1 - No viable
- 2 - Poco viable
- 3 - Medianamente viable
- 4 - Viable con restricciones
- 5 - 100 % viable

• **Relación beneficio-costos (B/C)**

Con base en un análisis de carácter empírico se determina cuando llevar satisfactoriamente una propuesta de remediación no implica una inversión económica elevada, es decir donde la inversión requerida no supere el mismo beneficio de la remediación, basado en los objetivos de remediación y en la eficiencia de la técnica de acuerdo a las condiciones, previamente conocidas, de cada sitio impactado.

Para ello, se ha determinado en 3 categorías de carácter empírico:

- $B/C > 1$ – Propuesta de remediación en donde los beneficios son altos y los costos se consideran razonables de acuerdo con los objetivos de remediación
- $B/C = 1$ – Propuesta de remediación en la que los beneficios se encuentran de manera equilibrada a los costos. Requiere un análisis y evaluación técnicos

- $B/C < 1$ – Propuesta en la que los costos son mucho mayores que los beneficios a obtener. Su aplicación está sujeta al análisis y evaluación técnicos

Nota: la razonabilidad de los costos se determinó a partir de comunicación del FONAM en la que se establecieron rangos estimados de costos, que hicieran factible una potencial ejecución de los planes de remediación in situ en el corto o mediano plazo.

Con base en el análisis de las alternativas presentadas con estos dos criterios (viabilidad técnica y Relación Beneficio-Costo) se seleccionan aquellas que cumplen el siguiente requisito:

- La alternativa posee una viabilidad técnica de 4 o 5 puntos (viable con restricciones y 100 % viable) indistintamente del valor de relación B/C.
- La alternativa posee una viabilidad técnica de 3 puntos (medianamente viable) pero su relación B/C es mayor que 1.

De acuerdo con las características del sitio S0114 (Sitio 14) se analiza la aplicación de diferentes alternativas de remediación aplicables considerando la viabilidad técnica y la relación beneficio/costo.

El Cuadro 5-4 presenta la Lista de alternativas de remediación que se consideraron aplicable de acuerdo con las características presentadas para el sitio S0114 (Sitio 14) y la presencia de contaminantes orgánicos (HAPs y F2) como elementos a remediar en la matriz de suelo.

Cuadro 5-4 Lista de alternativas de remediación aplicables para el sitio S0114 (Sitio 14)

N°	Alternativa	Viabilidad técnica	Relación Beneficio / costo	Análisis	Elementos contaminantes Orgánicos / Inorgánicos	Efectividad en condiciones parecidas	Equipamiento requerido	Tiempo implementación	Costo operativo (USD/m³)	Incertidumbres
1	Desorción térmica	4	> 1	Tecnología que cumple con los objetivos de remediación (se asigna valor 4), pero los costos de instalación y operación de la tecnología son elevados (se asigna relación < 1). Por otro lado, la demanda de energía para su funcionamiento es igualmente elevada. Su recomendación de uso está sujeta a la opción modular y portátil, a la disponibilidad presupuestaria y a su planificación de uso en varios sitios impactados. Debe contemplarse el manejo de residuos (escorias, cenizas como en los particulados de gases).	Orgánicos	Se ha aplicado en la remediación de facilidades petroleras de Pluspetrol en el Lote No. 8	Equipo de desorción, combustible, mano de obra local, retroexcavadoras, camionetas, generadores eléctricos	6 meses	500	Media
2	Oxidación química	4	> 1	Aunque es una técnica usada en el tratamiento de aguas residuales durante décadas, sólo recientemente se ha utilizado para tratar aguas subterráneas y suelos contaminados con hidrocarburos. A diferencia de otras tecnologías de remediación, la reducción mediante el proceso de oxidación de contaminantes puede tardar unos cuantos meses o años, en lugar de varios años o décadas; dependiendo del tiempo de limpieza del volumen y tipo de suelo. Con el contacto con los contaminantes orgánicos, los oxidantes pueden ser capaces de convertir la masa de hidrocarburos del petróleo en dióxido de carbono y agua y reducir irreversiblemente las concentraciones de hidrocarburos del petróleo en el suelo y en aguas subterráneas. Cuando se requiere tratar contaminación con metales, se busca cambiar el estado de valencia, ya que de ésta depende la capacidad del metal para reaccionar con otros contaminantes.	Inorgánicos/Orgánicos	No se conoce	Químicos, pozos de captación de aguas, bombas de inyección o aspersión, agua, generadores eléctricos, bombas	8 meses – 2 años	190 - 660	Alta
3	Aislamiento con geomembrana	4	= 1	Esta tecnología permite el cumplimiento de los objetivos de remediación, ya que comprende la remoción total del componente de suelo contaminado del sitio impactado. Sin embargo, el desarrollo total de esta propuesta de remediación requiere de avances en paralelo de acciones que implican costo y labor, lo que pudiera imprimir complicaciones en el desarrollo de esta alternativa.	Inorgánicos/Orgánicos	Muchas experiencias. No se conoce en ambientes selváticos	Retroexcavadoras, motoniveladoras, camión, camión plataforma, volquete, camioneta pick up, geomembranas, mangueras, combustible	< 10 meses	230 - 350	Baja
4	Solidificación, estabilización	4	= 1	Técnica de bajos costos en equipos, pero altos costos en operación que inmoviliza hidrocarburos en el suelo mediante reacciones químicas. Para evitar la posibilidad de lixiviación se mezcla con materiales cementantes. Solo se retiene o apresa el contaminante. Sin embargo, es también necesario dedicar esfuerzos para el estudio en tiempos largos, a fin de establecer la irreversibilidad de la técnica. Mediante esta técnica se obtiene un sólido apropiado que puede también ser depositado en rellenos de seguridad, eliminándose el riesgo de infiltración del contaminante.	Inorgánicos/Orgánicos	Muchas experiencias. No se conoce en ambientes selváticos	Retroexcavadoras, motoniveladoras, camión, camión plataforma, volquete, camioneta pick up, balanza, equipo soldadura, geomembranas, insumos (cal, cemento, piedra picada, arena, agua), combustible	< 6 meses	70 - 250	Baja
5	Electrocinética	3	= 1	Técnica muy eficiente para remediación de sitios contaminados con metales, sin embargo, para TPH no es tan eficiente (se le asigna valor de 3). Técnica aplicable principalmente a suelos de baja permeabilidad). El contaminante puede separarse con facilidad, incluso en forma pura. Tecnología puede llevar de unas cuantas semanas hasta 6 u 8 meses. El principio de esta técnica se basa en la aplicación de una corriente directa de baja intensidad a través del suelo contaminado, con el uso de electrodos divididos en extremos anódicos y catódicos. El campo eléctrico moviliza las especies cargadas hacia los electrodos, de manera que los iones metálicos, el amonio y los compuestos orgánicos cargados positivamente se moverán hacia el cátodo, mientras que los aniones (cloro, cianuro, fluoruro, nitratos y compuestos orgánicos cargados negativamente) se moverán hacia el ánodo; esta generación de condiciones ácidas puede ayudar a la desorción, disolución y transporte de algunos contaminantes metálicos hacia sistemas de recolección ubicados en el cátodo (Probststein 1994).	Inorgánicos/Orgánicos	Muchas experiencias. No se conoce en ambientes selváticos	Retroexcavadoras, motoniveladoras, camión, camión plataforma, volquete, camioneta pick up, balanza, equipo soldadura, geomembranas, insumos (cal, cemento, piedra picada, arena, agua), combustible	< 6 meses	70 - 250	Baja
6	Extracción con vapor	3	< 1	Consiste en separar el contaminante con la ayuda de un fluido: aire (arrastré) o agua (lavado). Una vez arrastrado el contaminante, se depura el mismo con técnicas apropiadas. Procedimiento muy sencillo. Aplicable a suelos permeables y cuando las sustancias contaminantes tienen suficiente movilidad. Método desarrollado específicamente in situ. Método no válido cuando el suelo presenta alta capacidad de adsorción. Alto riesgo de liberación de metales adsorbidos por las arcillas.	Inorgánicos/Orgánicos	No se conocen experiencias en ambientes de selva	Generadores de vapor caliente, pozos y bombas de inyección, pozos de recolección de contaminantes, combustible, retroexcavadora, generadores eléctricos, combustible	> 8 meses	450	Media
7	Lavado de suelos	3	1	Técnica mecánica ex situ para depurar suelos que pudiera cumplir medianamente los objetivos de remediación, pudiendo utilizarse como tratamiento preliminar, siendo su costo bajo. Implican la intervención de labor manual y mecánica para la extracción del suelo contaminado. El proceso consiste de tres etapas: mezclado, lavado y enjuagado. Consiste en la separación de un contaminante del suelo mediante el paso de un fluido; la corriente líquida deberá ser posteriormente tratada para remover o destruir el contaminante (planta de tratamiento). La presencia de suelos finos haría la operación de lavado más lenta, ya que la solución de enjuague no puede desplazarse libremente y no entra en contacto fácilmente con el contaminante. En caso no se retire en forma eficiente el contaminante del suelo puede contaminar el agua subterránea. Cuando hay orgánicos e inorgánicos presentes baja su efectividad. No requiere de infraestructura sofisticada. Son sistemas cerrados donde se puede controlar las condiciones del sistema y las emisiones al ambiente. Los contaminantes deben ser solubles. Se necesitan procesos secundarios para tratar aguas residuales y partículas finas de suelo. Después del tratamiento el suelo no se debe usar con fines agrícolas.	Inorgánicos/Orgánicos	Se tiene experiencia de lavado de suelos in situ en selva y muy especialmente como respuestas de derrames recientes; sin embargo, poca experiencia de lavado exsitu.	Equipos y recipientes metálicos para lavado de suelos. Recipientes para almacenamiento de agua producto del lavado, combustible, mano de obra local, retroexcavadoras, camionetas	> 8 meses	84 - 343	Media
8	Incineración	4	= 1	Técnica utilizada para destruir sustancias orgánicas o para transformar ciertos tipos de sustancias inorgánicas bajo condiciones controladas. El proceso de combustión puede necesitar o no suministros de otros combustibles como el gas natural. Técnica utilizada con éxito para eliminación de compuestos orgánicos procedentes de la formulación de plaguicidas. El proceso reduce considerablemente el volumen del contaminante, además transforma los metales pesados en sus óxidos que son menos tóxicos. Técnica con altos costos de operación.	Orgánicos / Inorgánicos volatilizables	Alta efectividad. Probado en el Lote 8	Equipo de incineración, combustible, mano de obra local, retroexcavadoras, camionetas	4 meses	900	Baja

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Del cuadro anterior, aquellas alternativas cuya viabilidad técnica se encuentre entre el rango de 4 y 5 de viabilidad (medianamente viable y 100 % viables) y se encuentran en una relación B/C mayor a 1, serán sujetas a un mayor detalle de análisis.

Para el sitio S0114 (Sitio 14), las alternativas preseleccionadas son:

- **Desorción térmica**
- **Oxidación química**
- **Solidificación/Estabilización**
- **Aislamiento con geomembrana**
- **Incineración**

5.5.2 Análisis de alternativas de remediación en base a una matriz de selección de tecnologías con criterios económicos ambientales y sociales incluyendo si al aplicarla requiere transportar equipos y demás aspectos claves para su puesta en marcha.

La selección de determinada tecnología de remediación puede variar ampliamente en función a las condiciones específicas del sitio y el tipo de contaminante. Es importante precisar que el hidrocarburo contiene elementos orgánicos y elementos inorgánicos (metales pesados). Aunque existen técnicas muy económicas y variadas para eliminar los orgánicos; no resulta tan sencillo con los inorgánicos.

Asimismo, existen diferentes tecnologías para remediar suelos las cuales se encuentran en diversas bibliografías; sin embargo, la selección de la tecnología más adecuada dependerá de los criterios Ambientales, Sociales, Técnicos/ingenieriles y Económicos.

En tal sentido, una vez realizada la evaluación preliminar del listado de alternativas aplicables, se propone la siguiente evaluación más detallada:

➤ **Matriz de evaluación ponderada**

Consiste en una evaluación objetiva, a través de una matriz de evaluación considerando aspectos y atributos de aquellas alternativas no descartadas, es decir aquellas que cumplieron con los criterios de viabilidad técnica y relación B/C.

• **Aspectos y atributos considerados en la matriz**

JCI-HGE propone una matriz de doble entrada la cual permite la selección de las técnicas de remediación considerando cinco (5) aspectos: Ambiental, Social, Técnico/Ingeniería, Logístico y Económico, teniendo en cuenta los atributos con un sistema de ponderación que permita obtener un puntaje final de la mejor opción por sitio.

El cuadro siguiente presenta un resumen de lo señalado anteriormente, escribiendo los criterios para cada aspecto de evaluación en una escala de 1 a 3 puntos, siendo 3 la mejor condición.

Cuadro 5-5 Aspectos, variables y ponderación por sitio

Aspectos	Criterios		Justificación selección valor criterio
Aspectos Ambientales			
Eficiencia con respecto a los objetivos de remediación	1=La técnica de remediación alcanza parcialmente con los objetivos de remediación		Tecnología que no ha sido 100% implementada a escala industrial, pero si ha sido probada a escala piloto o a pequeña escala y su potencialidad es promisoria. Efectividad no demostrada
	2=La técnica de remediación alcanza los objetivos de remediación		Ha sido implementada a escala industrial, pero aún pudiera considerarse mejoras, ensayos previos, etc., para su implantación. Efectividad limitada
	3=La técnica de remediación supera los objetivos de remediación		Implementada como tecnología de remediación definitiva ampliamente, se encuentra bien documentado y entendido su funcionamiento. Su aplicación asegura la eliminación, la contención o el control del residuo y su interacción con el ambiente. Efectividad demostrada
Riesgo asociado al componente ambiental*	Agua	1=Si la técnica de remediación representa un Riesgo Alto al componente ambiental	La aplicación de la tecnología implica una elevada probabilidad de ocurrencia de daño ambiental en alguno o todos los componentes indicados, pudiendo ocasionar problemas a largo y mediano plano. Implica el uso de diversos y complejos mecanismos de control que incrementan los costos y la dificultad de implantación
	Aire	2=Si la técnica de remediación representa un Riesgo Moderado al componente ambiental	La aplicación implica una probabilidad de ocurrencia de deterioro ambiental de carácter medio en alguno o todos los componentes, con implicaciones de daño a mediano y corto plazo. Implica mecanismos de control estándar que pudieran incrementar
	Suelo		
	Sedimento	3=Si la técnica de remediación representa un Riesgo Leve o Aceptable al componente ambiental	La aplicación implica una baja probabilidad de ocurrencia de daño o perjuicio ambiental sobre cualesquiera de los componentes ambientales. De haber una perturbación está pudiera ser fácilmente manejada a través de los sistemas estándares de control del equipo. No se requieren grandes inversiones en mecanismos de control.
	Biológico		
	Hidrobiológico		
Grado de Monitoreo ambiental requerido	1=El área a remediar requiere una red intensa de monitoreo y con alta frecuencia		Para el control ambiental durante y post-ejecución se requiere un monitoreo intensivo (> 5 estaciones por componente), con elevada frecuencia (diaria, semanal, mensual y anual) y sobre al menos 5 componentes.
	2=El área a remediar requiere una red de monitoreo y con baja frecuencia.		Monitoreo durante y post-ejecución semi-intensivo (3-5 estaciones por componente), con frecuencia media (semanal, mensual, anual) y sobre al menos 4 componentes.
	3=El área a remediar requiere una red de monitoreo y frecuencia acorde con la técnica seleccionada.		Monitoreo durante y post-ejecución no intensivo (3 estaciones por componente), con frecuencia baja (mensual, anual) y sobre al menos 2-3 componentes.
Requerimiento de autorizaciones en la implementación de las acciones de remediación	1=Necesidad de involucrar a más de 5 autoridades administrativas		Criterios de carácter objetivo. No requieren mayor detalle
	2=Necesidad de involucrar de 3 a 5 autoridades administrativas		
	3=Necesidad de involucrar máximo a 2 autoridades administrativas		
Aspectos Técnicos / Ingeniería			
Grado y tipo de contaminación	1=El tratamiento admite solo concentraciones bajas de contaminantes y de un tipo de contaminante		Espectro de desempeño limitado a un único tipo de contaminante y a concentraciones bajas (con base a una referencia a los estándares de calidad peruanos, no debe exceder en un 1000% de su valor límite)
	2=El tratamiento admite sitios con moderadas concentraciones de uno o más tipos contaminantes		Espectro de desempeño para una gama de contaminante de una misma composición (orgánicos volátiles, por ejemplo) y a concentraciones medias (con base a una referencia a los estándares de calidad peruanos, no debe exceder en un rango de 1000%-2000% de su valor límite)
	3=El tratamiento admite sitios con altas concentraciones de uno o más tipos de contaminantes		Espectro de desempeño amplio, para distintos contaminantes de diferente composición y a cualquier concentración
Acondicionamiento del material	1=El tratamiento requiere un esfuerzo para acondicionar el material previo al tratamiento		El tratamiento involucra el uso de otros equipos, consumo de energía y recursos (agua, por ejemplo) lo cual tiene una incidencia directa sobre el costo y el tiempo de ejecución (mayor al 20% del total) de la remediación

Cuadro 5-5 Aspectos, variables y ponderación por sitio

Aspectos	Criterios	Justificación selección valor criterio
	2=El tratamiento requiere un acondicionamiento moderado del material	El tratamiento involucra el uso de algún procedimiento o uso de equipo que pudiera conllevar a un consumo de energía y recursos (agua, por ejemplo) lo cual tiene tendría una incidencia media sobre el costo y el tiempo de ejecución (no mayor al 15% del total) de la remediación
	3=El tratamiento no requiere acondicionamiento previo del material o muy poco esfuerzo.	El tratamiento requiere una adecuación del material a ser tratado, el cual, de requerir el uso de otros equipos o procedimientos, no tendría una incidencia en costo y tiempo de ejecución por encima del 10% del total de la remediación.
Generación de residuos	1=La remediación genera gran cantidad de residuos	Se genera un volumen de residuos mayor a 12 m³ día en total (efluentes, sólidos y gaseosos)
	2=La remediación genera moderada cantidad de residuos	Se genera un volumen de residuos entre 6 y 12 m³ día en total (efluentes, sólidos y gaseosos)
	3=La remediación genera una mínima o nula cantidad de residuos	Se genera un volumen de residuos inferior a 6 m³ día en total (efluentes, sólidos y gaseosos)
Área requerida de la instalación	1=Se requiere un área extensa para la técnica de remediación (más del 30% del área total a remediar)	Criterios de carácter objetivo. No requieren mayor detalle
	2=No se requiere un área extensa para la técnica de (entre el 10 al del 30% del área total a remediar)	
	3=No se requiere o es muy poca el área requerida para la instalación de la técnica de remediación (no supera el 10% del área total a remediar)	
Nivel de experiencia en la técnica	1=No se tiene experiencia alguna en la técnica	Sólo se ha probado a escala piloto o experimental. Eficiencia no comprobada a escala industrial
	2=Existe experiencia exitosa en la aplicación, aunque difieren en las condiciones actuales.	Probado a escala piloto y experimental. Ha sido escalado a nivel industrial, pero requiere mejoras, pruebas, ensayos previos a una potencial aplicación en ambientes de selva. Efectividad demostrada a escala piloto e industrial
	3=Existe experiencia exitosa de la técnica, incluso con características similares.	Tecnología que ha pasado por las pruebas piloto, experimental e industrial y su efectividad está ampliamente demostrada. Su aplicación en ambientes de selva, aún sin contar con experiencias previas en estos ecosistemas, es totalmente factible
Requerimiento acciones complementarias post remediación en el sitio	1=Se requiere la aplicación de varias acciones post remediación	Necesidad de aplicar de 5 o más acciones post remediación, como por ejemplo enmiendas de suelo, revegetación, recuperación del área de operaciones de tratamiento, uso de material de préstamo, etc.
	2=Se requiere la aplicación de algunas acciones post remediación	Se requiere la aplicación de 3 a 5 acciones post remediación
	3=No se requiere acciones complementarias o muy específicas.	Necesidad de aplicar menos de 3 o ninguna acción de remediación
Consumo / afectación de recursos naturales (agua, suelo, vegetación, etc.)	1=El tratamiento requiere un alto consumo y afectación de recursos naturales	Requiere un consumo de agua superior a 500 litros/día y un desbosque u ocupación de suelo mayor de 0,01 ha
	2=El tratamiento requiere una afectación y uso bajo o moderado de recursos naturales	Requiere un consumo de agua entre 200 y 500 litros/día y un desbosque u ocupación de suelo entre 0,005 y 0,01 ha
	3=El tratamiento no requiere el uso de recursos naturales o es muy escaso su requerimiento	Requiere un consumo de agua menor a 200 litros/día y un desbosque u ocupación de suelo inferior a 0,005 ha
Riesgos Operacionales relacionados con la técnica	1=Los riesgos inherentes a las operaciones de la técnica de remediación son altos	Requiere de procedimientos de trabajo con la debida identificación y calificación de riesgos y peligros, por áreas de proceso. Manual de evaluación de riesgo para el uso de los equipos. Capacitación requerida al personal para labores específicas. Estrictas medidas de seguridad industrial. Uso de EPP especiales para determinados procesos. Implica incremento en los costos operativos de la tecnología (> 8 % del costo operativo)
	2=Se identifican riesgos inherentes a las operaciones de remediación	Requiere de procedimientos de trabajo con la debida identificación e interpretación de riesgos y peligros. Capacitación en seguridad. Estrictas medidas de seguridad industrial. Uso requerido de EPP. Implica un incremento medio en los costos operativos de la tecnología (5 – 8 % inversión)
	3=No se identifican riesgos o son identificados como muy bajos	Requiere de procedimientos de trabajo con la identificación de riesgos y peligros. Charla en seguridad requerida. Aplican medidas y normas básicas de seguridad industrial. Uso requerido de EPP. Implica un incremento bajo en los costos operativos de la tecnología (< 5 % inversión)
3. Aspectos logísticos		
Acceso al sitio	1=Alta dificultad de acceso al sitio	Implica la necesidad de construcción de accesos, mejoras de carreteras y existe una dependencia notable entre la accesibilidad y los eventos frecuentes de lluvia. Localización del sitio a más de 10 km de una CN o de una facilidad petrolera

Cuadro 5-5 Aspectos, variables y ponderación por sitio

Aspectos	Criterios	Justificación selección valor criterio
	2=Dificultad de acceso al sitio	Deben mejorarse los accesos y las vías. El tránsito se complica con las lluvias. Localización entre 5 – 10 km de una CN o de una facilidad petrolera
	3=Ninguna o muy baja dificultad de acceso al sitio	Accesibilidad directa al sitio impactado desde la carretera. Transitabilidad pudiera ser afectada por las lluvias. Distancia a CN o facilidad petrolera menor a 5 km
Requerimiento de transporte (fluvial, marítimo)	1=Se requiere una compleja movilización y con alta frecuencia	Se requiere embarcaciones de gran tamaño (que soporten más de 20 ton de carga) y camiones con capacidad similar para para el traslado de equipos vía fluvial y terrestre. Se requiere el traslado de combustible, agua o insumos para la obra diariamente
	2=No requiere una compleja movilización, y poco frecuente	Se requiere embarcaciones de tamaño medio (que soporten entre 10 y 20 ton de carga) y camiones con capacidad similar para para el traslado de equipos vía fluvial y terrestre. Se requiere el traslado de combustible, agua o insumos para la obra al menos cada 2 días
	3=Se requiere baja o ninguna movilización	Se requiere embarcaciones que soporten hasta 10 ton de carga y camiones con capacidad similar para para el traslado de equipos vía fluvial y terrestre. Se requiere el traslado de combustible, agua o insumos para la obra al menos una vez a la semana
Requerimiento y tipo de equipo	1=Se requiere un gran número de equipo, incluyendo maquinarias pesada	Se requiere en la operación el uso de más de 2 equipos pesados (por ejemplo, retroexcavadoras), más de 3 equipos medios (bocat, cisternas, trompo de mezcla) y más de 5 pick up
	2=Se requiere un bajo número de equipo y muy poca o ninguna maquinaria pesada	Se requiere en la operación el uso de 1 a 2 equipos pesados (por ejemplo, retroexcavadoras), de 2 a 3 equipos medios (bocat, cisternas, trompo de mezcla) y de 3 a 5 pick up
	3=Se requiere poco o ningún equipo	Se requiere en la operación el uso de 1 equipo pesado (por ejemplo, retroexcavadoras), menos de 2 equipos medios (bocat, cisternas, trompo de mezcla) y de 2 a 3 pick up
Servicios de apoyo	1=Se requiere un alto requerimiento de servicios de apoyo (contratistas, proveedores, etc.)	Más de 15 contrataciones de proveedores, servicios de apoyo o contratistas
	2=Se requiere servicios de apoyo (contratistas, proveedores, etc.)	Más de 10 a 15 contrataciones de proveedores, servicios de apoyo o contratistas
	3=Se requiere poco o ningún equipo servicio de apoyo	Menos de 10 contrataciones de proveedores, servicios de apoyo o contratistas
Tipo y fuentes de energía	1=Se requiere un alto volumen y de fuentes de energía (combustible, eléctrica o gas)	Consumo de combustible mayor a 1000 litros/día y de energía eléctrica mayor 10 kw/día
	2=Se requiere un volumen manejable de energía	Consumo de combustible entre 500 y 1000 litros/día y de energía eléctrica entre 5 y 10 kw/día
	3=Se requiere poco o ninguna fuente de energía	Consumo de combustible inferior a 500 litros/día y de energía eléctrica menor a 5 kw/día
4. Aspectos Sociales		
Riesgo a los receptores (comunidad, centros poblados, etc.)	1=Si la técnica de remediación presenta un Riesgo Alto a los receptores	Si existiese una alta probabilidad de que los receptores, humanos o ecológicos, pudieran verse afectados por las operaciones de la remediación, y que dicha afectación pudiera requerir la consideración de posibles acciones correctivas, previo a su aplicación, lo cual conlleva a un incremento en los costos operativos (> 5%)
	2=Si la técnica de remediación presenta un Riesgo Leve o Aceptable a los receptores	Si existiese probabilidad media de que los receptores, humanos o ecológicos, pudieran verse afectados por las operaciones de la remediación, y que dicha afectación pudiera requerir o no la consideración de posibles acciones correctivas, previo a su aplicación, lo cual conlleva a un incremento en los costos operativos (< 5%)
	3=Si la técnica de remediación presenta un Riesgo Mínimo o nulo a los receptores	Si existiese una baja o nula probabilidad de que los receptores, humanos o ecológicos, pudieran verse afectados por las operaciones de la remediación. No se requiere la consideración de acciones correctivas
Tiempo de respuesta de la técnica remediación	1=El tiempo requerido para la remediación puede variar de 2 a más años 2=El tiempo requerido para la remediación puede variar de meses hasta 2 años 3=El tiempo requerido para la remediación puede variar entre semanas a meses	Criterios de carácter objetivo. No requieren mayor detalle

Cuadro 5-5 Aspectos, variables y ponderación por sitio

Aspectos	Criterios	Justificación selección valor criterio
Generación de empleo local	1=No se requiere mano de obra local o muy poca en caso necesitarlo (menos del 15% del total de personal) 2=Se requiere la participación de mano de obra local (entre 15 y 25% del total de personal) 3=Se requiere mano de obra local (mayor del 30% del total de personal)	Criterios de carácter objetivo. No requieren mayor detalle
Contratación de servicios locales	1=No se requiere servicios o proveedores locales o servicios muy puntuales	La operación de los equipos está altamente automatizada y no requiere de una baja contratación de apoyos locales (< 5 empleados) o de servicios (< 3)
	2=Se requiere el apoyo de proveedores locales, pero en forma muy temporal	La operación de los equipos requiere de una media contratación de apoyos locales (5-10 empleados) o de servicios (< 4)
	3=Se requiere el apoyo de proveedores y servicios locales en forma continua durante el proceso de remediación	La operación de los equipos requiere de una alta contratación de apoyos locales (> 10 empleados) o de servicios (> 5)
Percepción de la remediación por la comunidad	1=Se presenta una percepción negativa de la remediación por parte de la comunidad.	Se piensa que la comunidad no estaría de acuerdo con la aplicación de la tecnología por desconocimiento o por las posibles implicaciones de la solución o porque no lo ven como una solución a sus problemas de contaminación. No es tangible la acción de remediación
	2=Se presenta opiniones variadas en cuanto a la técnica de remediación.	La comunidad pudiera no estar de acuerdo con la aplicación de la tecnología por desconocimiento o por las posibles implicaciones de la solución o porque no lo ven como una solución a sus problemas de contaminación, pero con una adecuada y asertiva estrategia de comunicación y socialización pudiera ser aplicada. La acción de remediación es medianamente tangible
	3=Se presenta una percepción positiva de la técnica por parte de la comunidad.	La comunidad seguramente estará de acuerdo con la aplicación de la tecnología ya que lo verían como una solución a sus problemas de contaminación. Es tangible la acción de remediación
5. Aspectos económicos		
Nivel de inversión*	1=Los costos de tratamiento superan los \$1000 /m ³ de elemento a remediar. 2=Los costos de tratamiento ascienden entre \$250 y \$1000 /m ³ de elemento a remediar. 3=Los costos de tratamiento ascienden a un monto menor a \$250/m ³ de elemento a remediar.	Criterios de carácter objetivo. No requieren mayor detalle
Costos de movilización de equipos (transporte, etc.)	1=Los costos de movilización son muy elevados (superan el 30% el presupuesto) 2=Los costos de movilización son moderados (varían entre 15 y 30% del presupuesto) 3=No requiere inversión para movilización o son muy bajos menores (menos del 15% del presupuesto)	Criterios de carácter objetivo. No requieren mayor detalle
Costos de mantenimiento o vigilancia durante y post remediación	1=Los costos de mantenimiento o vigilancia son muy elevados	Los costos superan el 0,05 % de la inversión total de la remediación
	2=Los costos de mantenimiento o vigilancia son moderados	Los costos están entre 0,01 y el 0,05 % de la inversión total de la remediación
	3=No requiere inversión para mantenimiento o vigilancia o son muy bajos menores	Los costos son inferiores al 0,01 % de la inversión total de la remediación

*Aplica para cada componente.

Adaptado de la Guía para la elaboración del PDS (MINAM), Practice Guide for Investigation and Remediation of Contaminated Land (2011), Chan-Quijano et al (2015) y Roqueta (2016) (*).

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

• Ponderación de aspectos y atributos

Una vez seleccionados los aspectos y atributos a considerar en la matriz de evaluación, es necesario asignar ponderaciones, lo cual permite dar mayor valoración en aquellos aspectos y atributos que tienen mayor influencia en la selección de la técnica de remediación.

Cabe señalar que, debido a las características sociales del proyecto y la relevante participación e influencia que tienen los diferentes actores sociales (comunidades, federaciones, etc.) para el desarrollo presente y futuro de remediación, se ha considerado darle mayor peso al aspecto social (30 %), seguido por el aspecto ambiental (25 %), mientras los aspectos técnicos, logísticos y económicos poseen una valoración más baja (15 %).

Para efectos de la valoración de tecnologías se puntualiza el alcance de las acciones como se describen a continuación:

- *in situ*: toda aplicación de una tecnología o metodología de remediación que se efectúa directamente sobre el sitio impactado.
- *ex situ*: toda aplicación de una tecnología o método de remediación que se efectúa o se ejecuta en otro sitio distinto al impactado.

• Análisis de resultados de la matriz

Definidos los aspectos y atributos, con sus porcentajes de ponderación, se procede al llenado de la matriz para cada alternativa propuesta.

