

PLAN DE REHABILITACIÓN DEL SITIO IMPACTADO S0113 (Sitio 13)

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.....	46
2.2.4 Topografía.....	49
2.2.5 Climáticas.....	50
2.2.6 Suelos.....	50
2.2.7 Geomorfología.....	50
2.2.8 Cobertura vegetal.....	51
2.3 Grupo de Interés (actores sociales y claves).....	52
3. CARACTERIZACIÓN DEL SITIO IMPACTADO.....	68
3.1 Antecedentes históricos del sitio impactado por las actividades de hidrocarburos (incluye todos los documentos ambientales).	68
3.1.1 Investigación histórica.....	69
3.2 Uso actual del área.....	79
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).	79
3.3.1 Fuentes potenciales en el entorno del sitio.....	79
3.3.2 Focos potenciales en el entorno del sitio.....	82
3.3.3 Fuentes potenciales de contaminación dentro del sitio.....	82

3.3.4	Focos potenciales de contaminación dentro del sitio	82
3.3.5	Vías de propagación para los focos potenciales encontrados dentro del sitio y el entorno	84
3.4	Fuente 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.....	85
3.5	Método para la caracterización del sitio impactado:	86
3.5.1	Diseño del plan de muestreo en detalle y alcance.	86
3.5.2	Descripción del trabajo en campo.	91
3.5.3	Materiales y aspectos logísticos.	102
3.5.4	Custodia y procedimientos de aseguramiento de la calidad de los resultados, aplicando las guías, protocolos emitidos por las autoridades respectivas.	103
3.6	Descripción de los resultados de campo y de laboratorio.	106
3.6.1	Resultados de campo - Época húmeda.....	106
3.6.2	Resultados de campo - Época seca	115
3.6.3	Resultados de laboratorio.....	119
3.7	Interpretación de los resultados.....	127
3.7.1	Suelos	127
3.7.2	Agua superficial	138
3.7.3	Sedimentos	138
3.7.4	Geofísica	139
3.7.5	Agua subterránea	142
3.7.6	Componente flora y fauna	143
3.7.7	Hidrobiología	147
3.7.8	Peces	155
3.8	Delimitación del sitio impactado (técnico y topográfico) y estimación de áreas y volúmenes.	159
3.9	Desarrollo del Modelo Conceptual Inicial, considerando:	164
3.9.1	Fuentes de los contaminantes.....	168
3.9.2	Potenciales receptores de la contaminación.	168
3.9.3	Potenciales rutas y vías de exposición (mecanismos de transporte).	170
3.9.4	Posible migración de los contaminantes de un medio físico a otro.	171
3.9.5	Factores que modifiquen el efecto de los contaminantes sobre los receptores.....	172
3.9.6	Otros factores diferentes a los contaminantes evaluados.	172

3.9.7	Resultados de campo.....	172
3.10	Interpretación de los resultados.....	178
3.10.1	Determinación de los contaminantes.....	182
3.10.2	Aspectos que contribuyen a la degradación ambiental.	183
3.11	Base de información en el sistema informático respectivo.	183
4.	EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS Y/O RIESGOS PARA EL AMBIENTE Y LA SALUD DE LA PERSONA.....	185
4.1	Definición del problema. Para los contaminantes identificados se debe evaluar:.....	188
4.2	Peligros identificados a través del Modelo Conceptual Inicial.	208
4.2.1	Determinación de los Contaminantes de Preocupación (CP).....	208
4.2.2	Peligros identificados a través del Modelo Conceptual Inicial.	222
4.3	Evaluación de la toxicidad de los CP.....	225
4.3.1	Toxicidad para seres humanos.....	225
4.3.2	Toxicidad para receptores ecológicos.	226
4.4	Evaluación de la exposición	234
4.5	Rutas y vías de exposición (mecanismos de transporte) de los contaminantes asociados a las actividades de hidrocarburos.	240
4.6	Posible migración de los contaminantes de un medio físico a otro.	243
4.7	Factores que modifiquen el efecto de los contaminantes sobre los receptores.....	245
4.8	Otros factores de estrés diferentes a los contaminantes evaluados.....	246
4.9	Factores culturales y sociales.....	247
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.	263
4.11	Análisis de incertidumbres incluyendo los aspectos relacionados de los costos estimados	322
4.12	Determinación de los niveles de remediación específicos (para humanos y receptores ecológicos).	331
4.13	Conclusiones y recomendaciones.	334
5.	ACCIONES DE REMEDIACIÓN Y REHABILITACIÓN	337
5.1	Objetivos generales y específicos de la rehabilitación del sitio considerando los resultados del ERSA y factores socioculturales de las poblaciones locales.....	337
5.2	Justificación.....	337
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.	338
5.4	Alcance de la rehabilitación.....	340

5.5	Descripción y análisis de las alternativas de remediación.....	341
5.5.1	Descripción de las alternativas de remediación.....	341
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.	355
5.5.3	Resultados de ensayos de laboratorio y/o ensayo piloto similares.....	366
5.5.4	Análisis de costo/efectividad de las posibles alternativas.....	379
5.5.5	Propuesta seleccionada de acciones de remediación.....	382
5.5.6	Análisis de los riesgos operacionales para la ejecución de las actividades y en concordancia con la experiencia en campo.....	384
5.5.7	Lista de alternativa de remediación aplicable.....	387
5.6	Planificación detallada de la alternativa seleccionada.....	387
5.6.1	Superficie y volumen por remediar y rehabilitar de acuerdo al objetivo definido.	387
5.6.2	Descripción de las acciones de remediación y rehabilitación que correspondan.	394
5.6.3	Descripción de insumos y mano de obra, así como los costos necesarios.	396
5.6.4	Descripción de las actividades de ingeniería a ejecutar por la empresa remediadora.	405
5.6.5	Descripción de los residuos y/o emisiones.....	410
5.7	Plan de Manejo Ambiental.....	412
5.7.1	Permisos ambientales	412
5.7.2	Identificación de impactos ambientales	412
5.8	Plan de Manejo de Residuos.....	419
5.8.1	Residuos sólidos	420
5.8.2	Aguas residuales (residuos líquidos).....	424
5.9	Plan de Control y Monitoreo en la ejecución de las medidas de remediación y rehabilitación.	425
5.9.1	Programa de monitoreo de la calidad de aire y ruido	426
5.9.2	Programa de monitoreo de agua y sedimentos en la cocha.....	426
5.9.3	Programa de monitoreo de la revegetación.....	427
5.9.4	Programa de monitoreo hidrobiológico en la cocha y en la quebrada	427
5.10	Plan de muestreo de comprobación o verificación.	427
5.11	Cronograma y presupuesto de las actividades de remediación y rehabilitación ambiental, incluyendo las especificaciones técnicas, costos y actividades de ejecución de obra.	429
5.11.1	Cronograma	429
5.11.2	Presupuesto general (estimado de costos)	431

5.11.3	Especificaciones técnicas.....	434
5.12	Plan de Monitoreo post ejecución de obra.	442
5.12.1	Plan de monitoreo de lixiviados.....	443
5.12.2	Programa de monitoreo hidrobiológico en la cocha y en la quebrada.....	443
5.12.3	Plan de monitoreo de agua subterránea.....	444
5.13	Matriz de beneficios de los impactos sociales.....	446
5.14	Base de datos sistematizada de las atenciones dadas por consultas en el proceso de elaboración a las poblaciones locales.	447

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2-1	Distribución de los sitios impactados por sectores.....	37
Cuadro 2-2	Acceso al sitio S0113 (Sitio 13).....	37
Cuadro 2-3	Características generales de la cuenca del río Corrientes.....	46
Cuadro 2-4	Precipitación media mensual (mm) (2000-2006).....	47
Cuadro 2-5	Ficha social de relevamiento.....	52
Cuadro 2-6	Ficha de observación participante.....	53
Cuadro 2-7	Ficha de percepciones.....	53
Cuadro 2-8	Entrevistas en comunidades.....	54
Cuadro 2-9	Distancia del sitio S0113 (Sitio 13) a la CN Nueva Jerusalén.....	54
Cuadro 2-10	Población de la CN Nueva Jerusalén.....	55
Cuadro 2-11	Institución educativa según nivel educativo y estadísticas.....	57
Cuadro 2-12	Pesca para consumo humano.....	60
Cuadro 2-13	Morbilidad en la CN Nueva Jerusalén.....	62
Cuadro 2-14	Reconocimiento y Titulación de la CN Nueva Jerusalén.....	63
Cuadro 3-1	Documentos y estudios técnicos disponibles del sitio de estudio.....	68
Cuadro 3-2	Resumen de los alcances de los estudios previos consultados para el sitio S0113 (Sitio 13).....	77
Cuadro 3-3	Registro de fugas y derrames relacionados al sitio S0113 (Sitio 13).....	77
Cuadro 3-4	Fuentes potenciales de contaminación en el entorno del sitio S0113 (Sitio 13).....	81
Cuadro 3-5	Evidencias de contaminación dentro del sitio.....	82
Cuadro 3-6	Vías de propagación.....	84
Cuadro 3-7	Estimación del número de sondeos de identificación por sitio: primera época.....	88

Cuadro 3-8	Cálculo del número de sondeos total	89
Cuadro 3-9	Sondeos complementarios	90
Cuadro 3-10	Rango de lectura de COV's	93
Cuadro 3-11	Ubicación de sondeos manuales	107
Cuadro 3-12	Ubicación de los puntos de muestreo y código de muestra enviada al laboratorio	108
Cuadro 3-13	Ubicación de las perforaciones con equipo	108
Cuadro 3-14	Registro de las muestras duplicadas	109
Cuadro 3-15	Caudales aforados en el sitio S0113 (Sitio 13) (época seca y época húmeda)	109
Cuadro 3-16	Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial	111
Cuadro 3-17	Ubicación de los puntos de muestreo de sedimentos	111
Cuadro 3-18	Ubicación de los perfiles de tomografía eléctrica (ert)	112
Cuadro 3-19	Características técnicas de la instalación de los piezómetros	113
Cuadro 3-20	Medición y purga del nivel freático de los piezómetros	113
Cuadro 3-21	Ubicación de los puntos de muestro de calidad de agua subterránea	114
Cuadro 3-22	Descripción de resultados de campo de flora y fauna	114
Cuadro 3-23	Ubicación de estaciones de flora y fauna	114
Cuadro 3-24	Ubicación de estaciones de muestreo hidrobiológico	115
Cuadro 3-25	Ubicación de estaciones de muestreo de peces	115
Cuadro 3-26	Ubicación de sondeos manuales (complementarios)	116
Cuadro 3-27	Registro de las muestras duplicadas	117
Cuadro 3-28	Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial	117
Cuadro 3-29	Ubicación de los puntos de muestreo de sedimentos	117
Cuadro 3-30	Variación del nivel freático	118
Cuadro 3-31	Ubicación de los puntos de muestro de calidad de agua subterránea	118
Cuadro 3-32	Ubicación de estaciones de muestreo hidrobiológico	119
Cuadro 3-33	Ubicación de estaciones de muestreo de peces	119
Cuadro 3-34	Resumen de Normativa utilizadas para evaluacion de resultados	120
Cuadro 3-35	Resumen de los resultados de laboratorio muestras de suelo - Época húmeda	121
Cuadro 3-36	Resumen de los resultados de laboratorio muestras de suelo - Época seca	122
Cuadro 3-37	Resumen de los resultados de laboratorio de agua superficial - Época húmeda	123

Cuadro 3-38	Resumen de los resultados de laboratorio de agua superficial - Época seca	123
Cuadro 3-39	Resumen de los resultados de laboratorio de sedimentos - Época húmeda	124
Cuadro 3-40	Resumen de los resultados de laboratorio de sedimentos - Época seca	124
Cuadro 3-41	Resumen de los resultados de laboratorio de aguas subterránea - Época húmeda	125
Cuadro 3-42	Resumen de los resultados de laboratorio de aguas subterránea - Época seca	125
Cuadro 3-43	Resumen de los resultados de laboratorio de peces - Época húmeda	125
Cuadro 3-44	Resumen de los resultados de laboratorio de peces - Época seca	126
Cuadro 3-45	Resumen de los resultados de laboratorio muestras de suelo para calidad agrícola o suelo agrícola	126
Cuadro 3-46	Análisis de los niveles de fondo	128
Cuadro 3-47	Estadístico de valores de metales no contemplados en normas peruanas (S0113 (Sitio 13))	134
Cuadro 3-48	Resultados de Bario para el sitio 113 (Sitio 13)	136
Cuadro 3-49	Concentraciones de TCLP	137
Cuadro 3-50	Concentraciones de MEH	137
Cuadro 3-51	Lista de especies de fauna más comunes dentro del área de estudio	145
Cuadro 3-52	Número de especies de fitoplancton por estación de monitoreo	148
Cuadro 3-53	Abundancia del fitoplancton por estación de monitoreo	148
Cuadro 3-54	Número de especies, individuos e índices de diversidad fitoplancton	149
Cuadro 3-55	Número de especies de zooplancton por estación de monitoreo	150
Cuadro 3-56	Abundancia de zooplancton por estación de monitoreo	150
Cuadro 3-57	Número de especies, individuos e índices de diversidad de zooplancton ...	151
Cuadro 3-58	Número de especies de perifiton por estación de monitoreo	152
Cuadro 3-59	Abundancia de perifiton por estación de monitoreo	152
Cuadro 3-60	Número de especies, individuos e índices de diversidad de perifiton	153
Cuadro 3-61	Número de especies de bentos por orden	153
Cuadro 3-62	Abundancia de especies de bentos por orden en las estaciones de monitoreo	154
Cuadro 3-63	Número de especies, individuos e índices de diversidad de bentos	154
Cuadro 3-64	Lista de especies de peces muestreadas en ambas épocas	155
Cuadro 3-65	Número de especies de peces por orden	156

Cuadro 3-66	Abundancia de especies de peces por orden en las estaciones de monitoreo	156
Cuadro 3-67	Número de especies, individuos e índices de diversidad del neoton (peces)	157
Cuadro 3-68	Valores de metales pesados en peces durante muestreo del sitio S0113 (Sitio 13) respecto a LMP en RDE N° 057-2016-SANIPES-DE y el DS 004-2017 MINAM	158
Cuadro 3-69	Estimación de volúmenes contaminados - Fracción de hidrocarburos F2 ..	159
Cuadro 3-70	Estimación de volúmenes contaminados - Fracción de hidrocarburos F3 ..	160
Cuadro 3-71	Estimación de volúmenes contaminados - Metales	160
Cuadro 3-72	Tipos de uso/aprovechamiento de las especies de flora, fauna terrestre y peces por parte de las poblaciones locales	170
Cuadro 3-73	Resumen de excedencias de muestras de suelo - Época húmeda.....	173
Cuadro 3-74	Resumen de excedencias de muestras de suelo - Época seca	174
Cuadro 3-75	Resumen de excedencias de muestras de agua superficial - Época húmeda	174
Cuadro 3-76	Resumen de excedencias de muestras de agua superficial - Época seca..	175
Cuadro 3-77	Resumen de excedencias de sedimentos - Época húmeda.....	175
Cuadro 3-78	Resumen de excedencias de muestras de agua subterránea - Época húmeda	176
Cuadro 3-79	Resumen de excedencias de agua subterránea - Época seca	176
Cuadro 3-80	Resumen de excedencias de peces - Época húmeda y Época seca	177
Cuadro 4-1	Fuentes potenciales de contaminación del sitio S0113 (Sitio 13)	188
Cuadro 4-2	Determinación de los contaminantes de preocupación - Suelo.....	211
Cuadro 4-3	Determinación de los contaminantes de preocupación - Agua subterránea	212
Cuadro 4-4	Determinación de los contaminantes de preocupación - Sedimentos.....	212
Cuadro 4-5	Parámetros no seleccionados como contaminantes de preocupación.....	213
Cuadro 4-6	Contaminantes de preocupación para el escenario humano	215
Cuadro 4-7	Contaminantes de preocupación para escenario ecológico - Suelo.....	217
Cuadro 4-8	Contaminantes de preocupación para escenario ecológico - Sedimentos..	219
Cuadro 4-9	Contaminantes de preocupación para escenario ecológico - Peces.....	220
Cuadro 4-10	EPA Ecotox usados para la comunidad hidrobiológica del - sitio S0113 (Sitio 13).....	227
Cuadro 4-11	EPA Ecotox usados para la comunidad hidrobiológica del sitio S0113 (Sitio 13)	227
Cuadro 4-12	Evaluación de toxicidad de la comunidad fitoplanctónica en agua del sitio S0113 (Sitio 13)	228

Cuadro 4-13	Evaluación de toxicidad de la comunidad zooplanctónica en agua del sitio S0113 (Sitio 13)	229
Cuadro 4-14	Evaluación de toxicidad de la comunidad bentónica en agua del sitio S0113 (Sitio 13).....	230
Cuadro 4-15	EPA Ecotox usados para peces - sitio S0113 (Sitio 13).....	231
Cuadro 4-16	Evaluación de toxicidad para peces en agua superficial del sitio S0113 (Sitio 13).....	232
Cuadro 4-17	NOAEL para CP de la matriz suelos - sitio S0113 (Sitio 13).....	233
Cuadro 4-18	Receptor/Escenario humano 1 - sitio S0113 (Sitio 13).....	235
Cuadro 4-19	Receptor/Escenario humano 2 - sitio S0113 (Sitio 13).....	236
Cuadro 4-20	Receptor/Escenario humano 3 - sitio S0113 (Sitio 13).....	237
Cuadro 4-21	Parámetros de los contaminantes de preocupación para suelos	237
Cuadro 4-22	Parámetros de los contaminantes de preocupación para sedimentos	238
Cuadro 4-23	Parámetros de exposición utilizados para los receptores humanos.....	239
Cuadro 4-24	Fuentes consultadas para el cálculo de la dosis de exposición	240
Cuadro 4-25	Vías de exposición del sitio S0113 (Sitio 13)	245
Cuadro 4-26	Parámetros no seleccionados como contaminantes de preocupación.....	246
Cuadro 4-27	Ficha social de relevamiento.....	247
Cuadro 4-28	Ficha de observación participante.....	248
Cuadro 4-29	Ficha de percepciones	248
Cuadro 4-30	Entrevistas en comunidades	249
Cuadro 4-31	Distancia del sitio S0113 (Sitio 13) a la CN Nueva Jerusalén	249
Cuadro 4-32	Población de la CN Nueva Jerusalén.....	250
Cuadro 4-33	Institución educativa según nivel educativo y estadísticas.....	252
Cuadro 4-34	Pesca para consumo humano	255
Cuadro 4-35	Morbilidad en la CN Nueva Jerusalén.....	257
Cuadro 4-36	Reconocimiento y Titulación de la CN Nueva Jerusalén.....	258
Cuadro 4-37	Vías de exposición para los escenarios considerados.....	263
Cuadro 4-38	Riesgo Cancerígeno según Índice de Riesgo	264
Cuadro 4-39	Índice del riesgo cancerígeno para CP - Escenario humano 1	267
Cuadro 4-40	Índice del riesgo cancerígeno para CP – Escenario humano 2 – Adulto	270
Cuadro 4-41	Índice del riesgo cancerígeno para CP – Escenario humano 2 – Niño	271
Cuadro 4-42	Índice del riesgo cancerígeno para CP - Escenario humano 3	273
Cuadro 4-43	Riesgo no cancerígeno - Criterios.....	274
Cuadro 4-44	Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas - Escenario humano 1	277

Cuadro 4-45	Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas - Escenario humano 2 - Adulto	280
Cuadro 4-46	Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas - Escenario humano 2 - Niño	283
Cuadro 4-47	Resultados del escenario humano de pobladores de la CN para sustancias no cancerígenas en la ingestión de pescado	286
Cuadro 4-48	Índice de Peligrosidad para CP no cancerígenas - Escenario humano 3 ...	288
Cuadro 4-49	Factor corrector para evaluación de biodisponibilidad de metales (Tessier)	292
Cuadro 4-50	Parámetro I _{ECA}	293
Cuadro 4-51	Parámetro I _{MEDIO} (N° medios afectados)	293
Cuadro 4-52	Parámetro I _{PARA EXCED}	294
Cuadro 4-53	Parámetro in-situ (suelo)	295
Cuadro 4-54	Parámetro F _{in-situ} (sedimentos)	295
Cuadro 4-55	Parámetro F _{in-situ} (agua superficial)	296
Cuadro 4-56	Parámetro F _{in-situ} (flora/fauna)	296
Cuadro 4-57	Parámetro F _{EXT} (factor extensión)	297
Cuadro 4-58	Parámetro FACT (actividad foco)	297
Cuadro 4-59	Parámetro F _{Inund} (inundabilidad)	298
Cuadro 4-60	Parámetro topografía	299
Cuadro 4-61	Parámetro K (permeabilidad)	299
Cuadro 4-62	Parámetro CV (cobertura vegetal)	299
Cuadro 4-63	Parámetro PGw1 (profundidad agua)	300
Cuadro 4-64	Parámetro PGw2	300
Cuadro 4-65	Índice transporte (agua superficial)	300
Cuadro 4-66	Índice transporte (cadena trófica)	301
Cuadro 4-67	Categoría de protección (RE1)	301
Cuadro 4-68	Presencia de ecosistemas frágiles (RE2)	302
Cuadro 4-69	Distancia a ecosistemas frágiles (RE3)	302
Cuadro 4-70	Calculo del NRS - I _{foco}	302
Cuadro 4-71	Calculo del I _{ECA} , I _{medio} e I _{clases}	303
Cuadro 4-72	Calculo del factor <i>in situ</i>	303
Cuadro 4-73	Calculo del I _{trans} (ESC)	306
Cuadro 4-74	Calculo del I _{trans} (SUBT)	306
Cuadro 4-75	Rangos del riesgo para I _{receptor ecológico}	308
Cuadro 4-76	Rangos del riesgo para escenario ecológico	309

Cuadro 4-77	Criterios para estimar el riesgo en el suelo	310
Cuadro 4-78	Clasificación de los HAP's por el N° de anillos bencénicos	313
Cuadro 4-79	Movilidad de los HAP's en el suelo	313
Cuadro 4-80	Determinación del riesgo para el recurso suelo por CP	316
Cuadro 4-81	Determinación del riesgo para sedimentos por CP	317
Cuadro 4-82	Resumen de riesgo para el escenario humano, ecológico y abiótico.....	321
Cuadro 4-83	Rangos de incertidumbre	323
Cuadro 4-84	Valoración de los aspectos considerados dentro del análisis de incertidumbres	329
Cuadro 4-85	Niveles de remediación para suelo - sitio S0113 (Sitio 13)	333
Cuadro 4-86	Niveles de remediación para sedimentos - sitio S0113 (Sitio 13)	333
Cuadro 5-1	Elemento contaminante por componente evaluado	341
Cuadro 5-2	Niveles de remediación para suelo - sitio S0113 (Sitio 13)	342
Cuadro 5-3	Niveles de remediación para sedimentos - sitio S0113 (Sitio 13)	343
Cuadro 5-4	Lista de remediación aplicables para el sitio S0113 (Sitio 13)	353
Cuadro 5-5	Aspectos, variables y ponderación por sitio	356
Cuadro 5-6	Evaluación de alternativas de remediación sitio S0113 (Sitio 13)	364
Cuadro 5-7	Resultados de alternativas de matriz sitio S0113 (Sitio 13)	366
Cuadro 5-8	Ejemplos en USA de la aplicación de la E/S como técnica para la inmovilización de residuos contaminantes peligrosos	372
Cuadro 5-9	Otras experiencias en USA de la aplicación de la E/S como técnica para la inmovilización de residuos contaminantes peligrosos	373
Cuadro 5-10	Datos para el análisis costo-efectividad del sitio S0113 (Sitio 13)	380
Cuadro 5-11	Resultados del análisis costo-efectividad del sitio S0113 (Sitio 13)	380
Cuadro 5-12	Área y volumen de suelo con valores para TPH mayores al nivel de remediación requerido en sitio S0113 (Sitio 13).....	389
Cuadro 5-13	Área y volumen de suelo con valores para HAP'S mayores al nivel de remediación requerido en sitio S0113 (Sitio 13).....	389
Cuadro 5-14	Área y volumen de suelos con valores para Bario mayores al nivel de remediación requerido en sitio S0113 (Sitio 13).....	389
Cuadro 5-15	Área y volumen de suelos a remediar en sitio S0113 (Sitio 13)	390
Cuadro 5-16	Estimación de personal para la remediación del suelo impactado	396
Cuadro 5-17	Estimación de personal para la remediación del sedimento impactado	398
Cuadro 5-18	Estimación de mano de obra y costos necesarios para remediación de suelos	399

Cuadro 5-19	Estimación de mano de obra y costos necesarios para remediación de sedimentos.....	402
Cuadro 5-20	Actividades asociadas a la remediación de suelos por E/S y aislamiento con geomembrana.....	408
Cuadro 5-21	Actividades asociadas a la remediación de sedimentos bioestimulación aeróbica	409
Cuadro 5-22	Generación de residuos sólidos domésticos.....	410
Cuadro 5-23	Generación de efluentes domésticos.....	411
Cuadro 5-24	Emisiones de material particulado y gases	412
Cuadro 5-25	Actividades durante la etapa de construcción	413
Cuadro 5-26	Actividades durante la etapa de operación	413
Cuadro 5-27	Actividades durante la etapa de abandono	413
Cuadro 5-28	Componentes y factores ambientales	414
Cuadro 5-29	Matriz de identificación de impactos y riesgos ambientales del plan de remediación - Etapa de construcción, operación y abandono.....	415
Cuadro 5-30	Tipos de residuos no peligrosos - Etapa de construcción	420
Cuadro 5-31	Tipos de residuos no peligrosos - Etapa de operación	420
Cuadro 5-32	Tipos de residuos no peligrosos - Etapa de abandono	421
Cuadro 5-33	Tipos de residuos peligrosos - Etapa de construcción	421
Cuadro 5-34	Tipos de residuos peligrosos - Etapa de operación	421
Cuadro 5-35	Tipos de residuos peligrosos - Etapa de abandono	421
Cuadro 5-36	Identificación de recipientes por tipo de residuos.....	422
Cuadro 5-37	Fuentes y medidas de manejo de afluentes.....	425
Cuadro 5-38	Parámetros a evaluar en agua	426
Cuadro 5-39	Parámetros a evaluar en sedimentos.....	426
Cuadro 5-40	Parámetros de evaluación	427
Cuadro 5-41	Parámetros a evaluar.....	427
Cuadro 5-42	Cálculo del número de sondeos total	428
Cuadro 5-43	Cronograma propuesto para la remediación de suelos.....	429
Cuadro 5-44	Cronograma propuesto para la remediación de sedimentos.....	430
Cuadro 5-45	Estimado general de costos para la implantación de la tecnología	431
Cuadro 5-46	Parámetros de evaluación	443
Cuadro 5-47	Parámetros a evaluar.....	443
Cuadro 5-48	Estaciones a monitorear	444
Cuadro 5-49	Parámetros a evaluar.....	444

Cuadro 5-50	Costo estimado de la aplicación.....	444
Cuadro 5-51	Matriz de impactos sociales	447
Cuadro 5-52	Percepción acerca del entorno y medio ambiente	447
Cuadro 5-53	Base de datos sistematizada de las atenciones dadas por consultas en los procesos de elaboración a las poblaciones locales	449

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 S0113 (Sitio 13)	42
Figura 2-4	Perfil hidrogeológico del sitio S0113 (Sitio 13)	44
Figura 2-5	Isolíneas conceptuales de la profundidad del nivel freático del sitio S0113 (Sitio 13) - Época húmeda.....	46
Figura 2-6	Histograma de precipitación (2000-2006) estación Teniente López	48
Figura 2-7	Histograma de precipitación estaciones cercanas al Lote 192 (Ex lote 1AB) (2000-2006)	49
Figura 3-1	Desarrollo histórico de las actividades de perforación en el Lote 192.....	70
Figura 3-2	Evolución cronológica de los usos y ocupación del área de estudio	75
Figura 3-3	Evolución cronológica de eventos relacionados al sitio S0113 (Sitio 13)	76
Figura 3-4	Imagen histórica del sitio S0113 (Sitio 13)	80
Figura 3-5	Imagen actual del sitio S0113 (Sitio 13)	80
Figura 3-6	Croquis en la etapa de reconocimiento del sitio S0113 (Sitio 13)	86
Figura 3-7	Número de puntos de muestreo (identificación)	88
Figura 3-8	Número de puntos de muestreo (caracterización)	89
Figura 3-9	Configuración de los electrodos del arreglo polo-dipolo.....	94
Figura 3-10	Modelo de resistividad eléctrica del subsuelo en una tomografía eléctrica ...	95
Figura 3-11	Detalles constructivos típicos de terminación de pozos	96
Figura 3-12	Diagrama de traslado de muestras y conservación de temperatura	103
Figura 3-13	Acta de conformidad del traslado de muestras	104
Figura 3-14	Ubicación de los puntos de aforo superficial.....	110
Figura 3-15	Vista en planta de los perfiles de tomografía eléctrica (ERT).....	112
Figura 3-16	Concentraciones de bario	129
Figura 3-17	Concentraciones de cadmio.....	130
Figura 3-18	Concentraciones de plomo	131

Figura 3-19	Concentraciones de fracciones de hidrocarburos F2	132
Figura 3-20	Concentraciones de fracciones de hidrocarburos F3	133
Figura 3-21	Concentraciones de naftaleno	133
Figura 3-22	Modelamiento de isoconcentraciones para los siguientes contaminantes ..	135
Figura 3-23	Perfil tomográfico eléctrico 1 (S0113-GEO-001)	140
Figura 3-24	Perfil tomográfico eléctrico 2 (S0113-GEO-002)	141
Figura 3-25	Delimitación del sitio impactado, isoconcentraciones, perfil de contaminación por tipo de suelo - Fracción de hidrocarburos F2	161
Figura 3-26	Delimitación del sitio impactado, isoconcentraciones, perfil de contaminación por tipo de suelo - Fracción de hidrocarburos F3	162
Figura 3-27	Delimitación del sitio impactado, isoconcentraciones, perfil de contaminación por tipo de suelo - Metales	163
Figura 3-28	Área potencialmente impactada de acuerdo con el MCI	165
Figura 3-29	Proceso del modelo conceptual	166
Figura 3-30	Modelo conceptual actualizado con puntos confirmatorios	167
Figura 3-31	Modelo conceptual sinóptico	169
Figura 3-32	Sitio impactado S0113 (Sitio 13)	180
Figura 3-33	Conceptualización del modelo hidrodinámico	181
Figura 4-1	Diagrama de Flujo de las etapas del ERSA	187
Figura 4-2	Modelo conceptual inicial del sitio S0113 (Sitio 13)	221
Figura 4-3	Esquema de los criterios de valoración y puntuación del nivel de riesgo por sustancias	290
Figura 5-1	Ubicación del sitio S0113 (Sitio 13)	339
Figura 5-2	Diagrama de los pasos seguidos para la selección de alternativas de remediación	344
Figura 5-3	Proceso para la preselección de alternativas tecnológicas	345
Figura 5-4	Universo de alternativas tecnológicas de remediación	346
Figura 5-5	Relación costo-efectividad	381
Figura 5-6	Representación gráfica del ACE por técnica evaluada	381
Figura 5-7	Frecuencia del uso de E/S en comparación con otras tecnologías	382
Figura 5-8	Distribución espacial (superficie y fondo) de los distintos contaminantes a remediar del sitio S0113 (Sitio 13)	388
Figura 5-9	Distribución espacial del área a remediar del sitio S0113 (Sitio 13)	390
Figura 5-10	Localización del tramo de la quebrada a remediar del sitio S0113 (Sitio 13)	392

Figura 5-11	Área a remediar del Perfil estratigráfico del sitio S0113 (Sitio 13). Arriba excedencias de F2. Abajo excedencias de metales.....	393
Figura 5-12	Tecnologías de remediación e Intervención para el sitio impactado S0113 (Sitio 13).....	394
Figura 5-13	Actividades de ingeniería a ejecutar por la empresa remediadora para el caso de bioestimulación, lavado por inyección de agua (para sedimento)	405
Figura 5-14	Actividades de ingeniería a ejecutar por la empresa remediadora para el caso de solidificación / estabilización y aislamiento con geomembrana (para suelo)	406
Figura 5-15	Flujograma de actividades del PMA.....	407
Figura 5-16	Configuración para la zanja de anclaje (instalación de geomembrana)	435
Figura 5-17	Área de almacenamiento provisional	436
Figura 5-18	Configuración del aislamiento	437
Figura 5-19	Estructura de cierre del aislamiento con geomembrana	438
Figura 5-20	Sección esquemática de la topografía final del area de almacenamiento después del cierre.....	439

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2-1	Grupos de Interés CN Nueva Jerusalén	64
Gráfico 4-1	Excedencias de bario total en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época húmeda	190
Gráfico 4-2	Excedencias de bario total en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época seca.....	191
Gráfico 4-3	Excedencias de cadmio en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época húmeda	192
Gráfico 4-4	Excedencias de plomo en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época húmeda	193
Gráfico 4-5	Excedencias de fracción de hidrocarburos F2 en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época húmeda	194
Gráfico 4-6	Excedencias de fracción de hidrocarburos F3 en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época húmeda	195
Gráfico 4-7	Excedencias de naftaleno en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época húmeda	196
Gráfico 4-8	Excedencias de O. D. en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época seca	197
Gráfico 4-9	Excedencias de fósforo en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época húmeda	198
Gráfico 4-10	Excedencias de O.D. en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época húmeda.....	199
Gráfico 4-11	Excedencias de O.D. en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época seca	199
Gráfico 4-12	Excedencias de aluminio en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época húmeda.....	200
Gráfico 4-13	Excedencias de aluminio en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época seca	200
Gráfico 4-14	Excedencias de hierro en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época húmeda.....	201
Gráfico 4-15	Excedencias de manganeso en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época húmeda .	201

Gráfico 4-16	Excedencias de manganeso en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época seca.....	202
Gráfico 4-17	Excedencias de zinc en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época húmeda.....	202
Gráfico 4-18	Excedencias de mercurio en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época húmeda	203
Gráfico 4-19	Excedencias de mercurio en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época seca	203
Gráfico 4-20	Excedencias de benzo (a) antraceno en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época húmeda	204
Gráfico 4-21	Excedencias de dibenzo (a, h) antraceno en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época húmeda	204
Gráfico 4-22	Excedencias de bario total en el sitio S0113 (Sitio 13) - Ambas épocas.....	205
Gráfico 4-23	Excedencias de cadmio en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época húmeda	206
Gráfico 4-24	Grupos de interés CN Nueva Jerusalén.....	259

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 2-1	Comunidad Nativa Nueva Jerusalén.....	56
Fotografía 2-2	Preparando terrenos de cultivo	58
Fotografía 2-3	Alimentación basado en la caza entre los Achuar.....	59
Fotografía 3-1	Infraestructura cercana al sitio S0113 (Sitio 13).....	81
Fotografía 3-2	Evidencias de contaminación en suelos y cuerpos de agua	83
Fotografía 3-3	Fuente de contaminación cercana al sondeo 006.....	86
Fotografía 3-4	Muestreo de suelos con sondeo manual - sitio S0113 (Sitio 13).....	92
Fotografía 3-5	Muestreo de suelos mediante sondeo con equipo - sitio S0113 (Sitio 13)....	93
Fotografía 3-6	Instalación de los equipos de tomografía eléctrica.....	95
Fotografía 3-7	Construcción de piezómetros - sitio S0113 (Sitio 13).....	97
Fotografía 3-8	Desarrollo de piezómetros - sitio S0113 (Sitio 13)	98
Fotografía 3-9	Muestreo de agua superficial y sedimentos - sitio S0113 (Sitio 13)	99
Fotografía 3-10	Medición de caudal en campo	110
Fotografía 3-11	Cobertura vegetal en sitio S0113 (Sitio 13).....	143
Fotografía 3-12	Huella de <i>Tapirus terrestris</i> "Tapir" en sitio S0113 (Sitio 13).....	147
Fotografía 3-13	Bosque de terrazas inundables en el sitio S0113 (Sitio 13)	171
Fotografía 4-1	Huella de <i>Tapirus terrestris</i> "Tapir" en sitio S0113 (Sitio 13).....	234
Fotografía 4-2	Comunidad Nativa Nueva Jerusalén.....	251
Fotografía 4-3	Preparando terrenos de cultivo	253
Fotografía 4-4	Alimentación basado en la caza entre los Achuar.....	254
Fotografía 4-5	Evidencias de contaminación en suelos y cuerpos de agua	304

Fotografía 4-6	Evidencias de contaminación en sedimentos	304
Fotografía 4-7	Fuente activo de contaminación en el sitio S0113 (Sitio 13)	305
Fotografía 4-8	Infraestructura cercana al sitio S0113 (Sitio 13)	307
Fotografía 4-9	Evidencia de Tapir en sitio S0113 (Sitio 13)	308
Fotografía 4-10	Bosque de terrazas inundables en el sitio S0113 (Sitio 13)	308
Fotografía 5-1	Barreras de contención de hidrocarburos (hidrofilicas)	441
Fotografía 5-2	Material absorbente de hidrocarburos	441

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 S0113 (Sitio 13) – Comunidad Nativa Nueva Jerusalen
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 S0113 (Sitio 13)
6.2.3	Mapa geomorfológico del sitio S0113 (Sitio 13)
6.2.4	Mapa hidrogeológico del sitio S0113 (Sitio 13)
6.2.5	Mapa de cuencas, subcuencas y microcuencas del sitio S0113 (Sitio 13)
6.2.6	Mapa climático del sitio S0113 (Sitio 13)
6.2.7	Mapa de suelos del sitio S0113 (Sitio 13)
6.2.8	Mapa de cobertura vegetal del sitio S0113 (Sitio 13)
6.2.9	Mapa de comunidades del sitio S0113 (Sitio 13)
6.3	Planos detallados de cada sitio y/o grupo de sitios
6.3.1	Mapa de ubicación del sitio S0113 (Sitio 13)
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 S0113 (Sitio 13) - Época húmeda
6.4.2	Mapa de ubicación de puntos de muestreo de suelos del sitio S0113 (Sitio 13) - Época seca
6.4.3	Mapa de Ubicación de puntos de muestreo de agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0113 (Sitio 13) - Época húmeda
6.4.4	Mapa de Ubicación de puntos de muestreo de agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0113 (Sitio 13) - Época seca
6.4.5	Mapa de ubicación de puntos de muestreo de biología e hidrobiología del sitio S0113 (Sitio 13) - Época húmeda

- 6.4.6 Mapa de ubicación de puntos de muestreo de hidrobiología del sitio S0113 (Sitio 13) - 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 S0113 (Sitio 13) - 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 S0113 (Sitio 13) - Época húmeda
 - 6.4.2.2 Mapa de excedencias en agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0113 (Sitio 13) - Época seca
 - 6.4.2.3 Mapa de excedencias de hidrobiología - Época húmeda
 - 6.4.2.4 Mapa de excedencias de hidrobiología - 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 S0113 (Sitio 13)
 - 6.4.3.2 Figura de definición de áreas operacionales para la determinación de los niveles de remediación del sitio S0113 (Sitio 13)
- 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 Agua superficial y sedimentos
 - 6.5.4 Construcción de pozos
 - 6.5.5 Purga y monitoreo de agua subterránea
 - 6.5.6 Hidrobiología
 - 6.5.7 Flora y fauna
 - 6.5.8 Tomografía
 - 6.5.9 Especificaciones técnicas y certificados de calibración de equipos
 - 6.5.10 Formatos de verificación de equipos
 - 6.5.11 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
- 6.13 Geodatabase (base de información geográfica) - Información digital

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 :	Coeficiente de peligro determinado para el receptor humano 1
CdP ₂ :	Coeficiente 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
K _p :	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
P ₀ :	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.