El Cuadro 5-5 presenta la matriz de evaluación con los porcentajes de ponderación respectivos y las técnicas seleccionadas para el sitio S0114 (Sitio 14).

En la columna “Valor” de la matriz, se asigna el número (criterio) a cada alternativa; la cual el menor valor (1) representa la peor condición y el mayor valor (3) la mejor condición.

La columna “Valor Pond” se obtiene de la fórmula:

Para el caso de los atributos:

$$VAtr = (\% Pt \times Val) / 3$$

Donde:

- VAtr: Valor ponderado del Atributo.
- % Pt: Porcentaje de ponderación asignado al atributo (establecido en la matriz, ver Cuadro 5-6).
- Val: Valor que se debe asignar al atributo según técnica a evaluar, el menor valor es 1 (peor condición) y el mayor es 3 (mejor condición) (ver Cuadro 5-5).
- 3: Número pre establecido, corresponde al mayor valor posible de asignar.

Para el caso de los aspectos:

$$VAsp = ((\sum VAtr) \times \% Pa) / 100$$

Donde:

- VAsp: Valor ponderado del Aspecto.
- $\sum V\text{Atr}$: Sumatoria de los valores ponderados de los atributos.
- % Pa: Porcentaje de ponderación asignado al aspecto (establecido en la matriz, ver Cuadro 5-6 y mencionado líneas arriba).

El Valor Total corresponde a la sumatoria de los porcentajes ponderados, este valor debe encontrarse en el rango de 100 y 33,33; correspondiente al valor máximo y el valor mínimo posible respectivamente.

El análisis conjunto de los resultados de la matriz, sumado a la interpretación por el grupo de especialista JCI-HGE dará lugar a las mejores alternativas de remediación para el manejo del sitio impactado.

Cabe señalar, que cada alternativa es evaluada en la matriz considerando su aplicación tanto *in situ* como *ex situ*.

Cuadro 5-6 Evaluación de alternativas de remediación sitio S0114 (Sitio 14)

Tipo de técnica de Remediación		Procedimientos fisicoquímicos											
		Desorción térmica		Oxidación química		Incineración		Solidificación / Estabilización				Aislamiento con geomembrana	
		<i>ex situ</i>		<i>in situ</i>		<i>ex situ</i>		<i>in situ</i>		<i>ex situ</i>		<i>ex situ</i>	
Aspectos y atributos	%	Valor	Valor Pond.	Valor	Valor Pond.	Valor	Valor Pond.	Valor	Valor Pond.	Valor	Valor Pond.	Valor	Valor Pond.
1. Aspectos Ambientales	25		19,98		19,10		18,33		18,27		24,17		20,73
Eficiencia con respecto a los objetivos de remediación	40	2	26,67	2	26,67	1	13,33	2	26,67	3	40,00	3	40,00
Riesgo asociado al componente ambiental	35		33,25		29,75		35,00		29,75		35,00		26,25
Agua	30	3	30,00	2	20,00	3	30,00	2	20,00	3	30,00	2	20,00
Aire	5	3	5,00	3	5,00	3	5,00	3	5,00	3	5,00	3	5,00
Suelo	15	2	10,00	2	10,00	3	15,00	2	10,00	3	15,00	2	10,00
Sedimento	20	3	20,00	3	20,00	3	20,00	3	20,00	3	20,00	3	20,00
Hidrobiológico	30	3	30,00	3	30,00	3	30,00	3	30,00	3	30,00	2	20,00
Grado de Monitoreo ambiental requerido post remediación	15	2	10,00	2	10,00	3	15,00	2	10,00	3	15,00	2	10,00
Requerimiento de autorizaciones previas en la implementación de las acciones de remediación	10	3	10,00	3	10,00	3	10,00	2	6,67	2	6,67	2	6,67
2. Aspectos Técnicos / Ingeniería	15		11,25		10,50		10,00		12,25		12,25		14,50
Grado y tipo de contaminación	20	2	13,33	2	13,33	3	20,00	3	20,00	3	20,00	3	20,00
Acondicionamiento del material	10	3	10,00	3	10,00	2	6,67	2	6,67	2	6,67	3	10,00
Generación de residuos	15	3	15,00	3	15,00	2	10,00	3	15,00	3	15,00	3	15,00
Área requerida de la instalación	10	2	6,67	2	6,67	1	3,33	3	10,00	1	3,33	2	6,67
Nivel de experiencia en la aplicación de la técnica	10	1	3,33	2	6,67	1	3,33	2	6,67	2	6,67	3	10,00
Requerimiento de acciones complementarias post remediación	10	2	6,67	2	6,67	2	6,67	2	6,67	3	10,00	3	10,00
Consumo/afectación de recursos naturales (agua, suelo, etc.)	15	2	10,00	1	5,00	2	10,00	2	10,00	2	10,00	3	15,00
Riesgos Operacionales relacionados con la técnica	10	3	10,00	2	6,67	2	6,67	2	6,67	3	10,00	3	10,00
3. Aspectos logísticos	15		12,25		11,50		12,25		12,25		12,25		15,00
Acceso al sitio impactado	20	3	20,00	3	20,00	3	20,00	3	20,00	3	20,00	3	20,00
Requerimiento transporte (fluvial, marítimo)	25	3	25,00	3	25,00	3	25,00	3	25,00	3	25,00	3	25,00
Requerimiento y tipo de equipo	20	2	13,33	2	13,33	2	13,33	2	13,33	2	13,33	3	20,00
Requerimientos en servicios de apoyo	20	2	13,33	2	13,33	2	13,33	2	13,33	2	13,33	3	20,00
Tipo y fuentes de energía	15	2	10,00	1	5,00	2	10,00	2	10,00	2	10,00	3	15,00
4. Aspectos Sociales	30		24,50		24,50		28,50		26,00		26,00		30,00
Riesgo a los receptores (comunidad, centros poblados, etc.)	30	3	30,00	3	30,00	3	30,00	3	30,00	3	30,00	3	30,00
Tiempo de respuesta de la técnica remediación	15	2	10,00	2	10,00	3	15,00	3	15,00	3	15,00	3	15,00
Generación de empleo local	25	2	16,67	2	16,67	3	25,00	2	16,67	2	16,67	3	25,00
Contratación de servicios locales	15	2	10,00	2	10,00	2	10,00	2	10,00	2	10,00	3	15,00
Percepción de la remediación por la comunidad	15	3	15,00	3	15,00	3	15,00	3	15,00	3	15,00	3	15,00
5. Aspectos económicos	15		13,75		13,75		12,50		12,50		11,25		15,00
Nivel de inversión	50	3	50,00	3	50,00	2	33,33	3	50,00	2	33,33	3	50,00
Costos de movilización de equipos (transporte, etc.)	25	2	16,67	2	16,67	3	25,00	2	16,67	2	16,67	3	25,00
Costos de mantenimiento o vigilancia durante y post remediación	25	3	25,00	3	25,00	3	25,00	2	16,67	3	25,00	3	25,00
Total	100		81,73		79,35		81,58		81,27		85,92		95,23

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El Cuadro 5-7 presenta el resultado obtenidos de la matriz considerando la ponderación de las alternativas en orden de mayor a menor viabilidad.

Cuadro 5-7 Resultados de alternativas de matriz del sitio S0114 (Sitio 14)

No.	Alternativa	Valor ponderado obtenido
1	Desorción térmica <i>ex situ</i>	81,73
2	Oxidación química <i>in situ</i>	79,35
3	Incineración <i>ex situ</i>	81,58
4	Estabilización/Solidificación <i>ex situ</i>	85,92
5	Aislamiento con geomembrana <i>ex situ</i>	95,23
6	Estabilización/Solidificación <i>in situ</i>	81,27

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Con base en los resultados obtenidos de la matriz, se seleccionan las tres primeras alternativas que obtuvieron los más altos valores de ponderación para proseguir su evaluación final.

- **Selección de alternativa**

Con base en las tres (3) primeras alternativas resultantes de la matriz de evaluación, se procede con un análisis costo/efectividad apoyado en la revisión de las experiencias o resultados similares que permitirán determinar finalmente, la mejor alternativa.

- **Aislamiento con geomembrana *ex situ***
- **Solidificación/estabilización *ex situ***
- **Desorción térmica *ex situ***

5.5.3 Resultados de ensayos de laboratorio y/o ensayo piloto similares.

A continuación, se presenta una breve descripción de las experiencias o ensayos pilotos similares con base en revisión bibliográfica, ya sea internacional, nacional o regional, el uso y efectividad de la técnica de remediación.

A. Aislamiento con geomembrana

Infraestructura y/o instalación de seguridad diseñada para contener residuos potencialmente peligrosos para la salud humana y el ambiente.

Existen múltiples experiencias en diferentes localidades a nivel mundial acerca del desarrollo de metodologías de aislamiento/confinamiento de materiales peligrosos en rellenos de seguridad. No obstante, son muy pocas las experiencias de desarrollo de estos métodos de aislamiento/confinamiento en selva, más sí la construcción de rellenos sanitarios para residuos de origen doméstico (no peligrosos). Perú, para el 2018 cuenta con al menos 4 experiencias de rellenos sanitarios en selva (Dirección General de Educación, Ciudadanía e Información Ambiental), pero no cuenta con infraestructura de aislamiento/confinamiento tipo relleno de

seguridad en esta particular región.

La aplicación de esta tecnología no requiere de ensayos de laboratorio o piloto para su aplicación. Se requiere por otro lado la extracción del material para su colocación en el espacio o terreno/excavación adecuada para el aislamiento/confinamiento del material contaminado.

La Refinería Talara se encuentra ubicada en Talara, región Piura – Perú, la cual es una sede de Petróleos del Perú – Petroperú S.A. donde se desarrolla el proceso de refinación de crudo para su posterior comercialización, dentro de sus actividades y operaciones, son frecuentes los incidentes como derrames en el suelo, el cual comúnmente es retirado y trasladado con destino final al relleno de seguridad Milla Seis donde es confinado como residuo peligroso.

Como otras experiencias nacionales en áreas de aislamiento de seguridad se tiene:

- Are Yaku Pacha SAC, ubicado en Pampas de Congora km 7,5 Carretera Piura-Paita, distrito de Catacaos y Miguel Checa, provincia de Piura y Sullana, región Piura (<http://areyaku.com.pe/>)
- Relleno Taris S.A. (anterior Befesa Perú), ubicado en Panamericana Sur km 59, Quebrada Chutana km 4,5. Distrito de Chilca, provincia de Cañete, Dpto. de Lima (http://www.digesa.minsa.gob.pe/Expedientes/EC_REGISTROS/EC-1505-137.17.pdf)
- Relima Ambiental S.A., ubicado a la altura del km 39 de la Panamericana Sur, distrito de Lurín. Provincia de Lima. Dpto. de Lima (<http://www.relima.com.pe/>)
- Petramás, ubicado en Quebrada de Huaycoloro, km 7, distrito de San Antonio, provincia de Huarochirí, Dpto. de Lima (<http://www.petramas.com/>)

Listado de referencias bibliográficas que soportan la aplicación de la tecnología de aislamiento con geomembrana:

- ✚ Design, Construction and Operation of a Funnel and Gate In-Situ Permeable Reactive Barrier for Remediation of Petroleum Hydrocarbons in Groundwater. 2002. Terry McGovern; Turlough F. Guerin; Stuart Horner & Robert Brent Davey. Water Air and Soil Pollution
- ✚ Innovative Remediation Technologies: Field Scale Demonstration Project in North America, 2nd Edition
- ✚ Abstracts of Remediation Case Studies, Volume 4, June, 2000, EPA 542-R-00-006
- ✚ Guide to Documenting and Managing Cost and Performance Information for Remediation Projects - Revised Version, October, 1998, EPA 542-B-98-007
- ✚ DOE, 1995. Technology Catalogue, Second Edition, Office of Environmental Management and Office of Technology Development, DOE/EM-0235
- ✚ EPA, 1987. Geosynthetic Design Guidance for Hazardous Waste Landfill Cells and Surface Impoundments, EPA/600/2-87/025
- ✚ EPA, 1988. Technology Screening Guide for Treatment of CERCLA Soil and Sludge, EPA/540/288/004
- ✚ EPA, 1989. Final Covers on Hazardous Waste Landfills and Surface Impoundments, Technical Guidance Document, Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington, DC, EPA/530/SW-89/047
- ✚ EPA, 1991. Compilation of Information on Alternative Barriers for Liner and Cover Systems, EPA/600/2-91/002
- ✚ EPA, 1991. Inspection Techniques for the Fabrication of Geomembrane Field Seams, Technical Guidance Document, EPA/530/SW-91/051

- ✚ EPA, 1993. Construction Quality Control and Quality Assurance at Waste Containment Facilities, Technical Guidance Document, Office of Research and Development, RREL, Cincinnati, OH, EPA/600/R-93/182
- ✚ EPA, 1993. Engineering Bulletin Landfill Covers, EPA/540/S-93/500
- ✚ EPA, 1995. RCRA Subtitle D (258) Seismic Design Guidance for Municipal Solid Waste Landfills, Office of Research and Development, NRMRL, Cincinnati, OH, EPA/600/R-95/051.
- ✚ EPA, 1995. Report of 1995 Workshop on Geosynthetic Clay Liners, Office of Research and Development, NRMRL, Cincinnati, OH, EPA/600/R-96/149
- ✚ EPA, 1997. Best Management Practices (BMPs) for Soil Treatment Technologies: Suggested Operational Guidelines to Prevent Cross-media Transfer of Contaminants During Clean-UP Activities, EPA OSWER, EPA/530/R-97/007
- ✚ EPA, 1997. Technology Alternatives for the Remediation of Soils Contaminated with As, Cd, Cr, Hg, and Pb, Engineering Bulletin, EPA540/R-97/008
- ✚ EPA, 1998. Evaluation of Subsurface Engineered Barriers at Waste Sites, Technology Report, EPA/542/R-98/005
- ✚ AFCEE/ERT, 1999. Landfill Covers for Use at Air Force Installations

B. Estabilización/Solidificación (E/S)

La Estabilización/Solidificación es un proceso de tratamiento de residuos peligrosos ideado para mejorar la manipulación y propiedades físicas de los residuos peligrosos, o para limitar la solubilidad (lixiviabilidad) de los constituyentes peligrosos de los residuos peligrosos. Como resultado los contaminantes terminan físicamente unidos o encerrados dentro de una masa que los contiene (solidificación), o se les induce a reaccionar químicamente con un agente estabilizante para reducir su movilidad (estabilización). Las técnicas de Estabilización/Solidificación (E/S) están consideradas como la mejor tecnología disponible para el tratamiento de residuos, cuyo principal problema es la presencia de metales pesados.

La aplicación de esta tecnología se presenta en su alternativa *ex situ* (*off site*). Es decir que el material debe ser extraído del sitio impactado y traslado hasta un área acondicionada para su tratamiento.

Las tecnologías de solidificación/estabilización han sido ampliamente utilizadas a nivel mundial. Debido a la importancia que está adquiriendo esta tecnología mundialmente para el tratamiento de los residuos industriales y de suelos contaminados, la EPA la considera como la mejor tecnología disponible y demostrada, BDAT (*Best Demonstrated Available Technology*).

En el Perú se mencionan como relevantes las siguientes experiencias:

- **Remediación de suelos y aguas subterráneas por contaminación de hidrocarburos en los terminales de Mollendo y Salaverry de la Costa Peruana.** Los emplazamientos se ubican a 200 m de la orilla de playa del litoral peruano, con el objetivo de la remediación de suelos y aguas subterráneas, debido a la contaminación por hidrocarburos, que generan un gran impacto al medio ambiente y daños a la salud humana. Los Terminales de Mollendo y Salaverry tienen en promedio un suelo arenoso de grano fino a medio. El trabajo se centró en establecer los criterios para la elección de una técnica de remediación y toda la metodología de las técnicas elegidas para la remediación de suelos y aguas subterráneas contaminadas, teniendo la planificación, operación, evaluación del proceso y obtención de resultados. Para el Terminal de Mollendo se proyectó la remediación de suelos contaminados con hidrocarburos, del área "X". La técnica de remediación elegida fue de Solidificación – Estabilización (Encapsulamiento).

- **Eliminación de sedimentos, borra y tierras contaminadas en operaciones norte. Petróleos del Perú – Petroperú S.A.** Consistió en la eliminación de sedimentos, borra y tierras contaminadas de hidrocarburos pesados, y su tratamiento con materiales limpios y aislamiento en el Relleno Industrial de Milla Seis Talara.
- **Solidificación / estabilización de residuos orgánicos mediante granulación con sepiolita.** Se estudia un proceso de solidificación/estabilización utilizando una arcilla tipo sepiolita, para tratar diversos tipos de residuos industriales que contenían contaminantes orgánicos considerados tóxicos y peligrosos. Como resultado del procedimiento desarrollado se llegó a obtener dos tipos de materiales finales: Un sólido granulado, de baja humedad y punto de inflamación próximo a 100°C. Un combustible de residuo (CDR) que podría ser revalorizado energéticamente en la producción del clinker.
- **Síntesis de nanocompuestos poliméricos a partir de arcillas orgánicamente modificadas.** Se utilizaron arcillas como sistemas adsorbentes por su alta área superficial específica y su capacidad de adsorción de moléculas orgánicas. Estudio que se centró en el tratamiento orgánico para modificar una arcilla bentonita.

Existen ejemplos de la aplicación del material que tiene lugar a partir de la E/S, donde se ha comprobado correctamente y bajo un protocolo determinado, la imposibilidad de que los contaminantes se movilicen de la matriz cementada. Igualmente, dejar el material en sitio, una vez el proceso de E/S ha tenido lugar es también una práctica común. A continuación, se refieren dos ejemplos de uso de material contaminante estabilizado bajo la técnica de E/S:

- Reúso de material estabilizado y solidificado en la antigua facilidad de tratamiento de madera, en el puerto Newark en Nueva Jersey, USA. En esta oportunidad se aplicó esta metodología para inmovilizar As, Cr y PAHs, para el manejo de 17.000 m³ de suelo in situ y 20.000 m³ ex situ. Este último fue colocado como base cementada para la construcción de la nueva área de almacenamiento de la facilidad portuaria.
- Reúso de los sedimentos del Puerto de Nueva York. En este caso más de 2,3 MM de metros cúbicos de sedimentos fueron tratados bajo esta metodología de E/S para inmovilizar metales pesados, dioxinas, PCB y otros compuestos orgánicos que se encontraban en los sedimentos. Gracias al tratamiento con E/S el material contaminado pasó de ser un pasivo ambiental a ser un valorable material para el relleno de un vertedero, dando estabilidad a este con el objeto de poder desarrollar esta área.

Otras experiencias se resumen en el Cuadro 5-8 y Cuadro 5-9.

Cuadro 5-8 Ejemplos en USA de la aplicación de la E/S como técnica para la inmovilización de residuos contaminantes peligrosos

Nombre del sitio/ Contacto	Tecnología/ Vendedor	Tratamiento (matriz)	Contaminantes tratados	Parámetros de operación	Manipulación de materiales	Gestión de residuos	comentarios
DEMOSTRACIÓN DE LA EPA SITIO Robins AFB, Macon, GA 1/08/1991 Terry Lyons (513) 569-7589	Solidificación / estabilización	Suelos y lodos	Orgánicos e inorgánicos	Utiliza agentes de unión de propiedad	Residuos de gran tamaño deben ser evaluados previamente	Monolito de alta resistencia no lixiviable	Proceso puede ser aplicado in situ.
DEMOSTRACIÓN DE LA EPA SITIO Pressure testing Selma, CA 1/11/1990 Edward Bates (513) 569-7774	Solidificación / estabilización con compuestos de silicato	Suelos y lodos	Orgánicos e inorgánicos	Compuestos de silicato	Separación y pretratamiento de materiales gruesos y finos	Concentraciones de clorofenoles (PCP) de lixiviado reducen hasta un 96%. As, Cr y Cu se inmovilizaron.	Aplicado a una amplia variedad de suelos peligrosos, lodos y aguas residuales.
DEMOSTRACIÓN DE LA EPA SITIO Equipo portátil. Salvage Co. Clackamas, OR 1/09/1989 Edwin Barth (513) 569-7669	Proceso Chemfix - solidificación / estabilización	Suelos y lodos	Residuo sólido	Utiliza silicatos solubles y agentes de silicato-sedimentadores	Mezclar residuos con alúmina seca, calcio, y reactivos a base de sílice	Produce sólidos friables. Extracciones de TCLP de Cu y Pb fueron reducidos en un 94-99%	Aplicable a los residuos galvanoplastia, arcos eléctricos y polvo de horno.
Imperial Oil Co./Champion Chemical Co. Sitio Superfondo Morganville, NJ 1/12/1988 S. Jackson Hubbard (513) 569-7507	Proceso Soliditech solidificación / estabilización	Suelos y lodos	Inorgánicos y orgánicos, metales, minerales, grasa	Añadir agua, Urrichem (aditivos patentados), y material puzolánico (cenizas volantes o polvo del horno)	Cribado o cernido de residuos e introducidos en una mezcladora tipo batch (lote).	Metales pesados en residuos no tratados fueron inmovilizados. COVs no fueron detectados en los residuos tratados.	pH de los residuos variaba de 3.4 a 7.9. Residuos tratados alcanzaban pH de 11.7 a 12.
Davis-Monthan AFB. Brad Jones (402) 221-4488	Solidificación / estabilización	Escoria y suelo contaminado con escoria	Cd, Cr y Pb	Escoria y suelo contaminado con escoria fueron mezclados con 10% de cemento y 5% de cal en una mezcladora.		Superó la prueba de lixiviados (TCLP) para todos los contaminantes.	Costo: \$ 135 por metro cúbico.

Fuentes: *Técnicas de tratamiento innovadoras: Informe de estatus anual (EPA, octava edición, noviembre de 1996).* *Tecnologías innovadoras de remediación en América del Norte (EPA, ago.1996)*

Cuadro 5-9 Otros ejemplos en USA de la aplicación de la E/S como técnica para la inmovilización de residuos contaminantes peligrosos

Site/ contractor	Contaminant (concentration)	Treatment volume	Physical form	Chemical pretreat- ment Y/N	Binder	Percentage binder(s) added	Treatment (batch/ continuous in situ)	Disposal (onsite/ offsite)	Volume increase, %	Scale of operation
Independent, Nail, SC, Region IV	Zn, Cr, Cd, Ni	6,600 yd ³	Solid/soils	N	Portlant cement	20%	Batch plant	Onsite	>Small	Full scale (de- listing in progress
Midwest, U.S. Plating Company, Envirite	Cu, Cr, Ni	16,000 yd ³	Sludge	N	Portland cement	20%	In situ	Onsite	>0	Full scale
Unnamed, ENRECO	Pb/soil 2-100 ppm	7,000 yrd ³	Solid/soils	N	Portland cement and proprietary	Cement (15-20%) proprietary (5%)	In situ	Landfill	Mass >20% (volume >30-35%)	Full scale
Marathon Steel, Phoenix, AZ Silicat, Tech.	Pb, Cd	150,000 yd ³	Dry - landfill	N	Portland cement and silicates (Toxsorb) TM	Varied 7-15% (cement)	Concrete batch plant	Landfill	NA	Full scale
Alaska Refinery HAZCON	Oil/oil sludges	2,300 yd ³	Sludges, variable	Y	Portland cement and proprietary	Varied 50+	Concrete batch plant	Onsite	>35%	Full scale
Unnamed, Kentucky, ENRECO	Vinyl chloride Ethylene dichloride	180,000 yd ³	Sludges, variable	Y	Portland cement and proprietary	Varied 25 +	In situ	Onsite (2 secure cells built on site)	>7-9%	Full scale
N.E. Refinery ENRECO	Oil sludges, Pb, Cr, As	100,000 yd ³	Sludges, variable	N	Kiln dust (high CaO content)	Varied, 15-30%	In situ	Onsite	>Varied, ~20% average	Full scale
Velsicol Chemical Memphis Env. Centre	Pesticides and organics (resins, etc.) up to 45% organic	20,000,000 gallons	Sludges, variable	N	Portland cement and kiln dust, proprietary	Varied (cement 5-15%)	In situ	Onsite	>Varied ~10% or less	Full scale
Amoco Wood River Chemfix	Oil/solids Cd, Cr, Pb	90,000,000 gallons	Sludges	Y	Chemfix proprietary	NA, proprietary	Continuous flow (pro- prietary process)	Onsite	Average 15%	Full scale (site delisted 1985)

Site/ contractor	Contaminant (concentration)	Treatment volume	Physical form	Chemical pretreat- ment Y/N	Binder	Percentage binder(s) added	Treatment (batch/ continuous in situ)	Disposal (onsite/ offsite)	Volume increase, %	Scale of operation
Pepper Steel & Alloy, Miami, FL VFL Technology Corporation	Oil sat: soil Pb - 1000 ppm PCB's - 200 ppm As - 1-200 ppm	62,000 yd ³ (plus 5000 tons of surface debris)	Soils	Y	Pozzolanic and proprietary	~30%	Continuous feed (mixer proprietary) design	Onsite	~1%	Full scale
Vickery, Ohio Chemical Waste Management	Waste acid PCB's (<500 ppm), dioxins	~235,000 yd ³	Sludges (viscous)	Y	Lime and kiln dust	~15% CaO ~5% kiln dust	In situ	Onsite (TSCA cells)	>~9%+	Full scale
Wood Treating, Savannah, GA Geo-Con, Inc.	Creosote wastes	12,000 yd ³	Sludges	Y	Kiln dust	20%	In situ	Onsite lined cells	>~14%	Full scale
Wyandotte, MI Treatment Plant Chem Met	Various/combined	20 million gal/yr	Various	N	Lime		Continuous	Offsite (secure landfill)		In-plant process
Chem Refinery, TX HAZCON	Combined metals, sulfur, oil sludges, etc.	90,000 gal. (445 yd ³)	Sludges (synthetic oil sludges)	N	Portland cement and proprietary	NA	Continuous flow	Onsite (secure landfill)	>Estimated 10%	Full scale
Chicago Waste Hauling, American Colloid	Metals: Cr, Pb, Ba, Hg, Ag	55 gallon/ batch (bench study)	Various		Proprietary	10-40%	Batch mix (pug mill)	NA	>Variable	Bench scale
API sep. sludge, Puerto Rico, HAZCON	API separator sludges	100 yd ³	Sludges	N	Portland cement and proprietary	50% cement ~4% pro- prietary	Concrete batch plant	Offsite secure landfill	>~4-5%	Full scale
Metalplating, WI, Geo-Con, Inc.	Al - 9500 ppm Ni - 750 ppm Cr - 220 ppm Cu - 2000 ppm	3000 yd ³	Sludges	N	Lime	10-25%	In situ	Onsite landfill	>4-10%	Full scale
James River Site Virginia	Kepone contaminated sediments		Wet soil sludges	N	Cement-base, thermoplastic, polymer	Various	Various		NA	Bench scale only

Site/ contractor	Contaminant (concentration)	Treatment volume	Physical form	Chemical pretreat- ment Y/N	Binder	Percentage binder(s) added	Treatment (batch/ continuous in situ)	Disposal (onsite/ offsite)	Volume increase, %	Scale of operation
Massachusetts, American Reclamation Corporation	Oil/gasoline contaminated soils	Variable	Wet soil	Y	Bitumen	Variable	Batch	Used as road patch/ paving mate- rials	NA	Bench (pilot in process)
Saco Tannery Waste Pits, Maine/VFL Tech. Corporation	Cr (>50,000 ppm Pb (>1000 ppm) and organics	Varied	Sludge		Fly ash, quicklime	30% fly ash 10% quick lime	In-situ	Onsite	>15%	Pilot scale
Sand Springs Petro- chemical, Complex, OK/Arco	Sulfuric acid, and organics		Sludge		Fly ash, quicklime	Varied	Batch	Onsite		
John's Sludge Pit, KS/Terracon Consultants, Inc.	Pb, Cr, acid		Sludge		Cement kiln dust and fly ash	Varied	Batch		>Variable	Bench scale
Gold Coast, FL	VOC's and metals	1500 ^a yd ³	Soil					Onsite		
Gurley Pit, AR	PCB's and organics	432,470 ^a yd ³	Soil					Onsite		
Liquid Disposal Landfill, MI	PCB's, VOC's, heavy metals		Soil					Onsite		
Northern Engraving, WI	VOC's, organic, and inorganics	4400 ^a yd ³	Sludge					Onsite		
Mid South, AR	PAH's, organics, and inorganics	45,750 ^a yd ³	Soil					Onsite		
Hialeah, FL Geo-Con, Inc.	PCB's 0.800 ppm	300 yd ³ (7,000 yd ³ total)	Wet soil	N	HWT-20 TM (cement based)	15%	In situ	Onsite	>Small	Pilot scale

Site/ contractor	Contaminant (concentration)	Treatment volume	Physical form	Chemical pretreat- ment Y/N	Binder	Percentage binder(s) added	Treatment (batch/ continuous in situ)	Disposal (onsite/ offsite)	Volume increase, %	Scale of operation
Douglassville, PA HAZCON	Zn, 30-50 ppb Pb, 24,000 ppm PCB's, 50-80 ppm Phenol, 100 µg/liter Oil and grease	250,000 yd ^{3a}	Various soil/ sludges	N	Portland cement and proprietary	NA	Batch	NA	NA	Pilot scale
Portable Equipment, Clackamas, OR CHEMFIX	Pb, Cu, PCB's	40 yd ³	Soil	N	Cement, silicate	NA	Batch	NA	NA	Pilot scale
Imperial Oil Morganville, NJ Soliditech	PCB's	50 yd ³	Soil	N	Cement, proprietary	NA	Batch	NA	NA	Pilot scale

NA - Data not available

^a Total volume onsite.