Agujal: 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 considera 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: Co-ocurrencia 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.

Logueo: 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 transversal 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 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 ecosistémico). 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.
- ✓ Glosario de términos sobre recursos hídricos R.J. N° 180-2016-ANA).

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 S0113 (Sitio 13)**, 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 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.



Guillermo Luján Vizcarra
**Responsable de Diseño, Procesos
y Presupuestos**
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.



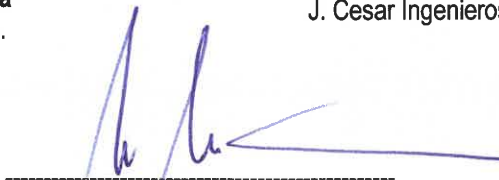
Jessica Becerra Flores
Responsable de la Información Geográfica
J. Cesar Ingenieros & Consultores S.A.C.



Nélida 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 impactados por las actividades de hidrocarburos en estudio, se encuentran ubicados al norte de la Amazonía Peruana, políticamente en el distrito de Trompeteros, provincia y departamento de Loreto y geográficamente dentro de la cuenca del río Corrientes.

Los sitios impactados, objeto de estudio, fueron agrupados en cuatro (4) sectores con fines estratégicos: (1) debido a su distancia con respecto a las comunidades y centros poblados más cercanos y (2) considerando la distancia entre sí para fines de ejecución de las labores de campo y logística. Ver Anexo 6.2 Mapa 6.2.1 Mapa de Ubicación General del Área de estudio.

El sitio S0113 (Sitio 13) 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 (sitio 13) , S0114, S0115, S0116
Sector 4	S0117, S0119

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

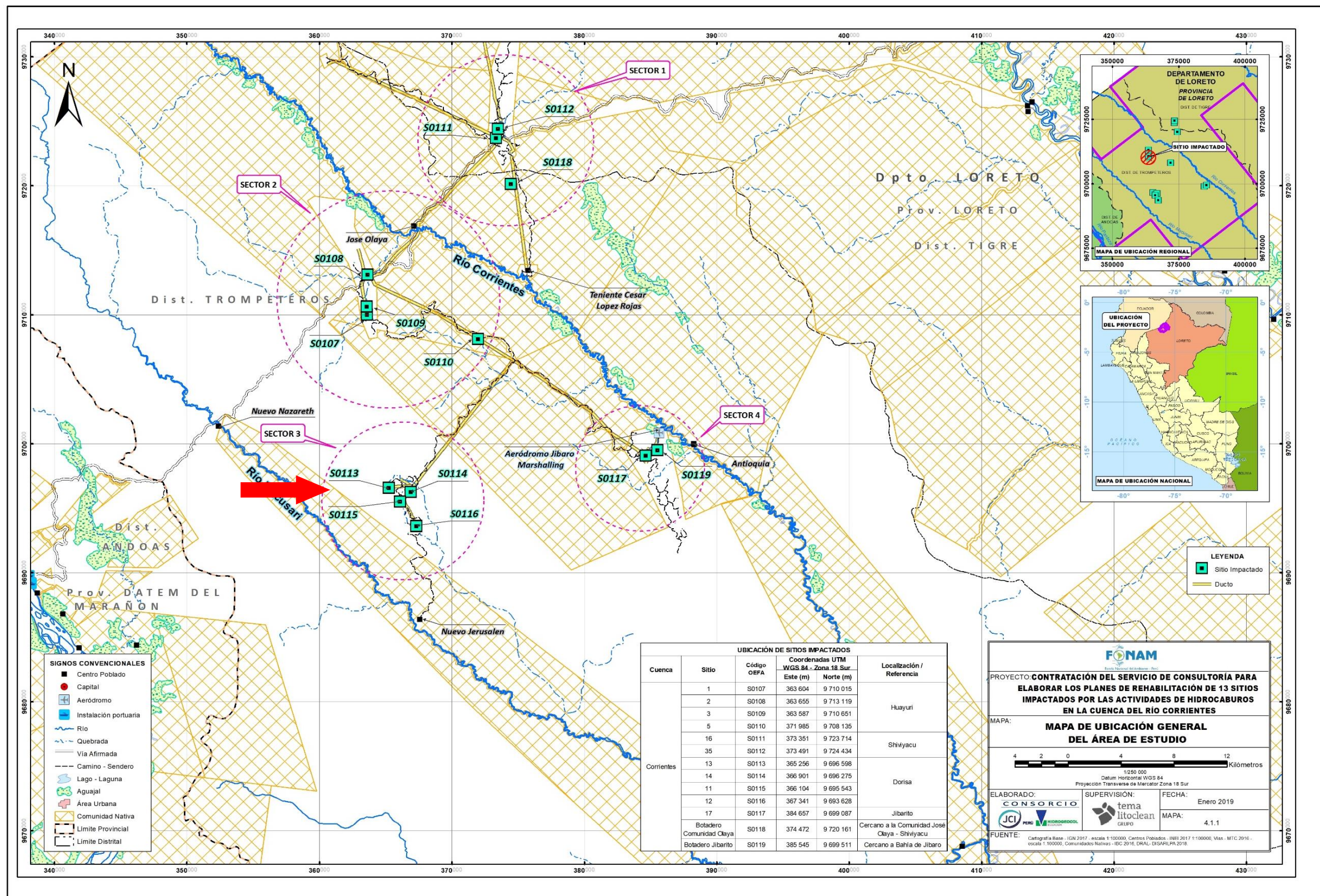
Para acceder al sitio se parte desde Lima vía aérea hacia Tarapoto, para luego tomar la carretera con destino a la ciudad de Yurimaguas en un tiempo estimado de 2 h; de aquí se toma un transporte fluvial en el puerto Abel Guerra con destino a la comunidad nativa Nuevo Andoas, cuya travesía dura 2 días 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 Nuevo 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 S0113 (Sitio 13)

Partida	Sitio	Vía afirmada / Referencia	Estado de la vía
Comunidad Nativa nueva Jerusalén	S0113 (Sitio 13)	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 detallará las características geológicas, hidrogeológicas, hidrológicas, topográficas, climáticas, de suelo y biológicas del área de estudio, con énfasis en las características específicas del sitio S0113 (Sitio13).

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).

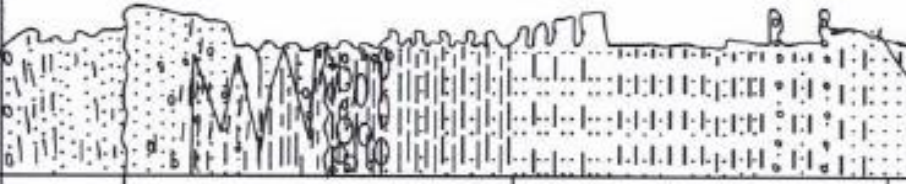
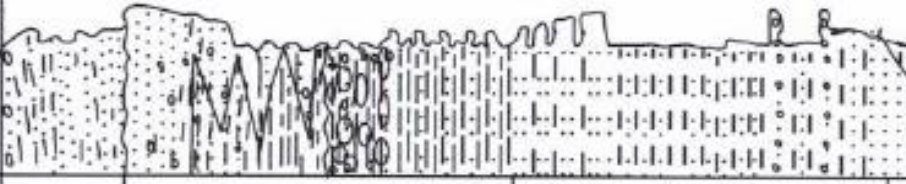
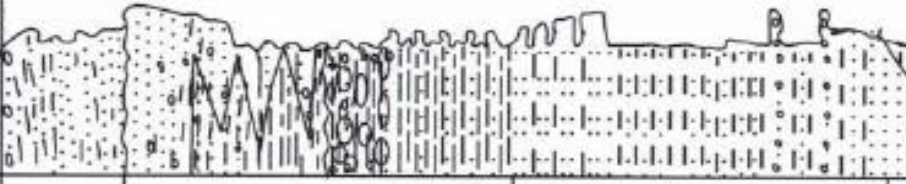
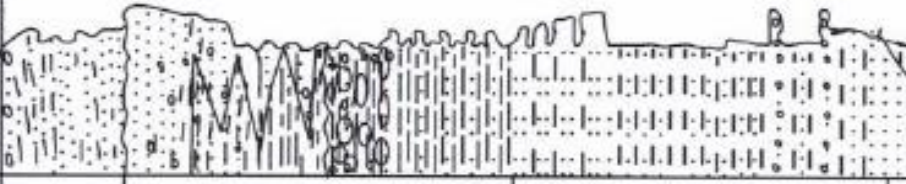
Las unidades geológicas presentes en el área que abarca el sitio S0113 (Sitio 13) son: Formación Ipururo, y sobre las quebradas cercanas debería existir presencia de depósitos aluviales recientes^{a b}. En el Anexo 6.2 Mapa 6.2.2 presenta el Mapa Geológico del sitio S0113 (Sitio 13).

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	± 70		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	± 70		C	Arenas, limoarcillas en niveles masivos, delgados, con restos de plantas
		Depósito Ucamara				Arcillas, lodolitas, grises, verdosas.
	PLIOCENA	Formación Nauta	± 70		C	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, deletznable, intercaladas con capas delgadas de limolita y arenas finas, con algunos lentes, de grava.
		Formación Ipururo				Areniscas grises a marrones, en parte conglomerádicas, de grano grueso a medio, mal seleccionadas.
	MIOCENA	Formación Ipururo	1880 - 303		C	Limoarcillitas, limolitas, ocasionalmente areniscas de grano fino, de color rojo violáceo en capas delgadas a medianas Limoarcillas de grano medio a grueso con lentes de conglomerado y delgadas capas de coloración rojiza y ocasionalmente grises a pardo amarillentas

Fuente: Boletín N° 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 S0113 (Sitio 13). 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.

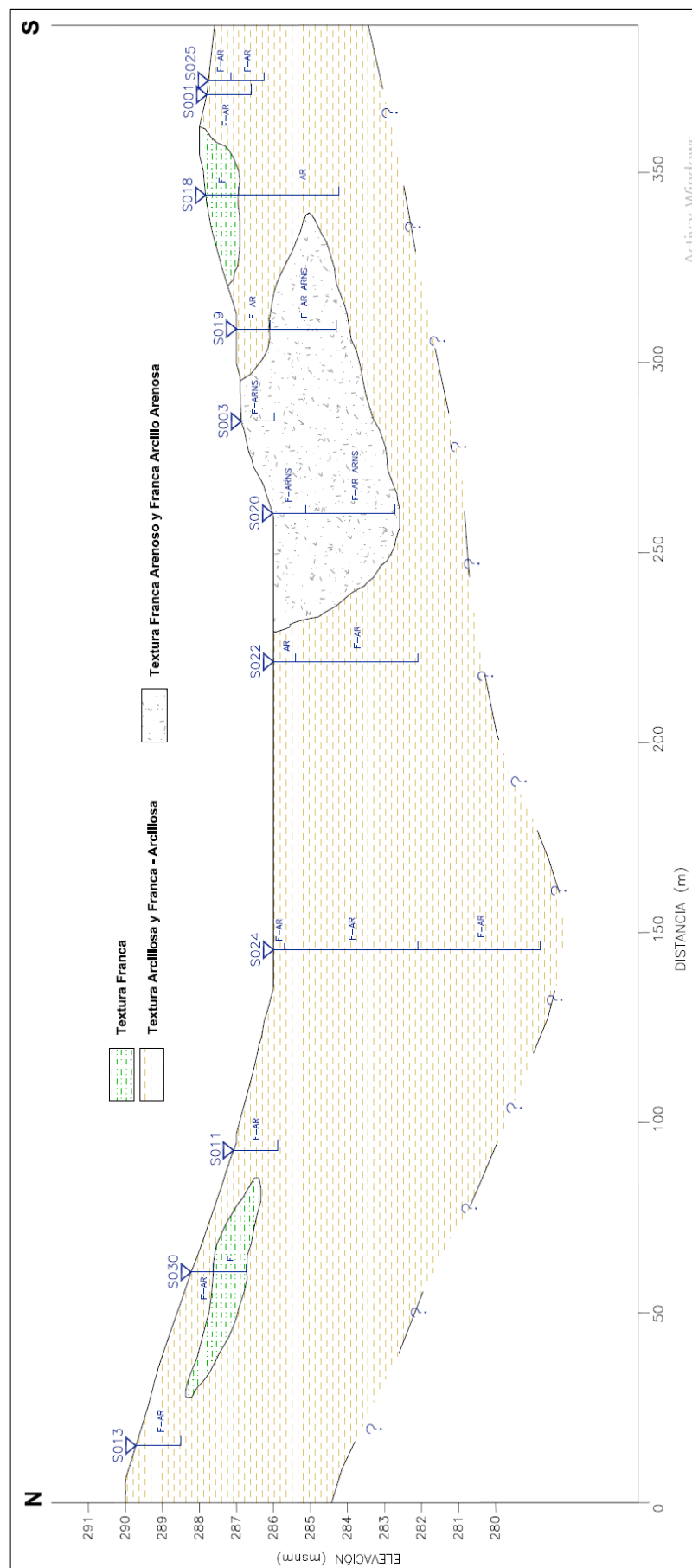
El flujo en medio poroso se encuentra gobernado por la ley de Darcy, el cual en forma empírica describe el movimiento subterráneo en medios poroso, siendo aquellos formados por agregados de partículas que dejan intersticios o poros entre ellos, circulando a través de ellos el agua subterránea.

La hidrogeología conceptual se basa en la información geofísica (época húmeda), sondeos manuales (ambas épocas), sondeo con equipo (época húmeda), perforación e instalación de piezómetros (época húmeda) y medición de los niveles del agua subterránea (ambas épocas), las cuales se contrastará con la geología de la zona para definir el comportamiento del flujo subterráneo

El mapa hidrogeológico nacional se describe como acuíferos detríticos en lo largo de la selva, pero para este ítem se infiere el comportamiento hidrogeológico local. Ver Anexo 6.2 Mapa 6.2.4 Mapa hidrogeológico del sitio S0113 (Sitio 13).

En la Figura 2-3 se muestra un perfil litológico elaborada con los sondeos manuales y con equipo, con el fin de diferenciar de mejor manera las diferentes litologías del suelo, así mismo, identificar las unidades hidrogeológicas. Este perfil fue construido en base a la clasificación textural de los resultados de laboratorio y la descripción de los sondes, sin embargo, este perfil no se encuentra en línea recta, es la unión de los sondeos para la construcción litoestratigráfica del sitio impactado.

00042



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

2.2.2.1 Caracterización hidrogeológica

En este ítem se describirá las características hidrogeológicas del sitio S0113 (Sitio 13) definiendo la hidrogeología conceptual, el cual definirá el comportamiento del movimiento de flujo, la interrelación agua superficial-agua subterránea.

El flujo de agua en el acuífero libre en el área 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 S0113 (Sitio 13) 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, 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 acuíferos de poca capacidad (pequeños) 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 equipo, sondeos manuales y *logueo* de las muestras recuperadas por sondeos manuales o sondeos con equipo de forma visual en campo, ha sido posible determinar las posibles unidades hidrogeológicas presentes en el área de impacto del sitio S0113 (Sitio 13). Asimismo, se han clasificado de acuerdo con su importación hidrogeológica relativa.

- **Unidad Hidrogeológica 1**

Esta unidad hidrogeológica pertenece al Cuaternario, la litología presente se divide en tres (3) tipos de suelos: arcilloso, franco arcilloso y franco. Donde el contenido característico es la arcilla como material predominante.

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 del acuífero muy lentamente, la recarga lenta está ligada al grado compactación in situ.

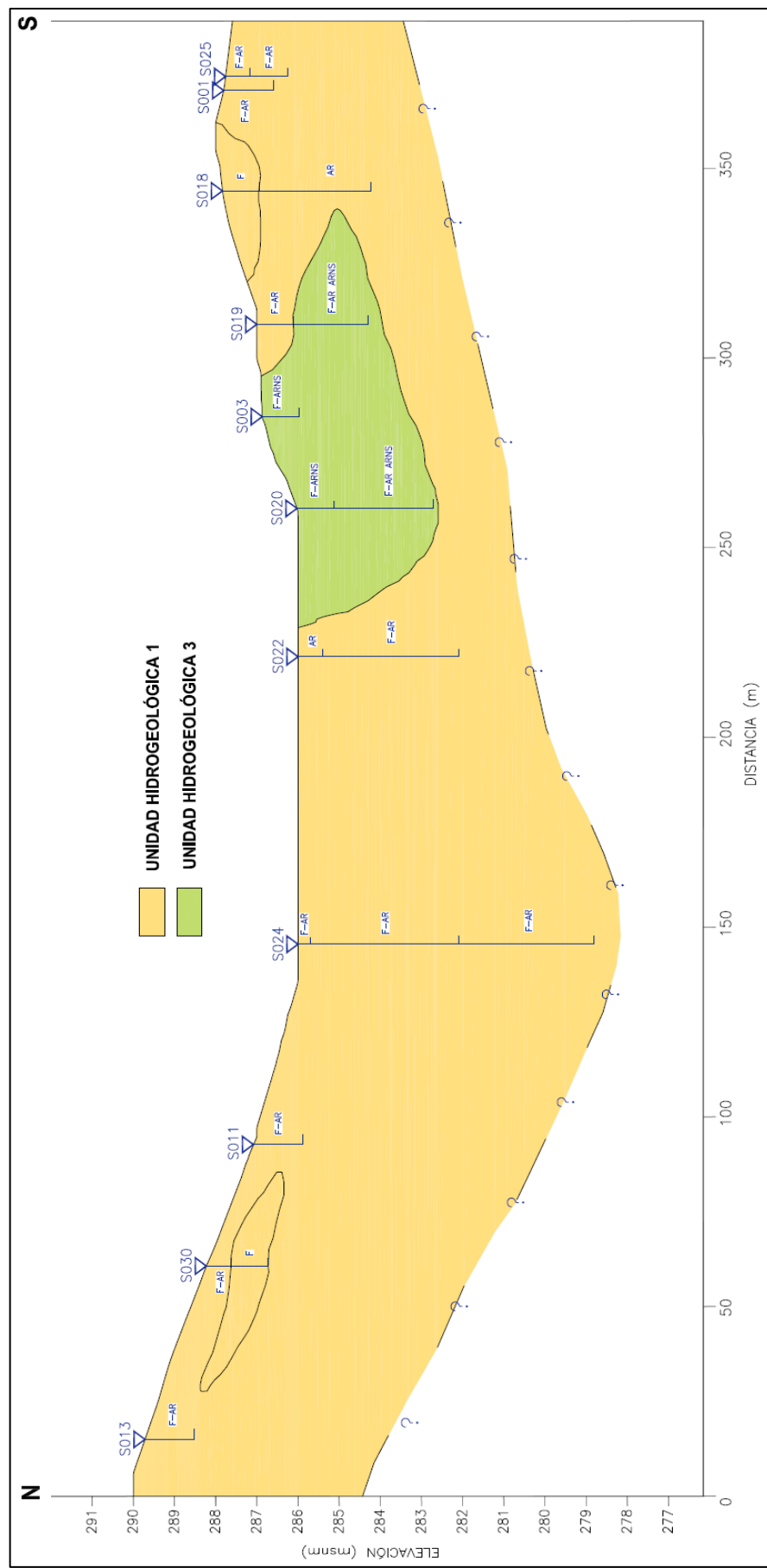
- **Unidad Hidrogeológica 3**

Esta unidad hidrogeológica pertenece al Cuaternario, la litología presente se divide en dos (2) tipos de suelos: franco arenoso y franco arcillo-arenoso. Donde el contenido característico son las arenas.

Desde el punto de vista hidrogeológico constituye una unidad propia que se comporta como un medio detrítico permeable. Superficialmente en época de lluvia permite la recarga del acuífero, la recarga está ligada al grado compactación in situ.

En la Figura 2-4 se muestra un perfil hidrogeológico, este perfil fue construido en base al perfil litológico (Figura 2-3), según el análisis realizado se define el posible comportamiento de las unidades hidrogeológicas.

Figura 2-4



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 S0113 (Sitio 13), se presenta en base a los niveles freáticos medidos en los piezómetros durante la campaña de campo realizada en junio y setiembre del 2018, los cuales indican 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 las líneas de flujo las cuales se dirigen a partir de una zona de mayor altura freática a una de menor altura, todas ellas encaminadas hacia el cauce del río principal y a la cocha existente.

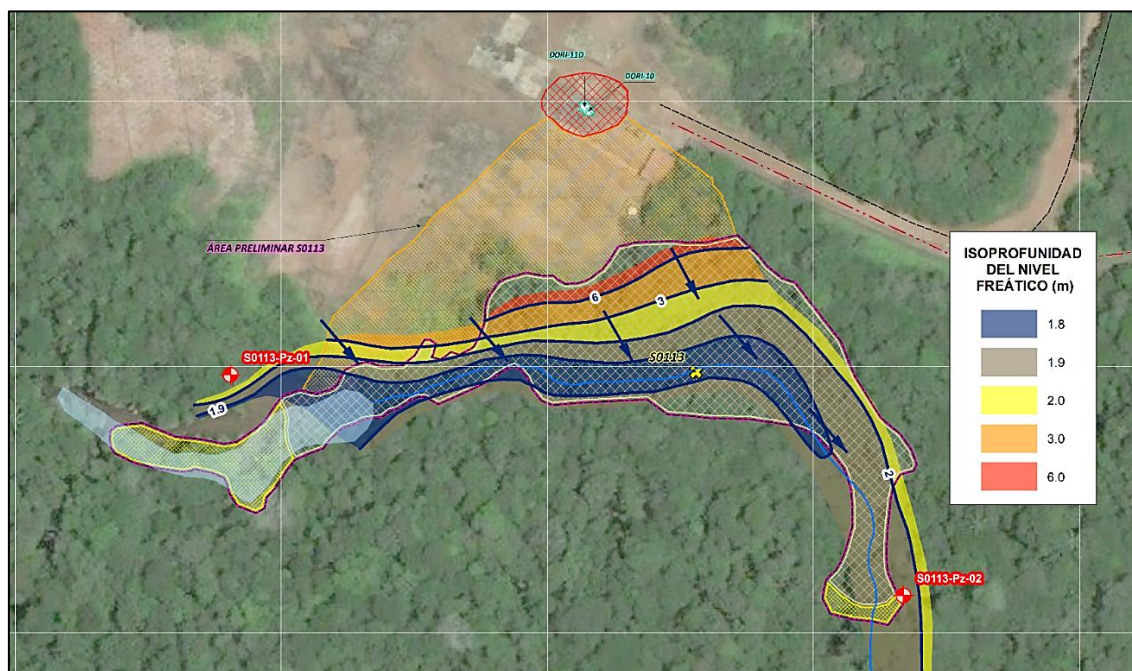
Estos resultados se infieren a partir de los monitoreo de la profundidad del nivel del agua en los piezómetros construidos en el sitio, a pesar de contar con solo dos piezómetros y no una red piezométrica que brindaría una información más detallada del comportamiento de la superficie freática en toda 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 equipos (anexo 6.10 documentación de detalle) y adicionando el juicio de los especialistas que participaron en los levantamientos de campo, lo anterior permitió definir de manera conceptual las isobata de nivel freático cercanas a cada piezómetro e inferir de manera conceptual las profundidad del nivel freático para las zonas impactadas.

Para la dirección de flujo hubiera sido importante tener topografía de detalle, pero con el juicio de experto que participó en los levantamientos de campo se pudo definir el posible comportamiento de la dirección de flujo, y también hubiera permitido, la topografía, definir de manera conceptual el comportamiento de hidro-isohipsas en todas las áreas impactadas.

El área impacta preliminar se encuentra al norte del DORI10 sobre la quebrada S/N, en este caso la profundidad del nivel freático de no debe ser mayor a los 2 metros, esto siempre de acuerdo con cuan próximo esté de la quebrada y la forma de la topografía.

En la Figura 2-5 se muestra las isolíneas conceptuales de la profundidad del agua subterránea para la época húmeda, se observa que la dirección del flujo es de oeste a este siguiendo la dirección de la quebrada principal, pero existe otro pequeño flujo del agua en dirección a la cocha existente.

Figura 2-5 **Isolíneas conceptuales de la profundidad del nivel freático del sitio S0113 (Sitio 13) - Época húmeda**



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

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 cuenca del río Corrientes el cual tiene sus orígenes en los andes ecuatorianos y se tiene como principales afluentes a los ríos Macusari, Platanoyacu, Capirona y Copalyacu (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 sub-dendrítico, con un fuerte control estructural y topográfico, dados por la geología del Lote 192. Ver Anexo 6.2 Mapa 6.2.5 de Cuencas, Subcuencas y Microcuencas del sitio S0113 (Sitio 13).

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	2 411,68	499,83	0,18	251,92	0,36

Fuente: EIA 20 Pozos de Desarrollo Lote 1AB.

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

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

2.2.3.2.1 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 2-6 se muestra las precipitaciones medias mensuales de cada estación. Ver Anexo 6.2 Mapa 6.2.6 Mapa Climático del sitio 113 (Sitio 13).

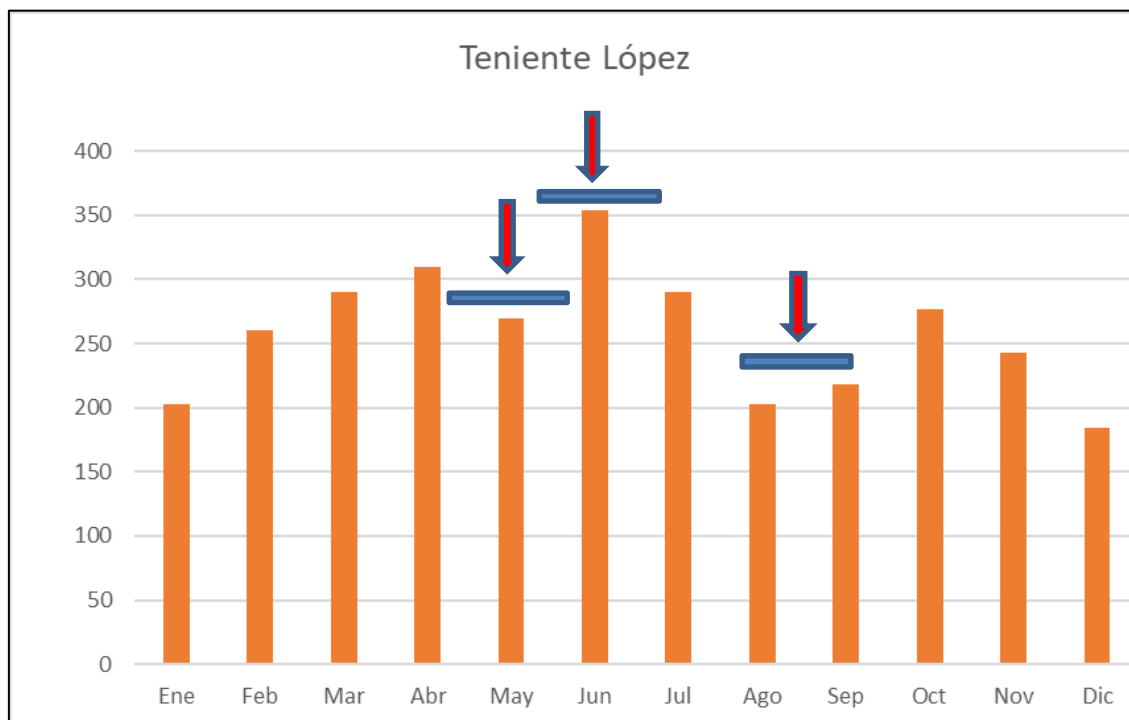
Cuadro 2-4 Precipitación media mensual (mm) (2000-2006)

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
NUEVO 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: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019. (Modificado 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, Jibaro-Jibarito y Capahuari Sur en el Lote 1 AB.)

Figura 2-6 **Histograma de precipitación (2000-2006) estación Teniente López**



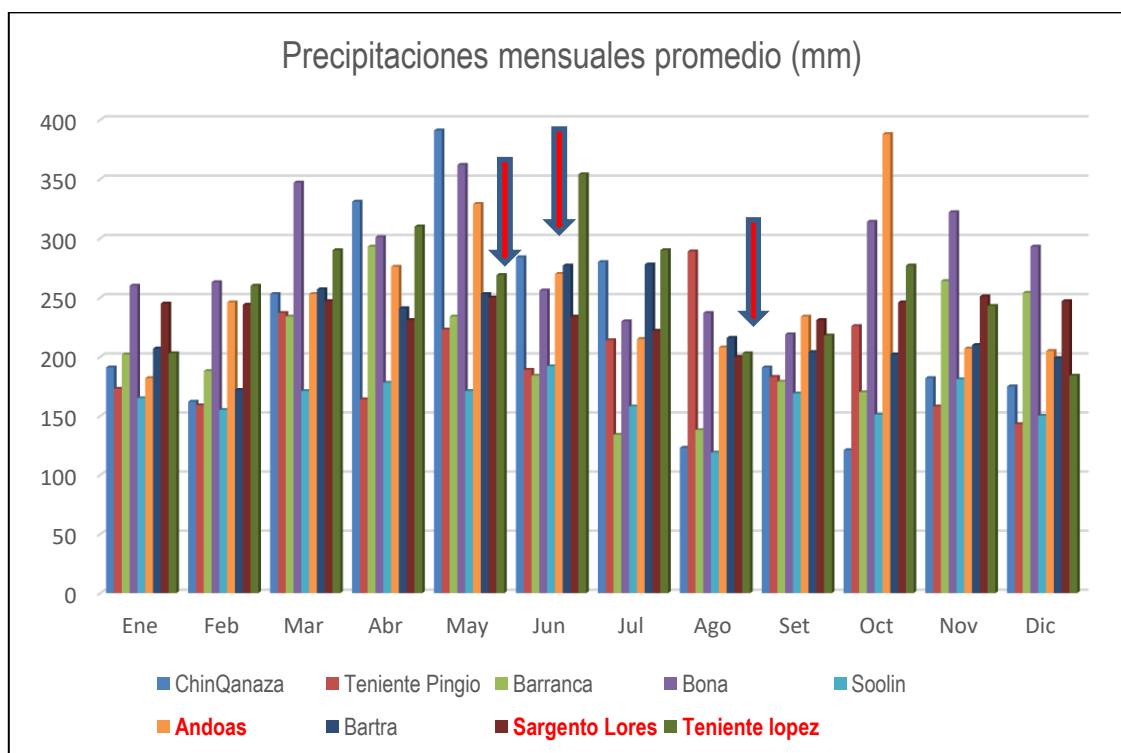
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

En la Figura 2-7 se muestra el comportamiento de la precipitación media mensual (años 2000-2006) en las estaciones ubicadas en la selva amazónica nororiental y ubicadas dentro del Lote 1AB.

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).

Figura 2-7 Histograma de precipitación estaciones cercanas al Lote 192 (Ex lote 1AB) (2000-2006)



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

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 paginas 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 es: El sitio de interés se encuentra sobre una quebrada tipo "V", la misma que conserva sus características topográficas naturales formadas mediante procesos geológicos.

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 S0113 (Sitio 13).

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/C): Suelos superficiales de textura arenosa a franco arcillo arenosa. El drenaje natural es bueno a moderad, 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%).

Esto también se evidenció en los resultados de granulometría obtenidos en el laboratorio. Así como también se verificó por observación directa, al clasificar visualmente las muestras en la etapa de sondeos manuales y sondeos con equipo, (actividad realizada por los técnicos supervisores de los sondeos). La característica de los suelos en este sitio impactado está conformada por arcillas en las laderas de las zonas con pendientes y sobre la misma área impactada son arenosas en la parte baja (quebrada).

Ver Anexo 6.2 Mapa 6.2.7 Mapa de Suelos del sitio S0113 (Sitio 13) y Anexo 6.10 Informe de laboratorio se muestra los resultados de granulometría.

2.2.7 Geomorfología

Se presenta los aspectos más característicos relacionados con la geomorfología del área donde se encuentra el sitio S0113 (Sitio 13). Las unidades fisiográficas de extensión son las colinas bajas ligeramente disectadas en rocas terciarias y las colinas bajas moderadamente disectadas en rocas terciarias. A lo largo de los principales cursos de las quebradas se presenta ligeras terrazas bajas eventualmente inundables dominantes. Ver Anexo 6.2 Mapa 6.2.3 Mapa Geomorfológico del sitio S0113 (Sitio 13).

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 ha identificado las principales características fisiográficas que se presenta en el sitio S0113 (Sitio 13):

- Gran paisaje de Llanura Aluvial: Presenta superficies plano-depresionadas con pendientes de 0-8 % y alturas menores a 20 m respecto a los cauces. Dentro de esta unidad podemos identificar lo siguiente:
 - Paisaje de Terrazas Bajas Holocénicas, conformados por acumulaciones de arenas, limos y arcillas no consolidadas depositadas durante el Cuaternario reciente.
Para el área del sitio S0113 (Sitio 13) la unidad fisiográfica es: Terrazas Bajas eventualmente inundables.
- Gran Paisaje de Colinas Denudacionales: Se caracterizan por presentar superficies onduladas a disectadas con pendientes hasta 50 %, donde se puede identificar lo siguiente:
 - Colinas Denudacionales del Terciario, constituidas por arcillitas y areniscas de grano fino a medio; además comprende la siguiente unidad fisiográfica para el sitio S0113 (Sitio 13) 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 S0113 (Sitio 13).

• Bosque de colinas bajas moderadamente disectadas (Bcbmd)

Esta unidad de cobertura vegetal involucra a los bosques desarrollados en dos tipos de geoformas (colinas bajas y lomadas) y que debido a la escala de trabajo y a la resolución espacial de las imágenes satelitales no permitieron su discriminación. 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 una elevación topográfica menor de 80 m de altura con respecto a su base.

2.3 Grupo 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 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:

- 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 2-5 se presenta la ficha social de relevamiento.

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.

^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.

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. Asimismo, en el Anexo 6.6.9 se adjuntan las entrevistas de campo.

Cuadro 2-8 Entrevistas en comunidades

Etapa	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 S0113 (Sitio 13) a la Comunidad Nativa Nueva Jerusalén**

El sitio S0113 (Sitio 13) se encuentra ubicado a 17,2 km del casco comunal de la CN Nueva Jerusalén. Para acceder al sitio se recorre desde el campamento Dorissa hacia los pozos Dori 10, 11 y 12. 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

Cuadro 2-9 Distancia del sitio S0113 (Sitio 13) a la CN Nueva Jerusalén

Comunidad	Sitio	Distancia estimada del sitio a la comunidad (kilómetros)	Tipo de recorrido
CN Nueva Jerusalén	S0113 (Sitio 13)	17,2	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

^e Entrevista a Monitor Roberto Sandi.

^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.

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

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

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

(**) Fuente: Sistema de Información sobre Comunidades Nativas de la Amazonía Peruana. SICNA. Instituto del Bien Común.

• 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.

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 funcionan 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

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

^h Estudio Técnico Independiente, PNUD, 2018

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.

• 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 loza 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 Loza 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 S0113 (Sitio 13) es la misma que desde la comunidad (17,2 km). La frecuencia del juego de niños y jóvenes en estas lozas 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

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.

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.

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 que se asientan de manera muy cercana a los cascos comunales (no se encuentran chacras en los sitios contaminados en evaluación).

Las especies que se cultivan son, esencialmente, la yuca (usada para el masato, bebida tradicional) y el plátano, especies que no requieren más que agua de lluvia para riego pues no es posible la canalización del agua de río o quebradas hasta las zonas de cultivo. La agricultura local no hace uso de fertilizantes químicos ni naturales y carece de asistencia técnica de algún tipo.

Fotografía 2-2 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”^j 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.^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.

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

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

La población local reconoce que no en todos los sitios existen evidencias de zonas de caza, en el, en el sitio S0113 (Sitio 13) 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 humanos¹ (animales, plantas, seres míticos, otros). El bosque también – adicionalmente a una fuente de vida- implica un espacio de conocimiento, espiritualidad y recreación.

Fotografía 2-3 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 tiguí, 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

¹ 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.

la producción de pescado en piscigranja y recurriéndose a quebradas y cochas (lagunas) cercanas a las comunidades.

Cabe destacar que no se identificaron en el sitio S0113 (Sitio 13) evidencias del desarrollo de la pesca. Sin embargo, 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 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 S0113 (Sitio 13) 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

^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.

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 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.

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.

^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.

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^a, 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
(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	-

^a 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 >
(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 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 S0113 (Sitio 13) 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 2-14 Reconocimiento y Titulación de la CN Nueva Jerusalén

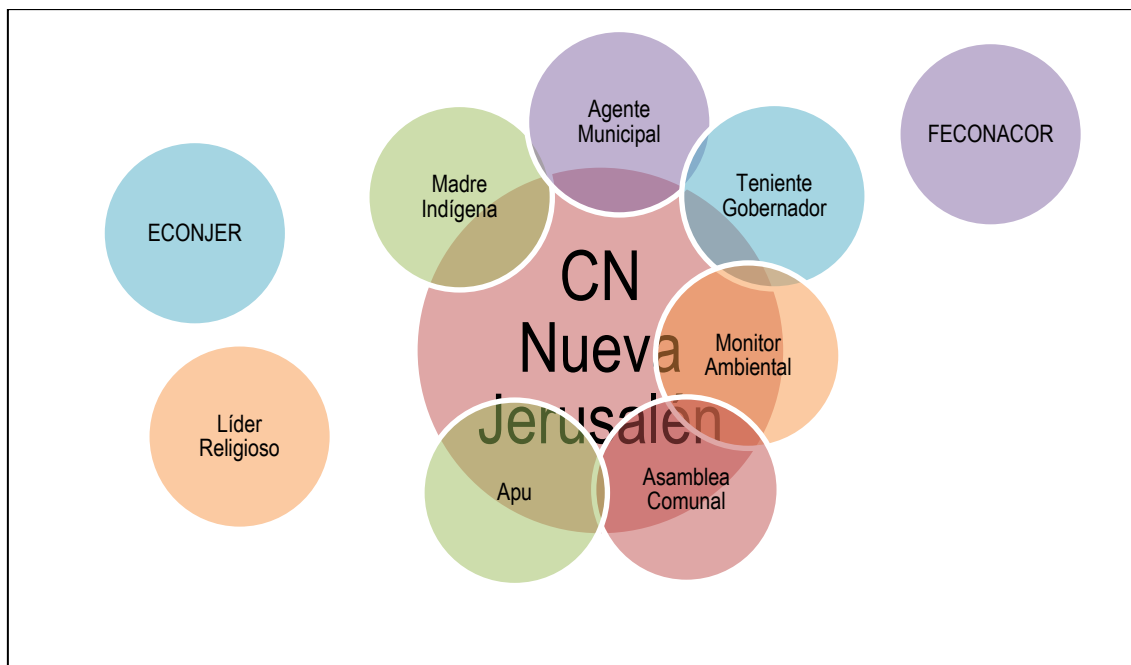
Comunidad	Resolución de reconocimiento	Fecha de resolución de reconocimiento	Título Comunal	Fecha de Titulación Comunal
Nueva Jerusalén	R.D.	6/25/87	R.D.021-98-CTAR-DRA	1/20/98

(*) 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.

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:

^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.

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

- 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 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[†] 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:

- a. Ely Sandi Maynas
- b. Mayer Sandi Maynas
- c. Simón Chimborás Maynas
- d. Roberto Sandi Maynas

^{††} 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.

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:

- N° partida de Ficha Registral: 1102791
- N° de socios: 28
- Fecha de Constitución: 9 de junio 2008
- Gerente: Raúl Mucushua Cariajano, DNI 70353436

Junta de Administración

- Presidente: Pancho Ramirez 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

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

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 recopilieron documentos y estudios técnicos previos, a fin de obtener información fidedigna que permita conocer de manera certera los eventos ocurridos en el sitio S0113 (Sitio 13). 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 de estudio

Tipo de documento	Descripción
Documento Técnico N° 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 192 (Ex 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 192 (Ex 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 192 (Ex 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 192 (Ex 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 192 (Ex 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 de estudio

Tipo de documento	Descripción
Informe N° 350-2013-OEFA/DE-SDCA	Evaluación ambiental de calidad de suelos en el Lote 192 (Ex 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 (Ex Lote 1 AB), 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 Lote 192 (Ex Lote 1 AB) 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 S0113 (Sitio 13), 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 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.

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



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

Es preciso indicar que, durante la operación de ambos lotes, se han producido derrames de hidrocarburos hacia el entorno, generando impactos ambientales negativos significativos. El impacto fue tal que al año siguiente (1983) 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 S0113 (Sitio 13) 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 electros- sumergibles, 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, Jibaro, 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 (Ex Lote 1 AB), 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 (Ex Lote 1 AB) 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/AEE el MINEM aprobó el Plan Ambiental Complementario (PAC) presentado por PPN, a fin de remediar las zonas contaminadas del Lote 192 (Ex Lote 1 AB); 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 Lote 192 (Ex Lote 1 AB). 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 (Ex Lote 1 AB), 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 (Ex Lote 1 AB); y el 14 de febrero de ese año presentó los Informes de Cumplimiento Ambiental de los sitios remediados del Lote 192 (Ex Lote 1 AB), 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.º 394-2008-MEM/AEE 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 (Ex Lote 1 AB) 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 (Ex Lote 1 AB); 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/DFSAI 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 1 AB) a fin de verificar las áreas afectadas con hidrocarburos de acuerdo a lo denunciado por dichas comunidades; por lo cual, mediante Resolución Suprema N.º 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 acordaron realizar el primero monitoreo participativo en la cuenca del río Pastaza dentro del área de influencia del Lote 192 (Ex Lote 1 AB), asimismo dicho acuerdo se amplió también para la cuenca de Tigre y Corrientes.

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 (Ex Lote 1 AB), 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.

FECONACO solicita la Emergencia Ambiental mediante carta el 7 de agosto del 2013. 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 (Ex Lote 1 AB). 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 (Ex Lote 1 AB), 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 (Ex Lote 1 AB) 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 (Ex Lote 1 AB) operadas por PPN.

El 7 de mayo de 2015 se publica la Ley N° 30321 que crea el Fondo de Contingencia para Remediación Ambiental (la Ley N° 30321 es un punto de acuerdo en suscrito en el Acta de Lima del 10 de marzo de 2015), 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 (Ex Lote 1 AB) 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 (Ex Lote 1 AB), denominada “Reunión de Coordinación Previa con los Actores Involucrados”, generándose así actas de compromisos mutuo para el desarrollo de las siguientes seis (06) etapas de monitoreo participativo.

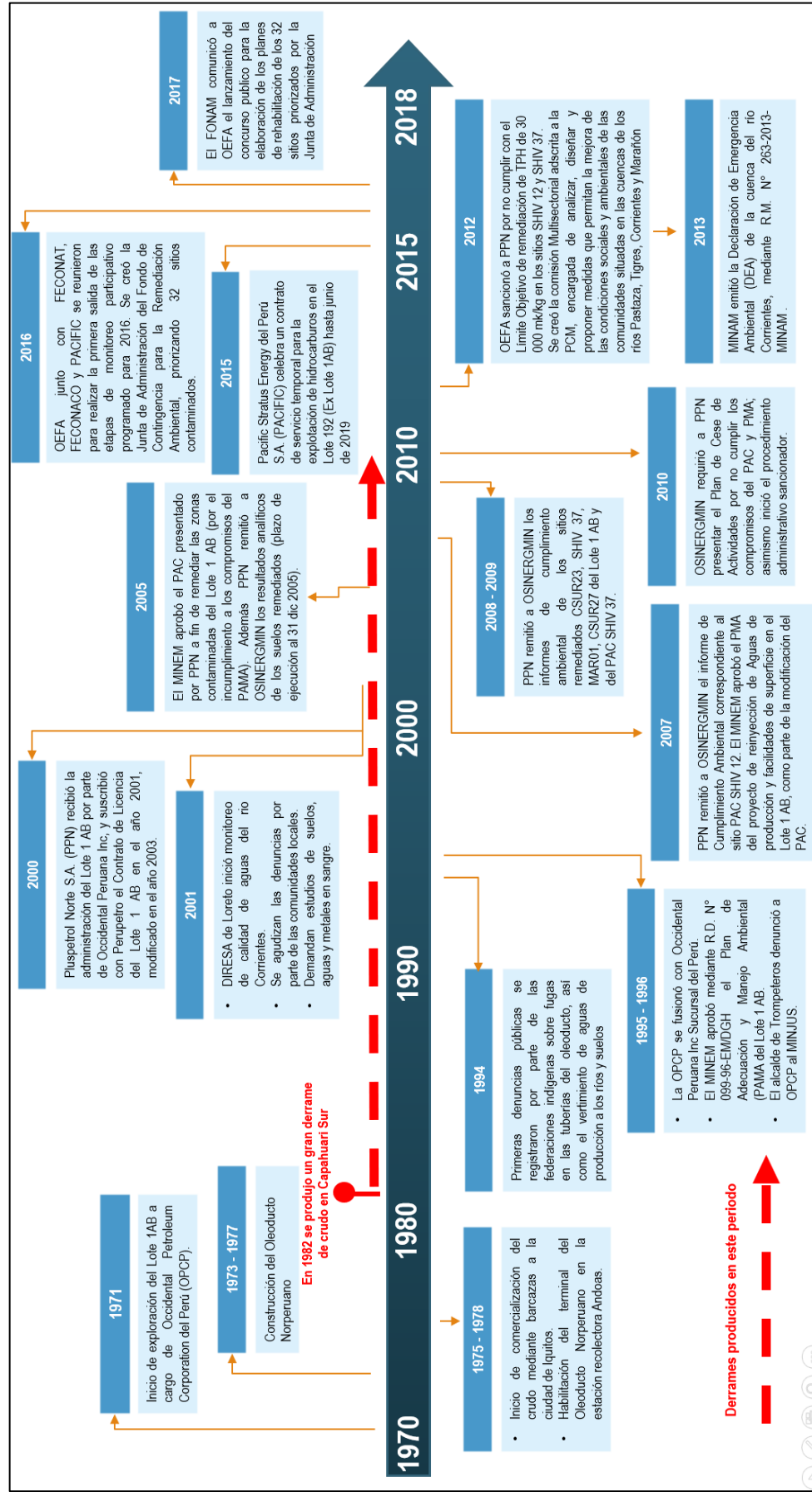
En diciembre de 2016 se publica el reglamento de la Ley N° 30321 mediante Decreto Supremos N° 039-2016-EM, a fin de establecer los lineamientos a seguir para la ejecución de la remediación ambiental de los sitios impactados por hidrocarburos; y conforme a ello la Junta de Administración del Fondo de Contingencia para la Remediación Ambiental, quienes en sesiones de trabajo, 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 del sitio impactado S0113 (Sitio 13)

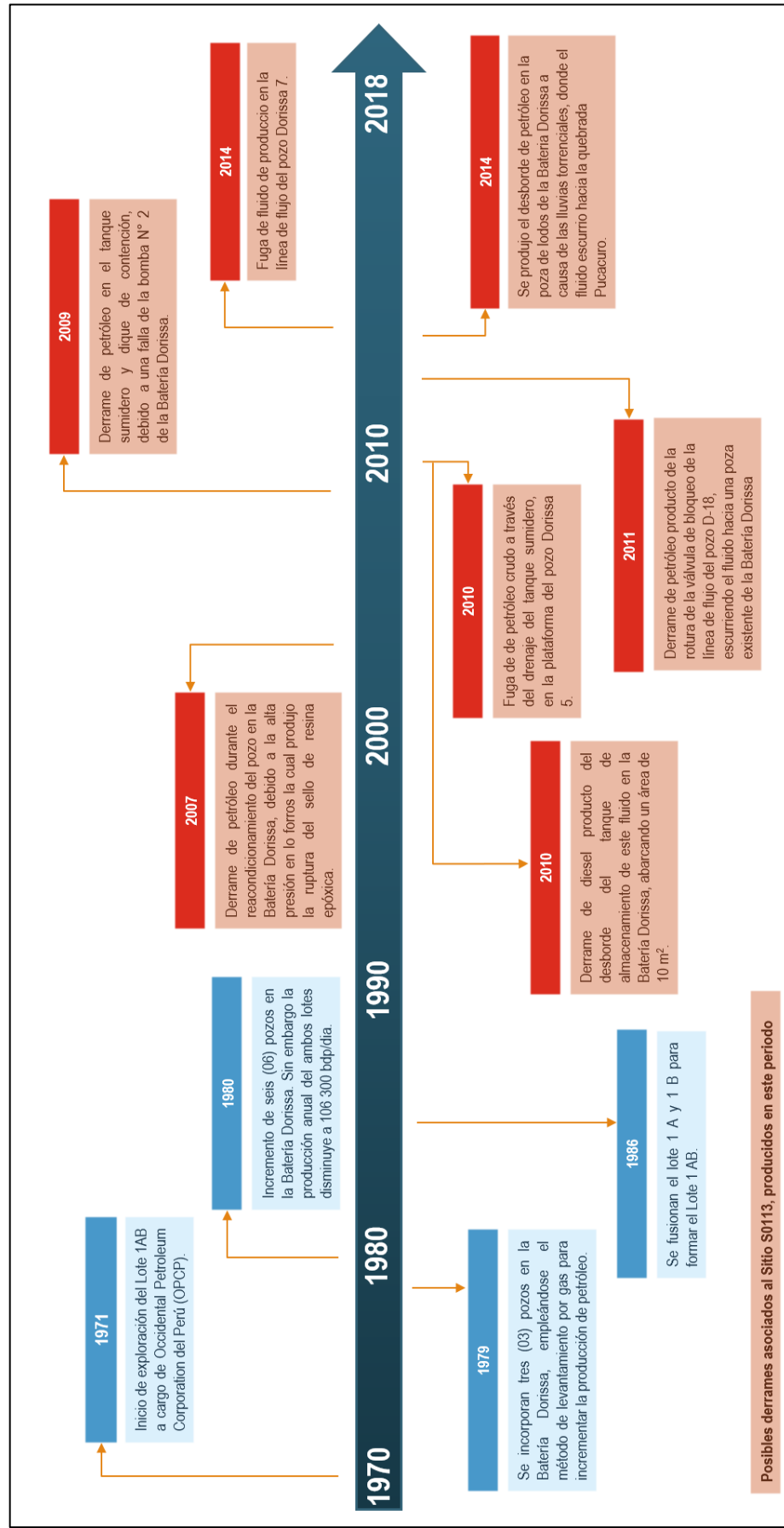
De lo expuesto líneas arriba, el sitio S0113 (Sitio 13) se relaciona directamente con la ubicación de los pozos DORI-10, DORI-11D, DORI-12XD y la Batería Dorissa (los 2 últimos se encuentran más alejado del sitio). Si bien no se tiene un dato exacto sobre el primer derrame ocurrido en el sitio S0113 (Sitio 13), de acuerdo con lo manifestado por los monitores locales, el derrame de petróleo se produjo hace 40 años, sin embargo, los derrames de petróleo vienen afectando durante 40 años (aproximadamente) como parte de las actividades extractivas de hidrocarburo por OPCP, OXY y PPN. Los eventos relacionados al sitio S0113 (Sitio 13) se pueden ver en el Cuadro 3-3 Registro de fugas y derrames posiblemente relacionadas al sitio S0113 (Sitio 13); y en la Figura 3-2 y 3-3 se exponen estos eventos de manera ilustrativas 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 S0113 (Sitio 13)



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

Cuadro 3-2 Resumen de los alcances de los estudios previos consultados para el sitio S0113 (Sitio 13)

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)				
S0113 (Sitio 13)	365 256	9 696 598	S-23/S23-1	Se tomó una muestra a 100 m del pozo 10. Se encontró excedencias de las fracciones F2 y F3 Y Bario. Se tomó otra muestra a 120 m del sur oeste del pozo Dorissa 10. Se encontró excedencias de las fracciones F2 y Bario.	Qshiv	Se tomó una muestra de agua en la quebrada afluente Kuch Entsa, cercana al pozo 11 y 10 del yacimiento Dorissa. Se encontró excedencias de cadmio.

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

Cuadro 3-3 Registro de fugas y derrames relacionados al sitio S0113 (Sitio 13)

N°	Fecha	Lugar	Sustancia	Descripción
1	13/05/07	Batería Dorissa 14	Petróleo	Durante el reacondicionamiento del pozo se acumuló la presión en los forros, produciendo la rajadura del sello de resina epóxica (que aísla el minimandrell con el cable de potencia del conjunto BES) y salga despedido por el aire; generando 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 en la batería Dorissa	Petróleo crudo	El derrame se produjo por una falla en la bomba N°2 la cual no levantaba presión por momentos, mientras que la bomba N°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 m² 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/agua	El derrame abarcó la superficie irregular y pendiente pronunciada de la ubicación de la línea de flujo.

Cuadro 3-3 Registro de fugas y derrames relacionados al sitio S0113 (Sitio 13)

N°	Fecha	Lugar	Sustancia	Descripción
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 - Osinergmin

3.2 Uso actual del área.

El sitio S0113 (Sitio 13) forma parte 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. En el entorno del sitio, aproximadamente a 100 metros, se encuentra ubicado los pozos DORI 10 y DORI11D, así como el sistema de tuberías que transportan el hidrocarburo desde estos pozos a la batería Dorissa.

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 S0113 (Sitio 13).

Es importante mencionar, que gran parte del área del sitio corresponde a un ecosistema de bosque de colinas bajas por donde transita fauna local (ej. *Tapirus terrestris*: “tapir). por lo que se infiere que existe un potencial uso de este ecosistema por los recursos que provee (alimentos, agua, lugares de descanso, etc.).

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 S0113 (Sitio 13), posiblemente se plantee una categoría distinta al uso industrial/extractivo, aun cuando ubica en el entorno de un área operacional de la Batería Dorissa, que permita a las comunidades hacer uso de este espacio, aun cuando este sitio impactado observa una escasa superficie (alrededor de 0,7 ha).

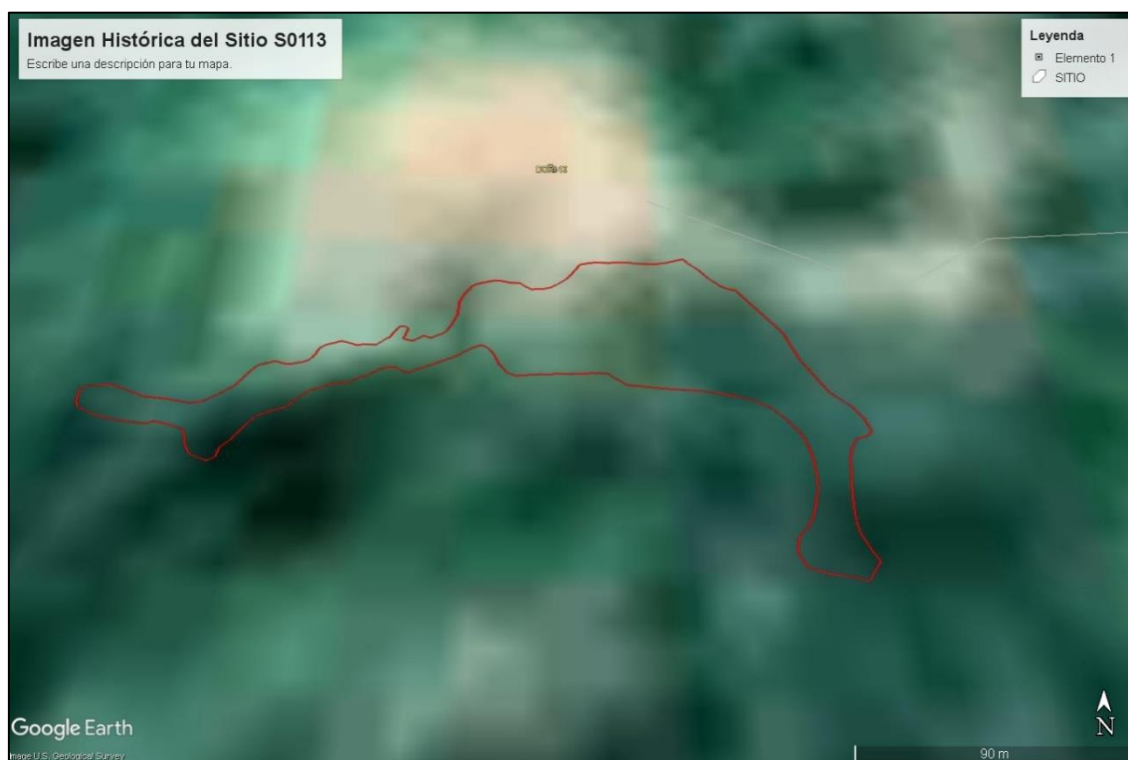
3.3 Características del entorno: fuentes asociados a las actividades de hidrocarburos, focos, vías de propagación, otros aspectos relevantes del entorno de los sitios impactados y el listado de residuos existentes (entiéndase equipos obsoletos, restos de equipos o tuberías y similares).

3.3.1 Fuentes potenciales en el entorno del sitio

El entorno del sitio se caracteriza por presentar instalaciones industriales en los alrededores destinadas al procesamiento y/o transporte de petróleo, como son los pozos DORI 10 y, DORI11D, así como las tuberías que conducen el hidrocarburo desde estos pozos a la Batería Dorissa. Estos pozos se encuentran ubicados aproximadamente a 100 m.

Haciendo un análisis de las imágenes de históricas en Google Earth por los años 70 aproximadamente (no se precisa la fecha exacta) no se visualiza otras fuentes de contaminación asociadas al sitio, sin embargo, es importante mencionar que la resolución de imágenes disponibles para este sitio es baja.

Figura 3-4 Imagen histórica del sitio S0113 (Sitio 13)



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

Figura 3-5 Imagen actual del sitio S0113 (Sitio 13)



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

Fotografía 3-1 Infraestructura cercana al sitio S0113 (Sitio 13)

	
1. Sitio S0113 (Sitio 13). Tuberías que conducen el hidrocarburo desde los pozos a la Batería Dorissa.	2. Sitio S0113 (Sitio 13). Pozos DORI 10 y DORI 11 D.

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

Cuadro 3-4 Fuentes potenciales de contaminación en el entorno del sitio S0113 (Sitio 13)

Fuente potencial	Coordenadas UTM WGS-84		Estado	Descripción	Evidencias
	Este (m)	Norte (m)			
Pozo DORI 10	365 216	9 696 706	Inactivo	2. Sitio 1 Pozos DORI 10 y DORI 11D	Trabajo de campo durante la fase de reconocimiento.
Pozo DORI 11D	365 214	9 696 706	Activo	2. Sitio 1 Pozos DORI 10 y DORI 11D	Trabajo de campo durante la fase de reconocimiento.
Tanque sumidero del Pozo DORI 12	(-)	(-)	No se evidenció en campo	No se evidencio en campo	Entrevistas a monitores ambientales.
Tanque sumidero de los Pozos DORI 10 Y DORI 11D	(-)	(-)	No se evidenció en campo	No se evidencio en campo	Entrevistas a monitores ambientales.
Tubería de drenaje	No se evidenció		Activo (julio)-Inactivo (setiembre)	La tubería activa fue observada en julio y en setiembre la misma fue encontrada con un tapón y el terreno había sido limpiado superficialmente.	Evidencias de campo

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

3.3.2 Focos potenciales en el entorno del sitio

No se identificaron focos potenciales en el entorno del sitio S0113 (Sitio 13), que comprende los pozos DORI 10 y, DORI11D, así como las tuberías que conducen el hidrocarburo desde estos pozos a la Batería Dorissa que se encuentran ubicados aproximadamente a 100 m.

3.3.3 Fuentes potenciales de contaminación dentro del sitio

No se identificaron fuentes potenciales dentro del sitio S0113 (Sitio 13).

3.3.4 Focos potenciales de contaminación dentro del sitio

Durante la fase de relevamiento del sitio, realizada el día 19 de febrero del 2018 por los especialistas de JCI-HGE en compañía del monitor ambiental y personal de apoyo de la comunidad, se encontraron hallazgos de potencial contaminación: restos de hidrocarburo en superficie de suelo y quebrada, olor y derrames visibles en el sitio.

Cuadro 3-5 Evidencias de contaminación dentro del sitio

Número de foto	Contaminante/Evidencia	Coordenada Este (m)*	Coordenada Norte (m)*
1	Hincado en suelo superficial con signos de afectación – medio evidenciado: suelos	365 267	9 696 609
2	Restos de hidrocarburo en superficie del suelo– medio evidenciado: suelos	365 202	9 696 592
3	Hidrocarburo en suelo cercano al dique (cocha) – medio evidenciado: suelos	365 126	9 696 583
4	Restos de hidrocarburo en suelo saturado– medio evidenciado: suelos	365 323	9 696 515
5	Restos de hidrocarburo en sedimentos– medio evidenciado: sedimentos	365 335	9 696 566
6	Sondeo en suelo con olor y signos de afectación– medio evidenciado: suelos	365 313	9 696 522
7	Presencia de geomembrana con restos de hidrocarburos en suelo– medio evidenciado: suelos	365 281	9 696 628
8	Evidencias de hidrocarburo en quebrada – medio evidenciado: agua	365 271	9 696 587

* Coordenadas UTM WGS 84

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

Fotografía 3-2 Evidencias de contaminación en suelos y cuerpos de agua

	
1. Sitio S0113 (Sitio 13). Hincado en superficie con signos de afectación (restos de hidrocarburos).	2. Sitio S0113 (Sitio 13). Restos de hidrocarburo en superficie del suelo.
	
3. Sitio S0113 (Sitio 13). Hidrocarburo en suelo cercano al dique (cocha).	4. Sitio S0113 (Sitio 13). Restos de hidrocarburo en suelo saturado.
	
5. Sitio S0113 (Sitio 13). Restos de hidrocarburo en sedimentos.	6. Sitio S0113 (Sitio 13). Sondeo con olor y signos de afectación.

Fotografía 3-2 Evidencias de contaminación en suelos y cuerpos de agua

	
7. Sitio S0113 (Sitio 13). Presencia de geomembrana con restos de hidrocarburos.	8. Sitio S0113 (Sitio 13). Evidencias de derrame de hidrocarburo en quebrada.

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

3.3.5 Vías de propagación para los focos potenciales encontrados dentro del sitio y el entorno

En el Cuadro 3-6 se presenta las vías de propagación, asociadas a los focos encontrados en el sitio y en entorno

Cuadro 3-6 Vías de propagación

Foco potencial de contaminación	Vías de propagación y exposición relevante	Sustancias relevantes	Receptores
Hincado en superficie del suelo con signos de afectación (restos de hidrocarburos)	- 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
Restos de hidrocarburo en superficie del suelo	- 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
Restos de hidrocarburo en sedimentos)	- 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
Sondeo en suelo con olor y signos de afectación	- Suelo: contacto directo	HTP (F1, F2, F3) – BTEX – HAPs – metales	- Trabajadores y personas que circulen en el sector

Cuadro 3-6 Vías de propagación

Foco potencial de contaminación	Vías de propagación y exposición relevante	Sustancias relevantes	Receptores
	- Agua subterránea: disolución y dispersión - Agua superficial: dispersión superficial		- Receptores ecológicos
Presencia de geomembrana con restos de hidrocarburos en suelo	- 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
Evidencias de derrame de hidrocarburo en quebrada	- 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
Restos de hidrocarburos en fase sólida en suelo	- 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

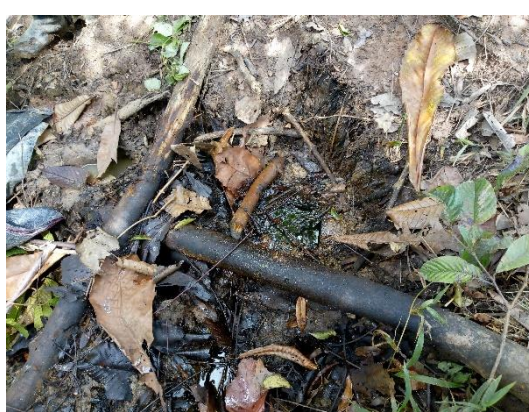
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.4 Fuente 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 en la fase de reconocimiento se identificó potenciales fuentes de contaminación como los pozos DORI 10, DORI 11D, tuberías asociadas al transporte del hidrocarburo, así como por referencias o entrevistas a monitores ambientales, la presencia de tanques sumideros asociados a los pozos mencionados.

Asimismo, durante las labores en campo (época húmeda) se observó en el sitio una fuente activa, la cual correspondería a una tubería proveniente de los pozos DORI 10 y DORI 12, de donde se observaba un drenaje por donde escurría hidrocarburo, ladera aguas abajo y cuyo punto se encontraba en las inmediaciones del sondeo 006 (coordenadas Este: X: 9 696 648 y Norte: 365 271). Dicha tubería proveniente de los pozos DORI10 y DORI12, se encontró inactiva en la segunda campaña de muestreo (época seca).

Fotografía 3-3 Fuente de contaminación cercana al sondeo 006



1. Sitio S0113 (Sitio 13)

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

Asimismo, teniendo en cuenta las declaraciones de los monitores ambientales y los comuneros locales, se tiene conocimiento de un derrame ocurrido años atrás proveniente del tanque sumidero proveniente de los pozos DORI 10, DORI 11D y DORI 12, operados por Pluspetrol.

Figura 3-6 Croquis en la etapa de reconocimiento del sitio S0113 (Sitio 13)



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 (considerando el muestreo en época húmeda), y la segunda se desarrolló durante el mes de setiembre (considerando el muestreo de época seca) 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 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 inicial de contaminación: En base a la fase de reconocimiento, se identificó las áreas fuente, áreas de transporte, área de validación y el área de potencial interés.
- Elaboración del plan de muestreo: Durante esta etapa se elaboró el plan de muestreo del sitio contemplando dos campañas de muestreo:
 - a) 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 de potencial interés, asimismo se contempló la toma de muestras de agua superficial y sedimentos, agua subterránea y caracterización biológica con el objeto de validar el modelo conceptual inicialmente planteado.
 - b) 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:

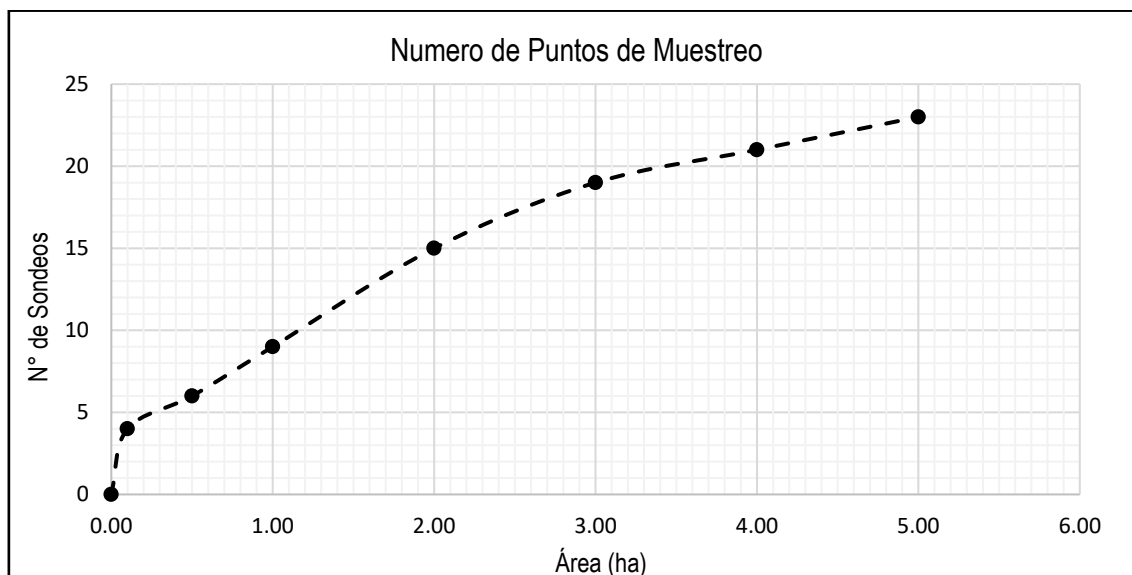
3.5.1.1 Muestreo de suelos

La localización, distribución y número de puntos de muestreo se estableció para el sitio S0113 (Sitio 13), 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 (RM 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° 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:

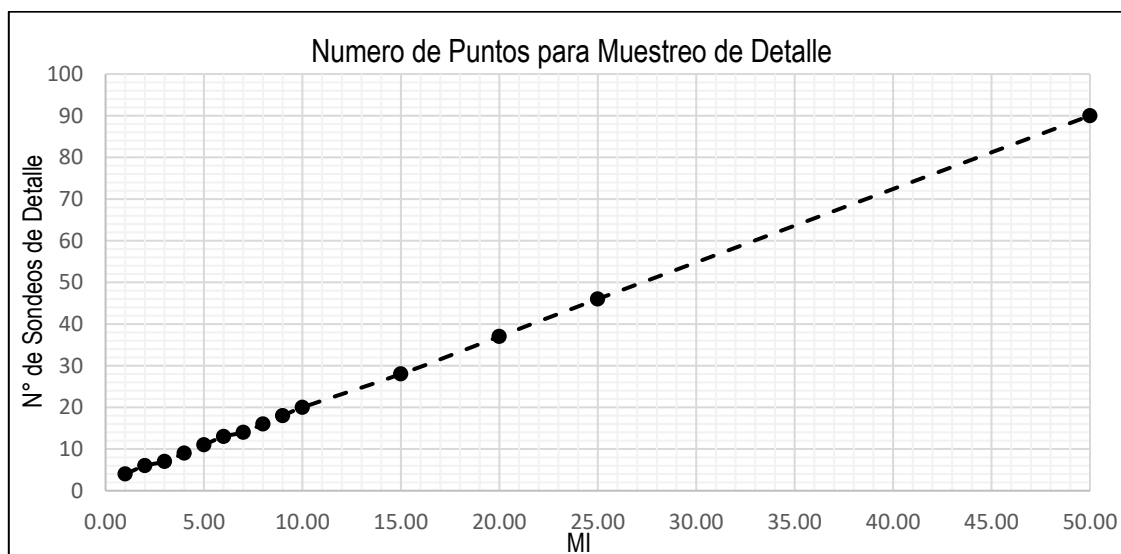
Cuadro 3-7 Estimación del número de sondeos de identificación por sitio: primera época

Sitio - Código OEFA	Área (ha)	Número de puntos de muestreo
S0113 (Sitio 13)	1,9	15

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 3-8 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 3-8 Cálculo del número de sondeos total

Código OEFA	Área (ha)	Número sondeos según área (Total)	Número sondeos a detalle	Número sondeos real	Consideraciones Técnicas
S0113 (Sitio 13)	1,9	15	28	24	Se tomó en consideración el número de sondeos establecido en la Guía para el Muestreo de Suelos, sin embargo, se mantuvo un número de sondeos por debajo del sugerido por el tipo de muestreo de detalle, ya que el número planteado se consideró suficiente para 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. Adicionalmente, se planteó la captación de muestras en las áreas de validación (áreas con potencial contaminación, inferidas por las hipótesis de migración de contaminantes, pero que requieren confirmación en campo), lo cual permitió conocer si la distribución del contaminante se extiende o por el contrario se acumula en el área de potencial interés. 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 sondeos manuales adicionales al costado de los piezómetros, para determinar el origen de las excedencias encontradas en los piezómetros. Ver Cuadro 3-9.