Fuente: Stabilization/Solidification of CERCLA and RCRA wastes (EPA/625/6-89/022)

Listado de referencias bibliográficas que soportan la aplicación de la tecnología de estabilización/solidificación:

- ✚ Remediación de suelos y aguas subterráneas por contaminación de hidrocarburos en los terminales de Mollendo y Salaverry de la Costa Peruana. 2007. Bustamante Ubaldo, José Luis.
- ✚ Eliminación de sedimentos, borra y tierras contaminadas en operaciones norte. Petróleos del Perú – Petroperú S.A. – Proceso N° ADP-0018-2004-RTL/PETROPERU
- ✚ Solidificación / estabilización de residuos orgánicos mediante granulación con sepiolita. 2011. Félix A. López; Aurora López-Delgado
- ✚ Síntesis de nanocompuestos poliméricos a partir de arcillas orgánicamente modificadas. 2008. Norkis Salazar Serge; José L. Feijoó; Nery Suárez y María C. Hernández
- ✚ Solidification/Stabilization. Resource Guide. EPA/542-B-99-002
- ✚ Solidification/Stabilization Treatment and Examples of Use at Port Facilities. (S/F). Charles M. Wilk
- ✚ Stabilization/Solidification of CERCLA and RCRA wastes (EPA/625/6-89/022)
- ✚ Stabilization and solidification technologies for the remediation of contaminated soils and sediments: an overview. 2005. D. Samuel Suman Raj, C. Aparna, P. Rekha, V. Hima Bindhu and Y. Anjaneyulu
- ✚ Guía para el Ciudadano sobre Solidificación/Estabilización. EPA 542-F-01-024S
- ✚ Técnicas de tratamiento innovadoras: Informe de estatus anual (EPA, octava edición, noviembre de 1996). Tecnologías innovadoras de remediación en América del Norte (EPA, ago. 1996)
- ✚ Innovative Remediation Technologies: Field Scale Demonstration Project in North America, 2nd Edition
- ✚ Remediation Technology Cost Compendium - Year 2000
- ✚ Abstracts of Remediation Case Studies, Volume 4, June, 2000, EPA 542-R-00-006
- ✚ Guide to Documenting and Managing Cost and Performance Information for Remediation Projects - Revised Version, October, 1998, EPA 542-B-98-007
- ✚ California Base Closure Environmental Committee (CBCEC), 1994. Treatment Technologies Applications Matrix for Base Closure Activities, Revision 1, Technology Matching Process Action Team, November, 1994
- ✚ DOE, 1992. In Situ Vitrification, Technology Transfer Bulletin, prepared by Battelle's Pacific Northwest Laboratories for DOE, Richland, WA
- ✚ DOE, January 1992. "ISV Planning and Coordination," FY92 Technical Task Plan and Technical Task Description, TTP Reference No. RL-8568-PT
- ✚ DOE, July 1992. "116-B-6A Crib ISV Demonstration Project," FY92 Technical Task Plan and Technical Task Description, TTP Reference No. RL-8160-PT
- ✚ DOE, April 1995. Technology Catalogue, Second Edition, Office of Environmental Management & Office of Technology Development, DOE/EM-0235
- ✚ EPA, 1989. Chemfix Technologies, Inc. Chemical Fixation/Stabilization, EPA RREL, series includes Technology Evaluation, Vol. I, EPA/540/5-89/011a, PB91-127696, and Technology Evaluation, Vol. II, EPA/540/5-89/011b, PB90-274127
- ✚ EPA, 1989. Hazcon Solidification, EPA RREL, series includes Technology Evaluation, Vol. I, EPA/540/5-89/001a, PB89-158810; Technology Evaluation, Vol. II, EPA/540/5-89/001b, PB89-158828; Applications Analysis, EPA/540/A5-89/001; and Technology Demonstration Summary, EPA/540/S5-89/001
- ✚ EPA, 1989. IWT/GeoCon In-Situ Stabilization, EPA RREL, series includes Technology Evaluation, Vol. I, EPA/540/5-89/004a; Technology Evaluation, Vol. II, EPA/540/5-89/004b, PB89-194179; Technology Evaluation, Vol. III, EPA/540/5-89/004c, PB90-269069;

- Technology Evaluation, Vol. IV, EPA/540/5-89/004d, PB90-269077; Applications Analysis, EPA/540/A5-89/004; Technology Demonstration Summary, EPA/540/S5-89/004; Technology Demonstration Summary Update Report, EPA/540/S5-89/004a; and Demonstration Bulletin, EPA/540/M5-89/004
- ✚ EPA, 1989. SITE Program Demonstration Test International Waste Technologies In Situ Stabilization/Solidification Hialeah, Florida, Technology Evaluation Report, EPA RREL, Cincinnati, OH, EPA/540/5-89/004a
 - ✚ EPA, 1989. Soliditech, Inc. Solidification, EPA RREL, series includes Technology Evaluation, Vol. I, EPA/540/5-89/005a; Technology Evaluation, Vol. II, EPA/540/5-89/005b, PB90-191768; Applications Analysis, EPA/540/A5-89/005; Technology Demonstration Summary, EPA/540/S5-89/005; and Demonstration Bulletin, EPA/540/M5-89/005
 - ✚ EPA, 1989. Stabilization/Solidification of CERCLA and RCRA Wastes: Physical Tests, Chemical Testing Procedures, Technology Screening, and Field Activities, EPA, CERL, Cincinnati, OH, EPA/625/6-89/022
 - ✚ EPA, 1990. International Waste Technologies/Geo-Con In Situ Stabilization/Solidification, Applications Report, EPA, ORD, Washington, DC, EPA/540/A5-89/004
 - ✚ EPA, 1993. Solidification/Stabilization and Its Application to Waste Materials, Technical Resource Document, EPA, ORD, Washington, DC, EPA/530/R-93/012
 - ✚ EPA, 1993. Solidification/Stabilization of Organics and Inorganics, Engineering Bulletin, EPA, ORD, Cincinnati, OH, EPA/540/S-92/015
 - ✚ EPA, 1994. In-Situ Vitrification Geosafe Corporation, EPA RREL, Demonstration Bulletin, EPA/540/MR-94/520
 - ✚ EPA, 1995. Remediation Case Studies: Thermal Desorption, Soil Washing, and In Situ Vitrification, Federal Remediation Technologies Roundtable, Report, EPA/542/R-95/005
 - ✚ EPA, 1997. Best Management Practices (BMPs) for Soil Treatment Technologies: Suggested Operational Guidelines to Prevent Cross-media Transfer of Contaminants During Clean-UP Activities, EPA OSWER, EPA/530/R-97/007
 - ✚ EPA, 1997. Technology Alternatives for the Remediation of Soils Contaminated with As, Cd, Cr, Hg, and Pb, Engineering Bulletin, EPA/540/R-97/008
 - ✚ Federal Remediation Technologies Roundtable, 1995. Remediation Case Studies: Thermal Desorption, Soil Washing, and In Situ Vitrification, EPA/542/R-95/005

C. Desorción térmica

La tecnología de remediación mediante la desorción térmica es sumamente eficaz para el tratamiento ex situ de suelos contaminados con compuestos orgánicos: disolventes, aceites minerales, bifenilos policlorados, hidrocarburos aromáticos policíclicos, plaguicidas y dioxinas.

En el mundo, una de las técnicas más usadas después del relleno de seguridad, es el tratamiento mediante procesamiento térmico. Las potenciales tecnologías más aplicadas son: incineración en horno rotativo y la desorción térmica.

En el área de estudio, se tiene la experiencia del tratamiento de suelos contaminados con hidrocarburos mediante el método de desorción térmica dando excelentes resultados; no obstante, no se continuo con la aplicación de este proceso y posiblemente sea debido al elevado costo que representa, siendo esto la gran desventaja de esta técnica. También se tiene conocimiento de aplicación de incineración de material contaminado con hidrocarburos en las áreas realizados por operadoras dentro del área para residuos contaminados con hidrocarburos.

La Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos de América (U.S. EPA) reconoce a la Desorción Térmica (DT) como una técnica de remediación desde hace más de 20 años.

La desorción térmica es una tecnología que calienta el suelo para volatilizar el contaminante y atraparlo; mientras que la incineración destruye la materia orgánica por oxidación térmica.

El material tratado, una vez enfriado, es analizado para comprobar la consecución de los objetivos de tratamiento establecidos. El porcentaje de reducción obtenido mediante esta técnica es superior al 95% (Empresa para la Gestión de Residuos Industriales, S.A., S.M.E., M.P. - Emgrisa).

Experiencia en Perú

La tecnología ha sido probada tanto en el Lote 192 (ex Lote 1AB) como en el Lote 8.

En el Lote 8, en enero 25 y 26 del presente año, se realizó una prueba piloto con muestras de suelo contaminadas con TPH colectadas en campo, obtenidas de la Poza de borras de la Batería 2 y de la poza clarificada de la batería 1. Las muestras fueron analizadas en un laboratorio acreditado (analytical laboratory – ALAB), y como resultado, las concentraciones de TPH después del proceso de desorción estuvieron por debajo de ECA para suelos y en cuanto a las emisiones atmosféricas estas no superaron los valores establecidos en el DS 014-2010-MINAM -- Límites Máximos Permisibles para las Emisiones Gaseosas y de partículas de las Actividades del sub sector Hidrocarburos (Terra Vert, 2019).

Actualmente (marzo de 2019) se vienen realizando en la ciudad de Lima pruebas piloto con muestras de suelo transportadas desde el Lote 8.

El Grupo Séché - Kanay (Befesa) dispone de sistema de incineración ex situ en Villa El Salvador para tratar 20,000 ton anuales de desechos peligrosos hospitalarios.

Experiencia en Kuwait

Emgrisa en el periodo comprendido entre noviembre de 2013 y abril de 2014, realizó el tratamiento de 10,000 toneladas de suelos contaminados con hidrocarburos utilizando la técnica de desorción térmica en el campo petrolífero de Burgan (cercano a la ciudad de Kuwait).

Experiencia en México

La Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, S.A. de C.V. (Cominsa) cuenta con proyectos para el desarrollo de tecnologías especializadas y autorizadas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) para la remediación de suelos contaminados con hidrocarburos para eliminar pasivos ambientales en el norte de México.

Es interesante acotar que un área donde se indicaba un tratamiento mediante el proceso de biorremediación no funcionó. Después de investigar lo que estaba ocurriendo, relacionado a características del suelo: tipo, tamaño de partículas, origen, intemperización y otros; se obtuvo como resultado que el tipo de suelo y fragmentos de roca arcillosa imposibilitaba que el agua y microorganismos pudieran percolar (entrar) y, en consecuencia, hacer la limpieza en la matriz del suelo y rocas. En ese sentido, la porosidad de las rocas arcillosas, aunque era abundante, el tamaño de los poros era tan pequeño que no permitía el flujo e intercambio de agua o fluidos en el interior de la matriz. Por lo que se aptó por cambiar de tecnología y se decidió aplicar la desorción térmica. Se desarrolló un prototipo de equipo de desorción térmica para llevarlo a campo y ver si daba mejores resultados y funcionó, no había otra manera de remediar el suelo más que aplicando calor, una vez comprobado que funcionó el prototipo y haciendo varias pruebas, se pudo escalar a nivel industrial y preparar un equipo móvil para transportarlo.

Precisamente, el equipo se diseñó de acuerdo con la necesidad que había en ese sitio, donde existían ciertas particularidades del suelo y no con cualquier tecnología o proceso se podía limpiar.

Por esta razón, se seleccionó un tratamiento mediante la aplicación de calor, que fue lo que motivó el desarrollo del prototipo de desorción térmica, se hicieron las pruebas necesarias y se confirmó el funcionamiento de la tecnología aplicada. Una de las características importantes de la desorción térmica fue llegar a calentar el suelo sin calcinarlo, el equipo desarrollado puede trabajar con temperaturas entre 100 y 400 grados Celsius y así lograr la separación del carburo por medio de volatilización.

Al hacer pruebas en campo, ajuste de variables y más pruebas con el prototipo, se pudo analizar muestras de suelo en el laboratorio, detectándose que concentraciones de 15 mil partes por millón (ppm) de hidrocarburos en el suelo, al aplicar el tratamiento se lograba bajar dicha concentración a dos mil ppm, comprobando su funcionamiento y efectividad. Posteriormente, se escaló el equipo una vez comprobado el funcionamiento de la tecnología. De un prototipo con un rendimiento de 1.25 m³/hora de suelo tratado, a escala industrial alcanzaba un rendimiento de hasta 17 m³/hora, dependiendo de varios factores, sobre todo de la humedad.

Este equipo se utilizó posteriormente en forma satisfactoria en otros sitios con características similares, así como en áreas geográficas donde el agua es escasa y solo se obtiene para consumo humano, en zonas áridas generales y en áreas naturales protegidas.

Experiencia en Norte América

En Estados Unidos en 1980 se promulga la Ley General de Compensación y Responsabilidad de Respuesta Medioambiental, enmendada por la Ley de Enmiendas y Reautorización de Superfondos.

Un lugar de Superfondo (Superfund Site) corresponde a aquellos lugares identificados bajo un programa ambiental establecido por la EPA (Agencia de Protección Ambiental Federal) que están contaminados con desperdicios tóxicos.

Se le conoce como Superfund site porque es el nombre que estableció la ley (CERCLA⁷⁷) en el año 1980 para identificar y luego realizar los trabajos limpieza en vertederos tóxicos. Hoy día el programa de Superfondo atiende miles de lugares alrededor de los estados y territorios estadounidenses.

El Cuadro 5-7 presenta un resumen de proyectos del Superfondo donde se ha utilizado satisfactoriamente esta tecnología en Norte América.

Listado de referencias bibliográficas que soportan la aplicación de la tecnología de Desorción Térmica:

- ✚ CERCLA. Sigla en inglés de la "Ley Integral de Respuesta Ambiental, Compensación y Responsabilidad" (Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act) de 1980.
- ✚ Guía del ciudadano para la Desorción Térmica. EPA 542-F-01-003S
- ✚ Engineering Forum Issue Paper: Thermal Desorption Implementation Issues. John Blanchard and Robert Stamnes. EPA 540/F-95/031

⁷⁷ CERCLA. Sigla en inglés de la "Ley Integral de Respuesta Ambiental, Compensación y Responsabilidad" (Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act) de 1980.

- ✚ Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, S.A. de C.V. (Comimsa)
- ✚ Empresa para la Gestión de Residuos Industriales, S.A., S.M.E., M.P. – Emgrisa, experiencias en Perú y en Kuwait
- ✚ Empresa para la Gestión de Residuos Terra Vert, 2019
- ✚ Empresa para la Gestión de Residuos Industriales – Séché
- ✚ Thermal Desorption Treatment. Engineering bulletin. EPA/540/2-91/008
- ✚ Guide for conducting treatability. Studies under CERCLA: Thermal Desorption. EPA/540/R-92/074 B
- ✚ A Process Description of Terra Therm's Thermal Desorption Process.
- ✚ Treatment Technologies for Site Cleanup: Annual Status Report (ASR), Tenth Edition, EPA 542-R-01-004
- ✚ Innovative Remediation Technologies: Field Scale Demonstration Project in North America, 2nd Edition
- ✚ Remediation Technology Cost Compendium - Year 2000
- ✚ Treatment Experiences at RCRA Corrective Actions, December 2000, EPA 542-F-00-020
- ✚ Abstracts of Remediation Case Studies, Volume 4, June, 2000, EPA 542-R-00-006

- Guide to Documenting and Managing Cost and Performance Information for Remediation Projects - Revised Version, October, 1998, EPA 542-B-98-007
- ✚ Anderson, W.C., 1993. Innovative Site Remediation Technology Thermal Desorption, American Academy of Environmental Engineers.
- ✚ California Base Closure Environmental Committee (CBCEC), 1994. Treatment Technologies Applications Matrix for Base Closure Activities, Revision 1, Technology Matching Process Action Team, November, 1994.
- ✚ EPA, 1988. Shirco Infrared Incineration, EPA RREL, series includes Technology Evaluation Peake Oil, EPA/540/5-88/002a; Technology Evaluation Rose Township, EPA/540/5-89/007a; Technology Evaluation Rose Township Vol. II, EPA/540/5-89/007b, PB89-167910; Applications Analysis, EPA/540/S5-89/010; Technology Demonstration Summary, EPA/540/S5-89/007; Demonstration Bulletin, EPA/540/M5-88/002; and Technology Evaluation Report Peake Oil Vol. II, EPA/540/5-88/002B, PB89-116024.
- ✚ EPA, 1989. American Combustion Oxygen Enhanced Incineration, EPA RREL, series includes Technology Evaluation, EPA/540/5-89/008; Applications Analysis, EPA/540/A5-89/008; Technology Demonstration Summary, EPA/540/S5-89/008; and Demonstration Bulletin, EPA/540/M5-89/008.
- ✚ EPA, 1992. A Citizen's Guide to Thermal Desorption, EPA, OSWER, Washington, DC, EPA/542/F-92/006.
- ✚ EPA, 1992. Low Temperature Thermal Treatment (LT3) System, Demonstration Bulletin, Washington, DC, EPA/540/MR-92/019.
- ✚ EPA, 1992. Ogden Circulating Bed Combustor McCall Superfund Site, EPA RREL, Technology Evaluation, EPA/540/R-92/001; and Demonstration Bulletin, EPA/540/MR-92/001.
- ✚ EPA, 1992. Roy F. Weston, Inc. Low Temperature Thermal Treatment (LT3) System, EPA RREL, Demonstration Bulletin, EPA/540/MR-92/019; and Applications Analysis, EPA/540/AR-92/019.
- ✚ EPA, 1993. Low Temperature Thermal Aeration (LTTA) System, Canonie Environmental Services, Inc., EPA RREL, Demonstration Bulletin, EPA/540/MR-93/504.
- ✚ EPA, 1993. X-TRAX Model 100 Thermal Desorption System Chemical Waste Management, EPA RREL, Demonstration Bulletin, EPA/540/MR-93/502.

- ✚ EPA, 1994. Thermal Desorption System, Clean Berkshires, Inc., EPA RREL, Demonstration Bulletin, EPA/540/MR-94/507; and Capsule, EPA/540/R-94/507a.
- ✚ EPA, 1994. Thermal Desorption Treatment, Engineering Bulletin, EPA/540/5-94/501.
- ✚ EPA, 1994. Thermal Desorption Unit, Eco Logic International, Inc., EPA RREL, Demonstration Bulletin, EPA/540/MR-94/504.
- ✚ EPA, 1997. Best Management Practices (BMPs) for Soil Treatment Technologies: Suggested Operational Guidelines to Prevent Cross-media Transfer of Contaminants During Clean-UP Activities, EPA OSWER, EPA/530/R-97/007.
- ✚ Federal Remediation Technologies Roundtable, 1995. Remediation Case Studies: Thermal Desorption, Soil Washing, and In Situ Vittrification, EPA/542/R-95/005.
- ✚ Federal Remediation Technologies Roundtable, 1998. Remediation Case Studies: Ex Situ Soil Treatment Technologies (Bioremediation, Solvent Extraction, Thermal Desorption), EPA/542/R-98/011
- ✚ Federal Remediation Technologies Roundtable, 1998. Remediation Case Studies: In Situ Soil Treatment Technologies (Soil Vapor Extraction, Thermal Processes), EPA/542/R-98/012
- ✚ Johnson, N.P., J.W. Noland, and P.J. Marks, 1987. Bench-Scale Investigation of Low Temperature Thermal Stripping of Volatile Organic Compounds from Various Soil Types: Technical Report, AMXTH-TE-CR-87124, USATHAMA.
- ✚ Lighty, J., et al., 1987. The Cleanup of Contaminated Soil by Thermal Desorption, Presented at Second International Conference on New Frontiers for Hazardous Waste Management, EPA Report EPA/600/9-87/018.
- ✚ Marks, P.J. and J.W. Noland, 1986. Economic Evaluation of Low Temperature Thermal Stripping of Volatile Organic Compounds from Soil, Technical Report, AMXTH-TE-CR-86085, USATHAMA.
- ✚ McDevitt, N.P., J.W. Noland, and P.J. Marks, 1986. Bench-Scale Investigation of Air Stripping of Volatile Organic Compounds from Soil: Technical Report, AMXTH-TE-CR-86092, USATHAMA.
- ✚ U.S. Army, August 1990. The Low Temperature Thermal Stripping Process, USATHAMA, APG, MD, USATHAMA Cir. 200-1-5.

Cuadro 5-10 Tratamientos térmicos ex situ para suelos, sedimentos y lodos.

Nombre del sitio/Contacto	Tecnología/Vendedor	Tratamiento (matriz)	Contaminantes tratados	Parámetros de operación	Manipulación de materiales	Gestión de residuos	Comentarios
Demostración de la EPA Hamilton Port, Canadá 1992 Gordon Evans (513) 569-7684	Reducción en fase gas térmico	Suelos, lodos, líquidos y gases	Hydrocarburos, PCB, PAH, clorofenoles, pesticidas	850° C o superior 25 toneladas/día	Reducción de hidrocarburos en presencia de hidrógeno	Corriente de efluente gaseoso	Reactor móvil.
HWAAP Hawthorne, NV Louis Kanaras, USAEC (410) 612-2054	Descontaminación por gas caliente	Suelos	Eliminación del 99,99% de trinitrotolueno (TNT)				Demostración con éxito a escala piloto
Demostración de la EPA Babcock & Wilcox, OH Laurel Stanley (513) 569-7863	Ciclón del horno	Suelos	Orgánicos y metales	438 ° C	La acción de remolino mezcla el aire y el combustible	El producto final se parece a vidrio volcánico (similar al producto de ISV)	US\$ 528/tonelada de suelo.
Demostración de la EPA Instalación de Investigación de Ogden San Diego, CA Douglas Grosse (513) 569-7844	Lecho de combustible circulante (CBC)	Suelo, lodos, líquidos, sólidos	Halogenados y no halogenados orgánicos compuestos, PCB, dioxinas	CBC 16 pulgadas de diámetro, 788-871 ° C, alimentación de residuos <1 pulgada	Zona de combustión altamente turbulenta. Mezcla de residuos con cal para neutralizar gases ácidos	Valor de Eficiencia de destrucción y remoción (DRE) de 99,99% para principales orgánicos. Disposición de ceniza tratada.	Emisiones de óxido de azufre controladas mediante la adición de cal.
Demostración de la EPA SITIO Monaca, PA 1991 Donald Oberacker (513) 569-7510	Reactor de llama HRD	Residuos, suelo, sólidos, líquidos, polvo, escoria, de lodos con alto contenido de metales	Metales (zinc, plomo, arsénico, plata, oro) y compuestos orgánicos	La combustión en O ₂ cámara aumentada a 2.000 ° C	Requiere desechos secos	Escoria no lixiviable, disposición en vertedero	Procesamiento secundario con escoria de plomo fundida procesada de soda por US\$ 932/ton. 1 a 3 toneladas/CAP horas.
EPA SITIO Población (1) Tampa, FL, agosto/1987 (2) Municipio de Rose/Demodé Camino Sitio Superfondo, MI, noviembre/1987 John F. Martin (513) 569-7696	Incineración: destrucción térmica infrarroja	Suelo, sedimento, desechos orgánicos líquidos mezclados con arena o tierra	Orgánicos	Calor radiante infrarrojo de hasta 1,010 ° C	Puede ser necesario restringir los niveles de cloruro en la alimentación.	PCBs cumplen con la norma TSCA de 2 ppm en cenizas	El valor DRE de los PCBs fue mayor que 99,99% basado en los límites de detección. Los estándares RCRA para las emisiones de partículas fueron cuestionables.

Cuadro 5-10 Tratamientos térmicos ex situ para suelos, sedimentos y lodos.

Nombre del sitio/Contacto	Tecnología/Vendedor	Tratamiento (matriz)	Contaminantes tratados	Parámetros de operación	Manipulación de materiales	Gestión de residuos	Comentarios
Sitio Petrolero Pike Tampa, FL Howard O. Wall EPA RREL (513) 569-7691	Escala completa: unidad de incineración móvil infrarroja	Suelo	Lodos de petróleo (PCBs y plomo)				US\$ 180 a US\$ 800/tonelada métrica (US\$ 164- US\$ 730/tonelada)
Savanna AD Savanna, IL Michael G. Cosmos (610) 701-7423	Sistema de incineración transportable a escala completa.	75,000 toneladas de suelo	1,000 ppm trinitrotolueno (TNT) Niveles alcanzados: <1 ppm				US\$ 180/tonelada métrica (US\$ 173/ton)
Depósito de chatarra Lauder Beardstown, IL Michael G. Cosmos (610) 701-7423	Sistema de incineración transportable a escala completa.	Suelo	De 12,000 ppm de PCB a <1 ppm				US\$ 200/tonelada métrica (US\$ 180/tonelada)
Demonstration DOE Energy Technology Engineering Center, ORNL LANL Lawrie H. Taylor (301) 903-8119	Pirólisis: proceso de oxidación con sal fundida	Líquidos y sólidos	Radionucleidos orgánicos, crudo, grafito, agentes de guerra químicos y explosivos	800-1,000 ° C tiempo de residencia típico es de 2 segundos	Residuos pasados a través de un lecho de rociado de sal fundida turbulenta.	Gas liberado filtrado antes de su descarga	US\$ 500/ton.
HT-V TDI Thermal Dynamics	Unidad de desorción térmica móvil por el modo pirolítico	Suelo	dioxinas Remoción 99.99%				
Deutsche Babcock Anlagen AG	Pirólisis - desorber y quemar volátiles	Suelo	compuestos aromáticos policíclicos; remoción 99,77%				
Wide Beach Sitio Superfondo NY SoilTech, Inc.	Pirólisis - procesamiento térmico anaeróbico (ATP), horno rotatorio calentado indirectamente	Suelo	Desde 5,000 ppm de PCB a <2 ppm				US\$ 290/tonelada métrica (US\$ 265/tonelada)
EPA Acción correctiva McKin, ME Julio/1986 a Febrero/1987 Shelia Eckman (617) 573-5784	Desorción térmica Canonie Env. Services Corp., Porter, IN	Suelo (8,800 m³ a una profundidad de 3 metros)	Criterios de COV: 0.1 ppm TCE Entrada: Hasta 1,000 ppm TCE Salida: 0.1 ppm	Operación continua 6 a 8 minutos de tiempo de retención 150 ° C	Excavación	Suelos - solidificados y dispuestos en el sitio Vapores - captura de carbono del aire	Vertedero industrial.

PY 1801 – PLAN DE REHABILITACIÓN DEL SITIO IMPACTADO S0114 (Sitio 14)
Servicio de Consultoría para elaborar los Planes de Rehabilitación de 13 sitios impactados
por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes

Cuadro 5-10 Tratamientos térmicos ex situ para suelos, sedimentos y lodos.

Nombre del sitio/Contacto	Tecnología/Vendedor	Tratamiento (matriz)	Contaminantes tratados	Parámetros de operación	Manipulación de materiales	Gestión de residuos	Comentarios
EPA Acción correctiva Otteti y Goss, NH Junio/1989 a septiembre/1989 Stephen Calder (617) 573-9626	Desorción térmica Ingeniería Canonie Porter, IN	Suelo (4,587 m³)	TCE, PCE, DCA, benceno Criterios: 1 ppm - Total VOCs y <100 ppm cada voc Salida individual: <compuestos orgánicos volátiles totales 1 ppm	Proceso por lotes (batches)	Excavación	Carbono de la unidad de control de polución del aire regenerada fuera del sitio	Para obtener más información sobre este proyecto, ver el informe de cierre disponible de la EPA Región I.
EPA Acción correctiva Outboard Marina, Waukegan Harbor (OU 3), IL Enero/1992 a julio/1992 Cindy Nolan (312) 886-0400	Desorción térmica Servicios Medioambientales, Canonie Porter, IN	Suelo/sedimentos (12,233 m³)	PCB Inicial 20,000 - 100,000 ppm. Remoción 99%	Continúa con un tiempo de retención de 15 minutos y el rendimiento de 8 a 10 toneladas/hora Temperatura 595°C Contenido de humedad 20% o menos. Cenizas de soda se añaden a los residuos para satisfacer DRE de 99,9999%	Excavación se airea con el objeto de deshidratar el suelo	Suelo limpio y sedimentos se almacenan en el sitio en áreas de aislamiento. Aguas residuales descargadas de estación de depuración (POTW).	La reducción de los niveles de PCB mucho más de lo esperado.
EPA Acción correctiva Action Cannon Ingeniería/MA Mayo/1990 a Octubre/1990 Richard Goehert (617) 573-5742	Térmica. Aireación de suelos. Canonie Environmental Services Corp., Porter, IN	Suelo (11,300 toneladas)	Criterios: 0.1 ppm - TCE, DCE, PCE 0.2 - tolueno, xileno SVOCs - 3 ppm (total) Entrada: 0.5 - cloruro de vinilo 500 a 3,000 ppm (total de COVs) Salida: <0.25 ppm (COV totales)	Operación continua 40 toneladas/hora 230 a 260 ° C El contenido de humedad antes del tratamiento: 5 a 25% de humedad Aditivos Suelo seco (para reducir el contenido de humedad)	Excavación Cribado Mezclado Deshidratación	Residuos del control de polución del aire - dispuestos fuera del sitio (off site) Aguas Residuales - tratada en el sitio (on site)	La limitación del tamaño del residuo en la alimentación de los equipos (5 cm), fue una consideración importante. Más información se encuentra en el informe RA disponibles de la EPA Región I.
Acción de Remedación de la EPA Drexler RAMCOR, WA Julio/1992 a agosto/1992 Chris Field (206) 553-1674	Tratamiento con desorción térmica a baja temperatura. Tratamiento térmico de 3,000 tons.	3,000 toneladas de suelo (aproximadamente 2,294 m³)	Hidrocarburos de petróleo, compuestos aromáticos polinucleares, BTX (benceno, tolueno, etilbenceno, xileno) 200-ppm de TPH era el objetivo. TPH inicial estaba entre 70,000 ppm (valor alto) a 15,000 - 20,000 ppm (valor promedio)	16 horas/día 12 a 15 toneladas/hora Temperatura de operación de hasta 370 ° C	Producto de la excavación, remoción de materiales mayores de 2 pulgadas de diámetro. Estación de lavado para para partículas mayores de 2 pulgadas de diámetro. Limpieza con vapor de esas partículas.	Suelo tratado se relleno en las áreas excavadas en el sitio. El suelo que no cumple con los objetivos se retiró. Aguas residuales se trataron en el sitio a través de filtros de carbono.	Costo total de aproximadamente US\$ 250,000.

Cuadro 5-10 Tratamientos térmicos ex situ para suelos, sedimentos y lodos.

Nombre del sitio/Contacto	Tecnología/Vendedor	Tratamiento (matriz)	Contaminantes tratados	Parámetros de operación	Manipulación de materiales	Gestión de residuos	Comentarios
Demostración de la EPA ReSolve, Inc., Sitio Superfondo, MA 1992 Paul dePercin (513)569-7797 Carl Palmer (803) 646-2413	Desorción térmica X * TRAX™	Suelo	COV, SVOCs, y PCBs Eficiencia de remoción media de PCB: 99%	Secador rotatorio a la temperatura de, 400-510 ° C	Técnica de separación	Emisión de aire orgánico insignificantes. No se detectó PCBs en gases de ventilación	Las concentraciones de metales y las propiedades físicas del suelo no fueron alteradas por el sistema.
Demostración de la EPA Sitio Superfondo Wide Beach Development, Nueva York y Outboard Marine Corp., IL 1991 y 1992 Paul dePercin (513) 569-7797	Proceso térmico anaeróbico	Suelos y desechos de refinería	PCBs (reducción de 99%), plaguicidas clorados, y COV	zonas térmicas: precalentamiento, reborta, combustión, y refrigeración	El mezclado ocurre en el horno rotativo	Vaporizado de corriente de contaminante a través de ciclón, filtro de mangas, lavador, y carbón.	No se generó dioxinas o furanos.
Demostración de la EPA Empresa de energía Niágara Mohawk Power Co., Nueva York junio 1991 Ronald Lewis (513) 569-7856	Procesamiento térmico a alta temperatura	Sólidos y lodos	COV, SVOCs y PCBs	454 ° C, 65 ° C para una manipulación segura	Tornillos rotatorios mueven el material	Controlado por un sistema de condensación indirecta y lechos de carbón activado	No es adecuado para los metales pesados. Tanizado (cribado) necesario para obtener partículas <1 pulgada.
Demostración de la EPA Pesticidas sitio, AZ 1/09/1992 Paul DePercin (513)569-7797 Chetan Trivedi (219)926-7169	Aireación térmica a baja temperatura (LTTA®)	Suelos, sedimentos y lodos	Eficiencias en la remoción: > 99% -COVs @ 5,400 mg/kg > 92% -pesticidas @ 1,500 mg/kg 67-96% SCOVs @ 6.5 mg/kg	427 ° C	Material seco, amasado, separadores ciclónicos, de mangas, lavador Venturi, GAC.	Tratamiento de aire de salida y el líquido con GAC. No genera dioxinas o furanos.	Rendimiento eficiente, sin tiempo de inactividad.
Demostración del ejército Letterkenny Army Depot, PA Ago/85 a Sept/85 Capt. Kevin Keenan (410)671-2054 Mike Cosmos (610)701-7423	Purga térmica de baja temperatura	Suelo	COVs (disolventes clorados y combustibles); destrucción 99.9%	Hasta 340 ° C	Procesamiento térmico mediante agitamiento con tomillo sin fin	Efluente gaseoso con contaminantes concentrados.	Nitrógeno se puede utilizar si los contaminantes son explosivos.

Cuadro 5-10 Tratamientos térmicos ex situ para suelos, sedimentos y lodos.

Nombre del sitio/Contacto	Tecnología/Vendedor	Tratamiento (matriz)	Contaminantes tratados	Parámetros de operación	Manipulación de materiales	Gestión de residuos	Comentarios
Demostración EPA y ejército Tinker AFB, OK y Anderson Desarrollo Co Sitio Superfondo, MI 1989 Paul dePercin (513)569-7797 Capt. Kevin Keenan (410)671-2054 Mije Cosmos (610)701-7423	Tratamiento térmico a baja temperatura (LT ³ ®)	Suelo	COV y SCOVs: combustible diésel, gasolina y PAHs	Área requerida: 470 m ² . El suelo se calentó a 200-260 ° C. Capacidad de tratamiento fue de 8-9 ton/hora.	Cubierta que alberga transportadores de tornillo inter- engranados.	Fases orgánicas son dispuestas fuera del sitio	Todos los objetivos de limpieza se cumplieron cuando el suelo se calentó por encima de 105 ° C.
Demostración en SITIO EPA Fondo EPA para la Investigación de la combustión, Jefferson, AK Nov/1987 a enero/1988 Laurel Stanley (513)569-7863	Destrucción térmica PYRETRON®	Suelo, lodos, residuos sólidos	Orgánicos	Combustión mejorada de O ₂	40% de suelo contaminado, 60% de lodo de alquitrán del tanque decantador de operaciones de coquización	DRE para todos los POHC> 99,99%	No es adecuado para desechos acuosos, metales pesados RCRA, o residuos inorgánicos.
Alaskan Battery Sitio Superfondo, Fairbanks, AK Hugh Masters EPA RREL	Desorción térmica Enfatizando la separación por gravedad y clasificación de tamaño de partícula	Suelo	De 2,280- 10,374 ppm de plomo a 15-2,541 ppm de plomo				US\$ 182/tonelada métrica (US\$ 165/tonelada)
Escambia Wood Empresa de tratamiento Sitio Superfondo Pensacola, FL Terry Richardson EPA RREL	Desorción térmica con énfasis en el tamaño de partícula y la adición de tensioactivo (surfactante)	Suelo	De 550- 1700 ppm de hidrocarburos aromáticos policíclicos y 48-210 ppm PCP a 45 ppm PAHs y 3 ppm PCP				US\$ 151/tonelada métrica (US\$ 137/tonelada) (proyectado)
Pristine, Inc., Reading, OH Tom Alamo EPA de los EE. UU. (312)886-7278	Desorción térmica	Los suelos con una amplia gama de condiciones de pH y la humedad. 11,500 toneladas de suelo	COVs hasta 0.14 ppm; SCOVs hasta 130 ppm; 4,4-DDT que van desde 0.11 hasta 8.2 ppm; El plomo que va desde 26 a 1,100 > 99,99% de destrucción y remoción. Eficiente para los HAP y pesticidas.	Tratados a 545 a 557° C.			

PY 1801 – PLAN DE REHABILITACIÓN DEL SITIO IMPACTADO S0114 (Sitio 14)
Servicio de Consultoría para elaborar los Planes de Rehabilitación de 13 sitios impactados
por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes

Cuadro 5-10 Tratamientos térmicos ex situ para suelos, sedimentos y lodos.

Nombre del sitio/Contacto	Tecnología/Vendedor	Tratamiento (matriz)	Contaminantes tratados	Parámetros de operación	Manipulación de materiales	Gestión de residuos	Comentarios
TH Agriculture & Nutrition Company Sitio Superfondo, Albany, GA R. Donald Rigger (404)347-3931	Desorción térmica	42,000 toneladas de suelo	Pesticidas organoclorados (OLC) Concentración de pesticidas OLC: > 1000 mg/kg > 98% eficiencias de remoción promedio	Se trató a 445 a 582 ° C durante 15 minutos.			El costo del tratamiento: US\$ 849,996, antes del tratamiento costo: US\$ 252,582 mil. US\$ 200 por tonelada o US\$ 445 por metro cúbico de suelo tratado.
Anderson Development Company Sitio Superfondo, Adrian, MI Jim Hahnenburg (312)353-4213	Tratamiento a escala completa usando un sistema térmico de tornillo hueco sin fin como transportadores.	5,100 toneladas de suelo	Compuestos orgánicos volátiles, hidrocarburos aromáticos policíclicos y metales pesados	Se trató a 260-277 ° C durante 90 minutos.			
McKin Compañía Sitio Superfondo, Gray, ME Sheila Eckman (617)573-5784	Desorción térmica	8,792 metros cúbicos de suelo	3,310 mg/kg de TCE, 130 mg/kg de etilbenceno, 35 mg/kg de tolueno. Tratada a <0,1 mg/kg de TCE, <1 mg/kg de otros compuestos orgánicos volátiles	Se trató a 120-204 ° C durante 6 minutos.			Costo total: US\$ 2,900,000

Fuente: Técnicas innovadoras de tratamiento: Reporte de Estatus Anual (EPA, octava edición, noviembre de 1996).
Tecnologías Innovadoras de Remediación en Proyectos en América del Norte (EPA, agosto, 1996)

5.5.4 Análisis de costo/efectividad de las posibles alternativas.

Cabe señalar, que la efectividad se consigue cuando la relación entre los objetivos iniciales y los resultados obtenidos se hace óptima.

La relación costo/efectividad (ACE) permite evaluar y jerarquizar en función de sus costos y efectividad la técnica de remediación ambiental del sitio que cumpla con los objetivos iniciales planteados.

Se aclara que la ACE es diferentes al Análisis Costo/Beneficio (C/B), esta última tiene como objetivo, determinar si un proyecto es eficiente económicamente.

Las características de la metodología ACE son:

- Permite la evaluación de alternativas de técnicas en función de su costo y sus efectos con respecto al grado de remediación esperado.
- Se requiere una medida común de efectividad, en este caso el volumen estimado a remediar.
- Como resultado, se obtendría como resultado que la Alternativa “A” es más costo-efectiva que alternativa “B” considerando el mismo resultado.

Siguiendo con la metodología, se propone el uso de la siguiente fórmula para cada alternativa seleccionada:

$$ACE = E / C$$

$$E = (\% Efc \times Vtr) / tr$$

Donde:

- ACE: Relación costo/efectividad.
- E: Efectividad, que viene dado por:
 - % Efc: Porcentaje de efectividad de la técnica de remediación.
 - Vtr: Volumen total a remediar.
 - tr: Tiempo requerido.
- C: Costo de la técnica: el cual es estimado con base a la revisión bibliográfica.

Una vez obtenido el valor para cada alternativa, se selecciona aquella con el mayor valor (ACE) obtenido.

En este sentido, para el sitio S0114 (Sitio 14) se determina cada valor para las potenciales alternativas seleccionadas:

A. Aislamiento con geomembrana

- Porcentaje de efectividad de la técnica de remediación:

Considerando la extracción suelo superficial que representaría un riesgo a la salud y al ambiente, la efectividad de la técnica en cuanto a remediación del sitio es del 100 %. Cabe señalar, que la efectividad está dada por los resultados sobre el sitio, y no de la técnica *per se*.

- Volumen de suelo a remediar:

El volumen de suelo a remediar se estimó en 11 727 m³ (22 100 t aproximadamente) posteriormente en el ítem 5.6.1 Superficie y volumen por remediar y rehabilitar de acuerdo con el

objetivo definido, se presenta el detalle de la estimación del mismo.

- Tiempo requerido:

Se considera el tiempo de extracción del material del sitio impactado y el tiempo que toma el confinamiento del material en el área de aislamiento. Se estima un tiempo aproximado de 8 meses para su manejo a través de esta técnica de aislamiento con geomembrana.

- Costo de la técnica:

En general, el costo de la técnica de aislamiento con geomembrana se encuentra en un rango variable de 200 a 300 US\$/m³. Estimando un costo de 300 US\$/m³:

B. Estabilización/Solidificación

- Porcentaje de efectividad de la técnica de remediación:

Considerando la extracción suelo superficial impactado que representaría un riesgo a la salud y al ambiente, la efectividad de la técnica en cuanto a remediación del sitio es del 80 %.

- Tiempo requerido:

Se considera el tiempo requerido para la extracción de suelo según el volumen señalado más el tiempo para su estabilización con cal y su solidificación con cemento y finalmente su colocación en el mismo sitio impactado, para lo cual se estima un tiempo de 7 meses aproximadamente.

- Costo de la técnica:

En general, el costo de la técnica de estabilización/solidificación se estima un costo de 250 US\$/m³:

C. Desorción térmica

- Porcentaje de efectividad de la técnica de remediación:

Se considera que el proceso de desorción térmica tiene una efectividad que podría estar en el orden del 100 %⁷⁸.

- Tiempo requerido:

Se estima el tiempo requerido para la aplicación de la desorción térmica al volumen de suelo contaminado en 4 meses aproximadamente.

- Costo de la técnica:

El costo de la técnica puede variar entre 100 - 600 US\$/m³, para objeto de cálculo se estima (basado en información de contratistas) en 500 US\$/m³.

En los siguientes cuadros, se presenta el resumen comparativo y el resultado del análisis – costo efectividad de las alternativas evaluadas.

⁷⁸ Thermal Desorption Treatment. Engineering bulletin. EPA/540/2-91/008
Guide for conducting treatability. Studies under CERCLA: Thermal Desorption. EPA/540/R-92/074 B

Cuadro 5-11 Resumen de alternativa sitio S0114 (Sitio 14)

Tecnología remediación	Efectividad %	Volumen (m3)	Tiempo (meses)	Costo (\$/m³)
Desorción térmica <i>ex situ</i>	100 %	11 727	4	500
Aislamiento con geomembrana <i>ex situ</i>	100 %		8	300
Estabilización/Solidificación <i>ex situ</i>	80 %		7	250

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

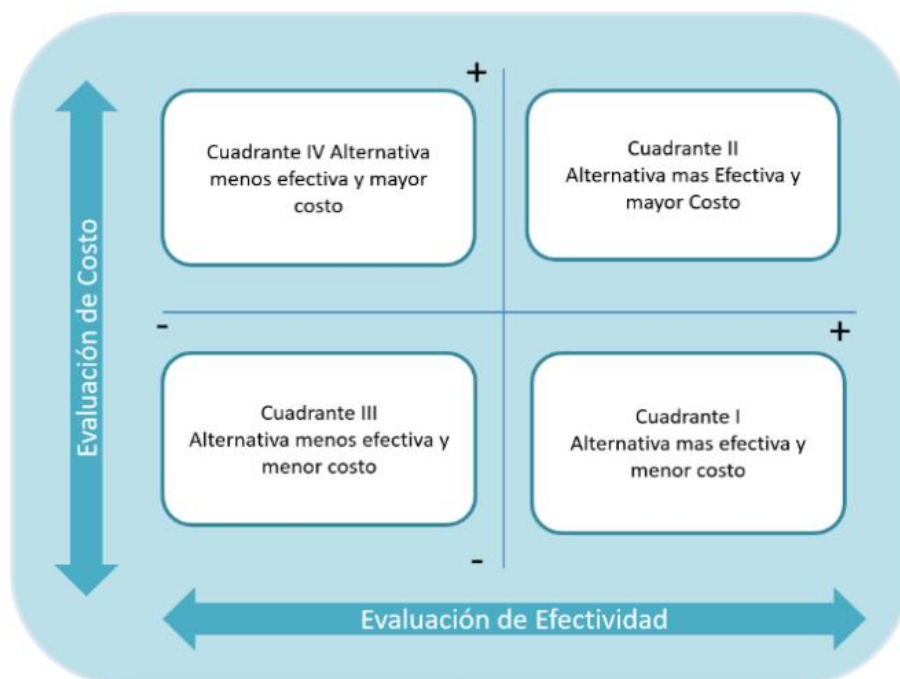
Cuadro 5-12 Resultados del análisis costo-efectividad sitio S0114 (Sitio 14)

Tecnología	Efectividad (%)	Costo (US\$/ m³)	ACE
Desorción térmica <i>ex situ</i>	2 931,75	500	5,86
Aislamiento con geomembrana <i>ex situ</i>	1 465,88	300	4,89
Estabilización/Solidificación <i>ex situ</i>	1 340,23	250	5,36

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

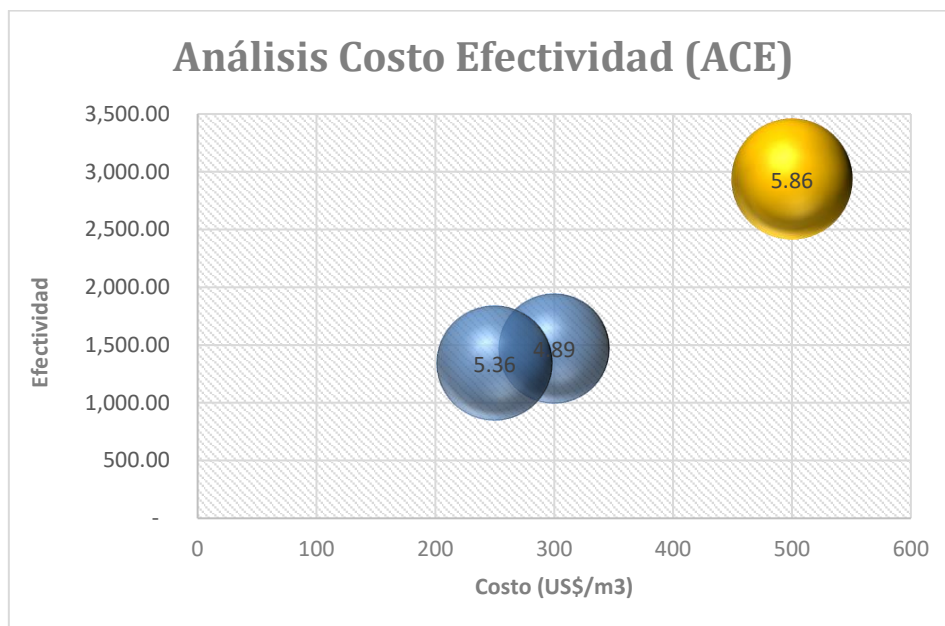
En este sentido, la alternativa con el mayor valor (ACE) resultó el **Desorción térmica *ex situ***, este resultado se puede apreciar en la Figura 5-5, donde la esfera de mayor tamaño representa la mejor relación Costo/Efectividad.

Figura 5-5 Relación costo-efectividad



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Figura 5-6 Resultado Gráfico del ACE por técnica evaluada



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

5.5.5 Propuesta seleccionada de acciones de remediación.

Como producto del desarrollo de las distintas etapas de análisis para la selección de la alternativa tecnológica de remediación, las cuales se desarrollan a lo largo de este documento, se determinó que la tecnología **desorción térmica *ex situ*** resulta la más viable, técnica y económicamente para el tratamiento del suelo contaminados con Hidrocarburos poliaromáticos y fracción F2 para el sitio S0114 (Sitio 14). El Anexo 6.4.3 muestra el plano del sitio impactado con las acciones de rehabilitación a ser ejecutadas en este.

La desorción térmica está basada en la eliminación de los compuestos orgánicos que afectan al suelo mediante la aplicación de calor, de modo que aquéllos son volatilizados y/o descompuestos. Por lo tanto, se está hablando de un método que en sentido estricto no incinera el suelo, sino que evapora y oxida sus agentes contaminantes sin alterar la estructura del mismo. Es decir, la desorción térmica usa el calor para separar físicamente los contaminantes de la tierra, mientras que la incineración usa el calor para destruir los contaminantes.

El material tratado será dispuesto, una vez comprobada su inocuidad, en el espacio de donde fue retirado del sitio impactado y se completará en el sitio con material de préstamo, cuya ubicación estará sujeta a un estudio de localización de sitios potenciales de préstamo, en consenso con las comunidades nativas y con la operadora petrolera de la localidad. Por otro lado, el suelo tratado por desorción térmica es un suelo química y orgánicamente empobrecido, lo que obliga a su enmienda con fertilizantes para promover el establecimiento de actividad biológica (microbiana).

Es importante destacar que toda selección de una ubicación dentro del área operativa deberá estar autorizada por la operadora a cargo de las operaciones petroleras en el sitio.

5.5.6 Análisis de los riesgos operacionales para la ejecución de las actividades y en concordancia con la experiencia en campo.

Para la ejecución de las actividades de remediación, se debe considerar las medidas y estándares para trabajos que implican la carga de materiales pesados, el ingreso en áreas de selva, el trabajo con maquinaria pesada, el almacenamiento de combustibles y químicos.

Por otra parte, una adecuada implantación de áreas de trabajo (incluyendo las instalaciones de soporte) es crítica para la seguridad y eficacia de las operaciones de excavación, retirada y tratamiento en el procesamiento térmico, eliminando o disminuyendo así los riesgos operacionales para la ejecución de las actividades de campo.

En este sentido, como primera línea se debe establecer zonas de trabajo y su ubicación dependerá del tipo de actividad. Por ejemplo, en el Centro de tratamiento, el área donde se realiza la desorción térmica debe ser una zona contaminada o también conocida como “en caliente”; con todas las normas y señalizaciones correspondientes, incluyendo las medidas de descontaminación del personal y equipos a la salida de la misma en una zona denominada la zona de transición, igualmente las labores administrativas y de atención médica de emergencia se llevaría a cabo en la zona distinta conocida como zona limpia.

Es importante la ubicación del área de almacenamiento de suelo contaminado con base en la dirección del viento y la información del terreno disponible sobre la localización misma.

Independientemente del tipo de equipo usado para la excavación y el manejo de los materiales a retirar, se deben seguir ciertos procedimientos estándar de operación y prácticas de seguridad.

A) Peligros físicos

- Descripción: Las unidades de tratamiento de desorción pueden exponer a los trabajadores a niveles elevados de ruido en el área de trabajo debido a la operación de sopladores de aire, bombas y el encendido de combustibles dentro de la cámara de combustión.

Control: Las normas y reglamentos de seguridad e higiene industrial deben seguirse para abordar el ruido. El equipo de protección personal (EPP) debe incluir protección auditiva. Deben establecerse áreas libres de ruido durante las operaciones para proporcionar interrupciones del ruido, que pueden causar fatiga y falta de atención.

- Descripción: Las unidades de desorción térmica que no funcionan por debajo de la temperatura de fusión de ceniza pueden hacer que el material de desecho sólido se vitrifique en una gran masa caliente dentro de la unidad. La acumulación de calor y presión resultante puede exceder la presión nominal del equipo de la unidad, posiblemente causando un incendio o explosión y la posible liberación de materiales de desecho.

Control: El funcionamiento de la unidad debe seguir las especificaciones técnicas para la remediación de suelos contaminados por desorción térmica. Este estándar, en parte, requiere:

- *Plan de puesta en marcha*
- *Prueba del plan de rendimiento que enumera las condiciones operativas propuestas para que los parámetros del proceso sean monitoreados y registrados continuamente*
- *Plan operativo que especifique procedimientos detallados para el funcionamiento continuo del sistema, basado en la prueba de los resultados de rendimiento*
- *Plan de desmovilización*
- *Dotación de equipos contra incendios*

- Descripción: la desorción térmica generalmente requiere el almacenamiento de combustibles inflamables o combustibles. Los peligros asociados con los combustibles inflamables / combustibles incluyen la posibilidad de derrames en el sitio o la liberación de material. La liberación puede causar la exposición del trabajador a los vapores generados o puede existir un riesgo de incendio si el material se enciende.

Control: Se debe considerar la posibilidad de garantizar que el tipo de tanques utilizados sea adecuado, que esté equipado con dispositivos de alivio de presión y que estén encerrados para ayudar a prevenir la liberación de material al entorno de trabajo. Los equipos eléctricos y los accesorios deben cumplir con las normas. El área también debe estar adecuadamente ventilada para ayudar a prevenir la acumulación de vapores inflamables. Sólo los trabajadores capacitados y con experiencia deben poder trabajar en el sistema. Todos los sistemas eléctricos se deben bloquear y etiquetar durante la reparación o el mantenimiento. Uso de equipos contra incendios con especificaciones dirigidas al tipo de materiales que se manejan en la operación.

- Descripción: Durante la excavación de materiales de desecho con bajos puntos de inflamación, los suelos saturados pueden encenderse por las chispas generadas cuando la cuchilla de la hoja de empuje o la oruga hace contacto con rocas u otros objetos. Si se debe triturar el suelo al tamaño adecuado antes de alimentarlo a la unidad de desorción, los materiales de desecho con valores de BTU superiores a los esperados pueden encenderse durante el proceso de trituración / clasificación.

Control: La aplicación periódica de agua a los suelos puede ayudar a controlar que los suelos no se inflamen. La humectación periódica del suelo antes y durante la trituración puede ser necesaria para evitar la ignición. El equipo de manejo de la tierra también puede estar equipado con cubos u hojas que no produzcan chispas. Dotación de equipos contra incendios.

- Descripción: Si el valor de BTU de la alimentación de desechos no se controla y la alimentación de alto valor de BTU ingresa a la unidad de desorción, la temperatura de la unidad puede exceder las especificaciones de diseño, lo que podría provocar un incendio o una explosión.

Control: Utilizar operadores y supervisores experimentados. Dotación de equipos contra incendios.

- Descripción: Dado que las unidades de tratamiento de desorción operan sistemas eléctricos en exteriores, los trabajadores pueden estar expuestos a riesgos de electrocución si el equipo eléctrico entra en contacto con el agua.

Control: Verifique que las clasificaciones de áreas peligrosas estén indicadas en los diagramas de zonificación de áreas/procesos. Todos los controles, cableado y equipos, incluida la protección adecuada contra fallas a tierra, deben cumplir con especificaciones técnicas.

- Descripción: Todo el equipo de transferencia (transportadores, tuberías, unidades de proceso e instrumentos) en contacto con materiales contaminados debe fabricarse con materiales que sean químicamente resistentes a ese producto químico dado.

Control: Los materiales de construcción deben ser revisados por resistencia química.

- Descripción: El proceso de desorción térmica puede usar altas temperaturas para calentar los materiales. Los materiales que se procesan saldrán del sistema en caliente, exponiendo a los trabajadores a posibles quemaduras térmicas.

Control: Se deben incluir sistemas de control de seguridad para proteger a las personas y al equipo. Las señales deben ser avisadas de altas temperaturas. Se pueden incluir barreras de seguridad para aislar secciones críticas del equipo

- Descripción: Los sistemas de transferencia, como los transportadores de tornillo o los sinfines, exponen a los trabajadores a lesiones si las extremidades o la ropa quedan atrapadas en el sistema.

Control: Los sistemas de transferencia deben incluirse en la mayor medida posible. Los controles de apagado de emergencia deben instalarse en varias ubicaciones.

- Descripción: Durante las actividades en el sitio, los trabajadores pueden estar expuestos a la luz solar directa e indirecta y la radiación ultravioleta (UV) correspondiente. La exposición a condiciones de calor y humedad también puede resultar en estrés por calor, que puede manifestarse como agotamiento por calor y golpe de calor.

Control: la exposición a la luz solar directa e indirecta se debe minimizar cuando sea posible en los meses de verano. Los trabajadores pueden minimizar la exposición directa al sol usando camisas de manga larga y pantalones largos, y aplicando protector solar con barrera UV. Si es posible, las áreas de trabajo y descanso deben estar sombreadas. La exposición al estrés por calor puede minimizarse tomando descansos frecuentes, tomando líquidos adecuados y realizando trabajos durante las primeras horas de la mañana y las últimas horas de la tarde.

- Descripción: Los trabajadores pueden estar expuestos a riesgos de radiación infrarroja asociados con el trabajo en las proximidades de las unidades de tratamiento de desorción térmica. La exposición, según la temperatura del equipo, la duración de la exposición y otras variables, puede aumentar el riesgo de cataratas.

Control: Los trabajadores deben minimizar su exposición a las superficies del equipo calentado. Si se requiere un trabajo prolongado, la protección ocular con el vidrio de protección de sombra adecuado puede ayudar a controlar la exposición a los ojos.

- Descripción: Los trabajadores pueden estar expuestos a peligros en espacios confinados durante la entrada al equipo de proceso para actividades de reparación, inspección o mantenimiento. Los peligros en espacios confinados pueden incluir la exposición a través de la ruta de inhalación a materiales tóxicos (por ejemplo, cloruro de vinilo) y / o la exposición a una atmósfera deficiente en oxígeno, o enredos.

Control: antes de la entrada en tanques, embarcaciones u otros espacios confinados, se pueden requerir pruebas de la atmósfera dentro del espacio. Los sistemas de manejo de aire deben estar diseñados para minimizar o eliminar las ubicaciones deficientes de oxígeno. Se pueden necesitar respiradores con suministro de aire para ayudar a controlar las exposiciones por inhalación a sustancias químicas tóxicas.

B) Peligros químicos

- Descripción: La exposición de los trabajadores a materiales de desecho puede ocurrir durante la excavación y el transporte de materiales de desecho. Los suelos secos pueden generar polvos en el aire contaminados con materiales tóxicos.

Control: los controles para prevenir la generación de polvos en el aire incluyen la humectación periódica del polvo y el uso de equipo de protección respiratoria.

- Descripción: Durante el funcionamiento de la unidad de desorción, los trabajadores pueden estar expuestos a subproductos de la combustión incompleta, como el monóxido de carbono, o a materiales tóxicos en el aire, como acetatos metálicos, mercurio y cloro.

Control: los desechos deben clasificarse antes de la desorción, y solo los materiales de desecho compatibles con el proceso deben introducirse en la unidad. Cuando tales materiales son

conocidos o sospechosos en los subproductos de desechos, el diseño del proceso y el tratamiento de los gases de escape deben controlar su generación y liberación. Si el control no es posible con el diseño, el personal debe operar con el PPE apropiado.

- Descripción: los trabajadores pueden estar expuestos a través de la ruta de exposición por inhalación durante el proceso de desorción térmica. Debido a que algunos contaminantes químicos, como los aceites combustibles, no se destruyen completamente en el proceso, pueden descargarse a través de la pila de escape en el área de trabajo.

Control: los vapores de escape deben recogerse y procesarse en una unidad de tratamiento de gases de escape. Las emisiones fugitivas son posibles si los sistemas no están diseñados para abordar estos problemas.

- Descripción: si el suelo o los materiales que se tratan son ricos en materiales a base de sílice, como el cuarzo, puede producirse la exposición de los trabajadores al polvo de sílice cristalina. Los suelos compuestos de limo y arcillas pueden crear atmósferas con altas concentraciones de polvo respirable.

Control: El material de alimentación y la ceniza deben mantenerse ligeramente húmedos para eliminar el polvo. Realice un mantenimiento adecuado y selle todas las fugas en el sistema de tratamiento térmico para reducir la generación de sílice emitida u otro polvo.

C) Peligros biológicos

- Descripción: los trabajadores pueden estar expuestos a una gran variedad de peligros biológicos, incluidas las serpientes, abejas, avispas, garrapatas, avispones y roedores durante cualquier fase de la remediación. Los síntomas de la exposición varían desde una leve irritación hasta un shock anafiláctico y la muerte.

Control: se deben realizar inspecciones periódicas del sitio para identificar nidos de insectos que pican y para detectar la presencia de serpientes. Los trabajadores deben revisar la piel y la ropa en busca de garrapatas periódicamente durante el día de trabajo.

Adicionalmente, parte de las medidas preventivas y correctivas requeridas para evitar accidentes durante el transporte de suelo contaminado o para controlar las emisiones al medio ambiente durante la excavación y retirada del suelo contaminado pueden ser:

- El suelo extraído producto de la excavación debe ser almacenado en un área temporal para ser transportados posteriormente al centro de tratamiento. La cual debe cumplir con los requerimientos adecuados para tal fin, lo mismo debe aplicar para el almacenamiento en el centro de tratamiento.
- Las áreas de operación para el trasiego y tratamiento de suelos contaminados deben estar niveladas, para prevenir el encharcamiento; recubiertas con polietileno o arcilla, y provistas de diques o bermas, por ejemplo. También considerar el uso de un sistema de recubrimiento sintético.
- Dentro área de descontaminación de equipos debe ser una superficie dura, en la que las aguas de lavado se retendrán mediante un bordillo perimetral y se recogerán por medio de una canaleta y un sumidero.
- Durante la operación se deben mantener bidones, bolsas u otros tipos de contenedores en lugares estratégicos de las áreas de trabajo y en los caminos de acceso, para su uso en la limpieza de en caso de derrames de contingencia de suelo contaminado.
- En el área almacenamiento de suelos contaminados, se debe construir alrededor del

emplazamiento un sistema de desvío y recogida de las aguas de escorrentía superficial, así como poza de almacenamiento de las aguas de escorrentía contaminadas.

- Durante del proceso de excavado, se debe realizar un control del aire para determinar los niveles contaminantes peligrosos, para lo que se pueden utilizar instrumentos portátiles de medida directa (PID).
- Se debe contar con un procedimiento de inspección visual. Esta inspección permitirá decidir sobre la forma de manejo más adecuada desde el punto de vista de seguridad, así como corregir o detectar eventos no deseados.
- Se debe contar con equipo extintores (arena, espuma, etc.).

Por otra parte, es fundamental seguir los procedimientos de seguridad e higiene que garanticen la adecuada protección del personal durante las operaciones a realizar en los espacios contaminados. La EPA y la Occupational Safety and Health Administration (OSHA) han publicado varias guías aplicables.

Estas medidas garantizan la seguridad en el lugar de trabajo y establecen condiciones de trabajo/operación segura durante la implementación de la remediación. Igualmente, es importante proporcionar información actualizada sobre los procesos asociados y los riesgos inherentes a estos, tanto para los operadores como para las comunidades.

5.5.7 Lista de alternativa de remediación aplicable.

En el ítem 5.5.1: Descripción de las alternativas de remediación, en el Cuadro 5-4: Lista de tecnologías de remediación aplicables al sitio impactado, se presenta el listado de tecnologías que potencialmente podrían ser aplicadas en sitio S0114 (Sitio 14). Posterior a un segundo análisis de alternativas, quedaron como tecnologías técnicamente viables las que se presentaron en el Cuadro 5-12: Resultados del análisis costo-efectividad sitio S0114 (Sitio 14).

5.6 Planificación detallada de la alternativa seleccionada.

Se plantea, de forma conceptual, una serie de etapas que permitan la planificación detallada de acciones para la alternativa.

5.6.1 Superficie y volumen a remediar y rehabilitar de acuerdo al objetivo definido.

Es importante señalar que el volumen de suelo a remediar será el obtenido de una evaluación de riesgos al ser humano y al ambiente sobre un volumen de suelo impactado, por lo que no necesariamente corresponden a volúmenes similares.

Considerando la caracterización y los resultados obtenidos en el ERSA, se persigue llegar a los niveles de remediación (NR) donde las concentraciones de contaminantes de preocupación aseguren un riesgo aceptable para la salud humana y el ambiente. Sin embargo, también se consideran otros factores o variables para la determinación del volumen a remediar. Ver Anexo 6.4.3.2 Figura de definición de áreas operacionales para la determinación de los niveles de remediación del Sitio S0114 (Sitio 14).

Se estableció como procedimiento de trabajo para determinar la pertinencia de adoptar los niveles de remediación objetivo la distancia a que se pudiera encontrar el sitio impactado de un buffer de 30 metros a partir de la poligonal del área que encierra las facilidades operativas. Este ejercicio de análisis espacial para el sitio impactado S0114 (Sitio 14) se muestra en el Anexo 6.4.3.2 (Figura

de definición de áreas operacionales para la determinación de los niveles de remediación del Sitio S0114 (Sitio 14)).