Cuadro 3-9 Sondeos complementarios

Código OEFA	Área (ha)	Número sondeos adicionales (Total)	Consideraciones Técnicas
S0113 (Sitio 13)	1,9	8	Sondeo manual complementario para evaluar la extensión del polígono.
	1,9	4	Sondeo manual 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 época).
- Sondeos a profundidad, las cuales en algunos casos superó los 7 metros en zonas donde se evidenció presencia de potencial afectación o subsuelo afectado, 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 HAPs. 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 épocas (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 a 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.

La muestra de agua que se obtuvieron en los pozos subterráneos (piezómetros) a nivel del nivel freático a una profundidad no mayor de 2 mbns.

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, PCBs + HAPs.

3.5.1.3 Muestreo de agua superficial

El muestreo de agua superficial, se realizó igualmente en dos épocas: 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, para investigar las excedencias encontradas en éstos en la época húmeda, 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, HAPs, metales totales, aceites y grasas.

3.5.1.4 Muestreo de sedimentos

El muestreo de sedimentos se realizó igualmente en dos épocas. Los criterios considerados fueron los mismos que en el caso de agua superficial, indicados en el ítem 3.5.1.3, 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 analizaron los siguientes parámetros: Fracción menor de 2 mm, Metales Pesados y Metaloides, BTEX, Hidrocarburos F2, F3 y HAPs.

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 biológica, considerando los siguientes componentes:

- Vegetación
- Aves
- Mamíferos mayores y menores
- Reptiles
- Hidrobiología
- Necton

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 sondeo con equipo 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:

- **Sondeos manuales (Barreno):** 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 S0113 (Sitio13) se realizaron hasta alcanzar la profundidad de 1,20 mbns y sirvieron básicamente para delimitar la extensión horizontal de la de la potencial afectación. En el Anexo 6.5.2 se presenta los registros de sondeo de campo y en el Anexo 6.5.1 los registros de los muestreos de fondo.

Fotografía 3-4 Muestreo de suelos con sondeo manual - sitio S0113 (Sitio 13)



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

- **Sondeo con equipo:** El método de sondeo con equipo que permite determinar la resistencia de un suelo a la penetración, a la vez que permite obtener una muestra de suelo representativa. Operativamente, el método de sondeo con equipo 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 semialteradas con cuchara partida (Split Spoon Sampler). Las perforaciones con equipo se realizaron a una profundidad promedio de 3 a 7 mbns. Este método fue utilizado mayormente para delimitar verticalmente la contaminación. En el Anexo 6.5.3 se presenta los registros de sondeo de campo.

En algunos casos se utilizó una combinación de ambos métodos para poder obtener mayor cantidad de muestra.

- **Medición de COVs:** 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 3-10 Rango de lectura de COV's

Intervalo profundidad (m)	Número de lecturas PID	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 in situ.
0,5 - 1	1	
1 - 5	1	
5 - 6	N (se determinó en campo)	

N: Número variable de acuerdo con las consideraciones en campo.

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

Fotografía 3-5 Muestreo de suelos mediante sondeo con equipo - sitio S0113 (Sitio 13)

	
Sondeo con equipo	Muestra extraída a través el método de sondeo con equipo

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

3.5.2.2 Geofísica

Tomografía eléctrica

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.

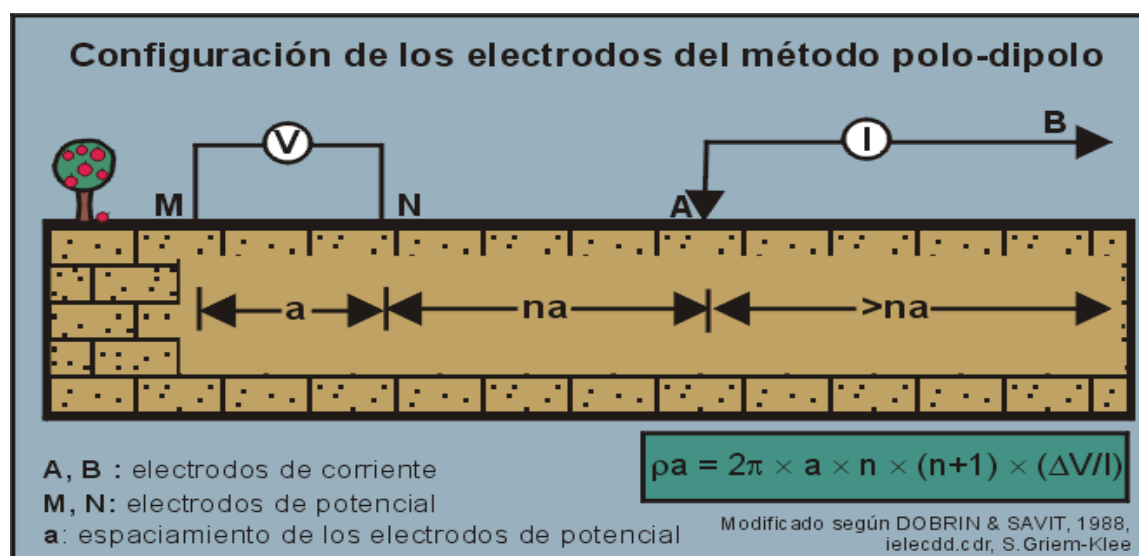
Todas las técnicas geofísicas intentan distinguir o reconocer la litología geológica que se encuentran en profundidad mediante algún parámetro físico, así por ejemplo en el método de los

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.

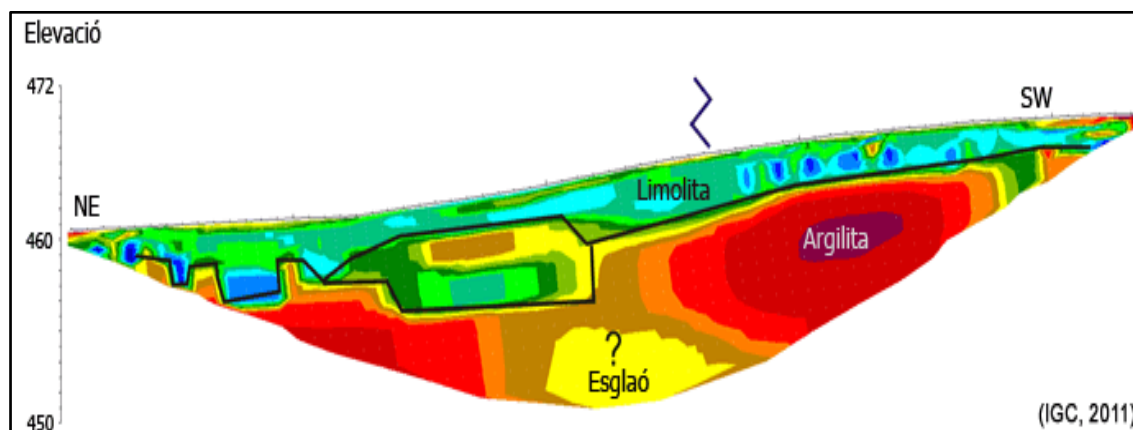
Figura 3-9 Configuración de los electrodos del arreglo polo-dipolo



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 3-10 Modelo de resistividad eléctrica del subsuelo en una tomografía eléctrica



Fuente: Instituto Geofísico de Catalunya, 2011.

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

Fotografía 3-6 Instalación de los equipos de tomografía eléctrica



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

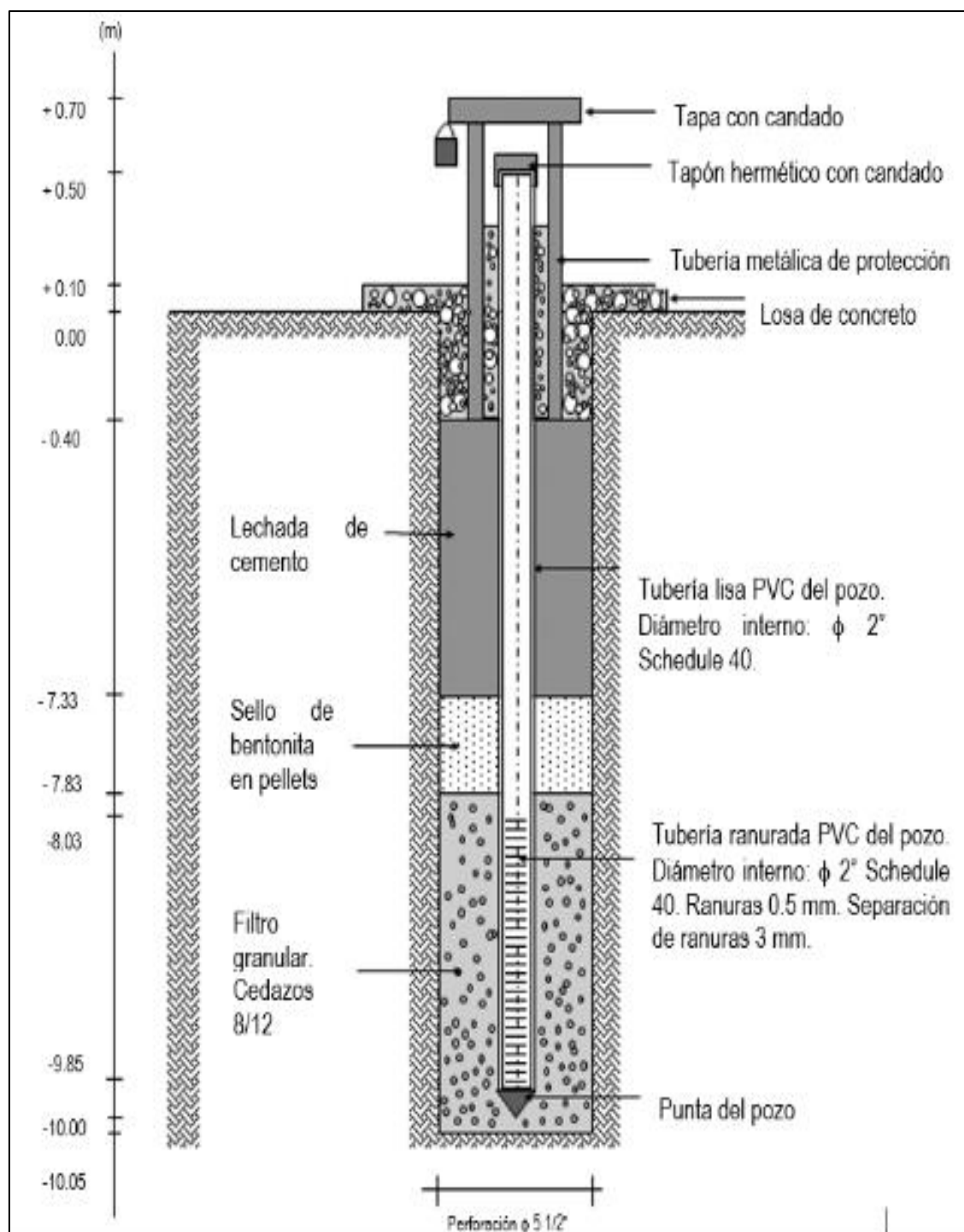
3.5.2.3 Muestreo de aguas subterráneas

El muestreo de agua subterránea contempló las siguientes actividades:

- **Construcción de piezómetros:** Los piezómetros fueron construidos con sondeo manual, usando una cuchara cerrada o abierta (tipo holandés) de 4" (dependiendo del tipo de suelo) y en otros casos mediante sondeo con equipo. Para determinar la profundidad del piezómetro para este sitio, se tuvo en cuenta los resultados de la tomografía y los criterios del especialista en campo.

En el proceso de sondeo con equipo, se hace 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 3-11 se describe los detalles constructivos que siguieron los piezómetros de monitoreo y las especificaciones de los materiales. En el Anexo 6.5.5 se presenta los Registros de Construcción de los Pozos.

Figura 3-11 Detalles constructivos típicos de terminación de pozos



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

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

Fotografía 3-7 Construcción de piezómetros - sitio S0113 (Sitio 13)

	
Sondeo manual para la construcción del piezómetro	Descripción de los estratos previo a la instalación del piezómetro
	
Instalación del piezómetro	Piezómetro con acabos finales

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 del agua subterránea, se procedió a realizar la limpieza y desarrollo del pozo, esta labor se ejecutó mediante la extracción del agua con el uso de bailers. El monitoreo del nivel freático del agua subterránea se utilizó una sonda eléctrica (WATER LEVEL METER). En el Anexo 6.5.6 se presenta los registros de purga de los piezómetros.

Fotografía 3-8 Desarrollo de piezómetros - sitio S0113 (Sitio 13)

	
Medición del nivel freático en el piezómetro	Purgado del piezómetro
	
Medición de parámetros in situ	Muestreo de agua subterránea

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

3.5.2.4 Muestreo de aguas 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 6.5.4 se presenta las planillas de campo de agua superficial y sedimentos.

Fotografía 3-9 Muestreo de agua superficial y sedimentos - sitio S0113 (Sitio 13)



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

3.5.2.5 Caracterización biológica

En el ítem 3.7.6 (Componente flora y fauna) se presenta los registros de muestreo de flora y fauna (cuadros y/o fotos), en el Anexo 6.5.7 y 6.5.8 se presenta las fichas de campo.

• 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 en los 4 sectores de evaluación: Bosque de terraza inundable (Bt-i), Bosque de colinas bajas (Bcb) y Áreas de no bosque amazónico (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.

Para cada sitio, se determinó 2 a 3 transectos de evaluación de flora y fauna terrestre y 2 a 3 estaciones de muestreo de hidrobiología. En el Anexo 6.5.7 y Anexo 6.5.8 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 transecto 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 (Ver Anexo 6.4 Mapa 6.4.5 Mapa de Ubicación de Puntos de Muestreo de Biología e Hidrobiología del sitio S0113 (Sitio 13)-Época húmeda y Mapa 6.4.6 Mapa de Ubicación de Puntos de Muestreo de Biología del sitio S0113 (Sitio 13)-Época seca).

La metodología de estudio se describe en el siguiente acápite.

A. Vegetación

Las metodologías consideradas fueron:

- Muestreo 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.^x
- Determinación de la localización de especies específicas: La búsqueda intensiva de especies susceptibles a ser utilizados, 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.

B. Mamíferos

La metodología considerada, consistió en la siguiente:

Para la evaluación de los mamíferos, se tomaron 3 transectos de muestreo distribuidas en toda el área 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.^y

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

Agrupar 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 registros 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. 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 cualquier evidencia de actividad que pudiera identificarse con certeza y cuyo registro demuestre

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

^y Guía de Inventario de Fauna silvestre (MINAM, 2015)

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 reconocidos 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 reportada.

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, 2014).

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).
- **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 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).

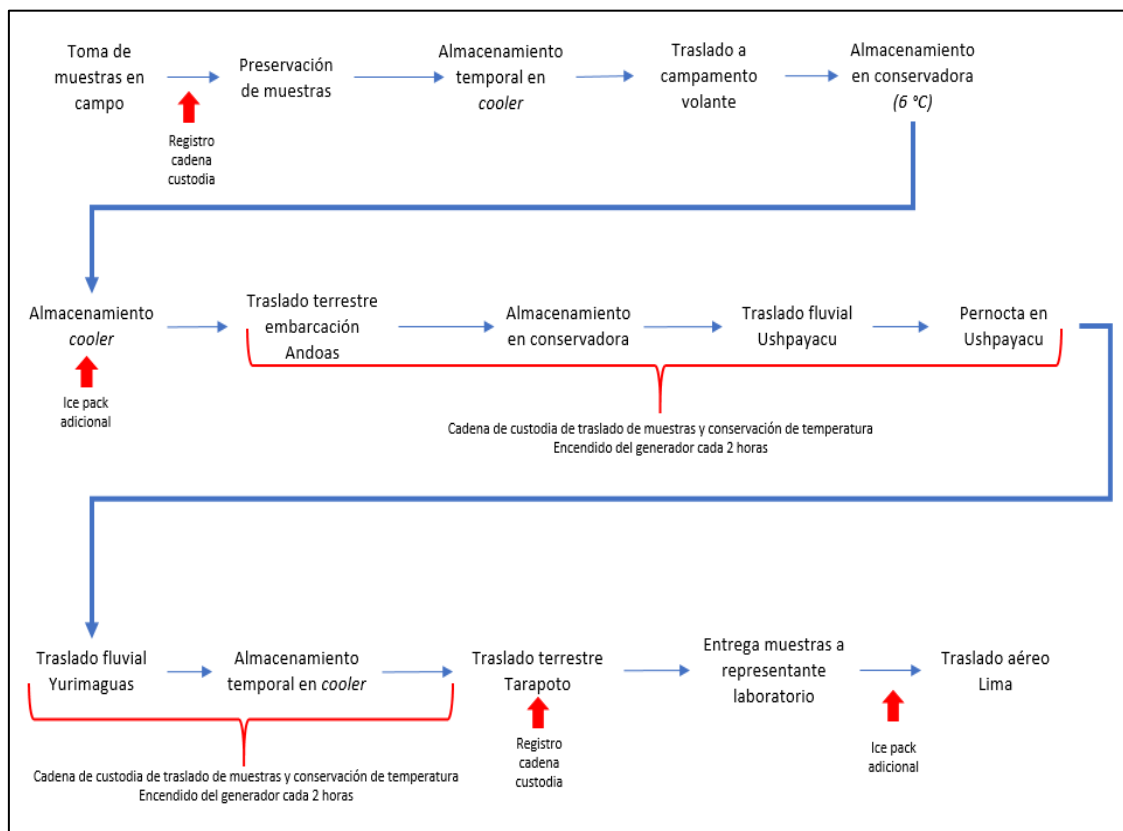
Para muestras de las cuales se extrajo tejido para análisis de metales pesados, se tomaron solamente muestras de peces > 200 gr peso (idealmente 1 kg aproximado de muestra por estación), los cuales fueron lavados con agua destilada, colocados en bolsas con cierre hermético (tipo "ziploc") y rotuladas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

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 cinco (5) a seis (6) ingresos para trasladar las muestras para los análisis de laboratorio, y luego ser trasladados vía terrestre hasta Comunidad Nativa Nuevo Andoas, de allí por vía fluvial hasta Ushpayacu y de allí a Yurimaguas, y finalmente ser trasladadas por vía terrestre hasta Tarapoto donde 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 coolers más *ice pack* 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.

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:

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.

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 estas, control de la temperatura, así como custodia de las mismas. A continuación, se presenta algunas las 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.

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.

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 desionizada 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 el control de calidad analítico de resultados del laboratorio. Esta muestra será considerada para la matriz suelos. Para efectos de este proyecto se determinó tomar muestras duplicadas al 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.

Se tomó un total de 03 muestras.

Se efectuó un análisis estadístico básico de las muestras (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 2 muestras, resulta complicado identificar o explicar las posibles fuentes de variabilidad entre las muestras. 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 Informes de ensayos de laboratorio 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.

La ubicación espacial de los puntos muestreados para suelos (sondeos manuales, sondeos con máquina y niveles de fondo), agua superficial, sedimentos, agua subterránea, biología, hidrobiología se muestran en los anexos, los cuales se estructuran de la siguiente manera: en el Anexo 6.1, 6.2, 6.3 y 6.4 se presenta los Mapas respectivos, en el Anexo 6.5, se muestra las plantillas de campo descritas en el ítem 3.5.1, en el Anexo 6.7 se presenta la galería fotográfica del sitio, en el Anexo 6.9 se presenta las hojas de datos de seguridad materiales y en el Anexo 6.10 la data de Laboratorio del Sitio S0113 (Sitio 13).

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 muestreo 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.

Sondeos manuales

Se realizaron 17 sondeos manuales de 1,2 metros de profundidad en esta época, aunque la toma de la muestra fue realizada por el laboratorio AGQ, contó con el soporte de JCI-HGE para la extracción mecánica de la misma. Paralelamente se realizó la medición del VOC mediante el PID para cada muestra tomada *in situ*. Los valores registrados por el PID ayudaron al especialista a definir la toma de muestra tal como indica el procedimiento de muestreo en el ítem 3.5.2 Descripción del trabajo de campo.

En el Cuadro 3-11 se muestra la ubicación de todos los puntos muestreados en al área de evaluación y la medición del VOC.

Cuadro 3-11 Ubicación de sondeos manuales

Código	Profundidad de Muestreo (m)	Coordenada UTM WGS84		Fecha de Muestreo	Evidencia Física/Organoléptica	Registro PID (VOC)
		Este (m)	Norte (m)			
S0113-S001	1,2	365 331	9 696 515	05/07/2018	Si	7,4
S0113-S002	1,2	365 316	9 696 508	05/07/2018	No	No Medido
S0113-S003	0,9	365 293	9 696 579	08/07/2018	Si	3
S0113-S004	1,2	365 298	9 696 605	07/07/2018	Si	91,8
S0113-S005	0,9	365 315	9 696 596	07/07/2018	Si	75,6
S0113-S006	1,2	365 271	9 696 648	07/07/2018	Si	1,7
S0113-S007	0,3	365 265	9 696 665	07/07/2018	Si	89,1
S0113-S008	1,2	365 236	9 696 657	07/07/2018	No	1
S0113-S009	1,2	365 211	9 696 694	07/07/2018	No	0,2
S0113-S010	1,2	365 173	9 696 642	07/07/2018	No	0,2
S0113-S011	1,2	365 120	9 696 603	08/07/2018	Si	0,5
S0113-S012	1,2	365 114	9 696 588	08/07/2018	Si	0,5
S0113-S013	1,2	365 047	9 696 577	08/07/2018	No	0,3
S0113-S014	1,2	365 111	9 696 569	08/07/2018	Si	0,4
S0113-S015	1,2	365 154	9 696 594	08/07/2018	No	0
S0113-S016	1,2	365 193	9 696 601	08/07/2018	Si	39,5
S0113-S017	0,9	365 233	9 696 596	08/07/2018	Si	29,9

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

Niveles de fondo

Para los niveles de fondo se capturaron muestras en zonas aledañas al sitio en estudio, dichas áreas presentaban características fisiográficas, topográficas y naturales similares al sitio impactado.

En este sentido, se realizaron 3 calicatas y se realizó una muestra compuesta el análisis de laboratorio por sitio. Los puntos fueron determinados en campo JCI-HGE y el apoyo de monitores ambientales y la recolección de la muestra fue realizada por el laboratorio AGQ.

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 3-45), 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 3-12 se muestra la ubicación de todos los puntos de muestreo y la codificación de muestra enviada al laboratorio.

Cuadro 3-12 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)	
S0113-NF	365 389	9 696 609	S0113-NF1	0,3	365 141	9 696 572	5/07/2018
			S0113-NF2	0,3	365 033	9 696 661	5/07/2018
			S0113-NF3	0,3	365 389	9 696 609	5/07/2018

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

Sondeo con equipo

Se realizaron 7 perforaciones con equipo de 4 metros de profundidad promedio en la época húmeda y para la cual se muestreó de 2 a 3 muestras por punto de sondeo con equipo. Paralelamente se realizó la medición del VOC mediante el PID para cada muestra tomada *in situ*. Los valores registrados por el PID ayudaron al especialista a definir la toma de muestra tal como indica el procedimiento de muestreo en el ítem 3.5.2 Descripción del trabajo de campo.

En el Cuadro 3-13 se muestra las coordenadas de ubicación de puntos de muestreo dentro del área de evaluación.

Cuadro 3-13 Ubicación de las perforaciones con equipo

Código	Profundidad de Muestreo (m)	Coordenada UTM WGS84		Fecha de Muestreo	Evidencia Física Organoléptica	Registro PID (VOC)
		Este (m)	Norte (m)			
S0113-S018	0,9	365 326	9 696 541	05/07/2018	Si	9,8
	3,6	365 326	9 696 541	05/07/2018	No	2,5
S0113-S019	0,9	365 317	9 696 575	05/07/2018	Si	15,3
	2,7	365 317	9 696 575	05/07/2018	No	2
S0113-S020	0,9	365 272	9 696 591	05/07/2018	Si	61
	3,3	365 272	9 696 591	05/07/2018	No	No Medido
S0113-S021	0,9	365 277	9 696 633	03/07/2018	Si	10,1
	3,3	365 277	9 696 633	03/07/2018	No	8,7
S0113-S022	0,6	365 242	9 696 616	03/07/2018	No	0,4
	3,9	365 242	9 696 616	03/07/2018	No	0,3
S0113-S023	0,6	365 242	9 696 636	03/07/2018	No	6,3
	3,9	365 242	9 696 636	03/07/2018	No	0,2
S0113-S024	0,3	365 167	9 696 627	04/07/2018	No	2,7
	3,9	365 167	9 696 627	04/07/2018	Si	7,1
	7,2	365 167	9 696 627	04/07/2018	No	10,8

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

Muestras duplicadas

El número de muestras duplicadas correspondió a un 5 % del total de muestras de suelo. En ese sentido, del total de 45 muestras enviadas al laboratorio AGQ, 3 muestras adicionales fueron enviadas al laboratorio SGS para ser analizadas por metales y comparar resultados de ambos laboratorios (SGS y AGQ). Ver Cuadro 3-14.

Cuadro 3-14 Registro de las muestras duplicadas

Código	Profundidad de Muestreo (m)	Fecha de Muestreo	Evidencia Física (Organoléptica)	Registro PID (VOC)
S0113-S002	1,2	05/07/2018	No	No Medido
S0113-S019	2,7	05/07/2018	No	2

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 S0113 (Sitio 13)-Época Húmeda.

3.6.1.2 Agua superficial

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 cada época (época seca y época húmeda), 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. Los resultados de los caudales tomados para cada época se muestran en el siguiente cuadro:

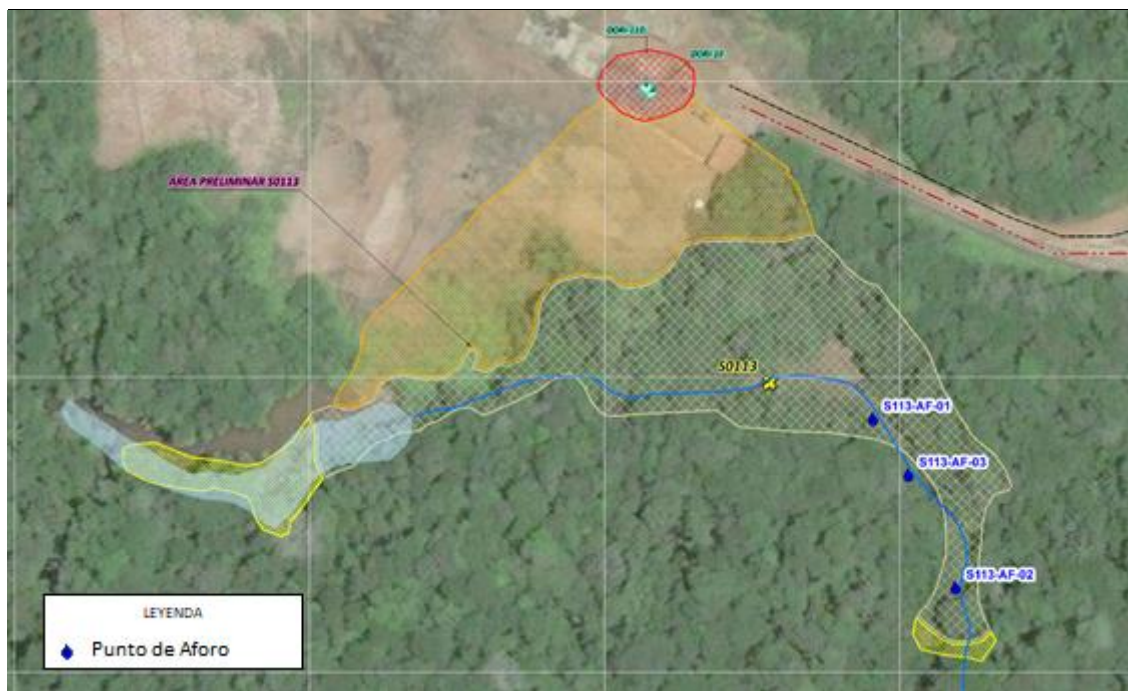
Cuadro 3-15 Caudales aforados en el sitio S0113 (Sitio 13) (época seca y época húmeda)

Código	Coordenadas UTM - WGS84			Fecha	Época	Caudal (l/s)
	Este (m)	Norte (m)	Altitud (m s. n. m.)			
S113-AF-01	365 291	9 696 586	252	Junio 2018	Húmeda	24,45
S113-AF-02	365 319	9 696 529	270	Junio 2018	Húmeda	5,20
S113-AF-03	365 303	9 696 567	253	16/09/2018	Seca	2,43

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

Estos datos fueron tomados a criterio profesional de JCI-HGE durante la época húmeda.

Figura 3-14 Ubicación de los puntos de aforo superficial



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

Fotografía 3-10 Medición de caudal en campo



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

Calidad de agua superficial

En esta época se muestrearon 2 estaciones de calidad de agua superficial, ubicados uno aguas arriba y uno aguas abajo del sitio. 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 para agua superficial.

Cuadro 3-16 Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial

Código Agua Superficial	Coordenada UTM WGS84		Fecha de Muestreo	Ubicación
	Este (m)	Norte (m)		
S0113-As001	365 011	9 696 524	27/06/2018	Aguas arriba del sitio
S0113-As002	365 324	9 696 514	27/06/2018	Aguas abajo del sitio

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

3.6.1.3 Sedimentos

En esta época se ubicó 2 estaciones de muestreo de sedimentos, aguas arriba y aguas abajo del sitio, así como 3 estaciones de muestreo adicionales ubicadas dentro de la cocha. Las muestras tomadas fueron enviadas al laboratorio para su respectivo análisis.

En el Cuadro 3-17 se muestra las coordenadas de ubicación y codificación de los puntos de muestreo de sedimentos. Ver Anexo 6.4 Mapa 6.4.3 Mapa de Ubicación de Puntos de Muestreo de Agua Superficial, Sedimentos y Agua Subterránea del sitio S0113 (Sitio 13)-Época Húmeda y Mapa 6.4.4 Mapa de Ubicación de Puntos de Muestreo de Agua Superficial, Sedimentos y Agua Subterránea del sitio S0113 (Sitio 13)-Época Seca.

Cuadro 3-17 Ubicación de los puntos de muestreo de sedimentos.

Código Sedimentos	Coordenada UTM WGS84		Fecha de Muestreo	Ubicación
	Este (m)	Norte (m)		
S0113-Sed001	365 011	9 696 524	27/06/2018	Aguas arriba del sitio
S0113-Sed002	365 324	9 696 514	27/06/2018	Aguas abajo del sitio
S0113-Sed 003	365 057	9 696 559	05/07/208	Aguas arriba de la cocha
S0113-Sed 004	365 079	9 696 593	05/07/209	Medio Cocha
S0113-Sed 005	365 107	9 696 602	05/07/210	Aguas debajo de la cocha

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

3.6.1.4 Geofísica

Tomografía eléctrica

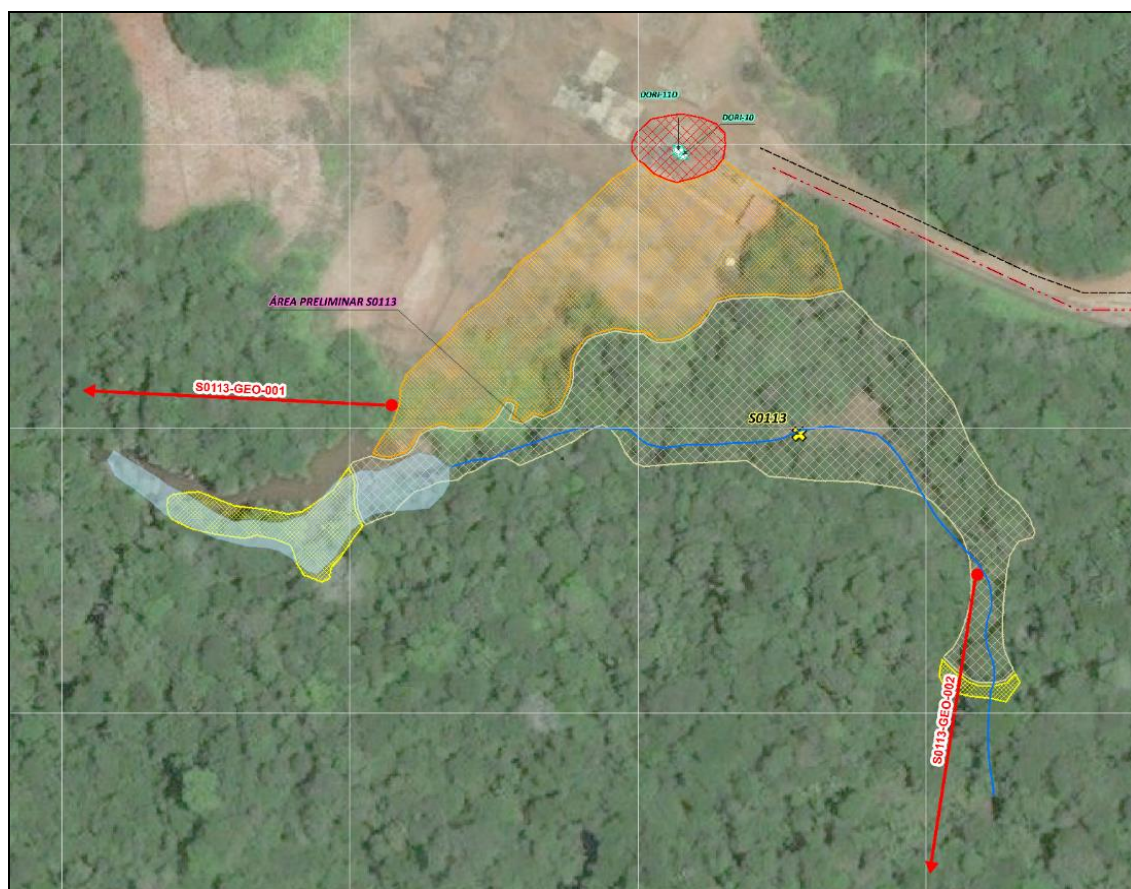
Para el trabajo de campo se realizó el levantamiento de dos (2) líneas tomográficas geoeléctricas ubicadas sobre el área de evaluación con el fin de definir de manera indirecta la litología de la zona y el nivel freático del agua subterránea, estas líneas tuvieron la longitud de 100 metros con el fin de investigar una profundidad máxima de 30 metros. en el siguiente cuadro se observa las coordenadas, longitudes 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)			
s0113-geo-001	inicial	365 012	9 696 613	1/07/2018	100,00	6,0
	final	365 112	9 696 608			
s0113-geo-002	inicial	365 317	9 696 546	1/07/2018	100,00	6,0
	final	365 302	9 696 448			

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

Figura 3-15 Vista en planta de los perfiles de tomografía eléctrica (ERT)



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

3.6.1.5 Agua subterránea

Instalación de piezómetros

En esta época se ubicó, perforó, construyó, instaló y se realizó la limpieza o purga de los piezómetros en el área de evaluación, ubicados espacialmente aguas arriba y aguas abajo. En total se instaló 2 piezómetros en las cercanías del área de estudio.

En el Cuadro 3-19 se muestra las coordenadas de ubicación y codificación de los puntos 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)				
S0113-Pz-01	365 081	9 696 597	9,0	2"	2,07	7/07/2018
S0113-Pz-02	365 334	9 696 514	6,7	2"	1,98	6/07/2018

* 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 esta mediante la purga del agua de cada piezómetro, en el Cuadro 3-20 se muestra la variación del nivel freático de acuerdo con la época de muestreo.

Cuadro 3-20 Medición y purga del nivel freático de los piezómetros

Código	Coordenadas WGS84		Nivel freático (m) - Época húmeda
	Este (m)	Norte (m)	1 ^{ra} Purga (9 julio 2018)
S0113-Pz-01	365 081	9 696 597	2,50
S0113-Pz-02	365 334	9 696 514	2,52

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

Calidad de agua subterránea

Se tomaron muestras de calidad de agua en dos (2) 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 3-21 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)		
S0113-ASub001	365 081	9 696 597	9/07/2018	Aguas arriba del sitio
S0113-ASub002	365 334	9 696 514	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 S0113 (Sitio 13)-Época Húmeda y Mapa 6.4.4 Mapa de Ubicación de Puntos de Muestreo de Agua Superficial, Sedimentos y Agua Subterránea del sitio S0113 (Sitio 13)-Época Seca.

3.6.1.6 Flora y fauna

Respecto a la flora, no se registraron especies con uso conocido. Respecto a la fauna se registró una sola especie de fauna (subcomponentes mamíferos), y está representada por *Tapirus terrestris* "Tapir". Sin embargo, esta especie no tiene uso conocido por parte de la población local según lo indicado por el monitor ambiental y personal de apoyo de la comunidad. Se utilizó la metodología descrita en el ítem 3.5.2.4.

Cuadro 3-22 Descripción de resultados de campo de flora y fauna

Sector	Comunidad Nativa	Sitio	Componente	Orden	Familia	Especie	Nombre común	Uso potencial
3	Nueva Jerusalén	S0113 (Sitio 13)	Fauna	Perissodactyla	Tapiridae	<i>Tapirus terrestris</i>	Tapir, sachavaca	Sin uso conocido
			Flora	-	-	No se registraron especies de flora con uso conocido		

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

En el Cuadro 3-23 y Anexo 6.4 Mapa 6.4.5 Mapa de Ubicación de Puntos de Muestreo Biológicos e Hidrobiológicos del sitio S0113-Época Húmeda).

Cuadro 3-23 Ubicación de estaciones de flora y fauna

Código	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 18 Sur			
	Inicio		Final	
	Este (m)	Norte (m)	Este (m)	Norte (m)
S0113-FLO / S0113-FAU	365 082	9 696 563	365 186	9 696 608
S0113-FLO / S0113-FAU	365 177	9 696 623	365 296	9 696 627
S0113-FLO / S0113-FAU	365 217	9 696 621	365 326	9 696 572

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

3.6.1.7 Hidrobiología

En esta época se muestrearon dos (2) estaciones de hidrobiología y para cada estación se tomó 4 muestras (bentos, fitoplancton, zooplancton, perifiton) que fueron enviadas al laboratorio, también se realizó la descripción de las características de cada estación de muestreo.

A continuación, se muestra las coordenadas de ubicación, información y codificación de las muestras tomadas en campo (Cuadro 3-24, Anexo 6.4 Mapa 6.4.5).

Cuadro 3-24 Ubicación de estaciones de muestreo hidrobiológico

Código de Estación	Código de Muestreo	Coordenada UTM WGS84		Fecha	Hora	Sub componente
		Este (m)	Norte (m)			
S0113-Hb-001	S0113- HB-BEN1-001	365 011	9 696 524	27/06/2018	14:10	Bentos
	S0113- HB-FIT1- 001	365 011	9 696 524	27/06/2018	14:10	fitoplancton
	S0113-HB-ZOO1-001	365 011	9 696 524	27/06/2018	14:10	zooplancton
	S0113-HB-PER1-001	365 011	9 696 524	27/06/2018	14:10	Perifiton
S0113-Hb-002	S0113- HB-BEN1-002	365 324	9 696 514	27/06/2018	15:40	Bentos
	S0113- HB-FIT1- 002	365 324	9 696 514	27/06/2018	15:40	fitoplancton
	S0113-HB-ZOO1-002	365 324	9 696 514	27/06/2018	15:40	zooplancton
	S0113-HB-PER1-002	365 324	9 696 514	27/06/2018	15:40	Perifiton

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

3.6.1.8 Peces

En esta época se muestreó 1 estación de peces para él envío al laboratorio.

En el Cuadro 3-25, (Anexo 6.4 Mapas 6.4.5) se muestran las coordenadas de ubicación y codificación de las muestras tomadas en campo.

Cuadro 3-25 Ubicación de estaciones de muestreo de peces

Código de Estación	Código de Muestreo	Coordenada UTM WGS84		Fecha	Hora
		Este (m)	Norte (m)		
S0113-Hb-001	S0113- HB-PEC1- 002	365 011	9 696 524	27/06/2018	14:10

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

3.6.2 Resultados de campo - Época seca

Se realizó la recolección de muestras (agua superficial, sedimentos, agua subterránea, hidrobiología y peces) en las mismas estaciones de monitoreo para correlacionar los valores de laboratorio según la época y se realizó la toma de muestras de algunos puntos de monitoreo se suelo como complementarios. Las muestras fueron recolectadas con el trabajo conjunto de JCI-HGE y el laboratorio AGQ y enviadas al laboratorio para su el análisis correspondiente. En esta

etapa se muestrearon: suelos (sondeos manuales), sedimentos, agua superficial, agua subterránea, hidrobiología y peces.

3.6.2.1 Suelos

Para la toma de muestra de suelos se realizó la extracción de muestras por sondeos manuales.

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.

Sondeos manuales (complementarios)

Se realizaron 6 sondeos de 1.5 metros de profundidad en esta época, las muestras fueron recolectadas por el laboratorio AGQ con ayuda en la parte mecánica de JCI-HGE. Estos sondeos manuales son complementarios para definir el área de evaluación. Paralelamente se realizó la medición del VOC mediante el PID para cada muestra tomada *in situ*. Los valores registrados por el PID ayudaron al especialista a definir la toma de muestra tal como indica el procedimiento de muestreo en el ítem 3.5.2 Descripción del trabajo de campo.

En el Cuadro 3-26 se muestra la ubicación de todos los puntos muestreados en el área de evaluación.

Cuadro 3-26 Ubicación de sondeos manuales (complementarios)

Código	Profundidad de Muestreo (m)	Coordenada UTM WGS84		Fecha de Muestreo	Evidencia Física/Organoléptica	Registro PID (VOC)
		Este (m)	Norte (m)			
S0113-S025	0,6	365 334	9 696 513	16/09/2018	No	1,6
	1,5	365 334	9 696 513	16/09/2018	No	3,6
S0113-S026	0,6	365 222	9 696 601	16/09/2018	No	0,2
	1,5	365 222	9 696 601	16/09/2018	No	0
S0113-S027	0,6	365 252	9 696 578	16/09/2018	No	0
	1,5	365 252	9 696 578	16/09/2018	No	0
S0113-S028	0,6	365 276	9 696 624	16/09/2018	No	0
	1,5	365 276	9 696 624	16/09/2018	No	0
S0113-S029	0,6	365 254	9 696 660	16/09/2018	No	0
	1,5	365 254	9 696 660	16/09/2018	No	0
S0113-S030	0,6	365 089	9 696 595	16/09/2018	No	0
	1,5	365 089	9 696 595	16/09/2018	No	0

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

Muestras duplicadas

El número de muestras duplicadas correspondió a un 5 % del total de muestras de suelo. En ese sentido, del total de 12 muestras enviadas al laboratorio AGQ, una (1) muestra adicional fue enviada al laboratorio SGS para ser analizadas por metales y comparar resultados de ambos laboratorios (SGS y AGQ). Ver Cuadro 3-27.

Cuadro 3-27 Registro de las muestras duplicadas

Código	Profundidad de Muestreo (m)	Fecha de Muestreo	Evidencia Física (Organoléptica)	Registro PID (VOC)
S0113-S030	1,5	16/09/2018	No	0

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

Ver Anexo 6.4 Mapa 6.4.2 Mapa de Ubicación de Puntos de Muestreo de Suelos del sitio S0113 (Sitio 13)-Época Seca.

3.6.2.2 Agua superficial

En esta época se muestreo 2 puntos agua superficial, ubicados aguas arriba y aguas abajo, así como algunos puntos son confirmatorios por la excedencia de la primera época. Estas muestras fueron enviadas al laboratorio para su respectivo análisis.

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 agua superficial

Código Agua Superficial	Coordenada UTM WGS84		Fecha de Muestreo	Ubicación
	Este (m)	Norte (m)		
S0113-As001	365 011	9 696 524	15/09/2018	Aguas arriba del sitio
S0113-As002	365 324	9 696 514	15/09/2018	Aguas abajo del sitio

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

3.6.2.3 Sedimentos

En esta época se muestreó 4 muestras de sedimentos, ubicados aguas arriba y aguas abajo del sitio, adicionalmente 2 puntos de muestreo en la cocha. Estas muestras fueron enviadas al laboratorio para su respectivo análisis.

En el Cuadro 3-29 se muestra las coordenadas de ubicación y codificación de los puntos de muestreo.

Cuadro 3-29 Ubicación de los puntos de muestreo de sedimentos

Código Sedimentos	Coordenada UTM WGS84		Fecha de Muestreo	Ubicación
	Este (m)	Norte (m)		
S0113-Sed001	365 011	9 696 524	15/09/2018	Aguas arriba del sitio
S0113-Sed002	365 324	9 696 514	15/09/2018	Aguas abajo del sitio
S0113-Sed003	365 057	9 696 559	15/09/2018	Aguas abajo Cocha
S0113-Sed004	365 079	9 696 593	15/09/2018	Medio Cocha

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

3.6.2.4 Agua subterránea

Monitoreo de piezómetros

En septiembre de 2018 se realizó la purga y medición de los niveles freático de los piezómetros instalados, en el Cuadro 3-30 se muestra la variación del nivel freático de acuerdo con la época de muestreo.

Cuadro 3-30 Variación del nivel freático

Código	Coordenadas WGS84		Nivel freático (m) - Época húmeda
	Este (m)	Norte (m)	14 setiembre 2018
S0113-Pz-01	365 081	9 696 597	2,57
S0113-Pz-02	365 334	9 696 514	2,62

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

Como se observa el comportamiento de la variación del nivel freático tiene una variación estacional, es decir en época húmeda es más superficial que en época seca.

Calidad de agua subterránea

Se tomaron muestras de calidad de agua en dos (2) 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 3-31 se muestra las coordenadas de ubicación y codificación de las muestras de calidad de agua subterránea.

Cuadro 3-31 Ubicación de los puntos de muestro de calidad de agua subterránea

Código	Coordenada UTM WGS84		Fecha de Muestreo	Ubicación
	Este (m)	Norte (m)		
S0113-ASub001	365 081	9 696 597	15/09/2018	Aguas abajo del sitio
S0113-ASub002	365 334	9 696 514	16/09/2018	Aguas arriba del sitio

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

3.6.2.5 Hidrobiología

En esta época se muestrearon dos (2) estaciones de hidrobiología y para cada estación se tomó 4 muestras (bentos, fitoplancton, zooplancton, perifiton) que fueron enviadas al laboratorio, también se realizó la descripción de las características de cada estación de muestreo.

A continuación, se muestra las coordenadas de ubicación, información y codificación de las muestras tomadas en campo (Cuadro 3-32, Anexo 6.4 Mapa 6.4.6).

Cuadro 3-32 Ubicación de estaciones de muestreo hidrobiológico

Código de Estación	Código de Muestreo	Coordenada UTM WGS84		Fecha	Hora	Sub componente
		Este (m)	Norte (m)			
S0113-Hb-001	S0113- HB-BEN1-001	365 011	9 696 524	15/09/2018	07:50	Bentos
	S0113- HB-FIT1- 001	365 011	9 696 524	15/09/2018	07:50	fitoplancton
	S0113-HB-ZOO1-001	365 011	9 696 524	15/09/2018	07:50	zooplancton
	S0113-HB-PER1-001	365 011	9 696 524	15/09/2018	07:50	Perifiton
S0113-Hb-002	S0113- HB-BEN1-002	365 324	9 696 514	15/09/2018	09:10	Bentos
	S0113- HB-FIT1- 002	365 324	9 696 514	15/09/2018	09:10	fitoplancton
	S0113-HB-ZOO1-002	365 324	9 696 514	15/09/2018	09:10	zooplancton
	S0113-HB-PER1-002	365 324	9 696 514	15/09/2018	09:10	Perifiton

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

3.6.2.6 Peces

En esta época se muestreó 1 estación de peces para el envío al laboratorio.

En el Cuadro 3-33, (Anexo 6.4 Mapas 6.4.6) se muestran las coordenadas de ubicación y codificación de las muestras tomadas en campo.

Cuadro 3-33 Ubicación de estaciones de muestreo de peces

Código de Estación	Código de Muestreo	Coordenada UTM WGS84		Fecha	Hora
		Este (m)	Norte (m)		
S0113-Hb-001	S0113- HB-PEC1- 002	365 011	9 696 524	15/09/2018	12:10

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 o muestras duplicadas 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 la siguiente tabla 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 3-34 Resumen de Normativa utilizadas para evaluación de resultados

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.

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

En el Anexo 6.10 se adjunta los resultados de los análisis de laboratorio y las acreditaciones correspondientes de cada laboratorio.

Cuadro 3-35 Resumen de los resultados de laboratorio muestras de suelo - Época húmeda

Suelos				Parámetros														
Código de Muestra	Coordenadas UTM ^[a]		Fecha de muestreo	Clase Textural	Arsénico Total	Bario Total	Cadmio Total	Mercurio Total	Plomo Total	Hidrocarburos Totales C10-C28	Hidrocarburos Totales C28-C40	Hidrocarburos Totales C5-C10	Benzo (a) pireno	Naftaleno	Benceno	Etilbenceno	Tolueno	Xilenos
	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
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	6.6	70	1200	3000	200	0.1	0.1	0.03	0.082	0.37	11
S0113-NF	365 389	9 696 609	05/07/2018	-	1,08	16,07	0,0008	0,079	7,349	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S0113-S001-1.20	365 331	9 696 515	05/07/2018	Franco- Arcilloso	0,769	39,37	0,0008	0,01	7,476	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0113-S002-1.20	365 316	9 696 508	05/07/2018	Franco- Arcilloso	9,23	5000	2,2060	0,366	90,8	845,0	1195	-	-	-	-	-	-	-
S0113-S003-0.90	365 293	9 696 579	08/07/2018	Franco- Arenoso	2,68	2550	0,5979	0,113	24,1	2472,0	2761	-	-	-	-	-	-	-
S0113-S004-1.20	365 298	9 696 605	07/07/2018	Franco- Arcilloso	1,35	10,22	0,0240	0,085	8,732	490,0	311	-	0,005	0,085	-	-	-	-
S0113-S005-0.90	365 315	9 696 596	07/07/2018	Arcillosa	0,626	11,63	0,0137	0,069	3,595	781,0	527	2	0,005	0,108	0,01	0,01	0,01	0,01
S0113-S006-1.20	365 271	9 696 648	07/07/2018	Franco- Arcilloso	2,19	1195	0,3559	0,127	16,6	228,0	61,4	0,3	0,005	0,003	0,01	0,01	0,01	0,01
S0113-S007-0.30	365 265	9 696 665	07/07/2018	Franco- Arcilloso	9,6	4901	0,7188	0,327	82,3	21551,0	11786	-	0,005	0,444	-	-	-	-
S0113-S008-1.20	365 236	9 696 657	07/07/2018	Franco- Arcilloso	1,34	41,3	0,0231	0,065	7,761	44,50	49,9	-	-	-	-	-	-	-
S0113-S009-1.20	365 211	9 696 694	07/07/2018	Arcillosa	0,679	43,22	0,0651	0,042	10	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0113-S010-1.20	365 173	9 696 642	07/07/2018	Arcillosa	2,31	173,5	0,0827	0,091	21,9	295,0	142	-	-	-	-	-	-	-
S0113-S011-1.20	365 120	9 696 603	08/07/2018	Franco- Arcilloso	1,14	33,24	0,0171	0,148	6,552	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0113-S012-1.20	365 114	9 696 588	08/07/2018	Franco- Arcilloso	1,17	35,07	0,0218	0,055	10,3	46,10	60,4	-	-	-	-	-	-	-
S0113-S013-1.20	365 047	9 696 577	08/07/2018	Franco- Arcilloso	1,1	10,3	0,0208	0,076	7,296	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0113-S014-1.20	365 111	9 696 569	08/07/2018	Arcillosa	0,522	9,008	0,0160	0,042	8,81	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0113-S015-1.20	365 154	9 696 594	08/07/2018	Arcillosa	1	19,22	0,0183	0,096	5,66	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0113-S016-1.20	365 193	9 696 601	08/07/2018	Franco- Arcilloso	5,07	3084	1,2172	0,195	48,3	4691,0	4721	-	-	-	-	-	-	-
S0113-S017-0.90	365 233	9 696 596	08/07/2018	Franco- Arcilloso	20,3	4035	7,0160	0,727	214	581,0	547	-	-	-	-	-	-	-
S0113-S018-0.90	365 326	9 696 541	05/07/2018	Franca	1,55	40,67	0,0008	0,01	6,062	5	5	-	0,005	0,003	-	-	-	-
S0113-S018-3.60	365 326	9 696 541	05/07/2018	Arcillosa	5,75	315,6	0,0545	0,01	5,913	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0113-S019-0.90	365 317	9 696 575	05/07/2018	Franco- Arcilloso	7,59	4422	1,7707	0,187	69,8	6155,0	6337	-	-	-	-	-	-	-
S0113-S019-2.70	365 317	9 696 575	05/07/2018	Franco-Arcillo-Arenoso	0,795	28,16	0,0008	0,01	10,1	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0113-S020-0.90	365 272	9 696 591	05/07/2018	Franco- Arenoso	1,34	980,6	0,2177	0,01	13,6	5591,0	7471	5	0,005	3,1	0,01	0,01	0,01	0,01
S0113-S020-3.30	365 272	9 696 591	05/07/2018	Franco-Arcillo-Arenoso	1,23	97,6	0,0962	0,01	13,2	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0113-S021-0.90	365 277	9 696 633	03/07/2018	Franco- Arcilloso	5,6	3324	1,6476	0,162	53,2	478,0	314	0,3	0,005	0,012	0,01	0,01	0,01	0,01
S0113-S021-3.30	365 277	9 696 633	03/07/2018	Franco- Arcilloso	1,7	136,1	0,0008	0,01	15,2	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0113-S022-0.60	365 242	9 696 616	03/07/2018	Arcillosa	1,61	26,55	0,0008	0,01	10,4	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0113-S022-3.90	365 242	9 696 616	03/07/2018	Franco- Arcilloso	1,49	14,82	0,0008	0,01	7,649	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0113-S023-0.60	365 242	9 696 636	03/07/2018	Franco- Arcilloso	2,18	339,5	0,0855	0,089	11	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0113-S023-3.90	365 242	9 696 636	03/07/2018	Franco- Arenoso	5,16	31,49	0,0008	0,01	24	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0113-S024-0.30	365 167	9 696 627	04/07/2018	Franco- Arcilloso	2,3	192,6	0,0008	0,01	17,3	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0113-S024-3.90	365 167	9 696 627	04/07/2018	Franco- Arcilloso	2,07	217,7	0,0008	0,01	17	5	5	-	0,005	0,003	-	-	-	-
S0113-S024-7.20	365 167	9 696 627	04/07/2018	Franco- Arcilloso	1,98	31,33	0,0008	0,01	11,5	5	5	-	-	-	-	-	-	-

[a] Datum WGS 84 – Zona 18 Sur

Fuente: AGQ Perú SAC

Legenda:

No excede la normativa nacional
Excede el ECA-Suelo (D.S. N° 011-2017-MINAM)
- Parámetro no detectado

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

Cuadro 3-36 Resumen de los resultados de laboratorio muestras de suelo - Época seca

Suelos				Parámetros														
Código de Muestra	Coordenadas UTM ^[a]		Fecha de muestreo	Clase Textural	Arsénico Total	Bario Total	Cadmio Total	Mercurio Total	Plomo Total	HT C10-C28	HT C28-C40	HT C5-C10	Benzo (a) pireno	Naftaleno	Benceno	Etilbenceno	Tolueno	Xilenos
	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
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	6.6	70	1200	3000	200	0.1	0.1	0.03	0.082	0.37	11
S0113-S028-0.60	365 276	9 696 624	16/09/2018	Franca	1,05	16,83	0,0008	0,01	6,2	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0113-S028-1.50	365 276	9 696 624	16/09/2018	Franco-Arcilloso	0,99	13,88	0,0008	0,01	10,2	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0113-S029-0.60	365 254	9 696 660	16/09/2018	Franca	2,52	139	0,0008	0,01	22,7	5	5	-	0,005	0,003	-	-	-	-
S0113-S029-1.50	365 254	9 696 660	16/09/2018	Franca	2,72	376,7	0,0008	0,01	11,6	5	5	0,3	-	-	0,01	0,01	0,01	0,01
S0113-S030-0.60	365 089	9 696 595	16/09/2018	Franco-Arcilloso	0,86	8,428	0,0008	0,01	4,88	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0113-S030-1.50	365 089	9 696 595	16/09/2018	Franca	0,92	8,88	0,0008	0,01	6,86	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0113-S025-0.60	365 334	9 696 513	16/09/2018	Franco-Arcilloso	1,7	15,25	0,0008	0,013	8,8	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0113-S025-1.50	365 334	9 696 513	16/09/2018	Franco-Arcilloso	1,87	7,52	0,0008	0,01	9,24	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0113-S026-0.60	365 222	9 696 601	16/09/2018	Franca	4,51	1832	0,6600	0,022	31,7	252,0	211	-	-	-	-	-	-	-
S0113-S026-1.50	365 222	9 696 601	16/09/2018	Franco-Arcilloso	2,36	135,6	0,0008	0,01	10,3	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0113-S027-0.60	365 252	9 696 578	16/09/2018	Franco-Arcilloso	2,96	49,9	0,0008	0,01	18,5	5	5	-	-	-	-	-	-	-
S0113-S027-1.50	365 252	9 696 578	16/09/2018	Franco-Arcilloso	1,58	15,81	0,0008	0,01	8,05	5	5	-	-	-	-	-	-	-

[a] Datum WGS 84 – Zona 18 Sur

Fuente: AGQ Perú SAC

Legenda:

No excede la normativa nacional
Excede el ECA-Suelo (D.S. N° 011-2017-MINAM)
- Parámetro no detectado

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

Cuadro 3-37 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	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
S0113	S0113-As001	365 011	9 696 524	27/06/2018	25,6	7,26	6,47	24,8	0,05	0,00002	0,00004	0,2234	0,00001	0,0005	0,001	0,00007	0,0081	0,00113	0,00004	0,00001	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007
S0113	S0113-As002	365 324	9 696 514	27/06/2018	12,4	5,79	5,6	24,9	0,029	0,00002	0,00004	0,0075	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

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 3-38 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
S0113 (Sitio 13)	S0113-As001	365 011	9 696 524	15/09/2018	8	3,9	5,2	27	0,009	0,00002	0,00004	0,01	0,00001	0,0003	0,001	0,00007	0,0009	0,00016	0,00004	0,00001	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007
	S0113-As002	365 324	9 696 514	15/09/2018	32	6,8	6,1	25	0,008	0,00002	0,00004	0,5	0,00001	0,0003	0,001	0,00007	0,0009	0,00066	0,00004	0,00001	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007

[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 3-39 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 Total	Cadmio Total	Cobre Total	Cromo Total	Mercurio Total	Plomo Total	Zinc Total	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
Unidades																								
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
S0113 (Sitio 13)	S0113-Sed002	365 324	9 696 514	27/06/2018	Areno Francosa	0,9	0,0674	4	9,157	0,01	6,908	27	0,005	0,005	0,005	0,041	0,005	0,005	0,004	0,005	0,005	0,005	0,003	0,005
	S0113-Sed001	365 011	9 696 524	27/06/2018	Arcillosa	2,01	0,0008	14	13,1	0,01	13,4	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	S0113-Sed003	365 057	9 696 559	05/07/208	Franca	2,17	0,0702	17	15,7	0,01	13,2	34	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005	0,005	0,005	0,003	0,005
	S0113-Sed004	365 079	9 696 593	05/07/209	Arcillosa	2,36	0,0008	15	17,4	0,01	14,5	24	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,011	0,005	0,005	0,005	0,003	0,005
	S0113-Sed005	365 107	9 696 602	05/07/210	Arcillosa	2,63	0,0008	12	14	0,01	13,7	21	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
- Parámetro no detectado

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

Cuadro 3-40 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
Unidades																								
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
S0113 (Sitio 13)	S0113-Sed001	365 011	9 696 524	15/09/2018	Franco- Arcilloso	1,8	0,0008	12	14,1	0,01	13,4	18	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005	0,005	0,005	0,003	0,005
	S0113-Sed002	365 324	9 696 514	15/09/2018	Franco- Arenoso	1,92	0,1300	5,7	13,3	0,01	12,6	39	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005	0,005	0,005	0,003	0,005
	S0113-Sed003	365 057	9 696 559	15/09/2018	Franca	1,69	0,0008	15	11,5	0,01	10,9	21	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005	0,005	0,005	0,003	0,005
	S0113-Sed004	365 079	9 696 593	15/09/2018	Franco- Arcilloso	1,98	0,0008	17	18,6	0,01	12,7	21	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 3-41 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	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 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	
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	0,001	0,05
S0113 (Sitio 13)	S0113-ASub001	365 081	9 696 597	9/07/2018	53,9	4,47	5,69	26	0,008	1,6	0,097	0,00004	0,00279	0,0254	0,081	0,00004	0,0003	0,001	0,03	0,06708	<0,00007	0,0009	0,00006	0,00066	0,00004	0,00004	0,038	0,05	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007	
	S0113-ASub002	365 334	9 696 514	9/07/2018	84,7	6,51	5,87	25,4	0,009	3,9	0,49	0,0001	0,00303	0,0831	0,032	0,00008	0,0011	0,001	0,39	0,05733	0,00008	0,0012	0,00006	0,00191	0,00004	0,00004	0,03	0,05	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007	

Leyenda:

No excede la normativa nacional e 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 aguas subterránea - Época seca

Agua Subterránea					Parámetros																												
Sitio	Código de muestra	Coordenadas UTM ^[a]		Fecha de muestreo	Cond. Eléctrica	Oxígeno Disuelto	pH	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 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
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
S0113 (Sitio 13)	S0113-ASub001	365 081	9 696 597	15/09/2018	17,8	5,23	4,79	25	0,008	0,99	0,064	0,00002	0,00004	0,0056	0,004	0,00001	0,0005	0,001	0,03	0,03908	<0,00007	0,0009	0,00006	0,00006	0,00004	0,00001	0,008	0,05	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007
	S0113-ASub002	365 334	9 696 514	16/09/2018	61,3	3,65	5,6	24,4	0,008	1,60	0,318	0,00033	0,00004	0,0288	0,004	0,00001	0,0003	0,001	0,18	0,12881	<0,00007	0,0009	0,00006	0,00006	0,00004	0,00001	0,016	0,05	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007

Leyenda:

No excede la normativa nacional e internacional
Excede Alberta Tier (Groundwater) Remediation Guidelines

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

Cuadro 3-43 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
S0113 (Sitio 13)	S0113-Hb-PEC1-002	365 324	9 696 514	2/07/2018	0,01	20	0,0989	0,0219	0,15

(*) 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 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
S0113 (Sitio 13)	S0113-Hb-PEC1-001,2	365 318	9 696 479	13/09/2018	0,0244	20	0,0278	0,1169	0,204

(*) 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 3-45 Resumen de los resultados de laboratorio muestras de suelo para calidad agrícola o suelo agrícola

Tipo de Producto		SUELO AGRICOLA		
Fecha de muestreo		16/09/2018	16/09/2018	4/07/2018
Nombre de la Estación		S0113-SCA-022	S0113-SCA-023	S0113-SCA-024
Parámetro	Unidades	Resultados		
Complejo de Cambio				
Aluminio de Cambio	meq/100 g	0.41	< 0,01	0.43
Calcio Cambio	meq/100 g	2.77	8.91	4.34
CIC Efectiva	meq/100 g	3.28	9.17	4.92
Magnesio de Cambio	meq/100 g	0.06	0.16	0.08
Potasio Cambio	meq/100 g	0.03	0.1	0.07
Sodio Cambio	meq/100 g	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Fertilidad				
Caliza Activa	% CaCO3	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Cond. Eléctrica (Ext 1/1)	µS/cm a 20° C	76	540	146
Fósforo Disponible Bray-Kurtz	mg/kg	< 3,5	< 9,8	< 3,5
Materia Orgánica	%	1.63	1.39	0.64
Nitrógeno Total	mg/kg	610	600	420
pH (Extracto 1/1)	Unidades de pH	5.15	6.23	5.43
Microelementos				
Boro	mg/kg	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Cobre (DTPA)	mg/kg	0.53	0.87	0.63
Hierro (DTPA)	mg/kg	76.5	96.4	94.3
Manganeso (DTPA)	mg/kg	4.14	8.87	19.5
Zinc (DTPA)	mg/kg	0.89	10.5	6.22
Propiedades Físicas - Granulometría				
Arcilla	%	33.1	33.1	45.6
Arena	%	18.7	35.3	9.23
Arena Fina	%	18.7	35.3	9.23
Arena Gruesa	%	< 0	< 0	< 0
Clase Textural	%	Franco-Arcillo-Limosa	Franco-Arcillo-Limosa	Franco-Arcillo-Limosa
Limo	%	48.1	31.6	45.2
Relaciones de Interés				
Relación C/N		15.5	13.4	8.79

Elaboración: JCI-HGE, 2018.

3.7 Interpretación de los resultados

Según los resultados de laboratorio obtenidos se procedió al análisis respectivo, se hizo la comparación con los límites establecidos por los estándares de calidad de la normatividad nacional vigente (D. S. N°011-2017-MINAM) y para algunos casos las internacionales.

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 3-46. 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, aun cuando se tomaron las muestras en lugares no afectados. El Vanadio y el Cromo igualmente observan este comportamiento, pero en un único sector y en una única muestra (que no corresponde al sector 3, de los sitios impactados localizados en los predios de la CN de Nueva Jerusalén). La variabilidad en los niveles de metales en el área de estudio (4 sectores) es elevada.

Para el muestreo de suelos, se analizaron 48 muestras de suelo, de las cuales 35 muestras se captaron en época húmeda y 13 muestras en época seca. Los sitios de muestreo en la segunda temporada se establecieron a partir de los resultados obtenidos de laboratorio para el muestreo de la primera temporada, adicionando sondeos en los límites del polígono con evidencias de impacto y así delimitar efectivamente el sitio impactado y definir la afectación.

Los compuestos de interés a evaluar durante la presente Fase de Caracterización de suelos correspondieron a parámetros asociados a la actividad petrolera desarrollada en la cuenca del río Corrientes, regulados por los ECA para suelo de uso agrícola (D. S. N° 011-2017-MINAM). Por otra parte, en vista que el cromo total no está considerado en el ECA por la categoría agrícola, se comparó con la residencial/parques.

El Cuadro 3-35 y Cuadro 3-36 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, en caso el mismo hubiera excedido el ECA suelo.

Cuadro 3-46 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.

Anexo 6.4.1 Mapa 6.4.1.1: Mapa de excedencias en suelos del sitio S0113 (Sitio 13)-época húmeda y seca.

A continuación, se presentan los compuestos que excedieron los ECA para suelos de uso agrícola y las concentraciones máximas reportadas por el laboratorio codificado con la profundidad correspondiente:

Interpretación de resultados:

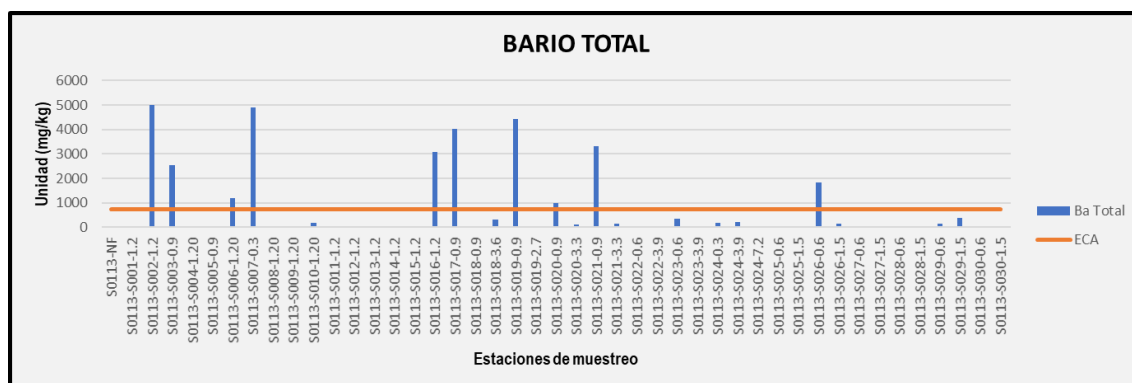
- El bario total fue detectado excediendo el ECA para suelo de uso agrícola (750,0 mg/kg) en diez (10) sondeos (ver Figura 3-16):

Sondeo	Concentración mg/kg
S002-1.20	>5,000
S003-0.90	2,550
S006-1.20	1,195
S007-0.30	4,901
S016-1.20	3,084
S017-0.90	4,035
S019-0.90	4,422
S020-0.90	981
S021-0.90	3,324
S026-0.60	1,832

Próximo a los sondeos donde se presentan muestras que superan el ECA para suelo agrícola: S006-1,2 y S007-0,3, existió un tanque y un sumidero, actualmente desmantelados. Estos sondeos se encuentran cerca de las plataformas de perforación DORI-10 y DORI-11D. No obstante, impactó a la muestra del sondeo S021-0,9 ubicado aguas abajo en una quebrada.

Se obtuvo información de entrevistas a monitores ambientales que en el área donde se ubica el sondeo S016-1.2 se instaló anteriormente un sumidero (actualmente desmantelado) que se presume que fue el origen de las muestras impactadas en una quebrada aguas abajo en los sondeos: S026-0,6, S017-0,9, S020-0,9 y S019-0,9.