El criterio de remediación que se adoptó fue el de superponer dos poligonales:

- Poligonal que encierra el sitio impactado del sitio S0114 (Sitio 14).
- Poligonal del sitio S0114 (Sitio 14) que encierra facilidades operativas, más un buffer externo de protección de 30 metros

Al superponer las dos poligonales, si espacialmente la poligonal del sitio impactado se encuentra dentro de la poligonal operacional más buffer de 30 metros, los niveles de remediación objetivo serán los industriales, de lo contrario se asumirán los agrícolas.

Aplicando el criterio para el sitio S0114 (Sitio 14), la poligonal del sitio impactado norte se encuentra en un 100% dentro del área de facilidades operativas más buffer, por lo que, en principio se ha considerado mantener un criterio de Nivel de Remediación Objetivo al ECA de suelo industrial. Sin embargo, y manejando el criterio de retornar la funcionalidad ecológica a los sitios impactados de manera que puedan ser aprovechados nuevamente por las comunidades nativas, se estableció el ECA de suelo agrícola como Nivel de Remediación Objetivo, para esta poligonal norte del sitio impactado S0114 (Sitio 14).

La poligonal del sitio impactado sur se encuentra fuera en un 100% del área de facilidades operativas más buffer, por lo que se ha considerado relevante mantener un criterio de Nivel de Remediación al ECA de suelo agrícola.

El ejercicio de análisis espacial que apoya la selección de los Niveles de Remediación Objetivo se muestra en el Anexo 6.4.3.2.

Para el sitio S0114 (Sitio 14), se propone la remediación de suelo cuyos valores superan los niveles del ECA para Suelo, Categoría Uso Agrícola (D.S. N° 011-2017-MINAM) para las Fracciones F2 y F3, estimado en 4 200 mg/kg y los valores de ECA para suelos de las normas canadienses para los HAPs (de acuerdo al contaminante).

El cuadro siguiente presenta la superficie y volumen de suelo con valores para TPH (fracciones F2) y HAPs.

Cuadro 5-13 Área y volumen de suelo con valores de TPH (F2) y HAPs mayores al NR requerido en el sitio S0114 (Sitio 14)

Polígono	Profundidad (m)	Área (m ²)	Volumen (m ³)
Norte	0,0 - 0,6	14 072,84	8 443,70
Sur	0,0 - 0,6	5 472,07	3 283,24
Total			11 727

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Para el sitio S0114 (Sitio 14) se propone remediar la capa del suelo que cubre un área de 19 545 m² hasta una profundidad de 0,6 m, que implicaría un volumen de 11 727 m³ de suelo, que representaría un peso aproximado de 22 000 t de suelo aproximadamente.

El área fue definida a través del modelamiento de los resultados obtenidos en la investigación y los niveles de remediación establecidos de acuerdo a lo explicado anteriormente, el cual indicó la remediación en todo el polígono, en cuanto a la profundidad se estimó de acuerdo a que, en forma de perfil de suelo, este se distribuye básicamente en dos horizontes: Horizonte O (Capa superficial del horizonte A) y Horizonte A (zona de lavado vertical. En él enraíza la vegetación herbácea. Su color es generalmente oscuro por la descomposición de materia orgánica, determinando el paso del agua arrastrándola hacia abajo, de fragmentos de tamaño fino y de compuestos solubles).

La distribución en profundidad de los referidos horizontes, en líneas generales en un suelo de selva, no superan los 40 cm. Sin embargo, para efectos del establecimiento de las condiciones originarias del ecosistema, se profundiza el perfil de suelo hasta los 60 cm (0,6 m)

De acuerdo a lo anterior se ha tomado como profundidad para el suelo superficial en los análisis de ERSA, 0,6 m.

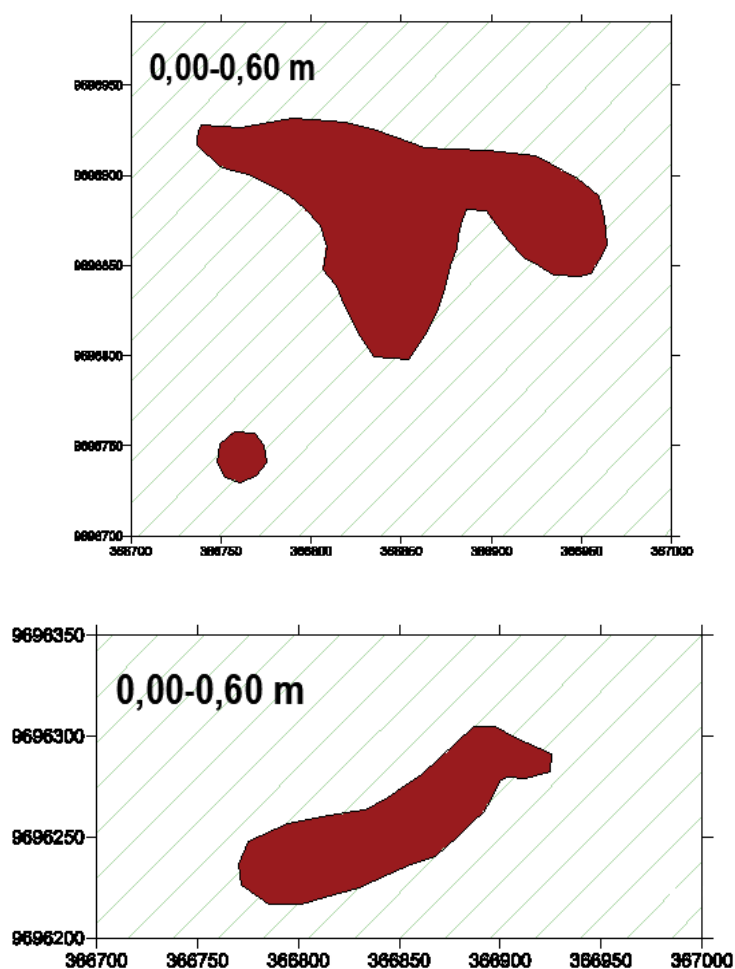
Adicionalmente, se consideran los siguientes criterios para la determinación del volumen señalado:

- Con base al ERSA, la presencia de HAPs y fracción F2 en el suelo superficial representan un riesgo al componente abiótico.
- Por el tipo de contaminante orgánico, tanto los HAPs como la fracción F2 de hidrocarburos la capacidad de migración es muy limitada, sumado que las condiciones en campo evidenciaron un proceso de meteorización y presencia recalcitrante de la fracción de hidrocarburo y que por las características del suelo los HAPs pudieran estar atrapados en las arcillas o en la materia orgánica del suelo.
- Características estratigráficas: cómo se puede observar en la Figura 5-8, las fracciones de hidrocarburos se encuentran localizadas en el estrato franco-arcilloso que, debido a su condición física permite una baja o nula movilidad del elemento. El estrato inferior está básicamente representado por una capa de arcillas impermeables y no se identificó impacto alguno sobre el mismo.

Se recomienda entonces la extracción del suelo impactado hasta una profundidad de 0,6 m.

Las figuras siguientes representan la distribución espacial del área de suelo con TPH (F2) y HAPs en el sitio S0114 (Sitio 14).

Figura 5-7 Distribución espacial del área de suelo con TPH (F2) y HAPs en el sitio S0114 (Sitio 14)

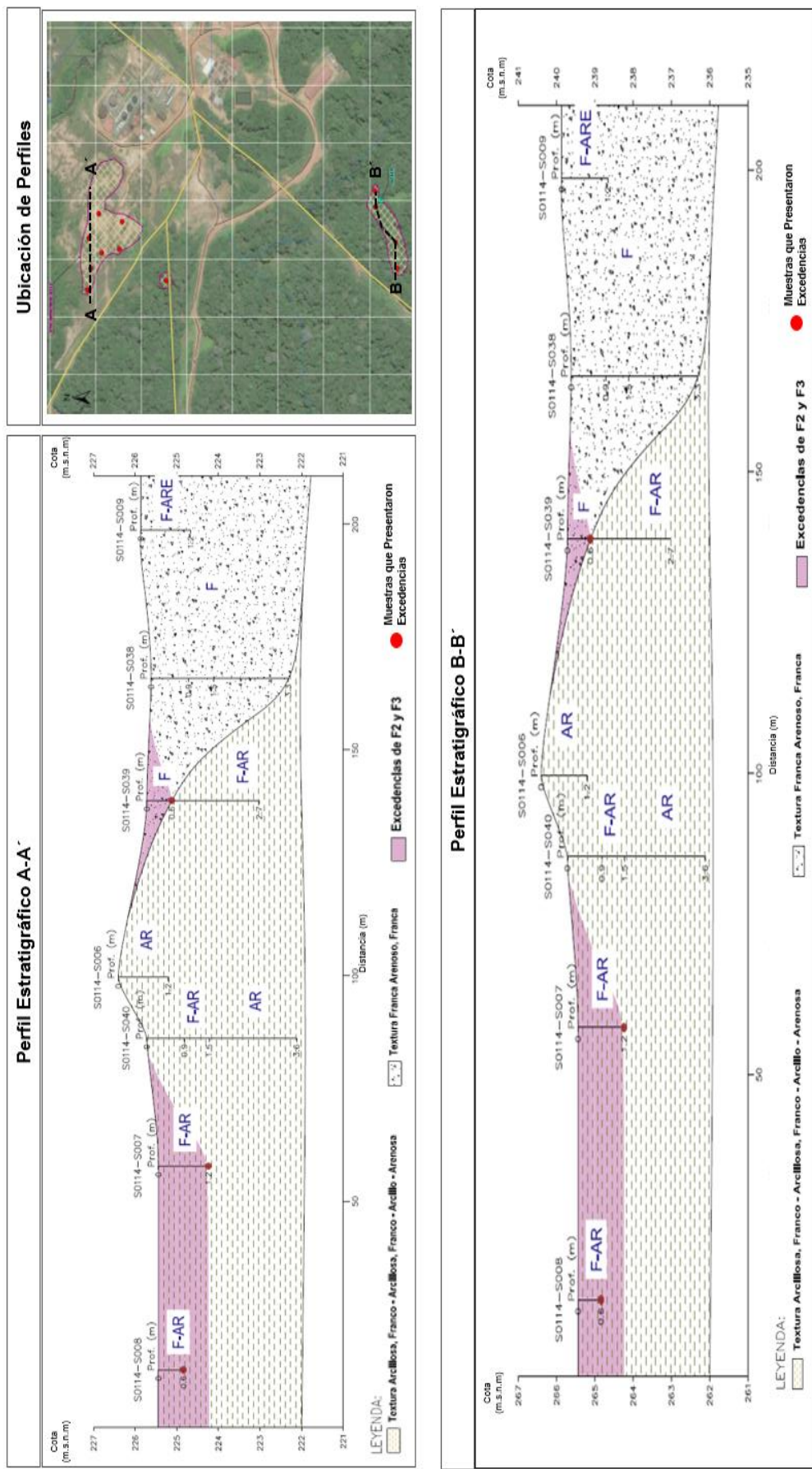


Leyenda:

- Área de riesgo inaceptable de acuerdo a los resultados de ERSA (Presencia de Fenantreno con concentraciones $\geq 0,046$ ppm)
- Área de riesgo aceptable de acuerdo a los resultados de ERSA (Presencia de Fenantreno con concentraciones $< 0,046$ ppm)
- Área sin afectación (Sin presencia de Fenantreno)

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Figura 5-8 Representación de TPH para remediar en el del perfil estratigráfico del sitio S0114 (Sitio 14)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

5.6.2 Descripción de las acciones de remediación y rehabilitación que correspondan.

A. Etapa I

Consiste en las primeras acciones necesarias previa al inicio del proceso de adsorción térmica.

- **Gabinete**
 - Plan de operación del equipo de desorción térmica.
 - Desarrollo de los criterios y parámetros de desempeño.
 - Sistema de aseguramiento de la calidad (QA/QC).
- **Levantamiento de información en campo**
 - Topografía.
 - Muestras de suelo.
 - % de humedad.
 - Sulfatos, densidad, permeabilidad.
 - Lixiviación potencial.
 - Comprensibilidad (resistencia).
 - Análisis microestructural.
- **Acciones de laboratorio (ensayos en campo-piloto)**
 - Prueba térmica (prueba de quemado).
 - Estimación de tiempo y temperatura de calentamiento.
 - Identificación de aditivos y volumetría.
 - Estimación de volúmenes.

B. Etapa II

- **Acceso al sitio**

Es importante considerar la apertura de trochas de acceso al sitio contaminado, debido al volumen requerido para la extracción y la ubicación del mismo, se plantea el uso de equipos mecánicos para tal fin. Entre ellos, se propone el uso de minicargadores tipo Bobcat o miniexcavadoras, que debido a su versatilidad y características requiere un acceso con la menor intervención posible, también se puede realizar con una retroexcavadora de mayor tamaño.

Una vez realizado el acceso del sitio, se realizará el transporte mediante camiones hasta el centro de tratamiento, para ello se dispone de la carretera afirmada existente.

- **Preparación del área para el almacenamiento de material e instalación de equipos**

En esta etapa se preparará un área tanto para la instalación del equipo como para el almacenamiento provisional del material a ser tratado, para esto se realizarán actividades de desbroce, nivelación, conformación, perfilado y compactación de la subrasante con equipo.

El área seleccionada debe estar cercana al sitio, para evitar largos traslados y bajos rendimientos, esta zona también será impermeabilizada para evitar contaminación en el área de tratamiento.

Igualmente, durante esta etapa, se efectuará la construcción del campamento para la atención y servicio de alimentación, descanso, resguardo de materiales y equipos, etc.

- **Excavación y retirada de suelo contaminado**

Consiste en el retiro del suelo contaminado, para ello se propone con base en las características geomorfológicas de cada polígono. Polígono norte: extracción directa del material. Polígono sur: un sistema de “mallado” que inicie el excavado en áreas específicas, de tal forma de evitar la propagación de la contaminación.

La excavación se realizará hasta una profundidad aproximada de 60 cm hasta completar el área de 19 545 m².

- **Relleno de suelo limpio**

Es importante el relleno de las zonas específicas de suelo contaminado extraído, esta labor debe realizarse casi en forma simultánea con la extracción. El objeto del relleno es asegurar la no exposición del Contaminante de preocupación (hidrocarburo) localizado en profundidades mayores, asegurando su confinamiento al rellenar.

En este sentido, es importante contar con un material de préstamo con características no permeables.

- **Ubicación de área de préstamo**

Estudio de opciones de ubicación del préstamo

Se evaluarán al menos 3 alternativas para seleccionar sitios de préstamos, que cumplan con los siguientes criterios:

- Accesibilidad; deben de ser fácilmente accesibles y que se puedan explotar por procedimientos sencillos.
- Distancia; deben de seleccionarse aquellos que produzcan las mínimas distancias de acarreo.
- Calidad; deben ser suelos limpios, libres de vegetación, palos y ramas.
- Facilidad de extracción y colocación; deben ser lo más fácilmente accesibles y tener las propiedades que faciliten los procedimientos más sencillos y económicos durante su extracción.

C. Etapa III

- **Almacenamiento de suelo contaminado**

En el área de tratamiento se debe disponer de un espacio de almacenamiento de suelo contaminado, considerando las normas y medidas respectivas. Este material estará almacenado temporalmente y será el que inicia la desorción.

- **Pre tratamiento**

El suelo contaminado almacenado debe ser sometido a una limpieza de contaminaciones físicas, tales como plástico, madera, partes metálicas, etc.

Las tierras contaminadas son vertidas en una tolva que alimenta la planta. Desde la tolva, los materiales se trasladan hasta el horno rotativo, generalmente mediante cintas transportadoras.

El horno rotativo esta alimentado por un tornillo sin fin (Figura 5-9) o por cinta transportadora, la velocidad se puede regular, en función del volumen de alimentación, el control de las cantidades

de entrada es registradas y monitoreadas.

- **Tratamiento**

Los suelos contaminados empiezan el sistema de calentamiento por la temperatura misma horno. Durante este proceso se evaporan o descomponen tanto el agua contenida en el material como las sustancias más volátiles.

En la parte final del horno el calentamiento tiene lugar por contacto directo con la llama. Por medio de los movimientos rotativos del horno, el material contaminado es volteado y se consigue un contacto homogéneo con el flujo de gases, lo que permite un calentamiento hasta temperaturas de 300-600 °C, a las que los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) y los hidrocarburos pesados pasan a la fase gaseosa.

La instalación está diseñada para lograr una recuperación óptima de calor, y se dimensiona de modo que para la capacidad de producción se ubique entre 200-355 toneladas/día, con un contenido en humedad inicial del 15% de peso, todo el agua y los contaminantes orgánicos sean evaporados completamente.

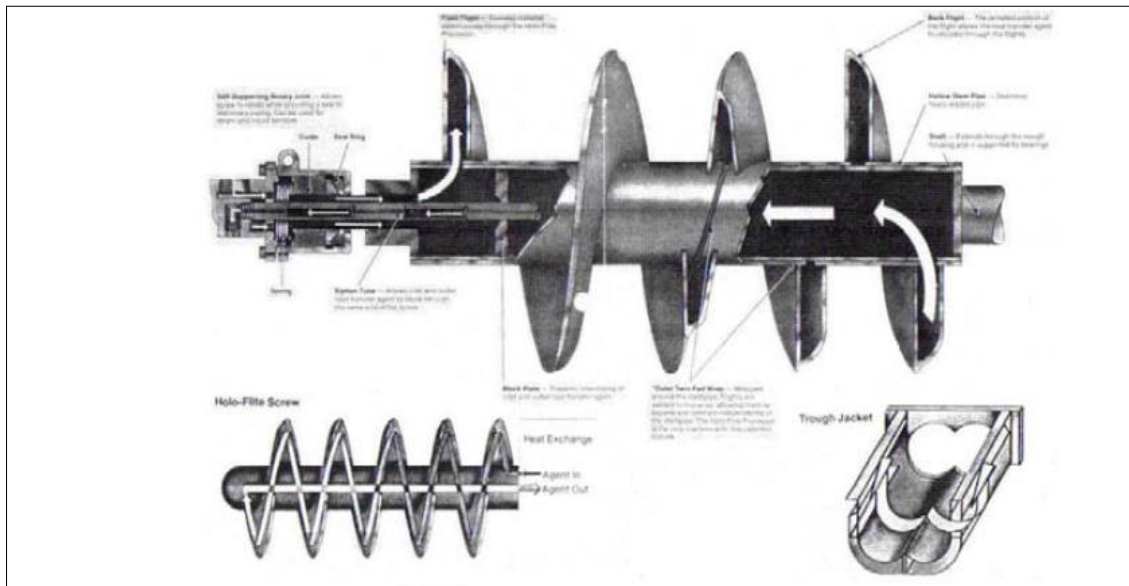
- **Disposición final del material tratado**

El material tratado será nuevamente depositado en el espacio del sitio impactado de donde fue excavado y retirado para su tratamiento. Este es un suelo inerte, pero también empobrecido y el proceso de “desorción térmica” podría reducir hasta un 20% de su volumen original (pérdida de agua, materia orgánica y de los componentes contaminantes. Por ello se requiere completar el volumen tratado con material de préstamo y mejorar o promover su regeneración funcional con la enmienda a través de fertilizantes.

- **Monitoreos y acción pos-remediación**

Toda ejecución de remediación va acompañada de un muestreo de comprobación que permita evaluar el cumplimiento de los niveles de remediación establecidos en el Plan. Por otro lado, se planifican monitoreos durante y posterior a la ejecución. Los primeros están relacionados básicamente con los posibles impactados por la extracción, traslado y tratamiento del material contaminado. Los últimos tienen como objetivo verificar a lo largo del tiempo la acción de remediación. Se planifican en un horizonte no menor a 5 años.

Figura 5-9 **Representación de tornillo sin fin**



Fuente: Marín San Pedro, Optimización de los tratamientos de desorción térmica de suelos contaminados por hidrocarburos derivados del petróleo. Madrid, 2010.

A la salida del horno rotativo se mide la temperatura del suelo, se registra y se monitorea. El suelo caliente descontaminado sale del horno rotativo, generalmente, a través de una válvula giratoria para impedir que el aire entre al horno. Posteriormente, el suelo es enfriado y humedecido con agua, mediante un sistema de múltiples boquillas (el más usual) para impedir las emisiones de polvo y la dispersión de la tierra durante el almacenaje. El suelo descontaminado posee a una temperatura de aproximadamente 80 °C.

El suelo tratado es dispuesto en el área en que fue retirado del sitio contaminado. Se completa el suelo a rasante con material de préstamo.

- **Tratamiento de emisiones**

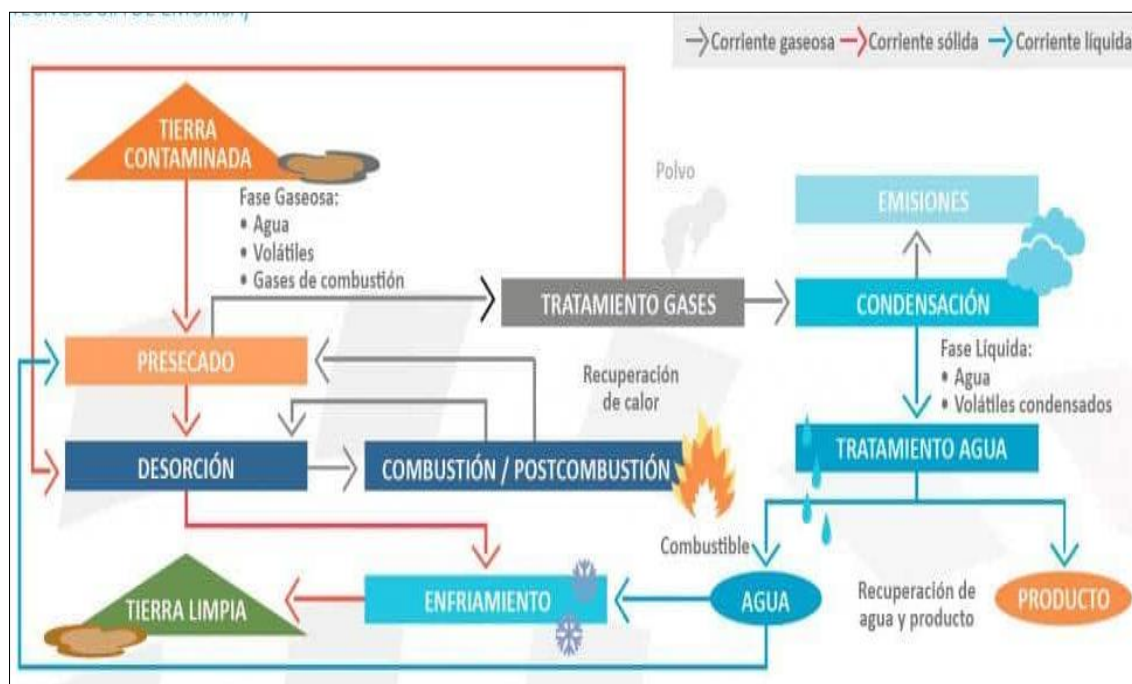
La emisión proviene del gas producidos en el horno rotativo, resultante de la combustión en el quemador y del vapor del suelo alimentado al horno. Estos gases de combustión, junto con los que proceden de la volatilización, son pasados por un filtro de mangas con objeto de eliminar las partículas arrastradas. Las mangas son cilindros huecos de superficie variable, recubiertos por telas sintéticas donde quedan retenidas las partículas arrastradas por los gases procedentes del horno rotativo.

- **Tratamiento de efluentes**

El agua, producto del proceso de la condensación y extracción de la humedad del suelo, es utilizada para el sistema de enfriamiento (mediante humedecimiento) del suelo descontaminado, el resto previo análisis, debe ser tratada o almacenada.

El suelo tratado producto de la desorción es sometido a un análisis para determinar su grado de descontaminación. En caso se compruebe que cumple con los niveles normativos para ECA suelo, se vuelve a colocar en su lugar de origen o se lleva a otro sitio para usarla como relleno. En caso contrario, puede ser nuevamente tratada o se puede tratar con otra técnica o transportar a otro lugar para su eliminación.

Figura 5-10 Esquema representativo de desorción térmica



Fuente: <http://www.emgrisa.es/servicios/desorcion-termica/>

5.6.3 Descripción de insumos y mano de obra, así como los costos necesarios.

Para la aplicación la técnica de remediación propuesta para el sitio S0114 (Sitio 14), desorción térmica, se requiere aplicar un conjunto de actividades que requerirán de las labores tanto de personal local, operadores de equipos, técnicos y supervisores, para esto se definieron 5 fases de aplicación (preparación del material in situ, traslado del material, tratamiento y disposición final del material contaminado, control de emisiones y verificación) los cuales se disgregan en el siguiente Cuadro 5-14.

Las cantidades indicadas consideran los volúmenes a remediar establecidos de acuerdo al ítem 5.6.1, en cuanto a los procesos se detallan en las especificaciones técnicas desarrolladas en el ítem 5.11.3 Especificaciones técnicas.

Por otra parte, el Cuadro 5-15 especifica el personal para la ejecución de la remediación.

5.6.4 Descripción de las actividades de ingeniería a ejecutar por la empresa remediadora.

El esquema presentado en la Figura 5-11 contiene las actividades de ingeniería a ejecutar por la empresa remediadora considerando las fases planteadas para el desarrollo de la remediación.

Cuadro 5-14 Tecnologías de desorción térmica a ser utilizada en el sitio impactado S0114 (Sitio 14)

N°	Actividad	Und*	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo por partida (\$)	Equipo	Cantidad	Costo (\$) / día	Rendimiento (diario)	Tiempo (días)	Costo unitario (\$)	Costo total de equipos (\$)	Mano de obra	Cantidad	Costo (\$) / día	Días de trabajo	Costo unitario (\$)	Costo total del personal (\$)	Materiales / consumibles	Und	Cantidad	Costo (\$) / und	Costo unitario (\$)	Costo total del material (\$)	Equipos menores	Cantidad	Costo (\$)	Costo unitario (\$)	Costo total de equipos menores (\$)	
Fase I: Movilización de equipos y materiales al sitio																														
1	Puesta en marcha	SG	1.00	3,600.00	3,600.00								Ingeniero	1.00	70.00	20.00	1400.00	1,400.00												
														Proyectista	1.00	60.00	20.00	1200.00	1,200.00											
														Técnico	1.00	50.00	20.00	1000.00	1,000.00											
2	Movilización de equipos y materiales al sitio	SG	1.00	45,290.36	45,290.36	Embarcación	1.00	20,000.00	1.00	2.00	40,000.00	40,000.00	Obreros	5.00	200.00	3.00	600.00	600.00	Combustible Diésel	I	432.00	1.50	648.00	648.00						
						Camión grúa 5 T	2.00	360.00	1.00	3.00	1,080.00	1,080.00	Operario	2.00	100.00	3.00	300.00	300.00	Combustible Diésel	I	384.00	1.50	576.00	576.00						
						Camionetas	3	545.45	1.00	3.00	1,636.36	1,636.36	Conductores	3.00	150.00	3.00	450.00	450.00												
3	Desmovilización de equipos y materiales al sitio	SG	1.00	45,290.36	45,290.36	Embarcación	1.00	20,000.00	1.00	2.00	40,000.00	40,000.00	Obreros	5.00	200.00	3.00	600.00	600.00	Combustible Diésel	I	432.00	1.50	648.00	648.00						
						Camión grúa 5 T	2.00	360.00	1.00	3.00	1,080.00	1,080.00	Operario	2.00	100.00	3.00	300.00	300.00	Combustible Diésel	I	384.00	1.50	576.00	576.00						
						Camionetas	3	545.45	1.00	3.00	1,636.36	1,636.36	Conductores	3.00	150.00	3.00	450.00	450.00												
Fase II: Preparación del área para el almacenamiento de material e instalación de equipos																														
4	Alquiler del sitio para instalar el equipo	mes	3.00	206.06	618.17																									
5	Desbroce, nivelación, conformación, perfilado y compactación de la subrasante con equipo	m²	500.00	2.85	1,423.82	Rodillo vibrador liso autopropulsado 10,8 HP	1.00	265.28	1,000.00	0.50	0.27	132.64	Operario	4.00	200.00	0.50	0.20	100.00	Combustible Diésel	I	64.00	1.50	0.19	96.00						
						Camión cisterna para regado	1.00	90.91	1,000.00	0.50	0.09	45.45	Obrero	5.00	200.00	0.50	0.20	100.00	Combustible Diésel	I	200.00	1.50	0.60	300.00						
						Motoniveladora 125 HP	1.00	443.44	1,000.00	0.50	0.44	221.72							Combustible Diésel	I	80.00	1.50	0.24	120.00						
						Retroexcavadora, con capacidad de cucharon 0,5 m3	1.00	400.00	1,000.00	0.50	0.40	200.00							Combustible Diésel	I	72.00	1.50	0.22	108.00						
6	Trazo, niveles y replanteo durante el proceso constructivo	Día	1.00	136.36	136.36	1 trípode - 2 Bastón con prisma - 2 Porta prisma - 2 Prisma	1.00	36.36	1.00	1.00	36.36	36.36	Topógrafos	2.00	100.00	1.00	100.00	100.00												
7	Construcción de techo tipo galpón	m²	859.98	45.52	39,150.45	Camión grúa 5 T	2.00	360.00	1,000.00	1.00	0.42	360.00	Obrero	6.00	240.00	1.00	0.28	240.00	Lona impermeable	m2	859.98	8.00	8.00	6,879.84						
																			Plancha y conexión para fundación	Und	57.33	100.00	6.67	5,733.20						
																			Piezas de fierro para uniones	Und	1,146.64	4.00	5.33	4,586.56						
																			Vigas de Madera	m	2,092.62	5.00	12.17	10,463.09						
																			Pernos	Und	4,930.55	1.50	8.60	7,395.83						
																			Plástico	m²	423.99	8.00	3.94	3,391.94						
8	Impermeabilización y sistema de drenaje	m²	781.80	4.03	3,149.84	Camión grúa 5 T	1.00	180.00	2,000.00	1.00	0.23	180.00	Obrero	6.00	240.00	1.00	0.31	240.00	Geomembran a HDPE (Polipropileno de alta densidad) 1,0 mm	m²	781.80	2.00	2.00	1,563.60	Pala	3.00	9.59	0.04	28.77	
						Equipo de soldadura eléctrica	3.00	224.88	1,998.00	1.00	0.29	224.88	Operario	3.00	150.00	1.00	0.19	150.00	Combustible Diésel	I	4.00	1.50	0.01	6.00	Pico	3.00	9.59	0.04	28.77	
						Generador de 38 KW	1.00	101.44	2,000.00	1.00	0.13	101.44	Supervisor	1.00	70.00	1.00	0.09	70.00	Combustible Diésel	I	144.00	1.50	0.28	216.00	Carretilla	3.00	44.93	0.17	134.79	
																			Tubos PVC 4" Ranurados	I	2.40	2.33	0.01	5.59						
																			Piedra Picada	m³	22.00	9.09	0.26	200.00						
Fase III: Preparación del material in situ																														
9	Apertura de trochas	m	400.00	1.67	666.00	Retroexcavadora, con capacidad de cucharon 0,5 m3	1.00	400.00	1,000.00	1.00	1.00	400.00	Operario	1.00	50.00	1.00	0.13	50.00	Combustible Diésel	I	144.00	1.50	0.54	216.00						

Cuadro 5-14 Tecnologías de desorción térmica a ser utilizada en el sitio impactado S0114 (Sitio 14)