Figura 3-16 Concentraciones de bario



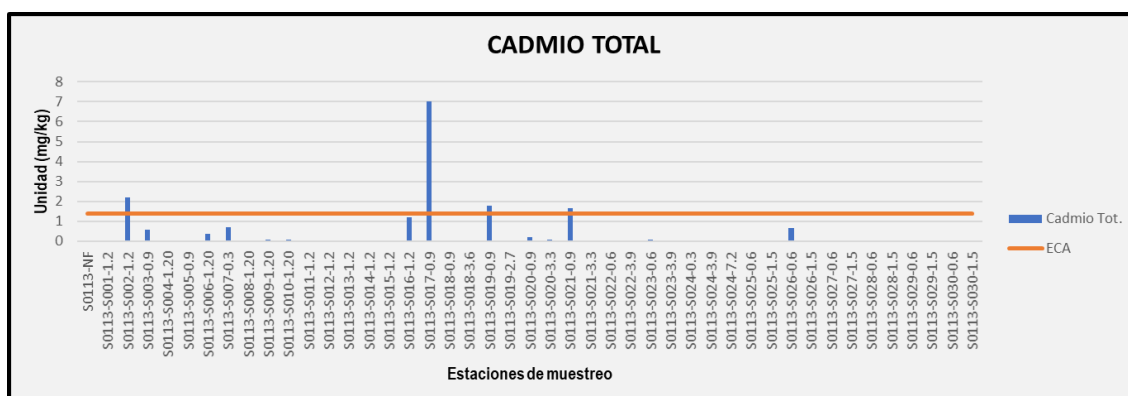
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- El cadmio fue detectado excediendo el ECA para suelo de uso agrícola (1,4 mg/kg) en cuatro (4) muestras de suelo las cuales son: S0113-S002-1,2, S0113-S017-0,9, S0113-S019-0,9 y S0113-S021-0,9.

Sondeo	Concentración mg/kg
S002-1,20	>5 000
S017-0,90	4 035
S019-0,90	4 422
S021-0,90	3 324

Los puntos de sondeos S002, S017, S019 y S021 se encuentran cercanos a cuerpos de agua superficiales (quebradas), por lo que se presume que la quebrada ha podido impactar los suelos (ver Figura 3-17).

Figura 3-17 Concentraciones de cadmio



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

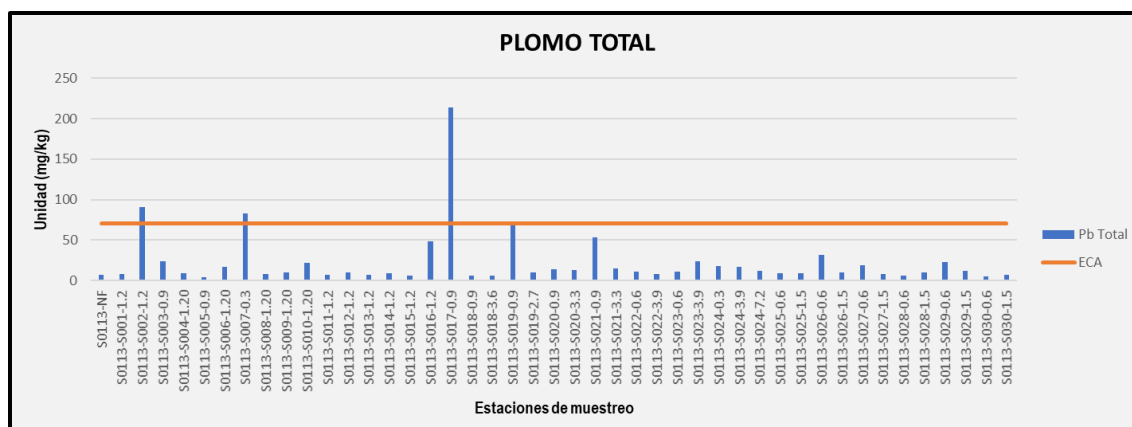
- El plomo fue detectado excediendo el ECA para suelo de uso agrícola (70,0 mg/kg) en tres (3) sondeos de suelo:

Sondeo	Concentración mg/kg
S002-1,20	90,80
S007-0,30	82,30
S017-0,90	214,00

Los puntos sondeos S002, S007 y S017 se encuentran cercanos a cuerpos de agua superficiales (quebrada), por lo que se presume que la quebrada ha podido impactar los suelos (ver Figura 3-18).

El plomo no se está considerando compuesto de potencial interés, debido a que son pocas las muestras que superan el ECA suelo en el sitio S0113 (Sitio 13).

Figura 3-18 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 5 sondeos:

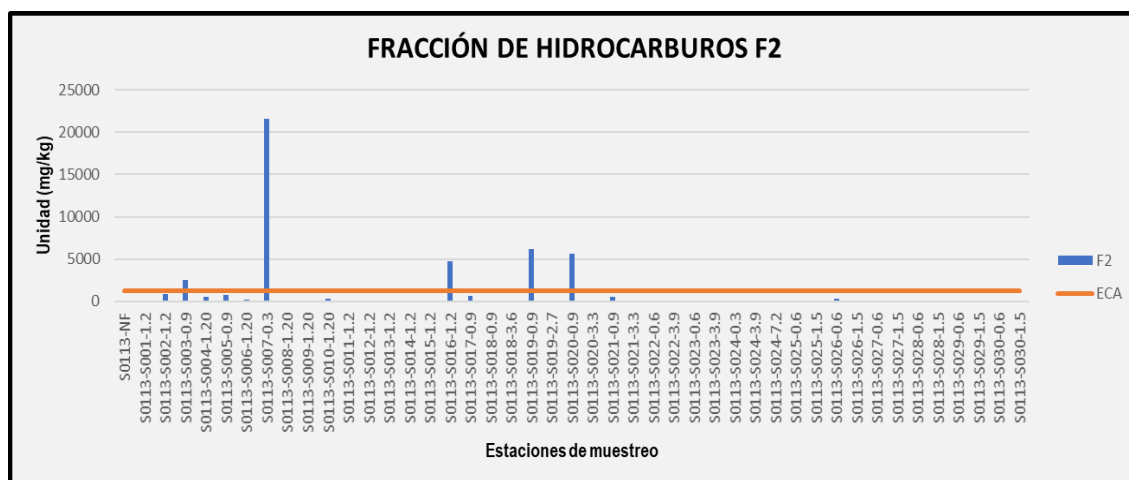
Sondeo	Concentración mg/kg
S003-0,90	2 472
S007-0,30	21 551
S016-1,20	4 691
S019-0,90	6 155
S020-0,90	5 591

Próximo a los sondeos que superan el ECA para suelo agrícola: S006-1,2 y S007-0,3, existió un tanque y un sumidero, actualmente desmantelados. Las zonas o área a remediar cercana a estos sondeos se encuentra cerca al área que corresponde la plataforma de perforación DORI-10 y DORI-11D, la remediación de esta zona se presume que correspondería a la operadora actual.

Se obtuvo información de entrevistas a monitores ambientales que en el área donde se ubica el sondeo S016-1,2 se instaló anteriormente un sumidero (actualmente desmantelado).

Los puntos de sondeos S003, S007, S016, S019 y S020 se encuentran cercanos a cuerpos de agua superficiales (quebradas), por lo que se presume que la quebrada ha podido impactar los suelos (ver Figura 3-19).

Figura 3-19 Concentraciones de fracciones de hidrocarburos 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 (3000,0 mg/kg) en 4 sondeos:

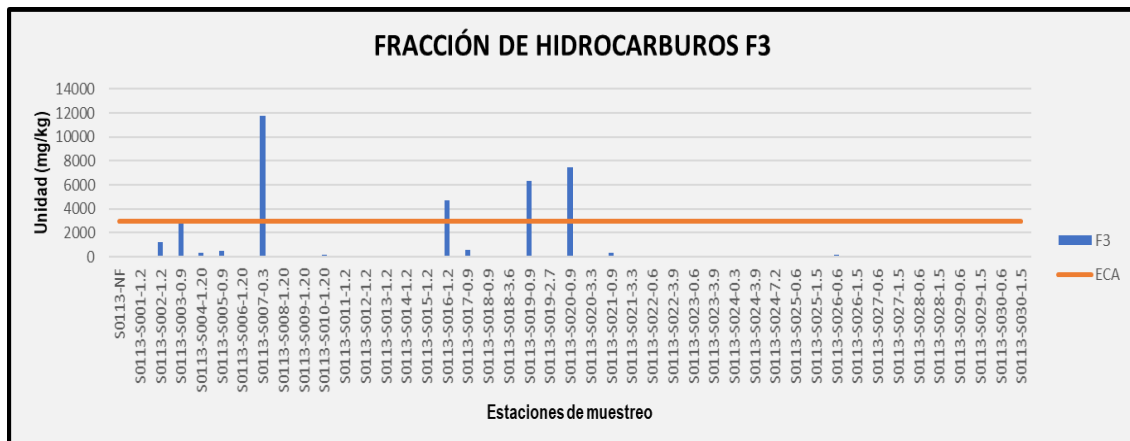
Sondeo	Concentración mg/kg
S007-0,30	11 786
S016-1,20	4 721
S019-0,90	6 337
S020-0,90	7 471

Próximo a los sondeos que superan el ECA para suelo agrícola: S006-1,2 y S007-0,3, existió un tanque y un sumidero, actualmente desmantelados. Las zonas o área a remediar cercana a estos sondeos se encuentran cerca al área que corresponde la plataforma de perforación DORI-10 y DORI-11D, la remediación de esta zona al estar cerca de la plataforma de explotación la remediación debería corresponder a la operadora actual o caso contrario llegar un consenso para facilitar las medidas de remediación sobre esta zona.

Se obtuvo información de entrevistas a monitores ambientales que en el área donde se ubica el sondeo S016-1,2 se instaló anteriormente un sumidero (actualmente desmantelado).

Los puntos de sondeos S007, S016, S019 y S020 se encuentran cercanos a cuerpos de agua superficiales (quebradas), por lo que se presume que la quebrada ha podido impactar los suelos (ver Figura 3-20).

Figura 3-20 Concentraciones de fracciones de hidrocarburos F3



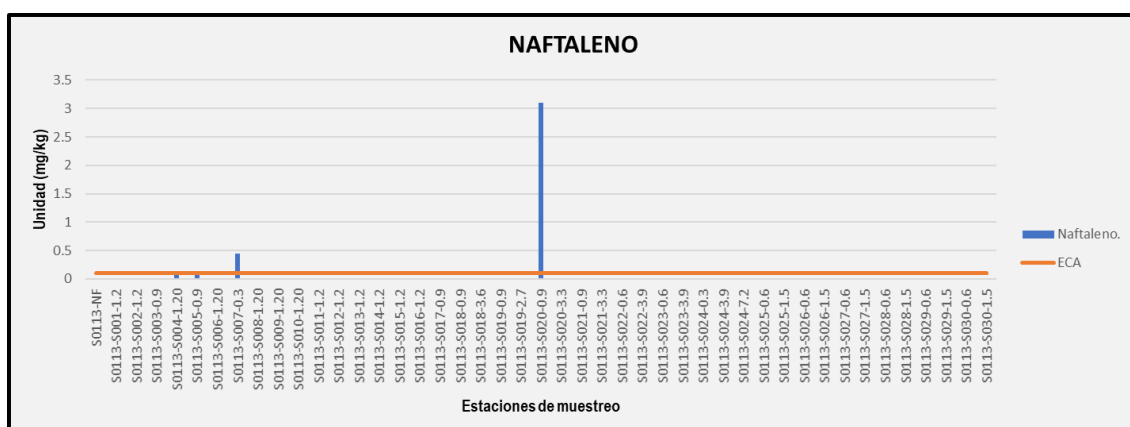
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- El naftaleno fue detectado excediendo el ECA para suelo de uso agrícola (0,10 mg/kg) en tres (3) sondeos:

Sondeo	Concentración mg/kg
S005-0,90	0,108
S007-0,30	0,444
S020-0,90	3,100

Los puntos de sondeos S005, S007 y S020 están asociados con actividades petroleras de derrames recientes. (ver Figura 3-21).

Figura 3-21 Concentraciones de naftaleno



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

Se presentan en la siguiente figura los resultados del modelamiento para metales y fracciones de hidrocarburos F2 y F3, de acuerdo con los resultados de laboratorio y al análisis de los relevamientos de campo.

Según los resultados de laboratorio se procedió al análisis respectivo, se hizo 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 (Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health) y de la norma de Ecuador (Estándares de calidad ambiental para suelo).

Ciertos elementos contaminantes fueron comparados con otras normas internacionales (Canadá y Ecuador). No obstante, estas comparaciones se hacen de manera orientativa ya que los escenarios en los que se determinaron los parámetros internacionales pueden discrepar considerablemente de las condiciones del sitio en estudio. Durante el análisis comparativo se comprueba la presencia –en algunos casos de forma natural– de altas concentraciones de algunos metales de acuerdo con los resultados de niveles de fondo, presentados en el Cuadro 3-45.

Es importante resaltar que la comparación de resultados con normas internacionales, incluso con las nacionales, debe ser vista con sumo cuidado. Para este análisis se han contemplado exclusivamente aquellos componentes que predominantemente han aparecido en el sitio impactado S0113 (Sitio 13) y que son inherentes a las operaciones petroleras, y que no se encuentran referidos en los ECA de suelos para el Perú (a excepción del Cromo, Bario y Mercurio). 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), Plomo (Pb) y Zinc (Zn), dependiendo de su ocurrencia en el sitio impactado.

El siguiente Cuadro 3-47 presenta los estadísticos y niveles de fondo para estos.

Cuadro 3-47 Estadístico de valores de metales no contemplados en normas peruanas (S0113 (Sitio 13))

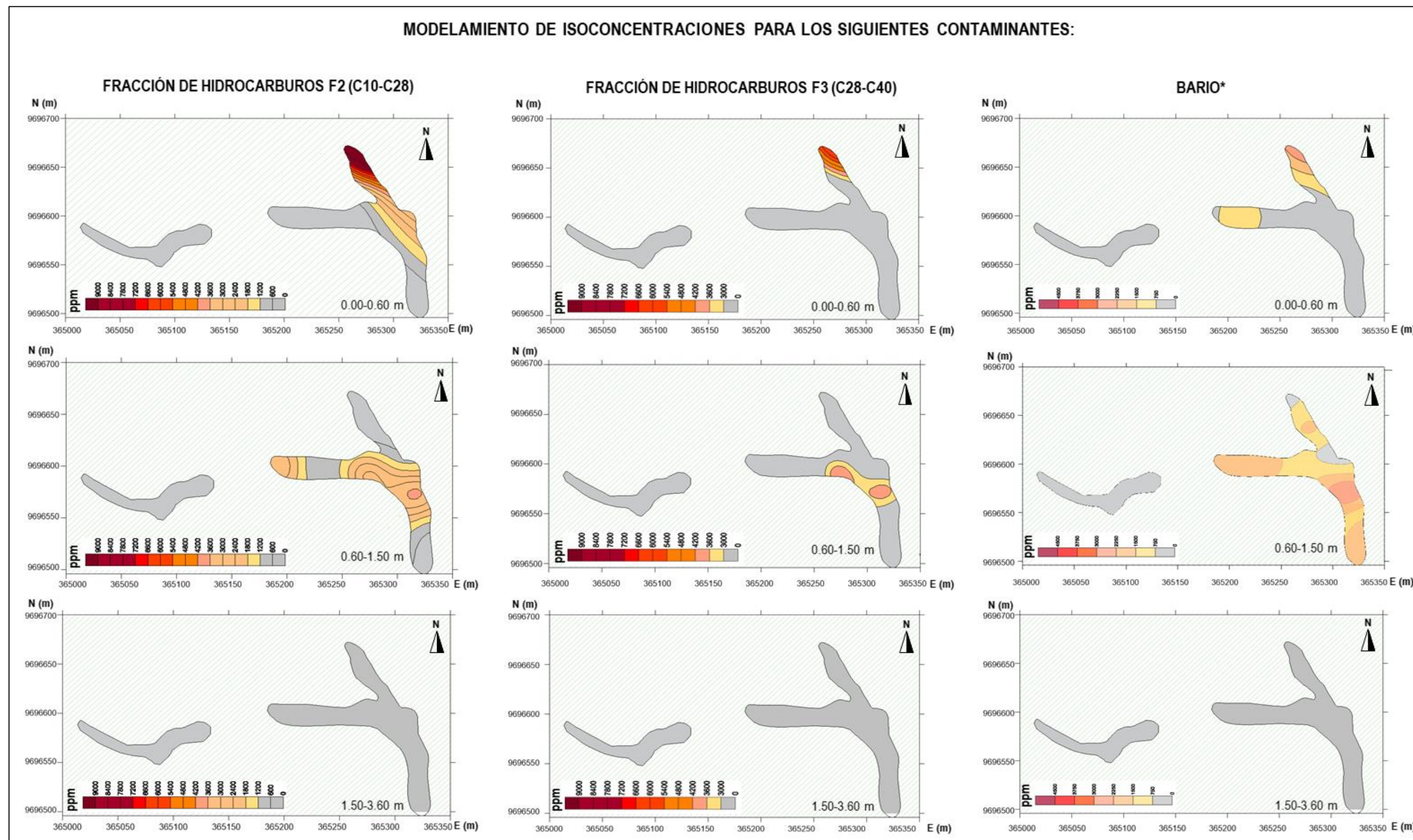
Metal	Nivel fondo	Media	Norma Canadá	Norma Ecuador	Desviación estándar	Lím. Inf.	Lím. Sup.
	ppm					ppm	
Boro	0,45	1,45	2	1	0,76	0,45	2,97
Cobre	5,6	10,53	63	25	7,84	5,6	26,21
Níquel	1,48	2,94	45	19	2,10	1,48	7,14
Zinc	12	96,06	250	60	209,98	12	516,03
Manganeso	75,3	134,34	-	-	152,88	75,3	440,09
Selenio	0,56	1,2	1	1	1,08	0,56	3,37
Vanadio	85	65,89	130	76	18,8	28,3	103,5
Zinc	12	96,06	250	60	209,9	12	516,03
Cromo total	13,2	22,41	64	54	23,62	13,2	69,55
Mercurio	0,079	0,08	6,6	0,1	0,26	0,079	0,33

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

De la interpretación conjunta que compromete el análisis de la estadística básica, la representatividad en la ocurrencia y el análisis espacial por la distribución de las muestras se establecen las siguientes inferencias:

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. En la Figura 3-22 se muestra el modelamiento de isoconcentraciones para los siguientes contaminantes para las fracciones de hidrocarburo (F2 y F3) y metales (Bario, Cromo, Cadmio, Plomo)

Figura 3-22 Modelamiento de isoconcentraciones para los siguientes contaminantes



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

Origen del Bario

Luego de obtenido los resultados de laboratorio se procedió a 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 el Cuadro 3-48 se presenta las muestras que excedieron este límite.

Para corroborar un segundo paso es realizar un análisis de Bario Extraíble, y comparar su valor con el valor límite que también establece dicha Guía, el valor límite indicado es de 250 mg/kg, luego de este análisis, se concluye que para el sitio S0113 (Sitio 13) solo un valor es superado para Bario Extraíble (S019) donde el origen no sería producto de baritina, sin embargo, lo demás al no superar el valor establecido se concluye que el origen puede deberse a Baritina.

Los otros valores de Bario Extraíble, no superan el límite para Bario Extraíble, por lo cual el proceso avanza a su contrastación con el análisis de Bario Total Real, y comparando el valor resultante sugerido por la Guía: 10 000 mg/kg. Para este sitio solo 2 (resaltadas en rojo) superan el valor y provienen de fuentes de Baritina.

Cabe mencionar también que el análisis de Bario extraíble y Bario total real se realizaría sobre el 25 % del total de muestras de cada sitio impactado que superaran la norma ECA agrícola para el Bario.

Cuadro 3-48 Resultados de Bario para el sitio 113 (Sitio 13)

Muestra	Bario total mg/kg	Bario Extraíble mg/kg	Bario Total Real mg/kg
Límite - Alberta Barite Site Remediation Guidelines	Fila C: 750 (agrícola)	Fila A: 250 (agrícola)	Fila B: 10 000 (agrícola)
S0113-S020-0.9	980,6	23	(--)
S0113-S019-0.9	4 422	318	(--)
S0113-S002-1.2	> 5 000	(--)	(--)
S0113-S021-0.9	3 324	97	(--)
S0113-S003-0,9	2 550	100	3 249
S0113-S017-0,9	4 035	73	36 177
S0113-S016-1,2	3 084	200	5 155
S0113-S006-1,20	1 195	82	1 730
S0113-S007-0,3	4 901	248	10 542
S0113-S026-0.60	1832	154	5 522

Fuente: JCI-HHE

NE: No ensayado por falta de muestra

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 superaron 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.

Los resultados del análisis de TCLP para metales y 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.

- Según los resultados obtenidos para TCLP, de todas las muestras analizadas (sólo metales que superaron el ECA Suelo) ninguna supera la norma internacional (EPA - Hazardous Waste Test Methods / SW-846) en los extractos de lixiviados de las muestras de suelos.
- 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 de MEH mayores que los valores de TPH (F2 y F3), lo cual se confirma que el hidrocarburo es de origen petrogénico.

Cuadro 3-49 Concentraciones de TCLP

Código de Muestra	Temporada	Concentración máxima de contaminantes por su toxicidad característica **			TCLP (mg/l)		
		Arsénico (mg/l)	Bario (mg/l)	Plomo (mg/l)	Arsénico	Bario	Plomo
S0113-S002-1.20	Húmeda	5	100	5	0.01329	3.5207	0.44185
S0113-S003-0.90	Húmeda	5	100	5	0.00453	6.4522	0.02854
S0113-S006-1.20	Húmeda	5	100	5	0.0015	4.3148	0.03288
S0113-S007-0.30	Húmeda	5	100	5	0.00269	20	0.14358
S0113-S016-1.20	Húmeda	5	100	5	0.00636	18.735	0.08144
S0113-S017-0.90	Húmeda	5	100	5	0.03079	2.4726	0.151
S0113-S026-0.60	Seca	5	100	5	0.0014	0.01305	0.02016

** EPA - Hazardous Waste Test Methods / SW-846

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

Cuadro 3-50 Concentraciones de MEH

Código de Muestra	Temporada	Material Extractable en Hexano (mg/kg)
S0113-S003-0.90	Húmeda	253
S0113-S007-0.30	Húmeda	<50
S0113-S016-1.20	Húmeda	61.3
S0113-S019-0.90	Húmeda	263
S0113-S020-0.90	Húmeda	245

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

3.7.2 Agua superficial

Los parámetros para analizar serán los que superen los estándares de calidad regulados por el ECA-Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM).

El Cuadro 3-37 y el Cuadro 3-38 presenta los resultados de los análisis de laboratorio 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 S0113 (Sitio 13) - época húmeda y Mapa 6.4.2.2: Mapa de excedencias en agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0113 (Sitio 13)- época seca.

A continuación, se presentan los parámetros que excedieron los ECA de agua superficial:

- El pH fue detectado fuera del rango del ECA para agua (6,5 - 9,0 unidades de pH). Cabe mencionar que el pH de los ríos y quebradas de la selva se caracterizan por ser moderadamente ácidas a ligeramente ácidas partiendo, partir de las 3.5 unidades de pH.
- El oxígeno disuelto fue detectado fuera del rango del ECA para agua (≤ 5 mg/l).
- El fósforo fue detectado fuera del rango del ECA para agua (0,05 mg/l) en una (1) muestra de la época húmeda, siendo la estación: S0113-As001.

3.7.3 Sedimentos

Los parámetros para analizar serán los que superen los estándares de calidad regulados por el Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life (Estándares Canadá ISQG).

El Cuadro 3-39, Cuadro 3-40 se presentan los resultados analíticos del laboratorio de las muestras colectadas durante la Fase de Caracterización que excedieron en al menos un parámetro los Estándares de Canadá ISQG

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 S0113 (Sitio 13) - época húmeda y Mapa 6.4.2.2: Mapa de excedencias en agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0113 (Sitio 13)- época seca.

A continuación, se presentan los parámetros que excedieron los estándares de Canadá ISQG:

- El Benzo (a) antraceno fue detectado fuera del rango del Estándar de Canadá para sedimentos (0,0317 mg/kg) en una (1) muestra de la época húmeda, siendo la estación: S0113-Sed002.
- El Dibenzo (a,h) antraceno fue detectado fuera del rango del Estándar de Canadá para sedimentos (0,00622 mg/kg) en una (1) muestra de la época húmeda, siendo la estación: S0113-Sed004.

La poca cantidad de muestras con excedencias de estos parámetros (Benzo (a) antraceno y Dibenzo (a,h) antraceno) no permite establecer una variabilidad representativa en los datos. Estos parámetros solo fueron detectados en la época húmeda y dado que en la época seca no se encontró excedencias en los mismos puntos de muestreo (Sed002 y Sed004) se infiere pudo deberse al arrastre de sedimentos por las precipitaciones de la época.

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 (S0113-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 3-23.

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 es de 7 metros aproximadamente a la mitad de línea tomográfica pero este espesor varió en los primeros metros al estar cerca de la zona de cocha, 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 es de 6 a 12 metros aproximadamente. Este estrato se presume este saturado por proceso de recarga por infiltración de las quebradas o precipitaciones producto de la época en que se realizó la prospección geofísica.

La zona 3 presenta resistividades entre 100,0 y 4 000,0 ohm.m, correspondería a un estrato arcilloso compacto posiblemente intercalado con gravillas cuarzosa de la formación Nauta. No se estimó la potencia de dicho estrato.

- **Perfil tomográfico eléctrico 2 (S0113-GEO-002)**

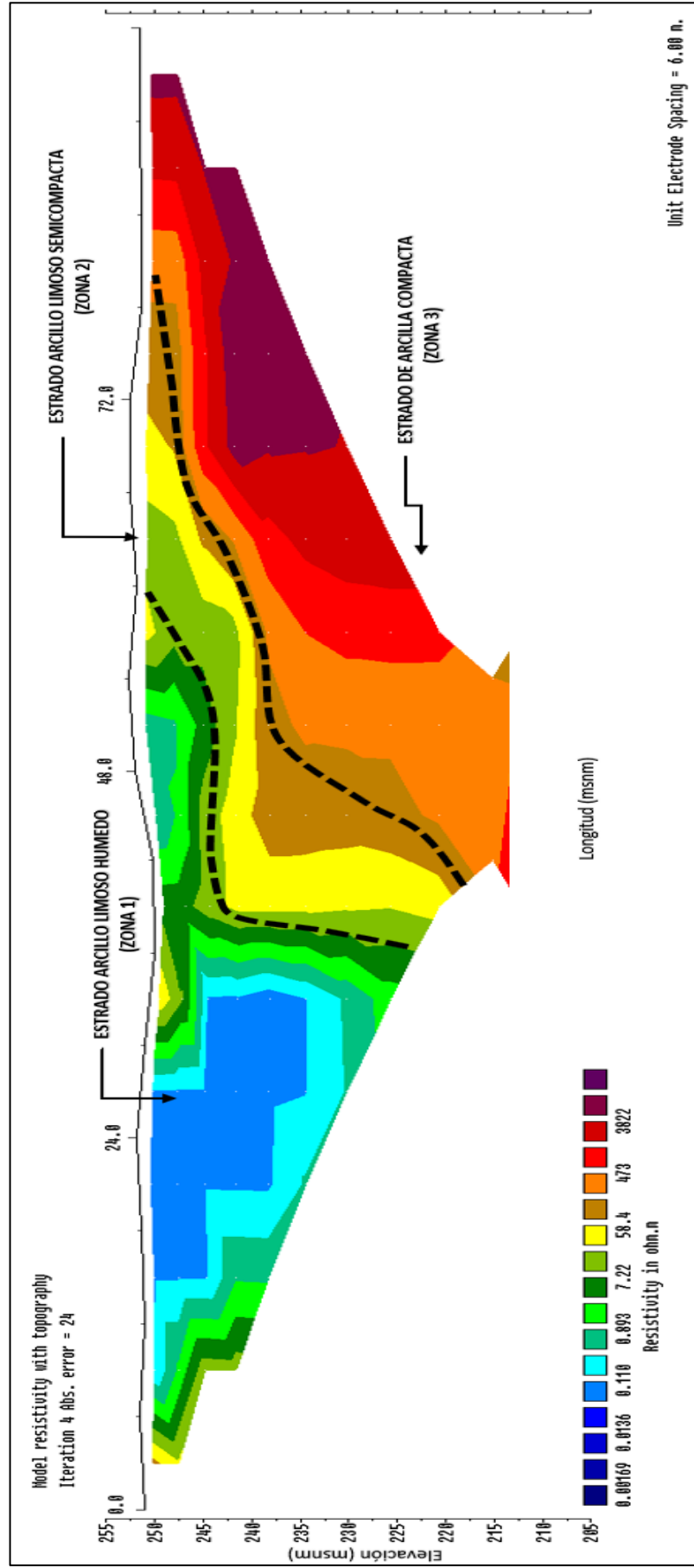
El perfil tomográfico tiene una orientación NO-SE y una profundidad de investigación de 30 metros y en la cual se ha llegado a determinar tres zonas litológicas. Véase la Figura 3-24.

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 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 es de 1 a 5 metros aproximadamente. Este estrato se presume este saturado por proceso de recarga por infiltración de las quebradas o precipitaciones producto de la época en que se realizó la prospección geofísica.

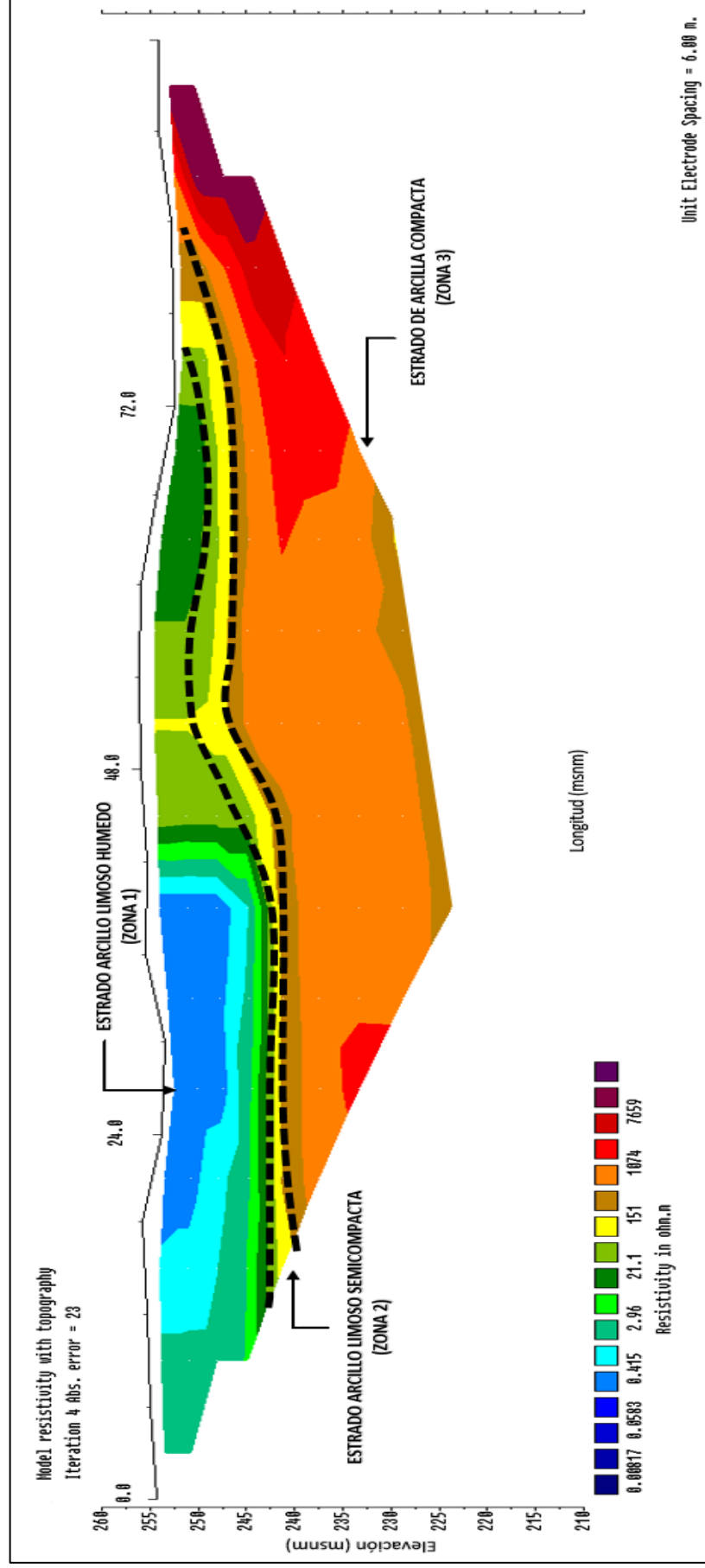
La zona 3 presenta resistividades entre 100,0 y 4 000,0 ohm.m, correspondería a un estrato arcilloso compacto posiblemente intercalado con gravillas cuarzosa de la formación Nauta. No se estimó la potencia de dicho estrato.

Figura 3-23 Perfil tomográfico eléctrico 1 (S0113-GEO-001)



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

Figura 3-24 Perfil tomográfico eléctrico 2 (S0113-GEO-002)



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 es en dirección oeste a este. 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 en la zona cercana en la cocha, pero en la zonas cercanas al piezómetro S0113-Pz-02 el movimiento potencial vertical se estima sea como máximo 7 metros de profundidad, según los resultados de la tomografía eléctrica está presente capas de arcillas más compactas a mayor profundidad de las ya mencionadas que actúa como material impermeable. Los hidrocarburos presentes como elementos contaminantes en el S0113 (Sitio 13) 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 Guideliness de Canadá.

El Cuadro 3-41, Cuadro 3-42 se presentan los resultados analíticos de las muestras colectadas durante la Fase de Caracterización que excedieron en al menos un parámetro los Estándares de Alberta Canadá:

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 S0113 (Sitio 13) - época húmeda y Mapa 6.4.2.2: Mapa de excedencias en agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0113 (Sitio 13)- época seca.

A continuación, se presentan los parámetros que excedieron los estándares de Alberta Canadá:

- El pH fue detectado fuera del rango del Alberta Canadá para agua (6,5 - 9,0 unidades de pH).
- El oxígeno disuelto fue detectado fuera del rango del Alberta Canadá para agua (≤ 5 mg/l).
- Aluminio fue detectado fuera del rango del Alberta Canadá para agua (0,01 mg/l) en las dos (2) muestras de ambas épocas siendo las estaciones: S0113-ASub001 y S0113-ASub002.
- Hierro fue detectado fuera del rango del Alberta Canadá para agua (0,03 mg/l) en una (1) muestra en época seca, siendo la estación: S0113-ASub002.
- Manganeseo fue detectado fuera del rango del Alberta Canadá para agua (0,05 mg/l) en tres (3) muestras, siendo las estaciones: S0113-ASub001 (época húmeda) y S0113-ASub002 (ambas épocas).
- Zinc fue detectado fuera del rango del Alberta Canadá para agua (0,03 mg/l) en una (1) muestra en la época húmeda, siendo las estaciones: S0113-ASub001.
- Mercurio fue detectado fuera del rango de Alberta Canadá para agua (0,000005 mg/l), en una (1) muestra en la época húmeda, siendo las estaciones: S0113-ASub002. Cabe mencionar que en las demás muestras el límite de detección del laboratorio (<0.00007 mg/l) es mayor que el estándar internacional Alberta (0.000005 mg/l).

La presencia de los metales en la zona (Al, Fe, Mn y Zn) en las aguas subterráneas puede deberse por la cantidad de concentración de estos metales que están presentes en el suelo, ya sea por algún agente contaminante o de manera natural, y producto de la lixiviación con el flujo de agua subterránea estén afectando a la calidad de esta.

Como se observa en las tablas de resultados de laboratorio la presencia de estos metales se da de manera natural según los resultados de los niveles de fondo. Pero también se observa que todas las demás muestras en el área de evaluación presentan concentraciones en el mismo rango.

3.7.6 Componente flora y fauna

De acuerdo con los objetivos del estudio de fauna terrestre, la temporalidad de muestreo se toma 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.

Flora

A. Composición de especies

Se utilizó la metodología propuesta en el ítem 3.5.2 Caracterización biológica, y la evaluación fue cualitativa. Las especies observadas no registran uso conocido según lo mencionado por el monitor ambiental y los apoyos de la comunidad. Sin embargo, se puede mencionar que las especies vegetales representativas son de porte arbustivo y arbóreo. En la parte baja cerca del río se puede observar predominancia de vegetación herbácea y arbustiva (pteridófitos), inundada casi en su totalidad en la época húmeda del año.

Fotografía 3-11 Cobertura vegetal en sitio S0113 (Sitio 13)



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° 3-51), 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 3-51 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						
Mamíferos	Cingulata	Dasyopodidae	<i>Dasyopus novemcinctus</i>	Armadillo de nueve bandas					X	Ornamento
	Primates	Callitrichidae	<i>Saguinus fuscicollis</i>	Pichico común			Apéndice II		X	Mascota
		Cebidae	<i>Cebus apella</i>	Machín negro			Apéndice II		X	Mascota
	Carnívora	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
			<i>Cuniculus sp.</i>	Majaz		LC	Apéndice III		X	Alimento
	Rodentia	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta sp.</i>	Añuje					X	Alimento
			<i>Rhinella marina</i>	Sapo						
	Anura	Bufonidae	<i>Rhinella margaritifera</i>	Sapo pipa						

Cuadro 3-51 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>	Afaninga						
		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.

B. Composición de especies

Se registró una sola especie de fauna (subcomponente mamífero), y está representada por *Tapirus terrestris* “Tapir”. Sin embargo, esta especie no tiene uso conocido por parte de la población local, según lo indicado por el monitor ambiental y apoyo de la comunidad durante la fase de caracterización. Se tomaron Registros Indirectos como parte del método Censo por Transecto lineal (Ver ítem 3.5.2 Métodos para la caracterización biológica).

Fotografía 3-12 Huella de *Tapirus terrestris* “Tapir” en sitio S0113 (Sitio 13)



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

3.7.7 Hidrobiología

3.7.7.1 Composición de especies

A. Fitoplancton

En la época húmeda, se determinaron 7 especies de fitoplancton, destacando el Phylum Bacillariophyta con 5 especies representando el 71,46 % de dominancia, seguida por las *Euglenophyta* y *Cyanobacteria* con 1 especie cada una (14,28 %). La estación de monitoreo mejor representada fue S0113-HB-FIT1-002 con 5 especies, mientras que la estación S0113-HB-FIT1-001 registró 2 especies de fitoplancton.

En la época seca, se determinaron 22 especies de fitoplancton, destacando el Phylum Bacillariophyta con 10 especies representando el 45,44 % de dominancia, seguida por las *Cyanobacteria* y *Euglenophyta* con 4 especies cada uno (22,22 %). La estación de monitoreo mejor representada fue S0113-HB-FIT1-002 con 13 especies, mientras que la estación S0113-HB-FIT1-001 registró 9 especies de fitoplancton.

La lista de especies de fitoplancton registradas durante el presente monitoreo se encuentra en el Anexo 6.10 Informes de laboratorio.

Cuadro 3-52 Número de especies de fitoplancton por estación de monitoreo

Phylum	Época húmeda		Época seca	
	S0113-HB-FIT1-001	S0113-HB-FIT1-002	S0113-HB-FIT1-001	S0113-HB-FIT1-002
	N° de especies			
Bacillariophyta	1	4	4	6
Cyanobacteria	0	1	3	1
Euglenophyta	1	0	2	4
Charophyta	0	0	0	2
Total de especies	2	5	9	13

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

• Abundancia y diversidad

Con respecto a la abundancia de especies de fitoplancton para la época muy húmeda, se registró un total 763 ind/l. La mayor abundancia la presentaron las Bacillariophyta (78,62 %), seguida de las Euglenophyta (17,82 %).

La estación S0113-HB-FIT1-001 mayor cantidad de individuos del fitoplancton, con 491 ind/l.

Con respecto a la abundancia de especies de fitoplancton para la época húmeda, se registró un total 2 957 ind/l. La mayor abundancia la presentaron las Bacillariophyta (66,38 %), seguida de las Euglenophyta (29,21 %).

Cuadro 3-53 Abundancia del fitoplancton por estación de monitoreo

PHYLUM	Época húmeda		Época seca	
	S0113-HB-FIT1-001	S0113-HB-FIT1-002	S0113-HB-FIT1-001	S0113-HB-FIT1-002
	N° de individuos			
Bacillariophyta	355	245	532	1 431
Cyanobacteria	0	27	65	49
Cyanobacteria	0	0	0	16
Euglenophyta	136	0	49	815
Total	491	272	646	2 311

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

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 fitoplancton, 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.

Con respecto a la diversidad en época húmeda, la estación S0113-HB-FIT1-002 registró los valores más altos de diversidad ($H' = 1,503$ bits/ind y $1-D = 0,759$ probits/ind). Los valores de equidad, en general, fueron medios a altos; es decir, la comunidad se presentó relativamente homogénea sin especies particularmente dominantes.

En época seca, la estación S0113-HB-FIT1-002 registró los valores más altos de diversidad ($H' = 1,924$ bits/ind y $1-D = 0,784$ probits/ind). Los valores de equidad, en general, fueron medios; es decir, la comunidad se presentó relativamente homogénea sin especies particularmente dominantes.

La familia Bacillariophyta presentó una clara dominancia sobre las demás taxa. 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 3-54 Número de especies, individuos e índices de diversidad fitoplancton

Phylum	Época húmeda		Época seca	
	S0113-HB-FIT1-001	S0113-HB-FIT1-002	S0113-HB-FIT1-001	S0113-HB-FIT1-002
	Índices			
Riqueza específica (S)	2	5	9	13
Total de Individuos	491	272	646	1 361
Índice de Margalef (D)	0,161	0,713	1 236	1 663
Equidad de Pielou (J')	0,851	0,933	0,696	0,75
Índice de Shannon y Wiener (H')	0,590	1,503	1,53	1,924
Índice de Simpson (1-D)	0,400	0,759	0,665	0,784

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

B. Zooplancton

En época húmeda el zooplancton estuvo representado por 15 especies, distribuidas en 4 phylum, destacando el Phylum *Rotífera* con 7 especies representando el 42,85 % de dominancia.

En época seca el zooplancton estuvo representado por 11 especies, distribuidas en 5 phylum, destacando el Phylum *Rotífera* con 4 especies representando el 40 % de dominancia.

La lista de especies de zooplancton registradas durante el presente monitoreo se encuentra en el Anexo 6.10 Informes de ensayo de laboratorio.

Cuadro 3-55 Número de especies de zooplancton por estación de monitoreo

Phylum	Época húmeda		Época seca	
	S0113-HB-ZOO1-001	S0113-HB-ZOO1-002	S0113-HB-ZOO1-001	S0113-HB-ZOO1-002
	N° de especies			
Rotífera	4	3	2	2
Ciliophora	0	0	0	0
Protozoa	1	1	1	2
Arthropoda	3	1	2	1
Nematoda	1	1	0	1
Gastrotrichia	0	0	0	0
Total de especies	9	6	5	6

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

- Abundancia y diversidad**

Respecto a la abundancia del zooplancton para época húmeda, se registró un total de 35 600 ind/l. La estación S0113-HB-ZOO1-001 representó la mayor abundancia con 33 000 ind/l.

Respecto a la abundancia del zooplancton para época seca, se registró un total de 1700 ind/l. La estación S0113-HB-ZOO1-002 representó la mayor abundancia con 950 ind/l.

Cuadro 3-56 Abundancia de zooplancton por estación de monitoreo

Phylum	Época húmeda		Época seca	
	S0113-HB-ZOO1-001	S0113-HB-ZOO1-002	S0113-HB-ZOO1-001	S0113-HB-ZOO1-002
	N° de individuos			
Nematoda	150	1 100	0	300
Arthropoda	28 725	100	150	100
Rotífera	3 975	1 100	350	150
Protozoa	150	300	250	400
Total	33 000	2 600	750	950

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, con 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 S0113-HB-ZOO1-002 la que presentó los mayores valores de diversidad en época húmeda ($H' = 1,356$ bits/ind y $1-D = 0.683$ probits/ind), y la estación S0113-HB-ZOO1-001 la que presentó los mayores valores de diversidad en época seca ($H' = 1,516$ bits/ind y $1-D = 0.736$ probits/ind). De acuerdo con estos valores, se puede inferir una pobre calidad de agua para este sitio, a pesar de que debería evidenciarse una notable dominancia ($1-D$) por parte de la familia Cyclopoida (Phylum Arthropoda) en época húmeda.

Cuadro 3-57 Número de especies, individuos e índices de diversidad de zooplancton

Phylum	Época húmeda		Época seca	
	S0113-HB-ZOO1-001	S0113-HB-ZOO1-002	S0113-HB-ZOO1-001	S0113-HB-ZOO1-002
	Índices			
Riqueza específica (S)	9	6	5	6
Total de Individuos	33 000	2 600	750	950
Índice de Margalef (D)	0,768	0,635	0,604	0,729
Equidad de Pielou (J')	0,355	0,756	0,846	0,846
Índice de Shannon y Wiener (H')	0,781	1,356	1,362	1,516
Índice de Simpson (1-D)	0,35	0,683	0,702	0,736

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

C. Perifiton

En la época húmeda, se determinaron 10 especies de perifiton, destacando el phylum Bacillariophyta con 4 especies representando el 37,5 % de dominancia. La estación de monitoreo mejor representada fue S0113-HB-PER1-002 con 8 especies.

En la época seca, se determinaron 34 especies de perifiton, destacando el phylum Bacillariophyta con 14 especies representando el 37 % de dominancia. La estación de monitoreo mejor representada fue S0113-HB-PER1-001 con 20 especies.

La lista de especies de perifiton registradas durante el presente monitoreo se encuentra en el Anexo 6.10 informes de laboratorio.

Cuadro 3-58 Número de especies de perifiton por estación de monitoreo

Phylum	Época Húmeda		Época Seca	
	S0113-HB-PER1-001	S0113-HB-PER1-002	S0113-HB-PER1-001	S0113-HB-PER1-002
	N° de Especies			
Bacillariophyta	1	3	8	6
Cyanobacteria	0	1	1	3
Protozoa	1	1	1	1
Nematoda	0	0	1	1
Charophyta	0	1	7	2
Rotífera	0	1	0	0
Euglenophyta	0	1	2	1
Total de especies	2	8	20	14

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

• Abundancia y diversidad

Con respecto a la abundancia de especies del perifiton en época húmeda, se registró un total 2 404 org/cm². La mayor abundancia la presentó Bacillariophyta (69,1 %), seguida de Cyanobacteria (14,6 %).

Con respecto a la abundancia de especies del perifiton en época seca, se registró un total 299 688 org/cm². Bacillariophyta presentó la mayor abundancia (84,1 %), seguida de Charophyta (13,25 %).

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 3-59 Abundancia de perifiton por estación de monitoreo

Phylum	Época húmeda		Época seca	
	S0113-HB-PER1-001	S0113-HB-PER1-002	S0113-HB-PER1-001	S0113-HB-PER1-002
	N° de individuos			
Bacillariophyta	14	1 647	57 891	194 136
Charophyta	0	140	33 923	5 812
Cyanobacteria	0	351	737	2 324
Rotífera	0	112	0	0
Nematoda	0	0	368	775
Protozoa	14	70	368	387
Euglenophyta	0	56	2580	387
Total	28	2 386	95 867	203 821

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

Con respecto a la diversidad en época húmeda, la estación S0113-HB-PER1-002 registró los valores más altos de riqueza, y diversidad ($S = 8$, $H' = 1,619$ bits/ind). Los valores de equidad, en general, fueron medios a altos; es decir, la comunidad se presentó relativamente homogénea sin especies particularmente dominantes.

Con respecto a la diversidad en época seca, la estación S0113-HB-PER1-001 registró los valores más altos de riqueza, y diversidad ($S = 20$, $H' = 2,601$ bits/ind). Los valores de equidad, en general, fueron medios; es decir, la comunidad se presentó relativamente homogénea sin 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 3-60 Número de especies, individuos e índices de diversidad de perifiton

Índice	Época Húmeda		Época Seca	
	S0113-HB-PER1-001	S0113-HB-PER1-002	S0113-HB-PER1-001	S0113-HB-PER1-002
	Índices			
Riqueza específica (S)	2	8	20	14
Total de Individuos	28	2 386	95 867	203 821
Índice de Margalef (D)	0.3	0,9	1,656	1,063
Equidad de Pielou (J')	1	0,778	0,868	0,374
Índice de Shannon y Wiener (H')	0,693	1,619	2,601	0,987
Índice de Simpson (1-D)	0,5	0,724	0,906	0,594

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

D. Macro invertebrados bentónicos

En lo que respecta a bentos en época húmeda, se registró un total de 3 órdenes, 3 familias y 4 morfoespecies pertenecientes a la clase Insecta (phylum Arthropoda).

En época seca, se registró un total de 2 órdenes, 3 familias y 4 morfoespecies pertenecientes a las clases Insecta (phylum Arthropoda) y Clitellata (Phylum Annelida).

Cuadro 3-61 Número de especies de bentos por orden

Orden	Época Húmeda		Época Seca	
	S0113-HB-BEN1-001	S0113-HB-BEN1-002	S0113-HB-BEN1-001	S0113-HB-BEN1-002
	N° de especies			
Diptera	1	1	2	2
Odonata	1	0	0	0
Trichóptera	1	0	0	0
Clitellata	0	0	1	0
Total de especies	3	1	3	2

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 (Barrera y Monroy, 2015).

• Abundancia y diversidad

Se colectaron 5 individuos de bentos en época húmeda.

En la estación de monitoreo S0113-HB-BEN1-001, se identificaron la mayor cantidad de individuos (4). El macroinvertebrado más abundante fue una especie de la familia Chironomidae con 2 individuos.

Se colectaron 46 individuos de bentos en época seca.

Ambas estaciones presentaron la misma cantidad de individuos (23). El macroinvertebrado más abundante fue una especie de la familia Ceratopogonidae, con 24 individuos.

La dominancia del phylum Arthropoda en las estaciones evaluadas fue total, lo cual coincide con estudios anteriores (Rosenberg y Resh, 1993; Luján *et al.*, 2014; Ortega *et al.*, 2013) donde los artrópodos y particularmente los insectos acuáticos son los predominantes en ecosistemas acuáticos continentales.

Cuadro 3-62 Abundancia de especies de bentos por orden en las estaciones de monitoreo

Orden	Época Húmeda		Época Seca	
	S0113-HB-BEN1-001	S0113-HB-BEN1-002	S0113-HB-BEN1-001	S0113-HB-BEN1-002
	N° de individuos			
DIPTERA	2	1	21	23
TRICHOPTERA	1	0	0	0
ODONATA	1	0	0	0
CLITELLATA	0	0	2	0
Total	4	1	23	23

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. La comunidad es poco diversa y con especies particularmente predominantes

Cuadro 3-63 Número de especies, individuos e índices de diversidad de bentos

Índice	Época húmeda		Época seca	
	S0113-HB-BEN1-001	S0113-HB-BEN1-002	S0113-HB-BEN1-001	S0113-HB-BEN1-002
	N° de individuos			
Riqueza específica (S)	3	1	3	2
Total de Individuos	4	1	23	23
Índice de Margalef (D)	1,443	-	0,637	0,318
Equidad de Pielou (J')	0,946	-	0,673	0,886
Índice de Shannon y Wiener (H')	1,04	0	0,74	0,614
Índice de Simpson (1-D)	0,625	0	0,415	0,423

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

3.7.7.2 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, 2011).

De acuerdo con los resultados de zooplancton, se observa una media a baja diversidad de Shannon (cerca de o menores a 1), y se podría interpretar como una mala calidad de agua; de igual manera, el índice de Simpson también muestra un bajo valor, lo cual es contrario a la dominancia de una especie en época húmeda. Esta especie dominante pertenece a la familia Chironomidae, las cuales están relacionadas a aguas con abundante materia orgánica en descomposición (Barrera y Monroy, 2015), esta es otra razón por la cual este ambiente no se podría considerar bueno o saludable.

Al igual que el fitoplancton, las diatomeas (Bacillariophyta) fueron las más representativas. Esto se debería a las razones ya mencionadas, pudiendo estar relacionadas a contaminación orgánica.

En cuanto a los macroinvertebrados bentónicos, el phylum Arthropoda y particularmente la clase Insecta presentó la mayor dominancia en riqueza y abundancia, al igual que estudios anteriores (Rosenberg y Resh, 1993; Ortega et al., 2010; Lujan et al., 2013; Arana y Cabrera, 2017). De éstos, 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).

3.7.8 Peces

3.7.8.1 Composición de especies

En época húmeda, se registró 6 especies de peces, todas nativas y ninguna introducida. Estas estuvieron agrupadas en 3 órdenes y en 3 familias.

Se registró 9 especies de peces durante el monitoreo de época seca, todas nativas y ninguna introducida. Estas estuvieron agrupadas en dos órdenes y en dos familias.

Cuadro 3-64 Lista de especies de peces muestreadas en ambas épocas

Orden	Familia	Especie	Época húmeda	Época seca
Characiformes	Characidae	<i>Moenkhausia oligolepis</i>	0	1
Characiformes	Characidae	<i>Moenkhausia sp.</i>	36	1
Characiformes	Characidae	<i>Charax tectifer</i>	0	1
Characiformes	Characidae	<i>Hemigrammus sp.</i>	1	1
Characiformes	Characidae	<i>Hemibrycon sp.</i>	0	1

Cuadro 3-64 Lista de especies de peces muestreadas en ambas épocas

Orden	Familia	Especie	Época húmeda	Época seca
Characiformes	Characidae	<i>Hemibrycon aff. Metae</i>	1	0
Characiformes	Erythrinidae	<i>Hoplias malabaricus</i>	0	1
Characiformes	Iguanodectidae	<i>Bryconops inpai</i>	0	1
Characiformes	Lebiasinidae	<i>Pyrrhulina cf. laeta</i>	1	1
Chichliformes	Cichlidae	<i>Aequidens tetramerus</i>	1	0
Chichliformes	Cichlidae	<i>Bujurquina sp.</i>	0	1
Cyprinodontiformes	Cynolebiidae	<i>Anablepsoides sp.</i>	2	0

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

Cuadro 3-65 Número de especies de peces por orden

Orden	Época húmeda	Época seca
	S0-113-HB-PEC-1-001.2	S0-113HB-PEC-1-001.2
	N° de individuos	
Characiformes	4	8
Cichliformes	1	1
Cyprinodontiformes	1	0
Total de especies	6	9

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

3.7.8.2 Abundancia y diversidad

En época húmeda, se registró un total de 42 individuos de peces, de los cuales el 92,85 % correspondieron al orden Characiformes (39 individuos), seguido de Cyprinodontiformes con 4,76 % (2 individuos) y 2.39% de Cicliformes (1 individuo).

El pez más abundante fue *Moenkhausia sp.* (Characiformes: Characidae) con 36 individuos.

En época seca, se registró un total de 9 individuos de peces, de los cuales el 88,88 % correspondieron al orden Characiformes (8 individuos), seguido de Cichliformes con 11,22 % (1 individuos).

Cuadro 3-66 Abundancia de especies de peces por orden en las estaciones de monitoreo

Orden	Época húmeda	Época seca
	S0-113-HB-PEC-1-001.2	S0-113-HB-PEC-1-001.2
	N° de individuos	
Characiformes	39	8
Cichliformes	1	1
Cyprinodontiformes	2	0
Total	42	9

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

En época húmeda, la estación S0-113-HB-PEC-1-002 registró valores bajos de diversidad ($H' = 0,663$ bits/ind, $1-D = 0,260$ probits/ind), además el valor de equidad de Pielou^z fue bajo, es decir, la comunidad no es homogénea y presenta especies particularmente dominantes.

En época seca, la estación S0-113-HB-PEC-1-002 registró valores medio a altos de diversidad ($H' = 2,197$ bits/ind, $1-D = 0,888$ probits/ind), además el valor de equidad de Pielou^{aa} fue alto ($J' = 1$), es decir, la comunidad es heterogénea y no presenta especies particularmente dominantes.

Cuadro 3-67 Número de especies, individuos e índices de diversidad del necton (peces)

Índice	Época húmeda	Época seca
	S0-113-HB-PEC-1-002	S0-113-HB-PEC-1-002
	Índices	
Riqueza específica (S)	6	9
Total de individuos	42	9
Índice de Margalef (D)	1,338	3,641
Equidad de Pielou (J')	0,353	1
Índice de Shannon y Wiener (H')	0,663	2,197
Índice de Simpson (1-D)	0,260	0,888

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 zonas cercanas pescan con atarraya y red de espera con fines de consumo humano directo. Sin embargo, las especies colectadas no son utilizadas con estos fines.

3.7.8.3 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. Sólo para el Cadmio, las muestras de tejido muscular presentaron valores

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

ligeramente superiores a lo permitido, en época húmeda. Para el caso del Bario se tomó adicionalmente como referencia lo publicado por Paredes y Miglio (2018)^{bb}.

Por otro lado, 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 estipulados en el DS 004-2017 MINAM (Categoría 4) como referencia (Paredes y Miglio, 2018) para los demás elementos (Antimonio, Arsénico, Cadmio, Cobre, Cromo, Mercurio, Níquel, Plomo, Selenio, Talio, Zinc y Bario). Luego de la comparación, se observa que solamente el Cromo, Níquel, y el Selenio presentaron valores ligeramente altos; y el Bario y Zinc presentaron valores muy por encima de los permitidos (Ver también cuadros 3-42 y 3-43). Se revisó el *Codex Alimentarius* elaborado por la FAO-OMS (1985), y no se encontraron coincidencias aplicables al presente estudio.

Cuadro 3-68 Valores de metales pesados en peces durante muestreo del sitio S0113 (Sitio 13) respecto a LMP en RDE N° 057-2016-SANIPES-DE y el DS 004-2017 MINAM

Metales pesados	Valores en Peces - S0113 (Sitio 13)		LMP en Normativa Nacional	
	Época húmeda	Época seca	RDE-057.2016-SANIPES-DE	DS 004-2017 MINAM
Bario	Más de 20 mg/kg	Más de 20 mg/kg		1 mg/kg
Cadmio	0,098 mg/kg	0,027 mg/kg	0,05 mg/kg	0,00025 mg/kg
Cromo	0,15 mg/kg	0,03 mg/kg		0,011 mg/kg
Mercurio	0,021 mg/kg	0,116 mg/kg	0,5 mg/kg	0,0001 mg/kg
Níquel	0,136 mg/kg	0,135 mg/kg		0,052 mg/kg
Plomo	0,15 mg/kg	0,204 mg/kg	0,3 mg/kg	0,0025 mg/kg
Selenio	0,207 mg/kg	0,279 mg/kg		0,005 mg/kg
Zinc	24,9 mg/kg	mayor a 50 mg/kg		0,12 mg/kg

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

3.7.8.4 Interpretación de resultados

Para los peces colectados en esta estación, se observó dominancia del orden Characiformes, lo cual corrobora estudios anteriores para la Amazonía peruana (Ortega *et al.*, 2007; Ortega *et al.*, 2010, Ortega *et al.*, 2012).

Las altas concentraciones para Bario en las muestras de tejido muscular de pez en todas las estaciones colectadas, así como la concentración de Zinc, podría deberse a la presencia de estos metales en el sedimento y agua de los cuerpos de agua evaluados, ya sea de forma natural o por pasivos ambientales debido a los derrames de hidrocarburos en años anteriores a la presente evaluación.

^{bb} Ecological risk assessment of barite (BaSO₄) using ecotoxicological tests with twelve organisms. *Ecología Aplicada*, 17 (1), 2018

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 las figuras 3-25, 3-26 y 3-27.

Se presenta en esta figura el polígono del área impactada, secciones en profundidad con la presencia de metales (tomando el Ba como base para el modelo) y las fracciones pesadas de hidrocarburos (F2 y F3), y un perfil estratigráfico que define, 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 impactado.

La superficie y volumen de suelo impactado no necesariamente implica la cantidad de suelo a remediar. Para el sitio S0113 (Sitio 13) se toma como superficie y volumen contaminado la comprometida por los contaminantes presentes (mayor representatividad) en el sitio impactado. Para este caso la predominancia de contaminantes la observan los metales B, Cu, Ni, Se, V, Pb, Zn, Ba, Cr y Hg y las fracciones pesadas de hidrocarburos. No obstante, la ocurrencia de estos (tanto metales como fracciones resulta muy baja). Igualmente aparece el naftaleno (HAPs) pero únicamente en tres puntos de muestreo.

La superficie potencial contaminada compromete casi el 30 % aproximadamente, del área total del sitio impactado en los estratos 0,00-0,6 m y 0,6-1,5 m, para la fracción de hidrocarburos F2. Para el caso de la fracción F3 entre un 5-10 % en los mismos estratos. La mancha de contaminación por fracciones de hidrocarburos incrementa (con la profundidad) casi en un 10 % entre el primero y el 2do estrato, tanto para las fracciones F2 como para F3. No obstante, se observa hasta 1,5 metros de profundidad.

Los metales observan un comportamiento similar a las fracciones, pero su incremento con la profundidad es mucho mayor que las fracciones de hidrocarburos.

En cuanto al volumen de suelo contaminado, para las fracciones y metales, incrementa notablemente con la profundidad. En total se estima un volumen de 12,000 m³ de suelo contaminado aproximadamente, entre fracciones pesadas de hidrocarburos y metales para el sitio impactado S0113 (Sitio 13).

Cuadro 3-69 Estimación de volúmenes contaminados - Fracción de hidrocarburos F2

Estimación de Volúmenes Contaminados - Fracción de hidrocarburos F2		
Profundidad (m)	Superficie (m ²)	Volumen (m ³)
0,00-0,60	2 229,67	1 337,80
0,60-1,50	3 221,30	2 899,17
1,50-3,60	0,00	0,00
Total		4 236,97

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

Cuadro 3-70 Estimación de volúmenes contaminados - Fracción de hidrocarburos F3

Estimación de Volúmenes Contaminados - Fracción de hidrocarburos F3		
Profundidad (m)	Superficie (m ²)	Volumen (m ³)
0,00-0,60	488,36	293,02
0,60-1,50	1 137,10	1 023,39
1,50-3,60	0,00	0,00
Total		1 316,41

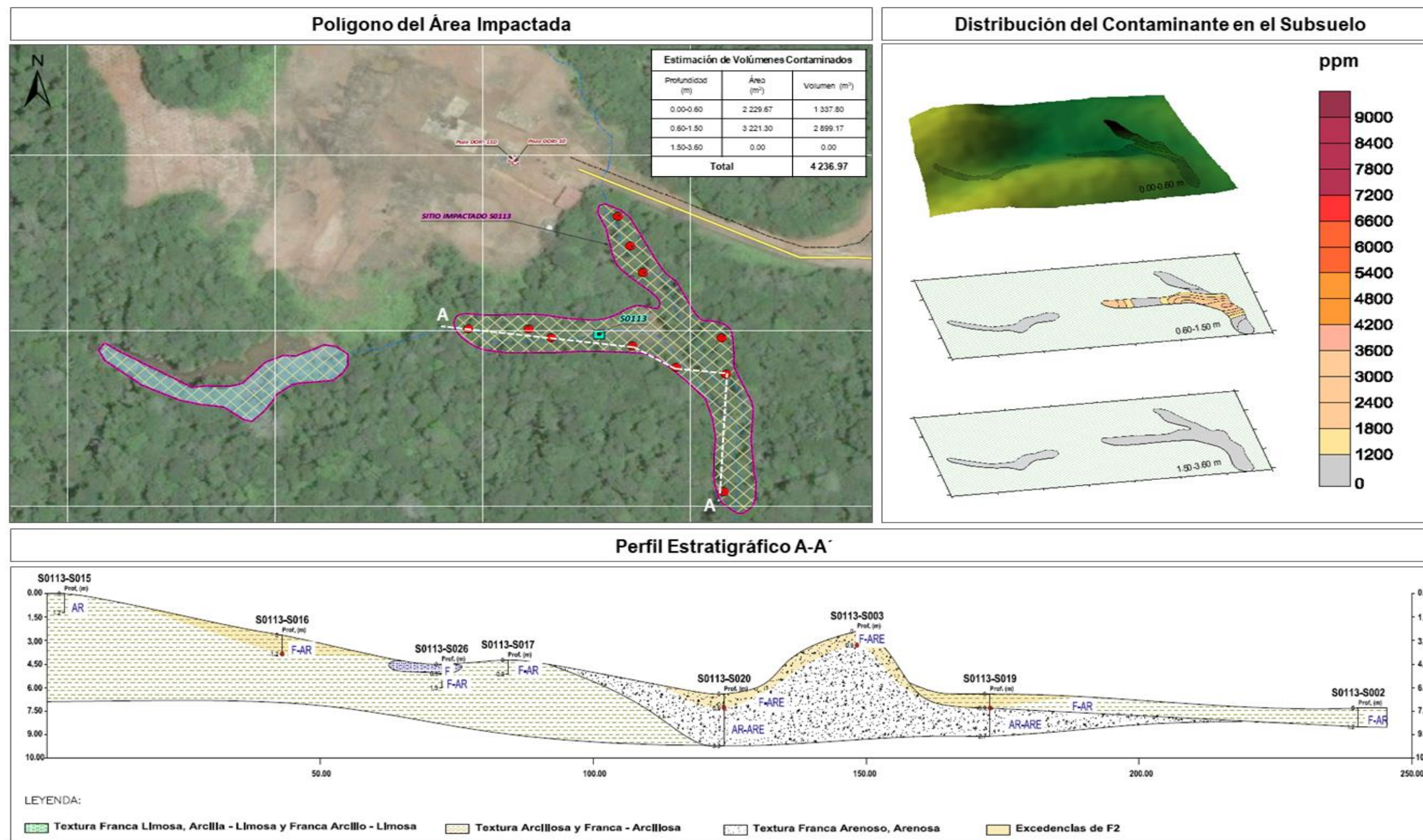
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 3-71 Estimación de volúmenes contaminados - Metales

Estimación de Volúmenes Contaminados - Metales (Ba)		
Profundidad (m)	Superficie (m ²)	Volumen (m ³)
0,00-0,60	1 597,92	958,75
0,60-1,50	5 277,17	4749,45
1,50-3,60	0,00	0,00
Total		5 708,21

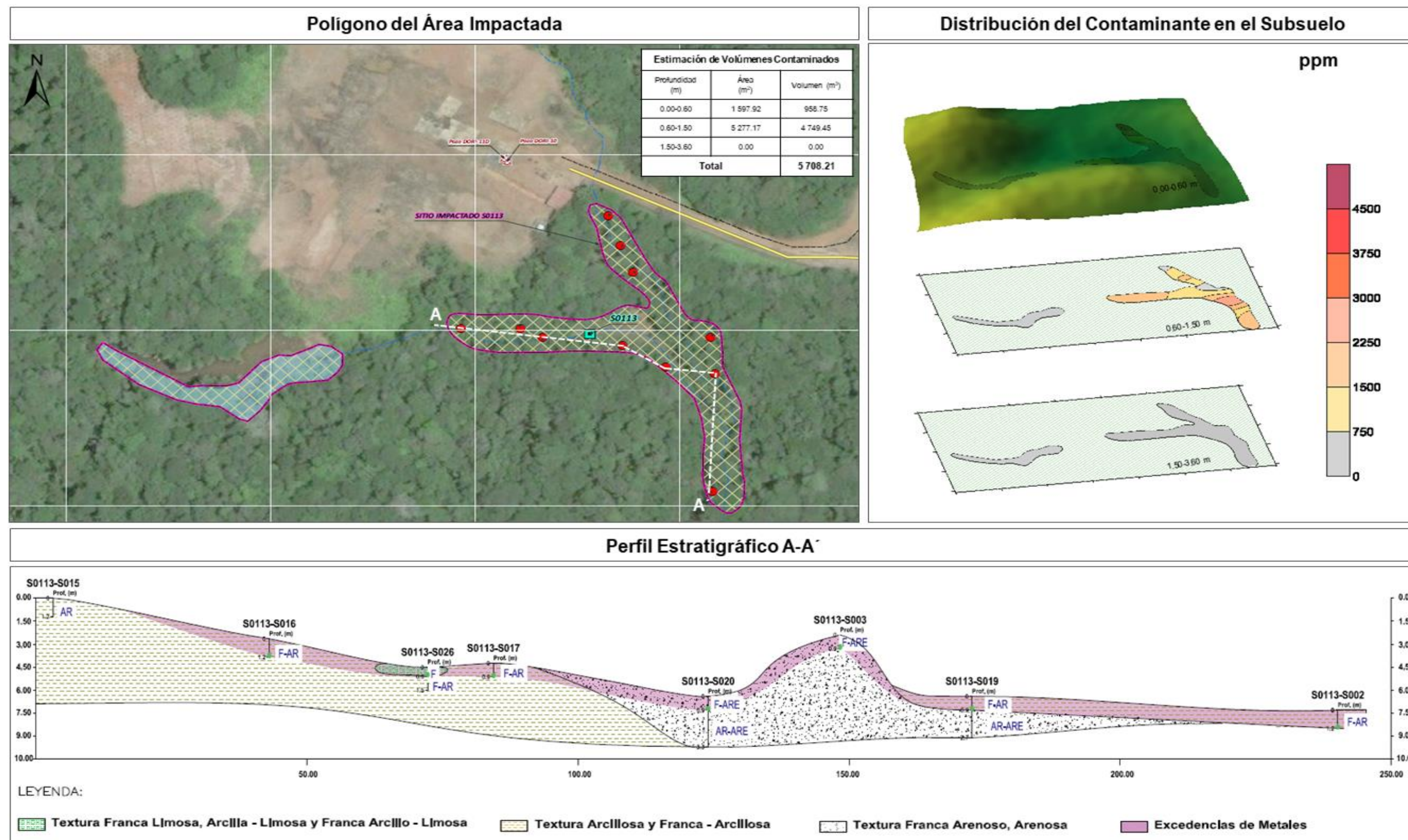
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Figura 3-25 Delimitación del sitio impactado, isoconcentraciones, perfil de contaminación por tipo de suelo - Fracción de hidrocarburos F2



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

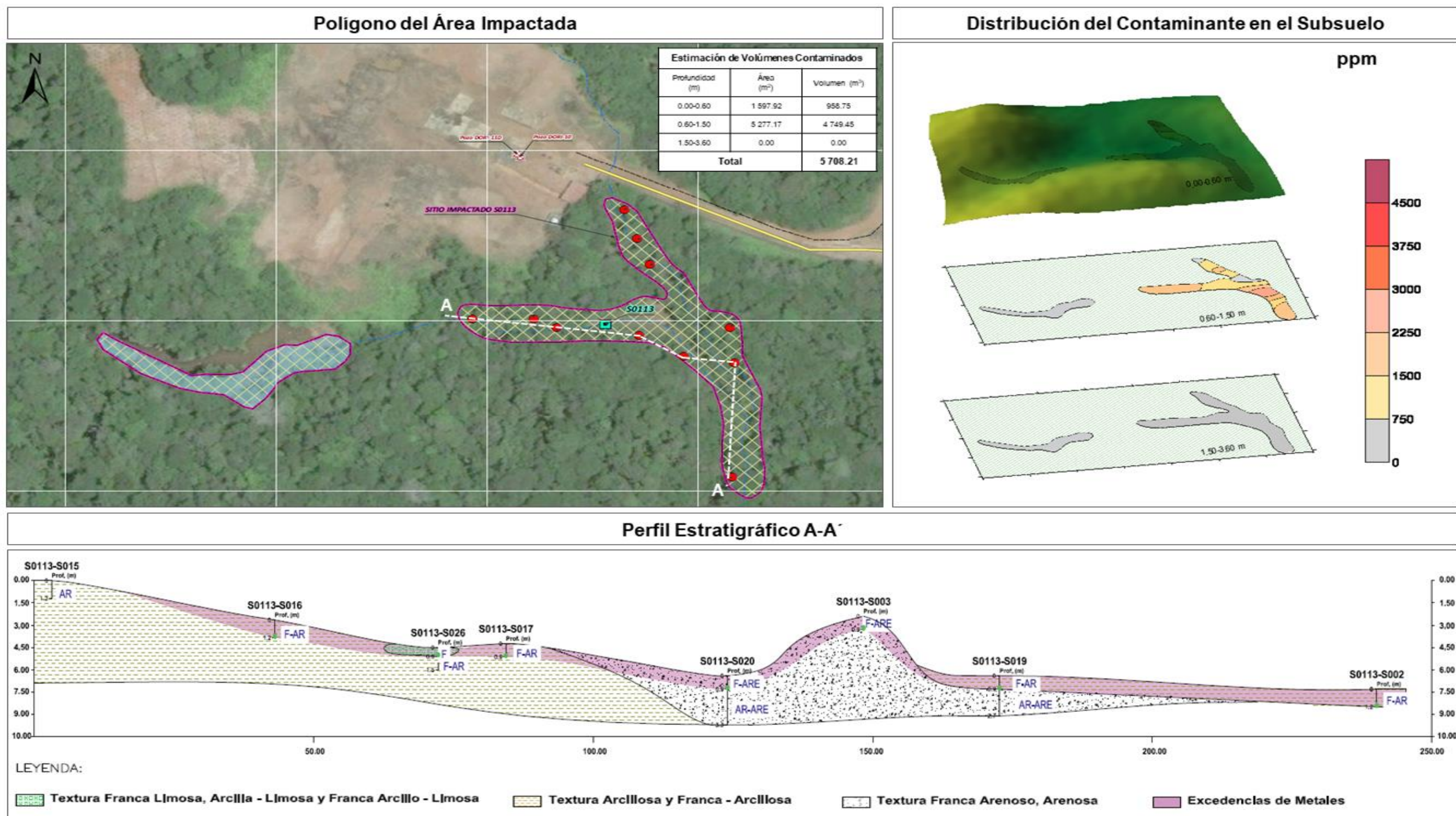
Figura 3-26 Delimitación del sitio impactado, isoconcentraciones, perfil de contaminación por tipo de suelo - Fracción de hidrocarburos F3



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

Figura 3-27 Delimitación del sitio impactado, isoconcentraciones, perfil de contaminación por tipo de suelo - Metales

INTEGRACIÓN DE RESULTADOS (Metales)



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

3.9 Desarrollo del Modelo Conceptual Inicial, considerando:

El modelo conceptual inicial (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.