N*	Actividad	Und*	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo por partida (\$)	Equipo	Cantidad	Costo (\$) / día	Rendimiento (diario)	Tiempo (días)	Costo unitario (\$)	Costo total de equipos (\$)	Mano de obra	Cantidad	Costo (\$) / día	Días de trabajo	Costo unitario (\$)	Costo total del personal (\$)	Materiales / consumibles	Und	Cantidad	Costo (\$) / und	Costo unitario (\$)	Costo total del material (\$)	Equipos menores	Cantidad	Costo (\$)	Costo unitario (\$)	Costo total de equipos menores (\$)	
10	Excavación del material con maquinaria	m³	11,727.00	6.92	81,197.85	Excavadora cap. 0,5 YD3, 110 HP	1.00	421.12	155.00	76.00	2.73	32,005.12	Operario	2.00	100.00	76.00	0.65	7,600.00	Combustible Diésel	I	12,160.00	1.50	1.56	18,240.00						
						Cisterna	0.30	27.27	155.00	76.00	0.18	2,072.73	Obreros	1.00	40.00	76.00	0.26	3,040.00	Combustible Diésel	I	12,160.00	1.50	1.56	18,240.00						
11	Trazo, niveles y replanteo durante el proceso constructivo	Día	76.00	136.36	10,363.64	1 trípode - 2 Bastón con prisma - 2 Porta prisma - 2 Prisma	1.00	36.36	1.00	76.00	36.36	2,763.64	Topógrafos	2.00	100.00	76.00	100.00	7,600.00												
12	Carguo del material	m³	11,727.00	6.63	77,768.73	Retroexcavadora, con capacidad de cucharon 0,5 m3	1.00	400.00	155.00	76.00	2.59	30,400.00	Operario	2.00	100.00	76.00	0.65	7,600.00	Combustible Diésel	I	10,944.00	1.50	1.40	16,416.00						
						Cisterna	0.30	27.27	155.00	76.00	0.18	2,072.73	Obreros	1.00	40.00	76.00	0.26	3,040.00	Combustible Diésel	I	12,160.00	1.50	1.56	18,240.00						
Fase IV: Aplicación de la desorción Térmica																														
13	Carguo del material de las pilas de almacenamiento hasta el equipo de desorción térmica	m³	11,727.00	2.70	31,669.92	Cargador sobre orugas 2 YD3	0.50	271.48	220.00	54.00	1.25	14,659.92	Operario	1.50	75.00	54.00	0.35	4,050.00	Combustible Diésel	I	8,640.00	1.50	1.11	12,960.00						
14	Proceso desorción térmica (**)	m³	11,727.00	835.00	9,792,081.82	Equipo de desorción térmica	1.00	140,800.00	220.00	54.00	648.35	7,603,200.00	Operario	6.00	300.00	54.00	1.38	16,200.00	Combustible Diésel	I	1,425,600.00	1.50	182.35	2,138,400.00						
												Obrero	6.00	240.00	54.00	1.11	12,960.00	Agua	Cisterna	234.54	90.91	1.82	21,321.82							
15	Traslado del Material descontaminado hasta las pilas de acopio destinado para tal fin	m³	11,727.00	2.70	31,669.92	Cargador de pala frontal sobre llantas	0.50	271.48	220.00	54.00	1.25	14,659.92	Operario	1.50	75.00	54.00	0.35	4,050.00	Combustible Diésel	I	8,640.00	1.50	1.11	12,960.00						
16	Supervisión Técnica de actividades (2 ingenieros)	Día	54.00	210.00	11,340.00								Ingeniero	3.00	210.00	54.00	210.00	11,340.00												
17	Vigilancia (diurna y nocturna)	Día	54.00	120.00	6,480.00								Vigilante	3.00	120.00	54.00	120.00	6,480.00												
18	Mantenimiento	Día	54.00	210.00	11,340.00								Ingeniero	3.00	210.00	54.00	210.00	11,340.00												
Fase V: Reposición de material en el sitio																														
19	Estudio de préstamo	SG	1.00	10000	10,000.00																									
20	Carguo del material de préstamo	m³	11,727.00	4.32	50,616.00	Retroexcavadora, con capacidad de cucharon 0,5 m3	1.00	400.00	155.00	76.00	2.59	30,400.00	Operario	1.00	50.00	76.00	0.32	3,800.00	Combustible Diésel	I	10,944.00	1.50	1.40	16,416.00						
21	Traslado del Material hasta el sitio	m³	11,727.00	14.68	172,128.00	Camión volteo de 10 a 12 m3	1.00	660.00	72.00	163.00	9.17	107,580.00	Conductor	2.00	100.00	163.00	1.39	16,300.00	Combustible Diésel	I	23,472.00	1.50	3.00	35,208.00						
													Obreros	2.00	80.00	163.00	1.11	13,040.00												
22	Fertilización del material tratado	m³	11,727.00	7.00	82,098.05								Obreros	10.00	400.00	38.00	1.30	15,200.00	Fertilizante NPK bolsas de 10 Kg	Bolsas	10,554.30	6.06	5.45	63,965.45	Pala	5.00	9.59	0.00	47.95	
													Supervisor	1.00	70.00	38.00	0.23	2,660.00							Carretilla	5.00	44.93	0.02	224.65	
23	Colocación y compactación del material en el sitio	m³	11,727.00	8.54	100,198.40	Excavadora cap. 0,5 YD3, 110 HP	1.00	421.12	155.00	76.00	2.73	32,005.12	Operario	2.00	100.00	76.00	0.65	7,600.00	Combustible Diésel	I	12,160.00	1.50	1.56	18,240.00						
						Rodillo vibrador liso autopropulsado 10,8 HP	1.00	265.28	155.00	76.00	1.72	20,161.28	Operario	2.00	100.00	76.00	0.65	7,600.00	Combustible Diésel	I	9,728.00	1.50	1.24	14,592.00						
24	Trazo, niveles y replanteo durante el proceso constructivo	Día	76.00	136.36	10,363.64	1 trípode - 2 Bastón con prisma - 2 Porta prisma - 2 Prisma	1.00	36.36	1.00	76.00	36.36	2,763.64	Topógrafos	2.00	100.00	76.00	100.00	7,600.00												
25	Revegetación	m²	11,727.00	4.58	53,728.67								Obrero	10.00	400.00	30.00	1.02	12,000.00	Plantas	Und	3,909.00	10.61	3.54	41,459.09	Carretilla	6.00	44.93	0.02	269.58	
Seguridad																														
26	Personal	Día	138.00	385.00	53,130.00								Supervisor	3.00	210.00	161.00	245.00	33,810.00												
													Enfermero	3.00	120.00	161.00	140.00	19,320.00												
27	Señalizaciones de seguridad	SG	1.00	773.33	773.33														Cinta de seguridad 400m	Rollo	2.00	40.00	80.00	80.00	Banderillas	10.00	1.82	18.18	18.18	
																									Megáfonos	2.00	45.45	90.91	90.91	
																										Conos 18"	20.00	6.06	121.21	121.21
																										Radios	5.00	60.61	303.03	303.03

Cuadro 5-14 Tecnologías de desorción térmica a ser utilizada en el sitio impactado S0114 (Sitio 14)

N°	Actividad	Und*	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo por partida (\$)	Equipo	Cantidad	Costo (\$) / día	Rendimiento (diario)	Tiempo (días)	Costo unitario (\$)	Costo total de equipos (\$)	Mano de obra	Cantidad	Costo (\$) / día	Días de trabajo	Costo unitario (\$)	Costo total del personal (\$)	Materiales / consumibles	Und	Cantidad	Costo (\$) / und	Costo unitario (\$)	Costo total del material (\$)	Equipos menores	Cantidad	Costo (\$)	Costo unitario (\$)	Costo total de equipos menores (\$)				
																									Señalizaciones	40.00	4.00	160.00	160.00				
28	Equipos de protección personal	MO	1.00	8,261.00	8,261.00																				Casco	110.00	24.24	2,666.40	2,666.40				
																										Botas	110.00	16.66	1,832.60	1,832.60			
																											Guantes	110.00	15.15	1,666.50	1,666.50		
																											Mascarillas	110.00	13.03	1,433.30	1,433.30		
																													Lentes	110.00	2.42	266.20	266.20
																														Chaleco	110.00	3.60	396.00
29	Insumos Médicos / Primeros auxilios	SG	1.00	5,000.00	5,000.00																												
	Perisología																																
30	Autorización sanitaria del sistema de tratamiento y disposición final de aguas residuales domésticas con infiltración en el terreno.	Und	1.00	1,726.03	1,726.03																												
31	Autorización de desbosque (Incluye estudio para el permiso)	Und	1.00	5,633.33	5,633.33																												
32	Autorización de ejecución de obra	Und	1.00	1,300.00	1,300.00																												
33	Autorización uso de suelos para confinamiento	Und	1.00	30,000.00	30,000.00																												
	Logística																																
34	Personal logístico	Día	161.00	140.00	22,540.00								Logístico	1.00	70.00	161.00	70.00	11,270.00															
														Almacenero	1.00	70.00	161.00	70.00	11,270.00														
35	Alquiler de almacén en Andoas	Día	30.00	150.00	4,500.00																												
36	Comedor y servicios 30 personas	Día	161.00	484.85	78,060.61								Campamento	40.00	12.12	161.00	484.85	78,060.61															
37	Alojamiento 18 personas	Día	161.00	169.70	27,321.21								Alojamiento	28.00	6.06	161.00	169.70	27,321.21															
38	Traslado del personal	Día	161.00	1,176.41	189,401.86	Camionetas	6	1,090.91	1.00	161.00	1,090.91	175,636.36							Combustible Diésel	I	9,177.00	1.50	85.50	13,765.50									
39	Mantenimiento de vías	Día	8.00	1,178.55	9,428.42	Retroexcavadora, con capacidad de cucharón 0,5 m3	1.00	400.00	1.00	8.00	400.00	3,200.00	Operario	3.00	150.00	8.00	150.00	1,200.00	Combustible Diésel	I	1,152.00	1.50	216.00	1,728.00									
						Cisterna	0.30	27.27	1.00	8.00	27.27	218.18	Obrero	3.00	120.00	8.00	120.00	960.00															
						Rodillo vibrador liso autopropulsado 10,8 HP	1.00	265.28	1.00	8.00	265.28	2,122.24																					
40	Stand by	Día	1.00	144,849.29	144,849.29																												
41	Contingencia	SG	1.00	562,714.75	562,714.75																												
COSTO TOTAL DE LA TÉCNICA DE REMEDIACIÓN PARA SUELOS						11 817 009,85																											

Costo (\$) / und: Se expresa el costo de mercado por unidad de material o consumible

Costo unitario (\$): Se expresa el costo de material o consumible por unidad de obra ejecutada siendo la unidad de obra m², m³ o lo descrito en el rubro de Und*, por la cual se mide la cantidad de obra a ejecutar.

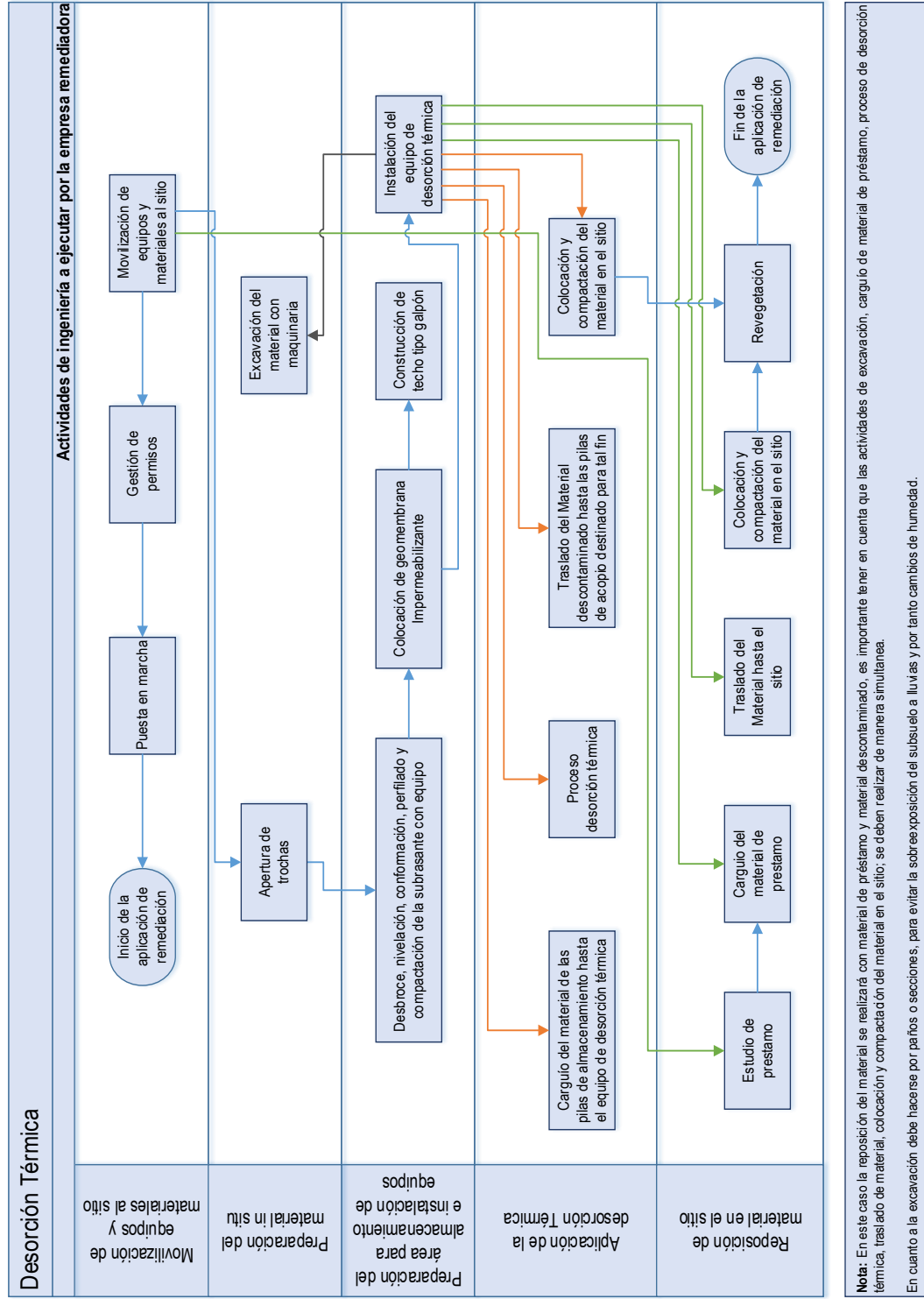
Nota: La estimación de costo para la aplicación de la técnica se ha desarrollado considerando diésel como combustible para la operación del equipo. Al momento del desarrollo de la ingeniería de detalle se especificará el combustible a ser utilizado (diésel, petróleo, gas, gasolina, etc.). Este combustible deberá ingresado vía fluvial y terrestre a la zona de trabajo y almacenado en tanques para la alimentación del equipo. En el caso del sitio S0114 (Sitio 14) se estima un gasto total de 1 559 277,00 l (132,96 l/m3).

(**) = El estimado de costos para el tratamiento se hace sobre una base de estimación Clase III, que corresponde a un nivel de desarrollo conceptual en la ingeniería de un proyecto. Esto implica una base de variación del 30 % - 50 %

Durante el proceso de desorción térmica se produce una pérdida del 20-30% (materia orgánica, contaminantes, humedad, básicamente) del volumen inicial de suelo contaminado. Al culminar el proceso de desorción térmica el suelo tratado es devuelto nuevamente al sitio impactado. Allí se completa/nivela con la rasante natural del terreno el área del sitio impactado utilizando material de préstamo en una cantidad equivalente a la perdida durante la desorción térmica.

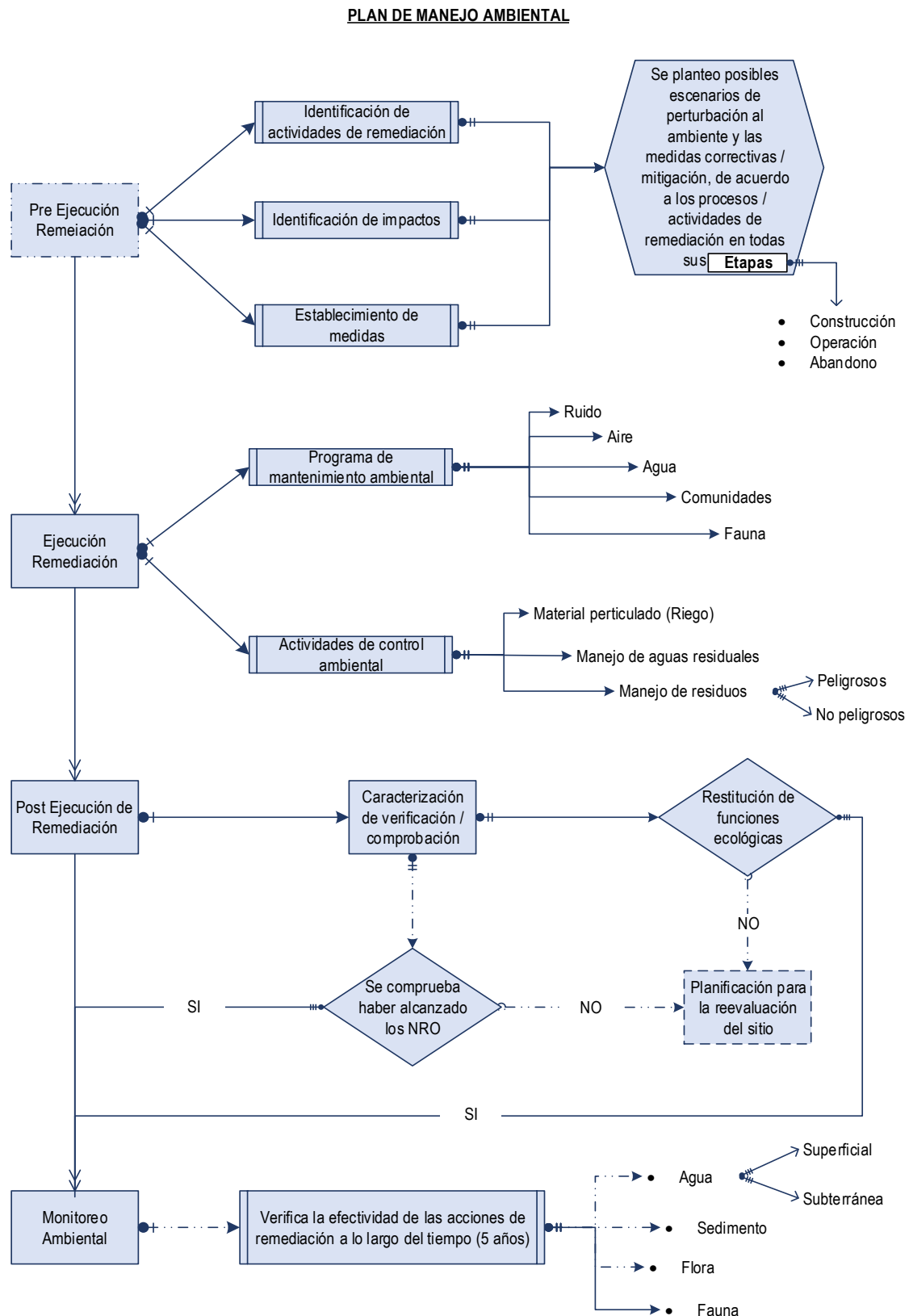
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Figura 5-11 Esquema de ingeniería a ejecutar por la empresa remediadora



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Figura 5-12 Flujograma de actividades del PMA



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 5-15 Resumen de personal para la ejecución de la remediación

Cargo /Rol	Responsabilidad	Cant.
Supervisor	Supervisar la ejecución de las actividades según el rol que desempeñe	9
Enfermero	Atender a los trabajadores ante cualquier eventualidad suscitada durante el desarrollo de las actividades y /o trasladar al accidentado hasta el centro de asistencia más cercano	3
Topógrafo	Se encargará de todas las mediciones topográficas, durante movimientos de tierra y compactación del terreno.	2
Operario	Realizará las labores de operación de equipos y maquinaria pesada para el desarrollo de las actividades	15
Conductor	Será responsable de trasladar a personal o equipo según sea el caso	2
Obrero	Se encargará de las labores manuales de acuerdo al rol propio de cada actividad, los mismos deberán tener una noción básica del trabajo a ejecutar, en caso contrario deberán recibir una inducción inicial para el desarrollo de las mismas	10
Logístico	Se encargará de coordinar todo lo referente a la logística necesaria para llevar a cabo las actividades de remediación.	3
Almacenero	Será el encargado de la entrada y salida de recursos de los almacenes, coordinadas por el logístico, este llevará el control de entradas y salidas, y alertará si es necesaria la adquisición de artículos adicionales.	1
Vigilante	Se encargará de la vigilancia de equipos y recursos dispuestos para la aplicación de la acción de remediación	1

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El número de trabajadores indicado en la tabla anterior, corresponde a la cantidad máxima del personal que trabajará en simultaneo, durante la actividad de remediación, sin embargo, dicha cantidad varía a lo largo de su aplicación, esto se puede observar en el cuadro 5-41, donde se detalla la cantidad global de trabajadores por actividad. Los trabajadores deberán estar habilitados, con exámenes médicos, vacunas y SCTR.

Cuadro 5-16 Actividades asociadas a la remediación con Desorción Térmica

Actividad	Descripción
Fase I: Movilización de equipos y materiales al sitio	En esta actividad se desarrolla, la planificación, proyección, ajuste de cronograma, así como todo lo necesario para la puesta en marcha del proyecto, así como el traslado de los equipos hasta el sitio de rehabilitación, incluyendo la movilización fluvial y terrestre
Fase II: Preparación del área para el almacenamiento de material e instalación de equipos	En esta etapa se preparará un área tanto para la instalación del equipo como para el almacenamiento provisional del material a ser tratado, para esto se realizarán actividades de desbroce, nivelación, conformación, perfilado y compactación de la subrasante con equipo
Fase III: Preparación del material in situ	En esta fase se realizará la construcción del almacén provisional el cual constará de una impermeabilización con geomembrana y un techo tipo galpón

Cuadro 5-16 Actividades asociadas a la remediación con Desorción Térmica

Actividad	Descripción
	garantizando la altura de descarga de las maquinarias a implementar, esta actividad debe realizarse previo a la extracción del material contaminado
Fase IV: Aplicación de la desorción Térmica	Posterior a la excavación y acopio del material contaminado se procederá al tratado por medio de un retroexcavadora con la que se colocará el material en la cinta de carga, para ingresarlo al equipo de desorción, una vez en el equipo se procederá a retirar el material una vez se complete el ciclo de desorción, durante la operación se considera la carga de combustible, el mantenimiento de rutina y las diferentes actividades propias de la operación del equipo.
Fase V: Reposición de material en el sitio	Esta actividad está supeditada al término de la actividad de excavación y comprende el carguío del material de préstamo, traslado de material hasta el sitio, colocación y compactación del material en el sitio
Permisología	Este aparte contiene todos los temas relacionados con los permisos necesarios para realizar las actividades de remediación
Seguridad	Este aparte contiene lo concerniente a la seguridad tanto de los trabajadores como de los procesos de remediación
Logística	Este aparte contiene lo concerniente a la alimentación, traslado de personal y alojamiento

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

5.6.5 Descripción de los residuos y/o emisiones.

A) Residuos sólidos

Durante el proceso de remediación del sitio S0114 (Sitio 14) se generarán residuos sólidos que según sus características se pueden clasificar en peligrosos y no peligrosos.

Los residuos domésticos, se generarán principalmente en el campamento temporal como consecuencia de las actividades habituales de los trabajadores.

En el siguiente cuadro se presenta la estimación de generación residuos sólidos domésticos. Se ha considerado una generación por persona de 0,57 kg/hab-día (correspondiente a la generación por persona de la región Loreto) y una demanda pico de 30 trabajadores durante el proceso de remediación.

Cuadro 5-17 Generación de residuos sólidos domésticos

Producción por persona de RR.SS. (kg/hab/día)	N° de trabajadores	Generación diaria (kg)	Generación mensual (kg)	Densidad (kg/m³)	Volumen mensual (m³)	Generación Total (kg)	Volumen total (m³)
0,57*	30	17,1	513	250,00	2,052	2949	11,8

* Generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios para la región de Loreto (MINAM).

** Generación total durante los 5,75 meses de duración de la remediación.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

En el ítem. 5.8 Plan de Manejo de Residuos se presenta las medidas o procedimientos para el manejo integral de los residuos a generarse durante las actividades de remediación.

B) Residuos líquidos

Se contempla la generación de efluentes domésticos, provenientes del personal que realizará las actividades inherentes a la remediación.

• Aguas residuales domésticas

Para la determinación del volumen de aguas residuales domésticas se ha considerado una dotación de agua de 80 litros/hab-día y un pico máximo de 30 trabajadores y que el 80 % se convertirá en efluente doméstico, conforme a lo especificado en la Norma OS.100**, cabe resaltar que la demanda de agua potable y por consiguiente el volumen de generación de efluentes domésticos es variable y estará en función al número de trabajadores. En el siguiente cuadro se presenta el volumen máximo de generación de efluentes domésticos por día:

Cuadro 5-18 Generación de efluentes domésticos

Dotación de agua (l/hab/día)	N° de trabajadores	Demanda de agua diaria (m³/día)	Efluentes domésticos (m³/día) **
80 *	30	2,4	1,9

* Dotación de agua para selva (MVCS, 2011).

** Se considera que el 80% del agua consumida se convertirá en efluente doméstico (NORMA OS.100).

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

• Aguas residuales industriales

La tecnología de remediación que se utilizará para la remediación del sitio S0114 (Sitio 14) corresponden a Desorción Térmica.

Desorción Térmica

Para el tratamiento del suelo por Desorción Térmica el suelo preliminarmente será acumulado en pilas de acopio temporal, en una base con geomembrana, techo corta aguas y un sistema de derivación de agua de lluvia en su contorno, con la finalidad de evitar la generación de agua de contacto (efluentes). El agua de no contacto será derivado a un cuerpo de agua superficial cercano.

La Unidad de Desorción Térmica contará con una planta de tratamiento de agua (PTAR), cuya función será separar el agua e hidrocarburos de la fase líquida producto del sistema de condensación. La fracción de hidrocarburo que se obtendrá como efluente tendrá características similares a un gasoil y será usado en la unidad; asimismo, el agua será recirculada al sistema.

Por lo descrito, no se generarán efluentes durante el tratamiento de suelos en ninguna de las etapas de remediación por Desorción Térmica.

C) Emisiones

Las principales fuentes que originarían emisiones de material particulado (PM₁₀ y PM_{2.5}) son las asociadas al movimiento de material y carga y descarga de material (excavación y remoción de suelo contaminado), las asociadas a emisiones de gases de combustión de combustible (CO, NO₂ y SO₂) serían el tránsito de vehículos y el funcionamiento de maquinaria pesada (excavadora,

retroexcavadora, trompo mezclador, entre otros) y las emisiones de gases de la chimenea de la Unidad de Desorción Térmica.

Los tipos de fuentes de emisión asociadas a las acciones de remediación son fugitivas y no fugitivas:

- **Emisiones fugitivas**

Fuente de volumen: Tránsito de camión volquete, retroexcavadora, y camiones de suministro

Fuentes de área: actividades de transferencia (carga y descarga), excavación o movimiento de material, actividades de relleno.

Fuente Fijas: Generador eléctrico.

- **Emisiones no fugitivas**

Fuentes puntuales: chimenea de la Unidad de Desorción Térmica.

Fuente móviles: tubo de escape de volquetes y camiones de suministro.

Fuentes de área: excavadora, retroexcavadora, equipo compactador vibratorio.

En el siguiente cuadro se presenta un resumen por cada fuente y tipo de emisión:

Cuadro 5-19 Emisiones de material particulado y gases

Fuente de emisión	Material Particulado	CO	NO ₂	SO ₂
Tránsito de volquetes y camiones de suministro	X	X	X	X
Actividades de transferencia, movimiento de material, actividades de relleno	X			
Generador eléctrico		X		
Tubo de escape de volquetes y camiones de suministro	X	X	X	X
Maquinaria pesada (excavadora, retroexcavadora, equipo compactador vibratorio, entre otros)	X	X	X	X
Unidad de Desorción Térmica	X	X	X	X

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

5.7 Plan de Manejo Ambiental.

5.7.1 Identificación de Impactos Ambientales

Durante las actividades de remediación-rehabilitación se generarán efluentes, emisiones atmosféricas y residuos sólidos en cantidades y volúmenes que dependerán mayormente de la tecnología o conjunto de tecnologías seleccionadas, así como del tipo de contaminante a ser tratado. Preliminarmente, es importante identificar las actividades y en consecuencias los aspectos ambientales del proceso de remediación de “Desorción Térmica” a aplicarse en el sitio S0114 (Sitio 14), que conlleve a la generación de potenciales residuos, ya sean sólidos, efluentes o

emisiones atmosféricas, y otras actividades que posiblemente afecten al componente ambiental físico, biológico o social.

A) Identificación de las acciones de remediación

Las actividades de remediación descritas en el ítem 5.6.2, se desarrollarán en tres (3) etapas: construcción, operación y abandono; en los siguientes cuadros se presenta la lista actividades por cada etapa:

Cuadro 5-20 Actividades durante la etapa de construcción

Etapa de Remediación	Actividades de la etapa
Construcción	Preparación del sitio (actividades preliminares) - Movilización de equipos y maquinarias. - Desbroce y desbosque (40 % del sitio). - Nivelación del terreno (pilas de almacenamiento y base de la Unidad de Desorción Térmica). - Instalación del campamento temporal. - Colocación de geomembrana (pilas de almacenamiento) para el sistema de desorción.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 5-21 Actividades durante la etapa de operación

Etapa de Remediación	Actividades de la etapa
Operación	Preparación del material - Excavación de suelo contaminado con maquinaria. - Carguío del material de las pilas de almacenamiento hasta la Unidad de Desorción Térmica. - Proceso Desorción Térmica. - Mantenimiento de la Unidad de Desorción Térmica. Reposición de material en el sitio proveniente de la Desorción - Carguío y traslado de material de préstamo (desde canteras) al sitio para estabilización con producto de desorción. - Compactación del material estabilizado y el material proveniente de la desorción del sitio S0114 (Sitio 14).

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 5-22 Actividades durante la etapa de abandono

Etapa de Remediación	Actividades de la etapa
Abandono	Abandono - Revegetación. - Desinstalación de campamento temporal y desmovilización de equipos y maquinaria. - Disposición final de RR. SS.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

B) Identificación de componentes ambientales

En el Cuadro 5-23 se presentan el listado de los componentes ambientales (físico, biológico y

social), a fin de identificar cuáles podrían ser disturbados por las actividades que comprenda el proceso de remediación en el sitio S0114 (Sitio 14).

Cuadro 5-23 Componentes y factores ambientales

Componente	Factor Ambiental	
Físico	Topografía y Paisaje	Topografía
		Calidad Visual
	Calidad de Aire	Material Particulado
		Emisiones Gaseosas
	Ruido	Nivel de Ruido
	Recurso Hídrico Superficial	Cantidad del Agua Superficial
		Calidad del Agua Superficial
	Recurso Hídrico Subterráneo	Cantidad del Agua Subterránea
		Calidad del Agua Subterránea
	Suelo	Calidad del Suelo
		Uso de Suelo
Biológico	Flora Terrestre	Abundancia y diversidad
	Fauna Terrestre	Abundancia y diversidad
	Flora y Fauna Acuática	Abundancia y diversidad
Socioeconómico		Contratación de mano de obra
		Percepciones de Grupo de Interés

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

C) Identificación de impactos y riesgos ambientales

En el Cuadro 5-24 se presentan la matriz de identificación de los impactos que pudieran generar cambio en alguno de los componentes ambientales.

En dicha matriz se diferencia el impacto ambiental de naturaleza negativo (-) o positivo (+) y si el efecto es directo (color naranja) o indirecto (color verde). A continuación, una breve descripción:

- Potencial Impacto Positivo/negativo Directo: El impacto ambiental directo será el que ocasione cambios positivos/negativos inmediatos y perceptibles a corto plazo en el ecosistema.
- Potencial Impacto Positivo/negativo Indirecto: El impacto ambiental indirecto negativo será el que afecte colateralmente positiva o negativamente el ecosistema.

Asimismo, se presenta los riesgos ambientales identificados durante el proceso de remediación del sitio S0114 (Sitio 14).

Cuadro 5-24 Matriz de identificación de impactos y riesgos ambientales del Plan de Remediación – Etapa de construcción, operación y abandono

ETAPA	Componente ambiental	Físico										Biológico			Socio-económico		
	Factor ambiental	Topografía y Paisaje		Calidad de Aire		Ruido	Recurso Hídrico Superficial		Recurso Hídrico Subterráneo		Suelo		Flora Terrestre	Fauna Terrestre			Flora y Fauna Acuática
	Sitio S0114 (Sitio 14) Técnica de remediación: Desorción térmica	Topografía	Calidad Visual	Material Particulado	Emisiones Gaseosas	Nivel de Ruido	Cantidad del Agua Superficial	Calidad del Agua Superficial	Cantidad del Agua Subterránea	Calidad del Agua Subterránea	Calidad del Suelo	Uso de Suelo	Abundancia y diversidad	Abundancia y diversidad	Abundancia y diversidad	Contratación de mano de obra	Percepciones de Grupo de Interés
CONSTRUCCIÓN	Movilización de equipos y maquinarias		-	-	-	-								-		+	+
	Desbroce y desbosque (40% del sitio)		-	-		-		-					-	-		+	+
	Nivelación del terreno (pilas de almacenamiento y base de la Unidad de Desorción Térmica)	-	-	-	-	-		-					-	-		+	+
	Instalación del campamento temporal		-			-								-		+	+
	Colocación de geomembrana (pilas de almacenamiento) y sistema de captación de drenaje					-								-		+	+
OPERACIÓN	Excavación de suelo contaminado con maquinaria	-	-	-	-	-		-					-	-		+	+
	Carguío del material de las pilas de almacenamiento hasta la Unidad de Desorción Térmica			-	-	-							-	-		+	+
	Proceso Desorción Térmica			-	-	-							-	-		+	+
	Mantenimiento de la Unidad de Desorción Térmica					-							-	-		+	+
	Traslado del suelo descontaminado del proceso de desorción			-	-	-					+		-	-		+	+
	Carguío y traslado de material de préstamo (desde canteras) al sitio	-	-	-	-	-		-					-	-		+	+
	Compactación del material del Sitio S0114 (Sitio 14)	+		-	-	-							-	-		+	+
ABANDONO	Revegetación	+	+	-	-			+			+	+	+	+		+	+
	Desinstalación de campamento temporal y desmovilización de equipos y maquinaria		+	-		-								-		+	+
	Disposición final de RR.SS.		+	-	-	-										+	+

Leyenda:

+	Potencial Impacto Positivo Directo
+	Potencial Impacto Positivo Indirecto
-	Potencial Impacto Negativo Directo
-	Potencial Impacto Negativo Indirecto
	No se genera impacto

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

D) Impactos ambientales a mitigar

El Cuadro 5-24, detalla los impactos ambientales en las etapas de construcción, operación y abandono del proceso de remediación del sitio S0114 (Sitio 14) a prevenir o mitigar:

Componente físico

- Alteración de la topografía (+ / -).
- Alteración de la calidad visual (+ / -).
- Alteración de la calidad del aire (material particulado y emisiones) (-).
- Alteración de la calidad del agua (+ / -).
- Incremento de los niveles de ruido (-).
- Modificación de uso de suelo (+).
- Alteración de la calidad del suelo (+).

Componente biológico

- Alteración de la fauna terrestre (+ / -).
- Alteración de la flora terrestre (+ / -).
- Alteración de la fauna/flora acuática/ terrestre (+ / -).

Componente social

- Contratación de mano de obra local (+).
- Mejora de la percepción de los grupos de interés (+).

En la etapa de construcción el principal impacto ambiental de carácter negativo y de efecto directo es la alteración de la calidad del aire y el incremento de los niveles de ruido por las actividades de movilización e instalación del equipo de desorción térmica; y durante la etapa de operación el principal impacto de carácter negativo y efecto directo será la alteración de la calidad del aire por emisión de gases de combustión de la chimenea de la Unidad de Desorción Térmica y en menor medida las emisiones provenientes del funcionamiento de la maquinaria pesada.

Por otro lado, el principal impacto ambiental de carácter positivo y de efecto directo es la recuperación de la calidad visual y de la calidad del suelo del sitio debido a la revegetación, y recubrimiento con material de préstamo, que conlleva asimismo un impacto positivo en el componente biológico flora.

5.7.2 Medidas de manejo ambiental

El Plan de Manejo Ambiental incluye medidas y acciones mitigar, minimizar o evitar impactos ambientales al medio ambiente, el mismo se enmarca en los lineamientos establecidos en la Resolución Ministerial N° 118-2017-MEM/DM.

Las medidas de manejo ambiental de los impactos descritos en los párrafos anteriores serán manejadas por los programas individuales que se presentan en los siguientes ítems, estos programas son los siguientes:

- Programa de manejo de instalaciones auxiliares.

- Programa de manejo de paisaje visual.
- Programa de manejo ruido ambiental y calidad del aire.
- Programa de manejo del recurso suelo.
- Programa de manejo del recurso hídrico.
- Programa de manejo de flora y fauna terrestre.
- Programa de manejo de sustancias o materiales peligrosos.
- Programa de relaciones comunitarias.

5.7.2.1 Programa de manejo de instalaciones auxiliares

Durante la operación de la técnica solidificación/estabilización y desorción térmica se demandará habilitar un campamento temporal, letrinas, puntos de acopio de residuos sólidos, almacén de sustancias peligrosas, entre otros, que serán utilizados durante las actividades de remediación en el sitio S0114 (Sitio 14), para ello se debe tener en cuenta lo listado a continuación:

- Las instalaciones eléctricas provisionales deberán ser ejecutadas y mantenidas por personal calificado.
- La evaluación de excretas será mediante letrinas sanitarias, las cuales serán diseñadas en función a la cantidad de trabajadores.
- El campamento temporal deberá establecerse preferentemente en una zona despejada sin cobertura vegetal para evitar el desbroce y desbosque innecesario, asimismo deberá establecerse en un lugar seco y lejos de peligros naturales.
- Los residuos generados en el campamento serán manejados de acuerdo con el Plan de Manejo de Residuos Sólidos.
- El reabastecimiento de combustible y cambio de aceite se debe realizar en lugares impermeabilizados específicamente para este fin (ver ítem 5.7.1.9).
- El manejo de sustancias peligrosas será realizado únicamente por personal calificado.

5.7.2.2 Programa de manejo de paisaje visual

La instalación de la Unidad de Desorción Térmica podría disturbar la percepción visual de las poblaciones cercanas al sitio S0114 (Sitio 14), sin embargo, la comunidad más cercana se encuentra a una distancia de 15,8 km, correspondiente a la CN Nueva Jerusalén; asimismo, el área donde se emplazará la Unidad de Desorción Térmica es un área industrial y disturbada, por lo que el impacto será no significativo.

A continuación, se presenta las medidas de manejo del paisaje visual:

- Control de las emisiones de material particulado y gases, que dan mal aspecto durante actividades de movimiento de tierra u otras actividades generadoras de emisiones.
- Se implementará un correcto manejo de residuos sólidos.
- Mimetizar las infraestructuras elevadas de acuerdo al color predominante del paisaje adyacente.
- El área final excavada será cubierta con material de préstamo y será revegetada con especies autóctonas.

5.7.2.3 Programa de manejo de ruido ambiental y calidad de aire

Durante la fase de construcción, operación y abandono se prevé la generación de material particulado e incremento de los niveles de ruido producto del traslado y funcionamiento de vehículos, equipos y maquinaria pesada, movimiento de tierras (suelo afectado y material de préstamo) y de emisiones de gases de combustión de la Unidad de Desorción Térmica.

A continuación, se presentan las medidas de manejo ambiental que permitirá mitigar los impactos en el componente aire:

- Las trochas carrozables dentro del área de intervención y circundantes serán rociados con agua mediante cisternas, para evitar la suspensión de polvo.
- Se aplicarán límites máximos de velocidad en trochas carrozables que crucen cerca a las comunidades nativas y dentro del lote petrolero, dado que es una zona industrial.
- Se utilizará vehículos y maquinaria pesada que cuente inspección técnica vigente.
- Durante el manejo de vehículos se reducirá el uso de claxon.
- Los generadores eléctricos y compresores serán ubicados lejos de las comunidades nativas o cercanas a áreas de recreación y alimentación.
- Los vehículos y maquinaria pesada deberán cumplir las normas de emisiones.
- Todos los equipos utilizados contarán con un plan de mantenimiento provisto por el contratista.
- Se deberá realizar un mantenimiento preventivo a todas las unidades móviles.
- El suelo tratado será mezclado y enfriado en un sistema de enfriamiento de la Unidad de Desorción Térmica. No se permitirá la descarga del suelo tratado si previamente no haya pasado por el sistema de enfriamiento, a fin de evitar la dispersión de polvo a zonas circundante.
- El suelo libre de contaminantes (salida de la etapa de desorción) será transportado a una zona de enfriamiento temporal, donde se supervisará la humedad del suelo y si es necesario se rociará agua para evitar la suspensión de polvo.
- La Unidad de Desorción Térmica contará con un Sistema de Tratamiento de Gases, conformado por una torre de enfriamiento y lavado, un filtro de mangas, una chimenea de evacuación de gases y un sistema de monitorización de emisión.
- Se realizará un monitoreo de calidad de aire y emisiones de chimenea de acuerdo con lo estipulado en el ítem 5.9.
- La chimenea debe contar con una plataforma de muestreo para un adecuado monitoreo de emisiones.

5.7.2.4 Programa de manejo del recurso suelo

El manejo del recurso suelo estará relacionado a las medidas para minimizar el riesgo por derrames de hidrocarburos o sustancias peligrosas, así como la rehabilitación o revegetación del área disturbada temporalmente para el desarrollo de las actividades de remediación; a continuación, las medidas propuestas:

- Se establecerá un área específica para la recarga de combustible de los vehículos y maquinaria pesada, con el fin de reducir el riesgo de derrames de hidrocarburos en el suelo.

- El contratista deberá establecer procedimientos para el manejo, almacenamiento y transporte de materiales peligrosos, el cual deberá ser difundido a los trabajadores mediante capacitaciones.
- Las áreas que serán disturbadas temporalmente para la instalación de la infraestructura necesaria para la remediación del sitio, deberán ser rehabilitadas y revegetadas al finalizar las actividades.
- El *topsoil* debe ser recuperado y no mezclado con ningún otro tipo de material durante los trabajos de movimiento de tierras.
- El mismo será utilizado para los trabajos de revegetación durante la etapa de abandono.

5.7.2.5 Programa de manejo del recurso hídrico

La cantidad del recurso hídrico no será alterado, pues la remediación del suelo contaminado demandará un volumen de agua de 5 m³ semanal para el proceso de Desorción Térmica, preparación de mezcla, riego periódico de trochas carrozables, entre otras actividades, la cual será proporcionada por la operadora del lote petrolero, dado que esta cuenta con puntos de captación de agua para uso industrial, autorizados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), con esta medida se eliminará el tiempo de espera en la gestión de permisos.

- El abastecimiento de agua para uso doméstico, específicamente para la preparación de alimentos, será a través de agua embotellada.

Otro posible impacto en el recurso hídrico es la alteración de la calidad de agua superficial por el arrastre de partículas del suelo del sitio por acción de la escorrentía producto de las fuertes precipitaciones, cabe resaltar que el proceso de remediación no amerita el vertimiento de efluentes.

A continuación, se presenta las medidas para el manejo de los impactos identificados para el recurso hídrico:

- Queda prohibido la captación de agua de otro cuerpo de agua diferente al autorizado.
- El suelo excavado y colocado en una geomembrana temporalmente, tendrá un techo y un sistema de drenaje, permitiendo que toda el agua de lluvia que pueda captarse sea dirigida hacia un colector final.
- El agua de no contacto de los sistemas de derivación de las pilas de acopio temporal y de las celdas de seguridad, serán derivadas a través de tuberías PVC a un cuerpo de agua superficial cercano.

5.7.2.6 Programa de manejo de flora y fauna terrestre

Flora

Las actividades de desbroce y desbosque para la instalación de infraestructura (unidad de desorción térmica, campamento, letrinas, almacenes, entre otros) generará un impacto negativo en la flora del sitio. Por ello se propone las siguientes medidas de manejo:

- El desbroce se limitará en las áreas de remediación y en las zonas donde se instalarán de infraestructura de remediación e instalaciones temporales.
- La vegetación desbrozada será almacenada en depósitos de *topsoil* temporales, para su posterior uso en la revegetación del sitio.
- El desbosque será necesario para el ingreso de la maquinaria al sitio impactado, por lo tanto,

será necesario solicitar ante el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (en adelante, SERFOR) el permiso de desbosque.

Es importante recalcar que el desbroce y desbosque generará un impacto a la flora de carácter negativo moderadamente significativo, dado que la extensión es puntual y la persistencia temporal, pero de recuperabilidad a medio plazo, dado que el área deforestada será reforestada con especies autóctonas (6 meses).

La revegetación, es una medida de rehabilitación del impacto generado por la deforestación, dicha actividad generará un impacto positivo y de persistencia permanente en la abundancia de especies de flora del lugar e indirectamente en la fauna terrestre.

Se dispondrá de un vivero temporal para la siembra y propagación de especies.

Fauna

- Todas las operaciones de la Unidad de Desorción Térmica deberán ser realizado bajo la supervisión y dirección de un especialista del proceso.
- Se impedirá la caza de fauna del lugar.
- Se colocará carteles informativos sobre la prohibición de no coleccionar, golpear o causar fauna del lugar.
- La tenencia de armas de fuego en el área de trabajo estará prohibida, pues el uso inadecuado causará el retiro de la fauna presente en la zona, solo podrán hacer uso de éstas el personal de seguridad autorizado, solo en casos de que la circunstancia lo amerite.
- La remediación del sitio S0114 (Sitio 14) en sus distintas etapas propiciará el ahuyentamiento temporal de fauna terrestre y avifauna, como consecuencia de los niveles de ruido generados y la presencia de vehículos y maquinarias; por consiguiente, se deberá aplicar las medidas de manejo descritas en el Programa de manejo de ruido ambiental.

5.7.2.7 Programa de manejo de sustancias o materiales peligrosos

El Programa de manejo de sustancias peligrosas o materiales peligrosos presenta los lineamientos sobre el transporte, almacenamiento y manejo de combustibles e insumos químicos a ser usados durante las actividades de remediación del sitio S0114 (Sitio 14).

A) Transporte

Todo el personal que participe en la operación de transporte de sustancias peligrosas debe estar debidamente entrenado en el manejo de sustancias peligrosas y la aplicación del Plan de Contingencias para dicho transporte.

B) Almacenamiento

- El almacén debe estar correctamente ventilado, para evitar la concentración de gases peligrosos (tóxicos, irritantes, explosivos).
- El almacenamiento de combustible se realizará en un tanque de 50 l de capacidad, se evitará la afectación del aire, suelo y agua, siguiendo las indicaciones contenidas en las hojas de seguridad (MSDS).
- El área de almacenamiento de combustible deberá cumplir los siguientes aspectos:

- Contará con techo, con el suelo impermeabilizado para evitar en lo posible filtraciones al medio y con ventilación adecuada y con poza de contención en caso de derrames.
- La poza de contención debe ser diseñada de tal forma que pueda recibir por lo menos el 110 % de la capacidad del mayor volumen a ser almacenado.
- Contará con extintores contra incendios.
- Deberá contar con un kit de emergencia que incluya por lo menos paños absorbentes, bolsas plásticas y palas.
- Contará con señalización que indique la peligrosidad.

C) Señalización

Todos los recipientes de sustancias químicas estarán rotulados con su respectivo contenido y la clase de riesgo que representa.

5.7.2.8 Programa de relaciones comunitarias

El plan de relaciones comunitarias se enmarcará en tres lineamientos básicos para correcto desempeño de las medidas de remediación del sitio S0114 (Sitio 14):

- Inducción general a la población y/o trabajadores sobre las actividades a desarrollarse.
- Charlas de capacitación a los trabajadores locales.
- Acompañamiento durante el proceso para prevenir conflictos y resolver dudas de la población.

5.7.2.9 Plan de Contingencias y emergencias

Durante las diferentes etapas de las acciones de remediación, se podrían presentar diferentes situaciones para las cuales el contratista (responsable de la remediación) deben afrontar dichas eventualidades y capacitar al personal para actuar antes, durante y después del evento.

Los riesgos que se identificaron se presentan, a continuación:

- Fuga o derrame de sustancias peligrosas (hidrocarburos).
- Accidentes de tránsito terrestre y fluvial.
- Lesiones personales.

Asimismo, se debe capacitar al personal y formar brigadas de emergencias para riesgos naturales, tales como:

- Terremotos.
- Lluvias torrenciales.

5.8 Plan de Manejo de Residuos.

El presente programa de residuos (sólidos y líquidos) será aplicado durante las etapas de construcción, operación y abandono de las acciones de remediación del sitio S0114 (Sitio 14), el cual estará basado en el cumplimiento de lo establecido en el Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos y en su Reglamento aprobado mediante el Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM.

La empresa prestadora de servicios, operador y cualquier persona que intervenga en el manejo de residuos sólidos, está obligado a adoptar inexcusablemente las medidas para su adecuado manejo.

5.8.1 Residuos sólidos

En el presente ítem se describirá el procedimiento a seguir durante la gestión y manejo de los residuos generados en las distintas etapas del proyecto. Asimismo, dicha gestión y manejo será encargado a una Empresa Operadora de Residuos Sólidos (EO-RS) debidamente registrada ante DIGESA o MINAM.

En general, la gestión de los residuos sólidos será de responsabilidad del operador de la remediación, quien debe supervisar el adecuado manejo de residuos sólidos generados.

A) Generación de RR.SS.

Durante las acciones de remediación se deberá llevar un registro de los residuos generados, como tipo, descripción, cantidad, lugar temporal de disposición, volumen, entre otro que amerite la normativa ambiental.

A continuación, se presenta las fuentes de generación de residuos sólidos diferenciados por su peligrosidad (peligrosos y no peligrosos):

• No Peligrosos

De acuerdo con las actividades de remediación planteadas, se ha preparado un listado de los posibles residuos no peligrosos a generarse durante las etapas de construcción, operación y abandono.

Cuadro 5-25 Tipos de residuos No Peligrosos – Etapa de construcción

Tipo de Residuo	Fuente de generación
Papel, cartón, plásticos, trapos	Trabajos preliminares
Residuos domésticos	Campamento temporal

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 5-26 Tipos de residuos No Peligrosos – Etapa de operación

Tipo de Residuo	Fuente de generación
Papel, cartón, plásticos, trapos	Mantenimiento
Residuos domésticos	Campamento temporal

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 5-27 Tipos de residuos No Peligrosos – Etapa de abandono

Tipo de Residuo	Fuente de generación
Papel, cartón, plásticos, trapos	Desinstalación del campamento temporal Revegetación
Residuos domésticos	Trabajadores (campamento)

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- **Peligrosos**

Similarmenre, se ha preparado un listado de los posibles residuos peligrosos a generarse durante las etapas de construcción, operación y abandono.

Cuadro 5-28 Tipos de residuos Peligrosos – Etapa de construcción

Tipo de Residuo	Fuente de generación
Trapos impregnados con aceites, grasas, y otras sustancias peligrosas.	Trabajos preliminares.
Papel, cartón, plásticos contaminados con aceite, solvente, otros.	

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 5-29 Tipos de residuos Peligrosos – Etapa de operación

Tipo de Residuo	Fuente de generación
Trapos impregnados con aceites, grasas, y otras sustancias peligrosas.	Zona de preparación de mezcla y manejo de combustible.
Papel, cartón, plásticos contaminados con aceite, solvente, otros.	

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 5-30 Tipos de residuos Peligrosos – Etapa de abandono

Tipo de Residuo	Fuente de generación
Trapos impregnados con aceites, grasas, y otras sustancias peligrosas.	Desinstalación de zonas de acopio de RR.SS. peligrosos y combustible.
Papel, cartón, plásticos contaminados con aceite, solvente, otros.	

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

B) Segregación

Para realizar una adecuada segregación de los residuos generados en el proceso de remediación del sitio S0114 (Sitio 14), se utilizará contenedores o cilindros asignados según el “Código de colores para los dispositivos de almacenamiento de residuos de la NTP 900.058.2019”, lo descrito se muestra en el Cuadro 5-31:

Cuadro 5-31 Identificación de recipientes por tipo de residuos

Tipo de Residuo	Color	Ubicación
PELIGROSOS Envases, trapos y paños impregnados con químicos (aceite, solventes, pintura, etc.), pilas.		▪ En los frentes de remediación
METALES Partes o piezas metálicas pequeñas.		▪ En los frentes de remediación
VIDRIOS (vidrios enteros o rotos)		▪ En los frentes de remediación
PLÁSTICOS (Botellas de bebidas gaseosas, aceite, comestibles, etc.)		▪ En los frentes de remediación
PAPEL Y CARTÓN (Periódicos, revistas, folletos, impresiones, fotocopias, papel, sobres, cajas de cartón, etc.)		▪ En los frentes de remediación
RESIDUOS GENERALES NO APROVECHABLES (Residuos que no se degradan)		▪ En los frentes de remediación
ORGÁNICOS (Restos de comida, maleza, restos de barrido, servilletas y similares)		▪ En los frentes de remediación

Fuente: NTP. NTP 900.058.2019; "GESTIÓN AMBIENTAL. Gestión de residuos. Código de colores para los dispositivos de almacenamiento de residuos".

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

C) Almacenamiento

• Almacenamiento intermedio o temporal

Por la magnitud de las actividades y la cantidad de residuos sólidos a generarse se necesitará puntos de almacenamiento temporal, ubicado en los frentes de trabajo, para residuos sólidos.

- Los residuos generados serán adecuadamente acondicionados en recipientes herméticos y

rotulados para ser separados según su composición y origen, donde se almacenan hasta acumular cantidades suficientes para traslado al almacenamiento central.

- Se plantea dos (2) puntos de acopio de almacenamiento intermedio o temporal, uno en el frente de remediación y el otro en el campamento temporal.
- Los recipientes para el almacenamiento de los residuos sólidos contarán con tapa. Asimismo, los recipientes contendrán bolsas de polietileno en su interior del mismo color que el cilindro que las contiene.
- Se contará con letreros de identificación para cada tipo de residuo, así como, la identificación correspondiente en cada uno de los contenedores o cilindros de capacidad de 55 galones.
- Todo punto de almacenamiento temporal deberá contar con lo siguiente: gigantografía didáctica de residuos sólidos, base de madera (puntos temporales).
- Desde los puntos de almacenamiento temporal, los residuos sólidos comunes (reaprovechables) deberán ser dispuestos al área de almacenamiento central.
- Los residuos peligrosos generados durante las actividades de remediación, serán retirados y dispuestos en envases herméticos para su posterior traslado a los puntos de almacenamiento central y su posterior manejo adecuado por una EO-RS autorizada por el MINAM o DIGESA.

● Almacenamiento Central

- Durante las acciones de remediación del sitio S0114 (Sitio 14) se contará para el almacenamiento de residuos sólidos (peligrosos y no peligrosos) con un área de almacenamiento central debidamente acondicionada, donde se almacenarán los residuos hasta acumular cantidades suficientes para su evacuación y/o disposición final siguiendo las medidas de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente; asimismo se contará con un registro del volumen de residuos que ingresan y evacúan del área de almacenamiento central.
- El área de almacenamiento central tendrá contenedores especiales, de un mayor volumen (1 100 litros o 290,6 galones) que los puntos de almacenamiento temporal, para el almacenamiento de los residuos sólidos; según el tipo de residuo que se tenga.
- Debe tener áreas separadas para la recepción y manipuleo de residuos peligrosos y no peligrosos.
- Los contenedores estarán en buenas condiciones, contarán con sus respectivas tapas y diseñados de tal forma que facilite su traslado.
- Se colocará señalización preventiva, relacionado a la manipulación por personal entrenado, principalmente para los residuos peligrosos, e indicando el uso obligatorio de equipos de protección personal.
- Con respecto a los residuos peligrosos (trapos con residuos de grasas o combustible) generados durante las actividades de remediación serán retirados y dispuestos en contenedores herméticamente cerrados para su posterior traslado y disposición final por una Empresa Operadora de Residuos Sólidos (EO-RS) autorizada por DIGESA o MINAM.
- El área de almacenamiento de residuos sólidos peligrosos deberá cumplir con los aspectos recomendados por la normativa nacional vigente:
 - Contará con techo, con el suelo impermeabilizado para evitar en lo posible filtraciones al medio y con ventilación adecuada y con poza de contención en caso de derrames de hidrocarburos.
 - La poza de contención debe ser diseñada de tal forma que pueda recibir por lo menos el 110 % de la capacidad del mayor volumen a ser almacenado.

- Contará con extintores contra incendios.
- Deberá contar con un kit de emergencia que incluya por lo menos paños absorbentes, bolsas plásticas y palas.
- Contará con señalización que indique la peligrosidad del residuo.

D) Recolección y transporte de residuos

El recojo y traslado interno de los residuos no peligrosos hasta los puntos de acopio será realizado por personal del operador de la remediación, los cuales deben estar debidamente capacitados, y el recojo y traslado de estos residuos (peligrosos y no peligrosos) hasta su disposición final, será realizada a través de una EO-RS registrada ante el MINAM o DIGESA.

Los residuos peligrosos, como trapos impregnados con grasas e hidrocarburos serán confinados en recipientes rotulados y dispuestos adecuadamente en el medio de transporte.

La Empresa Operadora de Residuos Sólidos (EO-RS), estará obligada a presentar, por cada retiro de residuos sólidos, un manifiesto de manejo de residuos sólidos, indicando la naturaleza de estos (peligrosos o no peligrosos).

E) Disposición final

La disposición final de residuos se refiere a los procesos u operaciones para disponer los residuos en un lugar, como última etapa de su manejo, en forma permanente, sanitaria y ambientalmente segura. Para facilitar la disposición final de los residuos de las acciones de remediación del sitio S0114 (Sitio 14), para su transporte se propone el uso de contenedores metálicos diferenciados por colores, de acuerdo al código de colores establecido.

Los residuos generados durante las distintas etapas que no puedan reutilizarse o reciclarse serán dispuestos adecuadamente en un relleno sanitario debidamente autorizado por las autoridades sanitarias y locales.

El uso de botaderos clandestinos para la disposición de los residuos generados no estará permitido. Para ello, se deberá supervisar adecuadamente el transporte y la disposición final. Las empresas encargadas de esta tarea presentarán al contratista los debidos certificados de disposición final emitidos por el relleno sanitario autorizado.

5.8.2 Aguas residuales (residuos líquidos)

En la presente sección se presenta las medidas para el manejo adecuado de los efluentes domésticos e industriales, con la finalidad de mitigar los posibles impactos que puedan generar.

A) Aguas residuales domésticas

Durante las etapas de construcción, operación y abandono del proceso de remediación del sitio S0114 (Sitio 14), las fuentes de generación de aguas residuales domésticas⁷⁹ se detallan en el siguiente cuadro:

⁷⁹ Aguas negras domesticas

Cuadro 5-32 Fuentes y medidas de manejo de efluentes

Fuente de Generación	Medida de manejo	Etapas
Baños	Letrina sanitaria	Construcción / Operación / Abandono
Campamento (cocina)	Letrina sanitaria con trampa de grasa	Construcción / Operación / Abandono

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Debido a que en el sitio no se cuenta con un sistema de eliminación de excretas con arrastre de agua (sistema de alcantarillado) la eliminación de agua grises se realizará en letrinas sanitarias, cumpliendo con los criterios técnicos correspondientes.

Es obligatorio la instalación de trampa de grasas en el tanque séptico donde se descargará las aguas grises del campamento, dado que en dicho lugar se prepararán alimentos.

La trampa de grasa tendrá una cobertura hermética. La grasa almacenada deberá ser eliminada, cuando el volumen alcance un espesor equivalente al 50 % de la altura del líquido en ella. Estará ubicada en lugar de fácil acceso y en la proximidad de los artefactos que descarguen desechos grasos (Norma Técnica I.S. 020 Tanques sépticos).

5.9 Plan de Control y Monitoreo en la ejecución de las medidas de remediación y rehabilitación.

El plan de control y monitoreo en la ejecución de las medidas de remediación tiene como objetivo controlar los potenciales impactos producidos durante las actividades de remediación y rehabilitación. Se tiene previsto los siguientes programas de monitoreo.

5.9.1 Programa de monitoreo de la calidad de aire y ruido

- **Estaciones de monitoreo**

Se estableció (1) punto de monitoreo de calidad de aire y ruido colindante al campamento temporal. Las coordenadas de la estación de monitoreo se presentan en el Cuadro 5-33.

Cuadro 5-33 Estación de evaluación de calidad de aire y niveles de ruido

Estación de Evaluación	Descripción	Coordenadas UTM [a]	
		Este	Norte
CA-01	Cercano al campamento temporal	366929	9696915

[a] Datum WGS 84 – Zona 18 Sur

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- **Parámetros a evaluar**

Calidad de aire

Los parámetros indicadores de la calidad del aire que se evaluarán son los determinados en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire (MINAM, 2017) establecidos mediante Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM.

Cuadro 5-34 Parámetros de evaluación – Calidad de Aire

Grupo	Parámetro
Material particulado	Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)
	Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM ₁₀)
Gases	Dióxido de Azufre (SO ₂)
	Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)
	Monóxido de Carbono (CO)

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Niveles de ruido ambiental

Se realizarán mediciones de ruido por 15 minutos para el horario diurno (de 07:01 a 22:00 horas), dado que el horario de las actividades de remediación será en horario diurno, específicamente entre las 07:00 a 17:00 horas.

Los resultados serán expresados en el nivel LA_{eqT} (Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con Ponderación “A”), tal como lo señala el Reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental para ruido (Decreto Supremo N.°085-2003-PCM).

- **Frecuencia**

Se tiene previsto realizar el monitoreo trimestral, durante la etapa de funcionamiento de la técnica de desorción.

5.9.2 Programa de monitoreo de emisiones

Como se describió en el Programa de manejo de ruido ambiental y calidad de aire, la Unidad de Desorción Térmica contará con un sistema de monitorización de emisiones, por tal razón se considera conveniente el monitoreo manual de la chimenea a fin de validar la exactitud de los monitoreos continuos de emisiones.

- **Estaciones de Monitoreo**

Se monitoreará las emisiones de la chimenea de la Unidad de Desorción Térmica.

- **Parámetros a evaluar**

El estado peruano no cuenta con Límites Máximo-Permisibles (LMP) para emisiones provenientes del tratamiento de suelos afectados por hidrocarburos, referencialmente los resultados del monitoreo serán comparados con la Norma Técnica para emisiones a la atmósfera de fuentes fijas (NT001) del gobierno de Ecuador, referente a las emisiones al aire para incineradores.

En el siguiente cuadro se presenta los parámetros a monitorearse:

Cuadro 5-35 Parámetros de evaluación – Emisiones

Grupo	Parámetro
Material particulado	PST (Partículas suspendidas totales)
Gases	Dióxidos de Azufre (SO _x)
	Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)
	Monóxido de Carbono (CO)

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- Frecuencia**

Se planteará realizar un monitoreo mensual de las emisiones, durante toda la etapa de funcionamiento de la unidad de desorción térmica.

5.9.2.1 Plan de monitoreo de calidad de agua superficial y sedimentos

Se usará como base el Protocolo Nacional para el Monitoreo de Calidad de Agua Superficial de los Recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA) y los resultados se compararán con el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM- Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. En el caso de sedimentos, los resultados se compararán referencialmente con la Canadian Environmental Quality Guideliness.

Las actividades de excavación podrían generar potencialmente impactos sobre la calidad de agua superficial, se tiene previsto realizar un monitoreo de agua superficial y sedimentos antes y después de la remediación en un punto aguas arriba y aguas abajo del sitio de ambos polígonos. Las estaciones para monitorear se presentan en el Cuadro 5-36.

- Estaciones de monitoreo**

Cuadro 5-36 Estaciones a monitorear

Estación de Evaluación	Descripción	Coordenadas UTM [a]	
		Este	Norte
CAS-01	Aguas arriba del lado sur	366 833	9 696 438
CAS-02	Aguas abajo del lado sur	367 007	9 696 237
CAS-03	Aguas arriba del lado norte	366 862	9 697 046
CAS-04	Aguas abajo del lado norte	366 888	9 696 983

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- **Parámetros a evaluar**

Cuadro 5-37 Parámetros de evaluación

Grupo	Parámetro
Parámetros in situ	pH, OD, Temperatura, Conductividad
Orgánicos	TPH, HAPs

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

La frecuencia será 1 vez antes y 1 vez después de la rehabilitación.

5.9.3 Programa de Monitoreo de la Revegetación

Se tiene previsto realizar un monitoreo de la revegetación, los parámetros a ser se presentan en el Cuadro 5-38, el cual ha sido elaborado en base a la Guía de Restauración de Ecosistemas Forestales y Otros Ecosistemas de Vegetación Silvestre.

Cuadro 5-38 Parámetros de evaluación

Atributo/Indicador	Frecuencia de medición
Cobertura de herbáceas/gramíneas	6 meses
Sobrevivencia	6 meses /anual (hasta un máx. de 3 años)
Densidad y diversidad	6meses/anual (hasta un máx. de 3 años)
Microclima: temperatura, humedad relativa	6 meses/anual (hasta un máx. de 3 años)

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

5.10 Plan de Muestreo de comprobación o verificación.

Tiene como objetivo demostrar que las acciones de remediación implementadas en un suelo contaminado alcanzaron de forma estadísticamente demostrable, concentraciones menores o iguales a los valores establecidos en el ECA Suelo, o los niveles de remediación específicos establecidos en base al estudio de evaluación de riesgos a la salud y al ambiente (ERSA).

- **Muestreo de suelos**

Desorción Térmica

El muestreo de comprobación para esta técnica de remediación se realizará en el suelo tratado producto de la Desorción Térmica (durante la remediación) y en el suelo revegetado (post remediación), con la finalidad de demostrar que la técnica de remediación implementada alcanzó concentraciones menores o iguales a los niveles de remediación establecidos en base al ERSA.

Para la técnica de Desorción Térmica de remediación del sitio impactado S0114 (Sitio 114). se realizará el muestreo de comprobación.

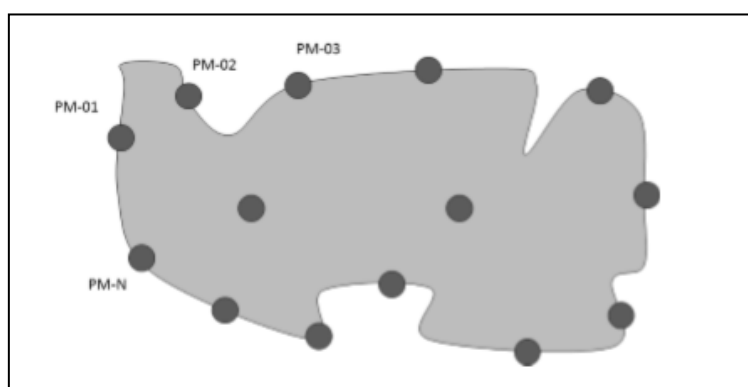
Cuadro 5-39 Muestreo de comprobación – Técnica Desorción Térmica

Monitoreo	Muestras	Parámetros de Evaluación	Frecuencia
1. Durante la remediación	Suelo tratado (zona de enfriamiento temporal)	Parámetros de remediación	Muestreo diario y envío semanal, durante el tratamiento del suelo.
2. Post remediación	Suelo revegetado (<i>in situ</i>)		Muestreo único, post revegetación del sitio (6 meses después)

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

La Guía de Muestreo de Suelos, recomendando un número determinado de muestras para áreas de contaminación de forma irregular: 1 por cada 15-20 metros lineales y 2 a 4 en el fondo y un 5 % adicional correspondiente a duplicados, con el fin de controlar la calidad analítica.

Figura 5-13 Esquema de localización de puntos de muestreo en un área irregular



Fuente: Guía para el Muestreo de Suelos, MINAM 2014.

Cuadro 5-40 Cálculo del número de sondeos total

Ubicación	Metros lineales (m)	Número sondeos según área (Total)	Consideraciones Técnicas
Polígono sur	647	33 sondeos en el perímetro del área remediada - Cuatro (4) en el fondo del área remediada - Un (1) duplicado	Se tomó en consideración el número de sondeos propuesto en la Guía para el Muestreo de Suelos.
Polígono norte	381	19 sondeos en el perímetro del área remediada - Cuatro (4) en el fondo del área remediada - Un (1) duplicado	Se tomó en consideración el número de sondeos propuesto en la Guía para el Muestreo de Suelos.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Los parámetros a monitorear en suelos son:

Grupo	Parámetro
Inorgánicos	Metales totales.
Orgánicos	TPH, HAPs

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

5.11 Cronograma y presupuesto de las actividades de remediación y rehabilitación ambiental, incluyendo las especificaciones técnicas, costos y actividades de ejecución de obra.

A continuación, el cronograma, las especificaciones técnicas y el resumen estimado de costos considerados para la técnica de remediación propuesta. El Cuadro 5-41 muestra el cronograma de ejecución para la aplicación de la tecnología desorción térmica en el sitio impactado S0114 (Sitio 14).

• Desorción térmica

Fase I

Esta actividad comprende la proyección y la planificación para la puesta en marcha de los trabajos de campo, así como el traslado de los equipos hasta el sitio a remediar, incluyendo la movilización fluvial y terrestre.

Fase II

Consiste en la construcción de un área techada e impermeabilizada con una geomembrana HDPE impermeabilizante de 1,0 mm con el fin de aislar el material contaminado del suelo no contaminado y el agua proveniente de las precipitaciones. La geomembrana será anclada a través de zanjas de 0,20 x 0,30 m que serán rellenas con piedra chancada Figura 5-13, en las esquinas de dicha zanja se colocarán tuberías ranuradas para la recolección del agua, esto último constituye el sistema de drenaje. El agua debe ser desalojada de acuerdo a la velocidad de drenaje con una motobomba, recolectando dicha agua en tambores plásticos de 220 l para su posterior disposición final.

Esta área será techada por medio de la construcción de un techo tipo galpón debido al volumen de suelo a tratar. En este caso será de 43 x 20 m para cubrir un área de 860 m².

Así mismo consiste en el acondicionamiento de un área para la instalación del equipo de desorción térmica. En este caso será de 25 x 20 m para cubrir un área de 500 m².

Figura 5-14 Configuración para la zanja de anclaje (instalación de geomembrana)

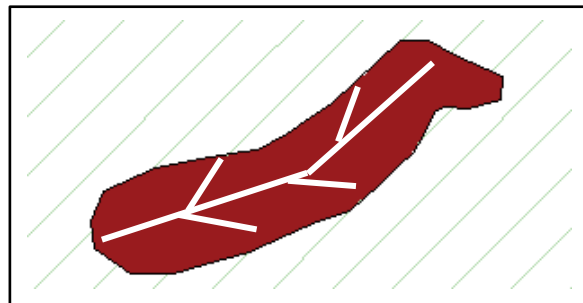


Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Fase III

En esta fase inicialmente se realizará una apertura de trochas para asegurar el acceso de la maquinaria para la actividad de excavación, estas trochas se realizarán con una retroexcavadora tipo oruga (de las que ya operan en la zona de estudio), con capacidad de cucharón 0,5 m³, distribuidos por toda el área tal como se muestra en la siguiente figura.

Figura 5-15 Distribución de trochas de acceso



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

La distribución mostrada comprende 400 metros lineales aproximadamente. Esta actividad solo será realizada para el polígono sur, ya que como se puede observar en la siguiente figura solo en el polígono sur se encuentra vegetación.

Figura 5-16 Vista aérea del polígono impactado a remediar



Fuente: Google Earth Pro, 2019

Posterior a la apertura de trocha se retirará el material contaminado por medio de maquinaria tipo excavadora, la cual removerá el material gradualmente e irá colocándolos en pilas cercanas a la zona excavada para asegurar un mayor rendimiento en la excavación, dicha excavación se realizará a profundidad máxima de 0,60 m.

Paralelamente se realizará el carguío de dichas pilas hasta el almacenamiento temporal, para esto se utilizará una retroexcavadora con una altura de descarga de 3,00 m aproximadamente y una capacidad de carga de 0,5 m³ por pala.

Para esta actividad se requerirán dos operarios de maquinarias pesadas, así como la disposición de combustible en la zona para el funcionamiento de las maquinarias.

Fase IV

Consiste en la aplicación del método de desorción térmica el cual consiste en el traslado del material desde las pilas de acopio, hasta el equipo de desorción térmica previamente instalado, posteriormente se pondrá el equipo en funcionamiento por medio de los operadores destinados para tal fin, dicho equipo se someterá a mantenimiento para el control de filtro, en periodos de tiempo definidos previamente de acuerdo al material a descontaminar.

Por último, se trasladará el material descontaminado desde la descarga del equipo de desorción térmica hasta las pilas de acopio destinadas para tal fin.

Es importante mencionar que durante el proceso de desorción térmica se realizará el monitoreo de emisiones, suelo y agua.

Fase V

En esta fase se realizará la reposición del material en sitio, para esto se utilizará material tratado, el mismo se trasladará desde el área de tratamiento hasta el área previamente excavada, a través de maquinaria (excavadora y cargador frontal), una vez el material en el sitio se colocará el material en el área de material extraído y se compactará para evitar la erosión superficial del mismo, el material será compactado en capas de 0,60 m de acuerdo a la densidad de campo, para esta actividad se utilizará excavadora y un rodillo vibrador liso autopropulsado 10,8 HP.

El material tratado será fertilizado a través de un compuesto de NPK como suplemento de la pérdida de nutrientes posterior al proceso de desorción térmica, reforzando dicha fertilización en las capas más superficiales que posteriormente serán de gran importancia para el éxito de la revegetación.

Por último, el área será revegetada con una planta cada 3 m².

Consideraciones generales

La ubicación de las áreas de adecuación y las áreas de almacenamiento temporal del material, será en el entorno de los sitios impactados. Esto facilitará la logística y reducirá los costos. La localización exacta de la zona donde se construyan, por sitio impactado, el aislamiento, y cualquier otro espacio requerido para el desarrollo de las acciones de remediación, deberá ser producto de una evaluación in situ, bajo una metodología de selección de alternativas de ubicación a partir de criterios previamente establecidos, algunos de los cuales referimos a continuación:

- % superficie plana
- Distancia a instalaciones petroleras
- Estado de las instalaciones cercanas (activas, inactivas o abandonadas)
- Distancia del sitio contaminado
- Disponibilidad del área para este fin
- Accesos a la ubicación
- Acceso a servicios de aguas, energía, etc.

Es importante destacar que toda selección de una ubicación dentro del área operativa deberá estar autorizada por la operadora a cargo de las operaciones petroleras en el sitio.

En cuanto al combustible a utilizar en la aplicación de las acciones de remediación se ha considerado para efectos de estimación de costos el uso de Diesel, sin embargo, en la etapa de desarrollo de la ingeniería detallada se puede considerar la variación de dicho combustible, de acuerdo al rendimiento y/o costo, como por ejemplo el petróleo.

Cuadro 5-41 Cronograma de ejecución

N°	Actividad	Tiempo de Ejecución (Semanas)																										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Fase I: Movilización de equipos y materiales al sitio																											
1	Puesta en marcha	3	3	3	3																							
2	Movilización de equipos y materiales al sitio					10																						
3	Desmovilización de equipos y materiales al sitio																											10
	Fase II: Preparación del área para la instalación de equipos																											
4	Alquiler del sitio para instalar el almacén					1																						
5	Desbroce, nivelación, conformación, perfilado y compactación de la subrasante con equipo					9	9																					
6	Trazo, niveles y replanteo durante el proceso constructivo					2	2	2																				
7	Construcción de techo tipo galpón						8	8																				
8	Impermeabilización y sistema de drenaje							10																				
	Fase III: Preparación del material in situ																											
9	Apertura de trochas						1																					
10	Excavación del material con maquinaria						3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3									
11	Trazo, niveles y replanteo durante el proceso constructivo						2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2									
12	Carguío del material								3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3							
	Fase IV: Aplicación de la desorción Térmica																											
13	Carguío del material de las pilas de almacenamiento hasta el equipo de desorción térmica													1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5							
14	Proceso desorción térmica													12	12	12	12	12	12	12	12							
15	Traslado del Material descontaminado hasta las pilas de acopio destinado para tal fin													1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5							
16	Supervisión Técnica de actividades (2 ingenieros)													3	3	3	3	3	3	3	3							
17	Vigilancia (diurna y nocturna)													3	3	3	3	3	3	3	3							
18	Mantenimiento (3 técnicos)													3	3	3	3	3	3	3	3							
	Fase V: Reposición de material en el sitio																											
20	Carguío del material de préstamo													1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
21	Traslado del Material hasta el sitio													4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
22	Fertilización																					10	10	10	10	10	10	
23	Colocación y compactación del material en el sitio																					4	4	4	4	4	4	
24	Trazo, niveles y replanteo durante el proceso constructivo																					2	2	2	2	2	2	
25	Revegetación																						6	6	6	6	6	
	Seguridad																											
26	Personal					6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
	TOTAL DE PERSONAL	3	3	3	3	28	31	31	14	14	14	14	14	43	43	43	43	43	43	38	38	27	33	33	33	33	32	10

Leyenda:

Trabajo de gabinete

Trabajo de campo

N Número de trabajadores por semana, por actividad

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El tiempo requerido para la ejecución de las actividades de remediación será menor a un año, en este caso tal como se observa en los cronogramas, será de 27 semanas (6,75 meses).

Cuadro 5-42 Presupuesto resumen de la ejecución

Actividades	Costo Estimado (US\$)	Observaciones
Movilización y desmovilización de equipos	94 180,73	Consta de la planificación, proyección, movilización y desmovilización de equipos y materiales considerando traslado terrestre y fluvial, en un tiempo de 20 días y 6 días respectivamente
Preparación del área para el almacenamiento de material e instalación de equipos	44 478,65	Se nutre de las actividades de alquiler del área para la instalación del equipo de desorción, el desbroce, nivelación, conformación, perfilado y compactación de la subrasante con equipos (maquinaria pesada), impermeabilización y techado del área para la instalación del equipo,
Preparación del material in situ	169 996,21	Incluye la apertura de trochas, extracción del material contaminado y carguío del material hasta las pilas de almacenamiento provisional con equipos (maquinaria pesada).
Aplicación de la desorción Térmica	9 884 581,66	Consta del carguío del material de las pilas de almacenamiento hasta el equipo de desorción térmica, la aplicación del proceso desorción térmica y finalmente el traslado del Material descontaminado hasta las pilas de acopio destinado para tal fin
Reposición de material en el sitio	479 132,76	Consiste en el relleno de la excavación realizada previamente para retirar el material contaminado a tratar, para esto se prevé utilizar tanto material del mismo sitio una vez se encuentre descontaminado como material proveniente de un préstamo, por lo tanto, incluye estudio de préstamo, carguío del material, traslado del material, fertilización, colocación, compactación del material y finalmente revegetación.
Permisología	38 659,36	Incluye autorizaciones y estudios necesarios para la aprobación de los mismos.
Seguridad	67 164,33	Supervisión, señalización y equipos de EPPs.
Logística	1 038 979,14	Traslados, alojamiento comida y costos de contingencias
Plan de manejo ambiental	127 107,28	Comprende labores de monitoreo ambiental durante y una vez completada la obra
Ensayos / pruebas a materiales	3 750,00	Prueba de quemado: 250/muestra (se estima un aproximado de 10 pruebas de quemado) Suelos: 125/muestra (se estima un aproximado de 10 muestras de suelo)
SCTR, vacunas y exámenes médicos del personal	10 300,00	Se toma en cuenta 100 trabajadores por un costo de trámite de 103 por trabajador

Cuadro 5-42 Presupuesto resumen de la ejecución

Actividades	Costo Estimado (US\$)	Observaciones
Capacitación del personal de la comunidad	45 300,00	Incluye 80 Horas para la inducción tomando en cuenta un ingeniero y un técnico para la aplicación de la misma, con un costo día de 70 / 60 \$ respectivamente, además del costo pos asistencia del personal comprendido por 110 trabajadores a un costo de 40 \$ por trabajador. Esta inducción tratará los temas de Aplicación de las técnicas de remediación (aplicará a las actividades específicas para las técnicas seleccionadas) y Plan de Manejo Ambiental sobre; el monitoreo ambiental para distintos escenarios de acuerdo a la técnica aplicada para su remediación, toma de muestras, preservación de muestras e Interpretación de los resultados de ensayos.
Sub total 1	12 003 630,12	Incluye el costo de las partidas anteriores
Imprevistos	240072,60	Se considera un 2% del Sub total 1
Supervisión	960290,41	Se considera un 8% del Sub total 1
Gastos Administrativos	1800544,52	Se considera un 15% del Sub total 1
Sub total 2	15 004 537,65	Sub total 1 + Imprevistos + Supervisión + Gastos Administrativos
IGV	2700816,78	18% del Sub total 2
Utilidad	1500453,77	10% del total sin IGV (Sub total 2)
Total USD\$	19 205 808,19	

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Para el sitio S0114 (Sitio 14) el total a invertir para la implementación de las actividades de remediación es de **19 205 808,19 USD**.

5.12 Plan de Monitoreo post ejecución de obra.

Se tiene previsto al culminar la remediación realizar un monitoreo post cierre, para comprobar que no existe migración de contaminantes, se realizará el monitoreo de la calidad del agua subterránea, con una frecuencia anual y por un plazo de cinco (5) años.

- Estaciones de monitoreo

Cuadro 5-43 Estaciones a monitorear

Estación de Evaluación	Descripción	Coordenadas UTM [a]	
		Este	Norte
CASub-01	Arriba del sitio lado sur (ASub001)	366 731	9 696 983
CASub-02	Aguas abajo del sitio lado sur (ASub002)	366 755	9 696 724
CASub-03	Arriba del sitio lado norte (ASub003)	367 077	9 696 153
CASub-04	Aguas abajo del sitio lado norte (ASub004)	366 748	9 696 456

[a] Datum WGS-84 Zona 18 Sur

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- Parámetros a evaluar

Grupo	Parámetro
Parámetros de campo (<i>in situ</i>)	pH, OD, Temperatura, Conductividad
Orgánicos	TPH, HAPs

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- Costos asociados al plan de manejo ambiental

El siguiente cuadro resume los costos para la aplicación de las medidas ambientales en el Plan de Manejo Ambiental.

Actividad	Und	Cantidad	Días	Costo \$ unitario	Costo \$ por partida
Mantenimiento de Vías					
Cisterna	Und	1	4	110,30	441,20
Disposición de Residuos Sólidos y Efluentes Líquidos					
Tambores residuos sólidos	Und	59	1	50,00	2950,00
Tambores efluentes	Und	20	1	50,00	1000,00
Tubería PVC Efluentes	ml	100	1	2,30	230,00
Contenedores	Und	5	1	1000,00	5000,00
Movilización y desmovilización terrestre	Und	5	1	351,00	1755,00
Movilización y desmovilización fluvial	Und	5	1	4242,42	21212,12
Plan de Monitoreo					
Personal Monitoreo Aire y Emisiones	Und	2	50	60,00	6000,00
Análisis de Laboratorio					
Calidad de Aire					
PM10	Und	5	1	186,67	933,33
PM2.5	Und	5	1	193,33	966,67
S02	Und	5	1	46,67	233,33
NO2	Und	5	1	46,67	233,33

Actividad	Und	Cantidad	Días	Costo \$ unitario	Costo \$ por partida
CO	Und	5	1	53,33	266,67
Emisiones					
PST	Und	5	1	186,67	933,33
S0X	Und	5	1	46,67	233,33
N02	Und	5	1	46,67	233,33
CO	Und	5	1	53,33	266,67
Ruido Ambiental	Und	5	1	46,67	233,33
Calidad de Agua Superficial					
Personal	Und	2	80	60,00	9600,00
Análisis de Laboratorio					
Ph	Und	8	1	6,00	48,00
OD	Und	8	1	3,33	26,67
Temperatura	Und	8	1	8,00	64,00
Conductividad	Und	8	1	6,67	53,33
HTP	Und	8	1	172,00	1376,00
Metales	Und	8	1	117,33	938,67
Sedimentos					
HTP	Und	8	1	280,00	2240,00
Metales	Und	8	1	126,67	1013,33
Monitoreo de Suelos					
Equipo retorta	Und	2	1	1800,00	3600,00
Personal	Und	1	10	60,00	600,00
Análisis de Laboratorio	Und	62	1	700,00	43400,00
Monitoreo Post Cierre					
Calidad de Agua Subterránea					
Personal	Und	2	50	60,00	6000,00
HTP	Und	5	1	280,00	1400,00
Monitoreo de la Revegetación					
Personal	Und	6	7	80,00	3360,00
Total					127107,28

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

5.13 Matriz de beneficios de los impactos sociales.

En líneas generales, todas las técnicas de remediación tienen impactos sociales positivos y negativos. A continuación, se proponen cinco criterios de impacto desde la lectura de las comunidades, en base al conocimiento que el equipo de JCI – HGE tiene de las mismas en el proceso de indagación y estudio para el presente servicio:

Criterio 1: "Requerimiento de Mano de Obra Local"

Las actividades económicas tradicionales en las comunidades del área de estudio están dirigidas principalmente al autoconsumo, por lo que las oportunidades de trabajo remunerado en base al alquiler de mano de obra local son muy apreciadas por la población, ya que les permite adquirir

bienes o insumos que consideren necesarios (material escolar, cartuchos para retrocargas, menaje para preparación de alimentos, entre otros). En virtud a ello, de acuerdo a la percepción de la población, tendrá mejor receptividad aquella técnica que requiera la participación de personal local como mano de obra.

Criterio 2: "Contratación de bienes y servicios locales"

La contratación de bienes y servicios en las comunidades aporta a la economía de las familias de manera directa o indirecta, los dueños de los establecimientos ven incrementadas sus ganancias, además de generar puestos de trabajo para los pobladores. Por lo tanto, aquella técnica que permita mayores beneficios y rédito económico a las poblaciones mediante la contratación de bienes y servicios locales, serán mejor percibidas

Criterio 3: "Capacitación"

La capacitación como una manera de formar capacidades locales para acceder a un mercado laboral es muy valorada en las comunidades. Por ello, se espera que este criterio es considerado a manera de beneficio o impacto positivo. La capacitación será dirigida al personal local que implemente las técnicas de remediación y consistirá en la transmisión de conocimientos referidos a cada tecnología y técnica a implementar.

En líneas generales, la técnica de desorción térmica es percibida como positiva, en vista que existirá demanda de mano de obra local. Se estima la contratación de 10 trabajadores locales, durante la ejecución del Plan de Rehabilitación.

El personal seleccionado de la comunidad será capacitado, en temas referidos a: revegetación, impermeabilización y sistema de drenaje, fertilización del material tratado, mantenimiento de vías, entre otros. Adicionalmente, se realizará la contratación de los bienes y servicios comunales.

A continuación, una matriz de valoración cualitativa contrastando la técnica de remediación propuesta con los criterios sociales expuestos.

Cuadro 5-44 Matriz de impactos sociales

Técnicas de Remediación	Requerimiento de Mano de Obra Local	Contratación de bienes y servicios locales	Capacitación
	Si	Si	Si
	No	No	No
Desorción Térmica	Si	Si	Si

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Finalmente, desde la valoración cualitativa de los especialistas de JCI-HGE, se concluye que las técnicas propuestas para el sitio son adecuadas a la lectura de la comunidad, en cuanto a las implicancias y en base a los criterios planteados.

5.14 Base de datos sistematizada de las atenciones dadas por consultas en el proceso de elaboración a las poblaciones locales.

El estudio cualitativo del "Servicio de Consultoría para elaborar los Planes de Rehabilitación de 13 Sitios Impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes" indagó entre las comunidades de estudio^{bbbb}. Para el caso de la CN Nueva Jerusalén, los entrevistados que manifestaron su preocupación por la presencia de elementos contaminantes en cuerpos de

^{bbbb} Estudio cualitativo entre los meses de febrero, mayo a julio del 2018

agua (ríos y quebradas), en ese sentido, han constituido piscigranjas. A entender de los pobladores se percibe menor presencia de peces.

Esta preocupación sobre la contaminación la refleja también el Estudio Técnico Independiente (ETI) del PNUD ejecutado en las tres cuencas del Lote 192 (Pastaza, Tigre y Corrientes). Para la cuenca del Corrientes, el estudio identificó que una de las principales preocupaciones de las tres comunidades de estudio (José Olaya, Nueva Jerusalén y Antioquía) es la afectación a su entorno y medio ambiente y concluye estadísticamente que el 96,7 % de la población encuestada percibe que su ambiente está contaminado, sucio o dañado, mientras que sólo un 2,9 % lo percibe “normal” y un 0,5 % no tiene una percepción definida.

Cuadro 5-45 Percepción acerca del entorno y medio ambiente

Nivel de Percepción	%
Normal	2,86
Afectado	96,67
No sabe	0,48
Total	100

Fuente: Estudio Técnico Independiente. PNUD. 2018.

Para el caso de Nueva Jerusalén se hizo uso de la información recogida en la ficha social de relevamiento y el acta de taller de entrada^{cccc}, los cuales tuvieron como temas emergentes a los siguientes:

- Afectación a los cuerpos de agua.
- Actividades económicas.
- Recomendaciones y solicitudes.

En líneas generales, la población manifiesta temor por la presencia de elementos contaminantes en los ríos y quebradas, mencionan los entrevistados, que esta condición incidió, en un menor desarrollo de actividades como caza y pesca. A pesar de ello se realizan ambas actividades porque aportan a la dieta alimenticia de las familias, aunque en la actualidad existe una mayor presencia de piscigranjas.

Para el desarrollo de la caza, actividad tradicional, se requiere invertir mayor cantidad de tiempo, de uno a dos días. Los animales se internaron a mayor distancia del bosque por las actividades del hombre.

A continuación, se presenta una matriz que detalla las percepciones enunciadas:

^{cccc} Cabe anotar que la población se encontraba saturada con la intervención social por lo que la mayor parte de las personas declinaban de entrevistas y llenado de fichas. Un comentario generalizado era que las empresas los habían visitado por años preguntando acerca de sus actividades y sus problemas - en base a entrevistas y encuestas - pero que toda la información había sido utilizada para las autorizaciones ambientales de la operadora petrolera del momento.

Cuadro 5-46 Base de datos sistematizada de las atenciones dadas por consultas en los procesos de elaboración a las poblaciones locales

Locación:	Comunidad Nativa Nueva Jerusalén								
Fecha:	Febrero a mayo								
Tema emergente	Institución, organización, comunidad	Representante	Intervención	Tipo de intervención	Respuesta	Responsable de respuesta (Entidad y representante)	Estado del tema o asunto (Pendiente, en proceso, cerrado)	Observaciones	Fuente de verificación
Afectación de cuerpos de aguas	Comunidad Nativa Nueva Jerusalén	Pobladora	Existe temor en la población por la presencia de elementos contaminantes en los ríos y quebradas, por eso se han constituido piscigranjas.	Consulta referida a actividades económicas tradicionales en torno a los sitios impactados.	JCI realizó la consulta al entrevistado sobre el desarrollo de las actividades económicas tradicionales.	JCI-HGE	Cerrado.	-	Ficha social de relevamiento
	Comunidad Nativa Nueva Jerusalén	Poblador	No se desarrolla caza ni pesca por el temor de presencia de elementos contaminantes. Se cuenta con piscigranja.	Consulta referida a actividades económicas tradicionales en torno a los sitios impactados.	JCI realizó la consulta al entrevistado sobre el desarrollo de las actividades económicas tradicionales.	JCI-HGE	Cerrado.	-	Ficha social de relevamiento
	Comunidad Nativa Nueva Jerusalén	Poblador/Apoyo local	Existe menor presencia de animales y se pesca menos por la precepción de contaminación de ríos y quebradas (por actividades del hombre entre ellas de hidrocarburos). A pesar de ello se realizan ambas actividades porque aportan a la dieta alimenticia de las familias.	Consulta referida a actividades económicas tradicionales en torno a los sitios impactados.	JCI realizó la consulta al entrevistado sobre el desarrollo de las actividades económicas tradicionales.	JCI-HGE	Cerrado.	-	Ficha social de relevamiento
	Comunidad Nativa Nueva Jerusalén	No se identificó	Para el desarrollo de la caza, actividad tradicional, se requiere invertir mayor cantidad de tiempo, de uno a dos días. Los animales se internaron a mayor distancia del bosque por las actividades del hombre.	Consulta referida a actividades económicas tradicionales en torno a los sitios impactados.	JCI realizó la consulta al entrevistado sobre el desarrollo de las actividades económicas tradicionales.	JCI-HGE	Cerrado.	-	Ficha social de relevamiento
	Comunidad Nativa Nueva Jerusalén	Poblador	Búsqueda de nuevas zonas para el desarrollo de la caza, y así alejarse de los sitios impactados por el derrame.	Consulta referida a actividades económicas tradicionales en torno a los sitios impactados.	JCI realizó la consulta al entrevistado sobre el desarrollo de las actividades económicas tradicionales.	JCI-HGE	Cerrado.	-	Ficha social de relevamiento
Actividades económicas	Comunidad Nativa Nueva Jerusalén	Personal de salud	Existe poca presencia de animales y peces. Los animales se internaron a mayor distancia en el monte a causa de las actividades del hombre, el ruido de los vehículos de la carretera (componentes vinculados a la actividad de hidrocarburos), etc.	Consulta referida a actividades económicas tradicionales en torno a los sitios impactados.	JCI realizó la consulta al entrevistado sobre el desarrollo de las actividades económicas tradicionales.	JCI-HGE	Cerrado.	-	Ficha social de relevamiento
	Comunidad Nativa Nueva Jerusalén	Poblador/Apoyo local	Existe menor presencia de animales y se pesca menos por la precepción de contaminación de ríos y quebradas (por actividades del hombre entre ellas de hidrocarburos). A pesar de ello se realizan ambas actividades porque aportan a la dieta alimenticia de las familias.	Consulta referida a actividades económicas tradicionales en torno a los sitios impactados.	JCI realizó la consulta al entrevistado sobre el desarrollo de las actividades económicas tradicionales.	JCI-HGE	Cerrado.	-	Ficha social de relevamiento
	Comunidad Nativa Nueva Jerusalén	Población en general	Solicitud para acompañar en la entrega de las muestras a laboratorio	Consulta referida a las muestras de sitios impactados	FONAM indicó evaluaría esa posibilidad y respondería antes de inicio de trabajos	FONAM	Cerrado.	-	Acta de taller de entrada

Elaboración: Consorcio JCI-HGE/ FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.