El sitio impactado S0113 (Sitio 13) se encuentra cercano a un área con pozos en actividad operacional, uno de producción y uno de inyección (DORI-11D y DORI-10). Asimismo, se observa una fuerte pendiente desde la potencial fuente (pozos, *slump tank*) que dinamiza el transporte por escorrentía superficial del hidrocarburo. El área se localiza específicamente en una microcuenca, está limitada por las laderas de unas colinas y en la parte superior se localiza una cocha aparentemente también contaminada.

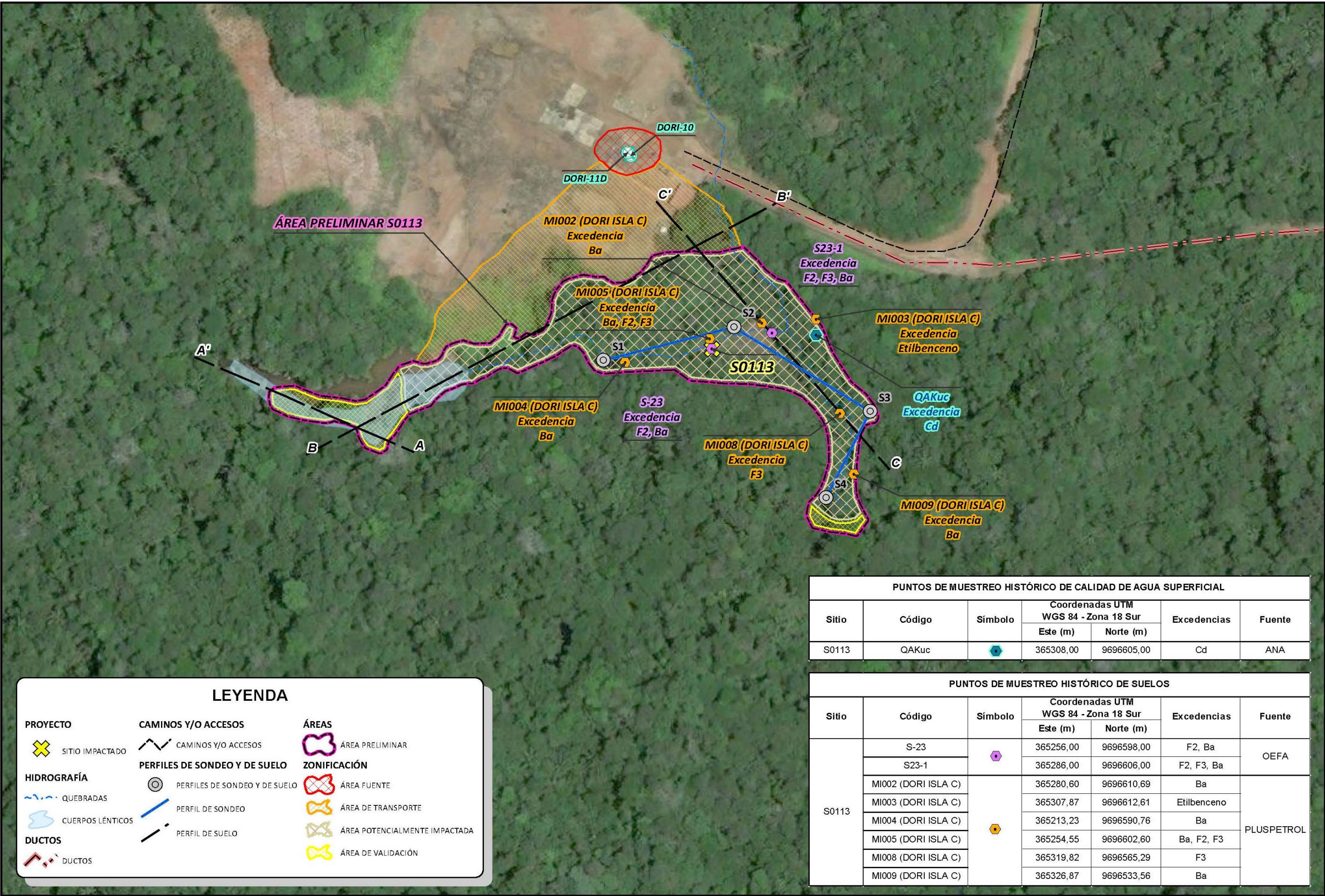
De acuerdo con la información obtenida en campo se ubica una posible fosa API o tanque sumidero que pudiera ser otra posible fuente de contaminación. Se evidencia actividad cinegética en el entorno del sitio y se evidencia contaminación superficial por lo que se infieren eventos recientes que se acumulan en el mismo sitio.

El sitio puede estar sujeto a cambios por la temporalidad de las lluvias incrementando de manera significativa los volúmenes de agua.

Antes de la presente investigación no se había realizado una caracterización del sitio de acuerdo con la información bibliográfica y documental del sitio.

Por lo indicado en párrafos anteriores se delimitó la concentración del contaminante de acuerdo con el polígono que se observa en la Figura 3-28.

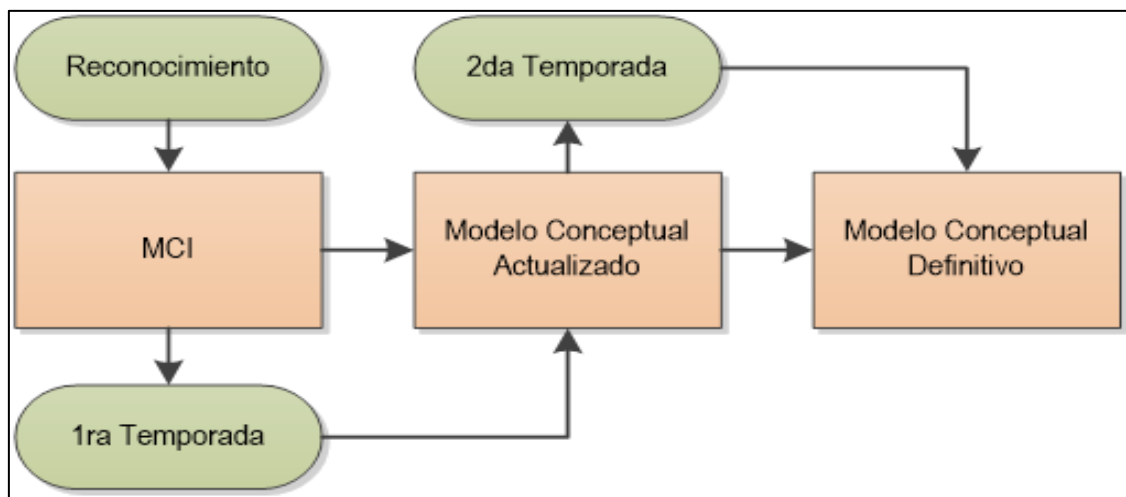
Figura 3-28 Área potencialmente impactada de acuerdo con el MCI



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

El polígono mostrado se trata del Área Potencialmente Impactada de acuerdo con el MCI, como primera fase que se sustenta en la salida de reconocimiento, en la Figura 3-29 se muestra un flujograma de la evolución del Modelo Conceptual.

Figura 3-29 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 en investigación, donde se generó una incertidumbre al NE y el Sur del polígono, puesto que los puntos que bordean el mismo en estas direcciones evidenciaron contaminación por encima de los estándares de calidad para suelos.

Para la segunda temporada de muestreo se desarrolló el Modelo Conceptual Actualizado tomando en cuenta los resultados analíticos de la primera temporada, 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 temporada eran propios del suelo natural).

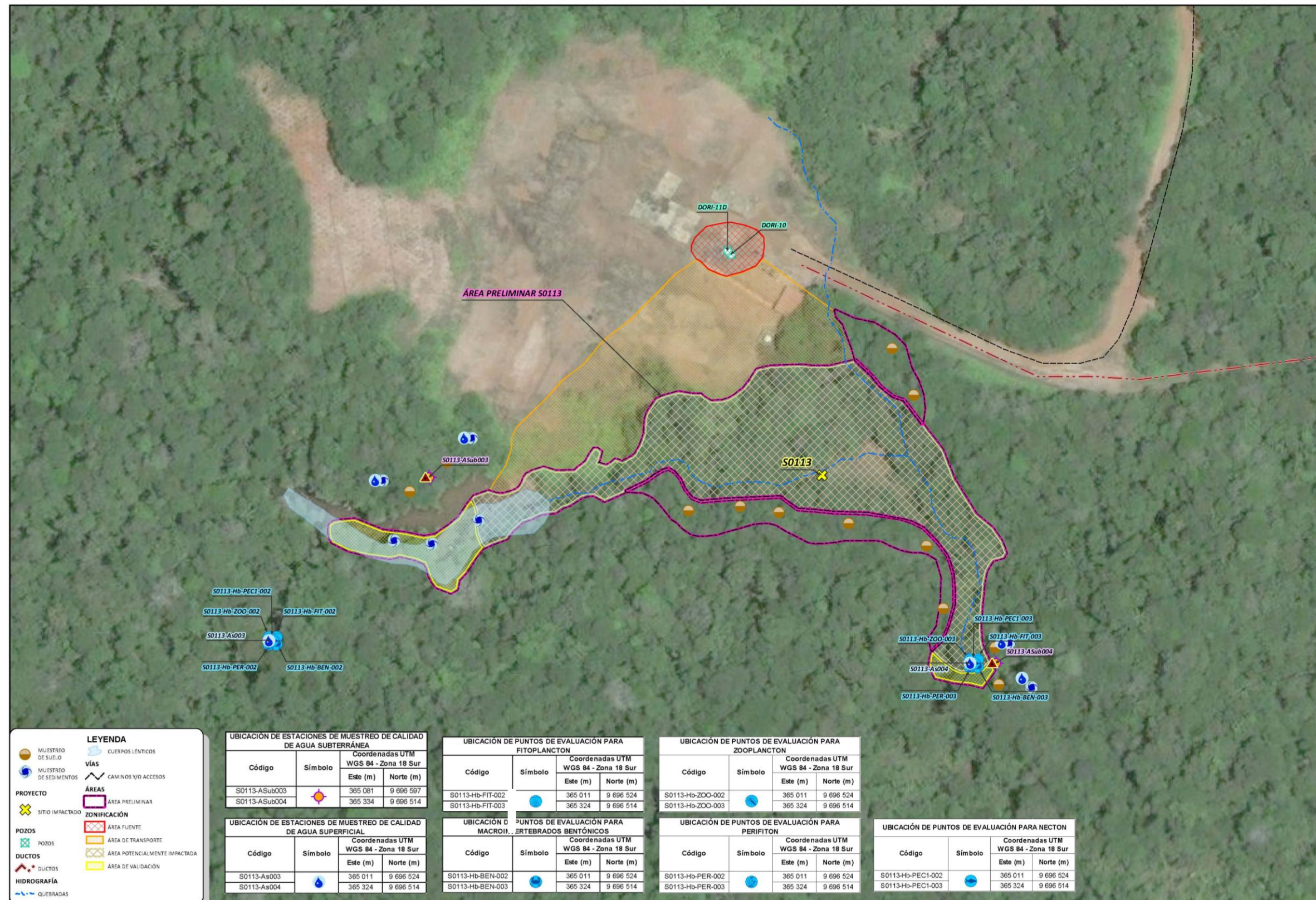
Premisas para la actualización del modelo conceptual para la segunda salida

La actualización del MCI se realiza con base en los resultados obtenidos de la primera época, 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 en investigación esto se puede observar en la Figura 3-30.

Figura 3-30 Modelo conceptual actualizado con puntos confirmatorios



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

3.9.1 Fuentes de los contaminantes.

La fuente primaria proviene de accidentes operaciones o prácticas inadecuadas en el área operativa adyacente, por fugas en los pozos productor (en ese entonces) Dori-10 y Dori-11 durante las operaciones de Occidental (hace más de 30 años).

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 sedimentos en la cocha, fauna asociada a este ecosistema y posibles receptores humanos lo indicado se ilustra en la Figura 3-31, que simula la dirección del flujo del contaminante en suelo, además del posible proceso de percolación o lixiviación.

Mapa conceptual sinóptico

365000 365100 365200 365300 365400

9696700

9696600

9696500

DORI-10

DORI-11D

S0113

S0113

LEYENDA

PROYECTO

W/O IMPACTADO

POZOS

POZOS

HIDROGRAFÍA

HIDROGRAFÍA

CUERPOS LÉNTICOS

DUCTOS

DUCTOS

CAMINOS Y/O ACCESOS

CAMINOS Y/O ACCESOS

ÁREAS

ÁREA FUENTE

ÁREA DE TRANSPORTE

ÁREA POTENCIALMENTE IMPACTADA

ÁREA DE VULNERACIÓN

INSTALACIONES

INSTALACIONES

ZONIFICACIÓN

ÁREA FUENTE

ÁREA DE TRANSPORTE

ÁREA POTENCIALMENTE IMPACTADA

ÁREA DE VULNERACIÓN

MEDIO DE TRANSPORTE

SECO

HUMED

PERCOLACIÓN/ALIVIANACIÓN

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 serían la flora y fauna contaminadas, que de manera incidental podrían ser recolectadas o cazadas para uso humano.

Cuadro 3-72 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 40 % del área total del sitio. Por ser una zona estacionalmente inundable, los accesos para realizar actividades de recolección en todo el lugar son bastante limitados. No se reportaron especies vegetales susceptibles a uso por parte de pobladores locales ni se observaron indicios de recolección de especies vegetales, por lo que la probabilidad de exposición humana a contaminantes es muy baja.

Fauna. La única especie de fauna que se logró registrar mediante observaciones indirectas fue *Tapirus terrestris* "Tapir", especie que no suele ser cazada por la población de las CCNN, por lo que la probabilidad de exposición humana a contaminantes es muy baja.

Peces. El sitio no representaría un riesgo alto de exposición a contaminantes en la medida que la cocha presente en sus inmediaciones no es utilizada -de manera habitual- para actividades de pesca artesanal u otras actividades. Es decir, la población evita pescar en estos lugares por temor a "contaminarse" con residuos de hidrocarburos. Sólo se encontraron valores altos de metales pesados en Bario y Zinc según la Normativa Nacional, los cuales podrían deberse a características geológicas propias de la zona, o contrariamente, a derrames sucedidos en años anteriores.

Por otro lado, en el sitio evaluado se encuentran dos quebradas, una al este estacional y una quebrada permanente al sur, confluyendo al sureste del polígono, 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.

Fotografía 3-13 Bosque de terrazas inundables en el sitio S0113 (Sitio 13)



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

3.9.4 Posible migración de los contaminantes de un medio físico a otro.

Para los Planes de Rehabilitación el movimiento de los metales pesados a través de las diferentes litologías producido por el flujo de agua subterránea es en dirección oeste a este. 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 en la zona cercana en la cocha, pero en la zonas cercanas al piezómetro S0113-Pz-02 el movimiento potencial vertical se estima sea como máximo 7 metros de profundidad, según los resultados de la tomografía eléctrica está presente capas de arcillas más compactas a mayor profundidad de las ya mencionadas que actúa como material impermeable. Los hidrocarburos presentes como elementos contaminantes en el sitio S0113 (Sitio 13) 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.

3.9.5 Factores que modifiquen el efecto de los contaminantes sobre los receptores.

Se pueden mencionar los siguientes grupos de factores que pudieran modificar el efecto de contaminantes sobre los receptores:

- **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.

Se presenta los cuadros resumen para los puntos de muestreo que exceden los estándares de calidad y solo para los parámetros de concentración.

Cuadro 3-73 Resumen de excedencias de muestras de suelo - Época húmeda

Código de Muestra	Coordenadas UTM ^(a)		Fecha de muestreo	Clase Textural	Barrio Total	Cadmio Total	Plomo Total	HT C10-C28	HT C28-C40	Naftaleno
	Este	Norte								
Unidades										
Estándar de Calidad Ambiental para Suelo – Categoría Uso Agrícola (D.S. N° 011-2017-MINAM)										
S0113-S002-1.20	365 316	9 696 508	05/07/2018	Franco- Arcilloso	750	1.4	70	1200	3000	0.1
S0113-S003-0.90	365 293	9 696 579	08/07/2018	Franco- Arenoso	5000	2.2060	90.8	845.0	1195	-
S0113-S005-0.90	365 315	9 696 596	07/07/2018	Arcillosa	2550	0.5979	24.1	2472.0	2761	-
S0113-S006-1.20	365 271	9 696 648	07/07/2018	Franco- Arcilloso	11.63	0.0137	3.595	781.0	527	0.108
S0113-S007-0.30	365 265	9 696 665	07/07/2018	Franco- Arcilloso	1195	0.3559	16.6	228.0	61.4	0.003
S0113-S016-1.20	365 193	9 696 601	08/07/2018	Franco- Arcilloso	4901	0.7188	82.3	21551.0	11786	0.444
S0113-S017-0.90	365 233	9 696 596	08/07/2018	Franco- Arcilloso	3084	1.2172	48.3	4691.0	4721	-
S0113-S019-0.90	365 317	9 696 575	08/07/2018	Franco- Arcilloso	4035	7.0160	214	581.0	547	-
S0113-S020-0.90	365 272	9 696 591	05/07/2018	Franco- Arcilloso	4422	1.7707	69.8	6155.0	6337	-
S0113-S021-0.90	365 277	9 696 633	03/07/2018	Franco- Arcilloso	980.6	0.2177	13.6	5591.0	7471	3.1
					3324	1.6476	53.2	478.0	314	0.012

[a] Datum WGS 84 – Zona 18 Sur

Fuente: AGQ Perú SAC

Legenda:

No excede el ECA-Suelo (D.S. N° 011-2017-MINAM)
Excede el ECA-Suelo (D.S. N° 011-2017-MINAM)
- Parámetro no detectado

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

Cuadro 3-74 Resumen de excedencias de muestras de suelo - Época seca

Código de Muestra	Coordenadas UTM ^[a]		Fecha de muestreo	Clase Textural	Bario Total mg/kg PS
	Este	Norte			
Unidades					
Estándar de Calidad Ambiental para Suelo – Categoría Uso Agrícola (D.S. N° 011-2017-MINAM)					
S0113-S026-0.60	365 222	9 696 601	16/09/2018	Franca	750 1832

[a] Datum WGS 84 – Zona 18 Sur

Fuente: AGQ Perú SAC

Legenda:

No excede la normativa nacional
Excede el ECA-Suelo (D.S. N° 011-2017-MINAM)

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

Cuadro 3-75 Resumen de excedencias de muestras de agua superficial - Época húmeda

Sitio	Código de Muestra	Coordenadas UTM ^(a)		Fecha de Muestreo	pH	Fósforo
		Este	Norte			
Unidades						
Estándares de Calidad Ambiental para Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM) - Categoría 4 Subcategoría E2						
S0113 (Sitio 13)	S0113-As001	365 011	9 696 524	27/06/2018	6.5 - 9.0	0.05
	S0113-As002	365 324	9 696 514	27/06/2018	6.47	0.05
					5.6	0.029

[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 3-76 Resumen de excedencias de muestras de agua superficial - Época seca

Sitio	Código de Muestra	Coordenadas UTM ^[a]		Fecha de Muestreo	Oxígeno Disuelto	pH
		Este	Norte			
Unidades						
Estándares de Calidad Ambiental para Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM) - Categoría 4 Subcategoría E2						
S0113 (Sitio 13)	S0113-As001	365 011	9 696 524	15/09/2018	≥ 5	6.5 - 9.0
	S0113-As002	365 324	9 696 514	15/09/2018	3.9	5.2
					6.8	6.1

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 3-77 Resumen de excedencias de sedimentos - Época húmeda

Sitio	Código de Muestra	Coordenadas UTM [a]		Fecha de Muestreo	Clase Textural	Benzo (a) antraceno	Dibenzo (a,h) antraceno
		Este	Norte				
Unidades							
Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life (Estándares Canadá ISGG Agua dulce)							
S0113 (Sitio 13)	S0113-Sed002	365 324	9 696 514	27/06/2018	Areno Francosa	0.041	0.004
	S0113-Sed004	365 079	9 696 593	05/07/209	Arcillosa	0.005	0.011

Legenda:

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 3-78 Resumen de excedencias de muestras de agua subterránea - Época húmeda

Sitio	Código de muestra	Coordenadas UTM ^(a)		Fecha de muestreo	Oxígeno Disuelto	pH
		Este	Norte			
Unidades						
Alberta Tier (Groundwater) Remediation Guidelines						
S0113 (Sitio 13)	S0113-ASub001	365 081	9 696 597	9/07/2018	≥ 5	6.5 - 9.0
	S0113-ASub002	365 334	9 696 514	9/07/2018	4.47	5.69
					6.51	5.87

Legenda:

No excede la normativa internacional
Alberta Tier (Groundwater) Remediation Guidelines

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

Cuadro 3-79 Resumen de excedencias de agua subterránea - Época seca

Sitio	Código de muestra	Coordenadas UTM ^[a]		Fecha de muestreo	Oxígeno Disuelto	pH
		Este	Norte			
Unidades						
Alberta Tier (Groundwater) Remediation Guidelines						
S0113 (Sitio 13)	S0113-ASub001	365 081	9 696 597	15/09/2018	≥ 5	6.5 - 9.0
					5.23	4.79
	S0113-ASub002	365 334	9 696 514	16/09/2018	3.65	5.6

Legenda:

No excede la normativa internacional
Alberta Tier (Groundwater) Remediation Guidelines

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

Cuadro 3-80 Resumen de excedencias de peces - Época húmeda y 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 ^(*)						
S0113 (Sitio 13)	S0113-Hb-PEC1-002	365 324	9 696 514	2/07/2018	0.7 – 1 ^(**)	0.05
	S0113-Hb-PEC1-001.2	365 318	9 696 479	13/09/2018	> 20	0.0989
					> 20	0.0278

(*) 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.

3.10 Interpretación de los resultados.

De acuerdo con la evolución y cambios del modelo conceptual para el S0113 (Sitio 13), 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 3-32.

El sitio S0113 (Sitio 13) fisiográficamente compromete una microcuenca, alimentada o distorsionada en su dinámica aguas arriba por la presencia de un dique no natural, que regula parte del flujo de agua en la quebrada que discurre por el sitio impactado.

Se caracteriza por presentar una textura de suelos más o menos uniforme en todos los estratos, predominando las texturas franco-arcillosas en los estratos menores a 2 metros y las franco-arcillo-arenosas en los estratos mayores a 2 metros de profundidad. Esto implica que la variable textura de suelos no resulta una determinante en la dinámica de los contaminantes del sitio.

De acuerdo con los resultados de la geofísica, a través de la tomografía eléctrica, hacia la porción noroccidental del sitio impactado las arcillas impermeables se localizan a una profundidad aproximada de 12 metros. Sin embargo, hacia el extremo sur de la poligonal esta capa impermeable arcillosa se encuentra a una profundidad aproximada de 7 metros. Esta dinámica textural es coherente con la forma de la microcuenca.

La potencial migración de contaminantes es dominada por la pendiente del terreno en dirección oeste – sureste, desde el punto de vista horizontal y hasta los 7 metros en una hipotética migración vertical.

Los eventos de contaminación del sitio S0113 (Sitio 13) datan de hace más de 10 años, de acuerdo con la investigación histórica del lugar. No obstante, los eventos en el sitio han seguido ocurriendo en los últimos años, lo cual modifica o altera las condiciones esperadas del análisis de los resultados de la caracterización. Adicionalmente, de acuerdo con lo evaluado en campo, existen evidencias de operaciones inadecuadas con descargas de efluentes residuales o productos con descarga de hidrocarburos o sus componentes por tubería hacia la vertiente de la misma cuenca, en el extremo colindante con el área operacional. Por otro lado, de acuerdo con la información suministrada por el monitor ambiental, ha habido ejercicios de remoción manual de contaminantes en el sitio.

Para efectos de interpretar la foto de la contaminación en el sitio S0113 (Sitio 13), a partir de la interpretación de los resultados de laboratorio y campo, debemos establecer como hipótesis que la contaminación del sitio se produce por: hidrocarburos, derivados (diésel) o la posible descarga de agua de producción por inadecuada práctica operacional o por accidentes operacionales que provocaron descargas de este material contaminante.

Este hidrocarburo se depositó sobre la “vega” de la quebrada, y fue transportado aguas abajo por esta. Otra parte del material se depositó y mezcló con el sustrato de suelo franco-arcilloso y otra parte fue retirada manualmente. El petróleo liberado de manera incidental está sujeto a una serie de cambios físico-químicos y biológicos, lo que producen la meteorización del crudo, lo cual implica cambios en su composición. Las moléculas más livianas se evaporan y otros componentes son “lavados” por el agua y transportados por esta o depositados por gravedad en los sedimentos.

De acuerdo con la explicación anterior, el suelo identificado como impactado en el sitio S0113 (Sitio 13) mantiene baja presencia de hidrocarburos en sus fracciones F2 y F3 (5 puntos). Por otro lado, se encontró de forma más representativa la presencia de Bario, Cadmio y Plomo (11, 4 y 3 muestras, respectivamente), así como Naftaleno (HAPs, 3 puntos) con una menor ocurrencia. Los hallazgos a los que se hacen referencia ocurren entre los 0-1,20 metros. Por debajo de esta

profundidad no se consiguieron contaminantes para el sitio impactado. Los resultados de la caracterización se consideran coherentes con la dinámica de una microcuenca como la del sitio S0113 (Sitio 13).

Analizando los resultados se puede inferir que las fuentes o eventos de contaminación son diversas y de fechas distintas. Los metales encontrados Ba, Cd y Pb son regularmente encontrados en las operaciones petroleras en las aguas de producción. Al existir un pozo de inyección de agua de producción cercano al sitio impactado (< 100 m) se podría inferir la potencial filtración de este material en el proceso de inyección. Adicionalmente, los metales liberados por procesos de “lavado” por agua migran horizontalmente trasladados por cursos de agua superficial o se depositan en los sedimentos. Los resultados de análisis de metales en sedimentos fueron nulos, pero si arrojaron la presencia de hidrocarburos poliaromáticos. No encontrar Ba, Cd o Pb en los sedimentos, la presencia de HAPs de baja a media tasa de degradabilidad (600-800 días)^{cc} y la presencia de Naftaleno en el suelo (con degradabilidad aproximada de 40 días) indica que la contaminación del sitio S0113 (Sitio 13) es más o menos reciente (menor a 3 años) y que ocurre de forma recurrente.

Como reflexión final el sitio S0113 (Sitio 13) presenta niveles de contaminación, no relacionados con derrames de hace 10 años (como refería la revisión histórica de contaminación del sitio y lo indicado por el monitor ambiental). La focalización de los esfuerzos en remediación debe estar dirigida al tratamiento de los metales a lo largo del polígono que delimita el área.

Por otro lado, la cocha artificial que compromete el segundo polígono como área impactada, aun cuando sólo presenta un valor de contaminación en sedimentos para HAPs (con una degradabilidad aproximada de 800 días), presenta evidencias preocupantes y significativas de contaminación en los tejidos de peces, lo cual obliga a la atención de este espacio.

Desde el punto de vista hidrodinámico la recurrencia de eventos de contaminación pudiera implicar un elevado riesgo de migración por cuerpos de agua superficial y subterránea hacia cuerpos de agua mayores. La conceptualización de esta dinámica se puede evidenciar en la Figura 3-33.

Desde el punto de vista hidrodinámico la conceptualización del sitio S0113 (Sitio 13) nos permite inferir una potencialidad en la movilización o migración de los contaminantes presentes, en este caso metales y las fracciones F2 y F3 de hidrocarburos. La presencia de metales en el suelo responde a dos hipótesis: (1) Vertidos accidentales y/o (2) Fallas en los sistemas de inyección de agua producida del pozo de reinyección DORI-10D.

^{cc} Metcalf & Eddy (1993). Waste water engineering and reuse

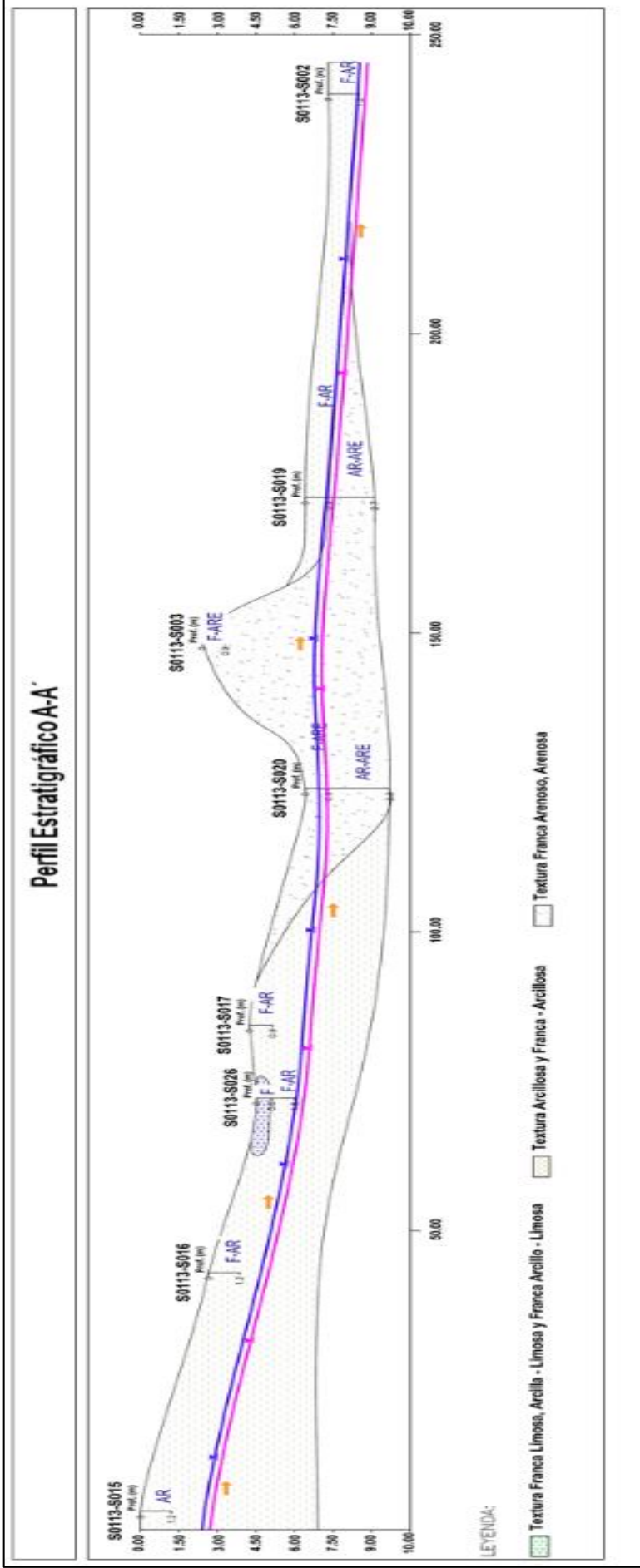
Douglas et al. (1996). Environmental stability of selected petroleum hydrocarbon source and weathering ratios. Environ. Sci. Technol. 1996. 30, 2332-2339

Figura 3-32 Sitio impactado S0113 (Sitio 13)



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

Figura 3-33 Conceptualización del modelo hidrodinámico



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

3.10.1 Determinación de los contaminantes.

Como se presentó en el acápite 3.9.7 los resultados de campo que formaron parte de este análisis fueron aquellos que excedían los estándares de calidad ambiental nacionales e internacionales previamente acordados para este estudio. En el sitio S0113 (Sitio 13) se determinaron como relevantes los siguientes contaminantes:

Suelos:

Bario	11 muestras / 10 puntos	Textura predominante Franco - arcillosa - arenosa	Profundidad máxima 1,20 metros
Cadmio	4 muestras / 4 puntos		
Plomo	3 muestras / 3 puntos		
Fracción F2 - F3	5 muestras / 5 puntos		
Naftaleno	3 muestras / 3 puntos		

47 muestras de suelo / 30 puntos de muestreo.

Sedimentos

Benzo (a) antraceno	1 muestra / 1 punto	Ubicado en el punto aguas abajo
Benzo (a,h) antraceno	1 muestra / 1 punto	Ubicado en la cocha localizada aguas arriba

Agua superficial

No se encontraron evidencias de contaminación.

Aguas subterráneas

Aluminio	4 muestras / 2 puntos	Aguas arriba / Aguas abajo
Hierro	1 muestra / 2 puntos	Aguas abajo
Manganeso	3 muestras / 2 puntos	Aguas arriba / Aguas abajo
Zinc	1 muestra / 2 puntos	Aguas arriba

Peces

En los peces se encontraron niveles de preocupación en: Cadmio, Bario. Sin embargo, las muestras de peces que se colectaron en ambas épocas tienen además valores “aparentemente” altos para otros metales, como el Aluminio, Estroncio, Manganeso, Hierro y Zinc. No obstante, la inexistencia de estándares nacionales o internacionales dificulta establecer con objetividad la condición de los tejidos de peces para estos metales. Adicionalmente es importante indicar que la presencia en concentraciones “elevadas” de metales en peces pareciera indicar la presencia de una fuente “viva” de contaminación o las descargas incidentales de agua de producción.

3.10.2 Aspectos que contribuyen a la degradación ambiental.

De acuerdo con el punto anterior y a los argumentos que permiten dar una explicación acerca de las causas de la contaminación en el S0113 (Sitio 13), se inclina la relevancia de la presencia de contaminantes hacia los metales: Ba, Cd, y Pb. La ocurrencia de fracciones pesadas de hidrocarburos no resulta representativa o más bien determinante para considerar una contribución importante para la degradación ambiental del sitio impactado.

Existe una hidrodinámica superficial y subterránea determinada por la fisiografía de la microcuenca, en la cual predomina una direccionalidad oeste - este, sur franco. Este curso de agua semi-estacional se conecta aguas abajo con el S0115 y finalmente termina en el río Macusari. La potencial movilidad de los metales bajo las condiciones previamente explicadas imprime una potencial contribución a la degradación ambiental.

Los vertidos no controlados de forma accidental o por prácticas operacionales inadecuadas pudiera ser el factor determinante en la degradación ambiental

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)

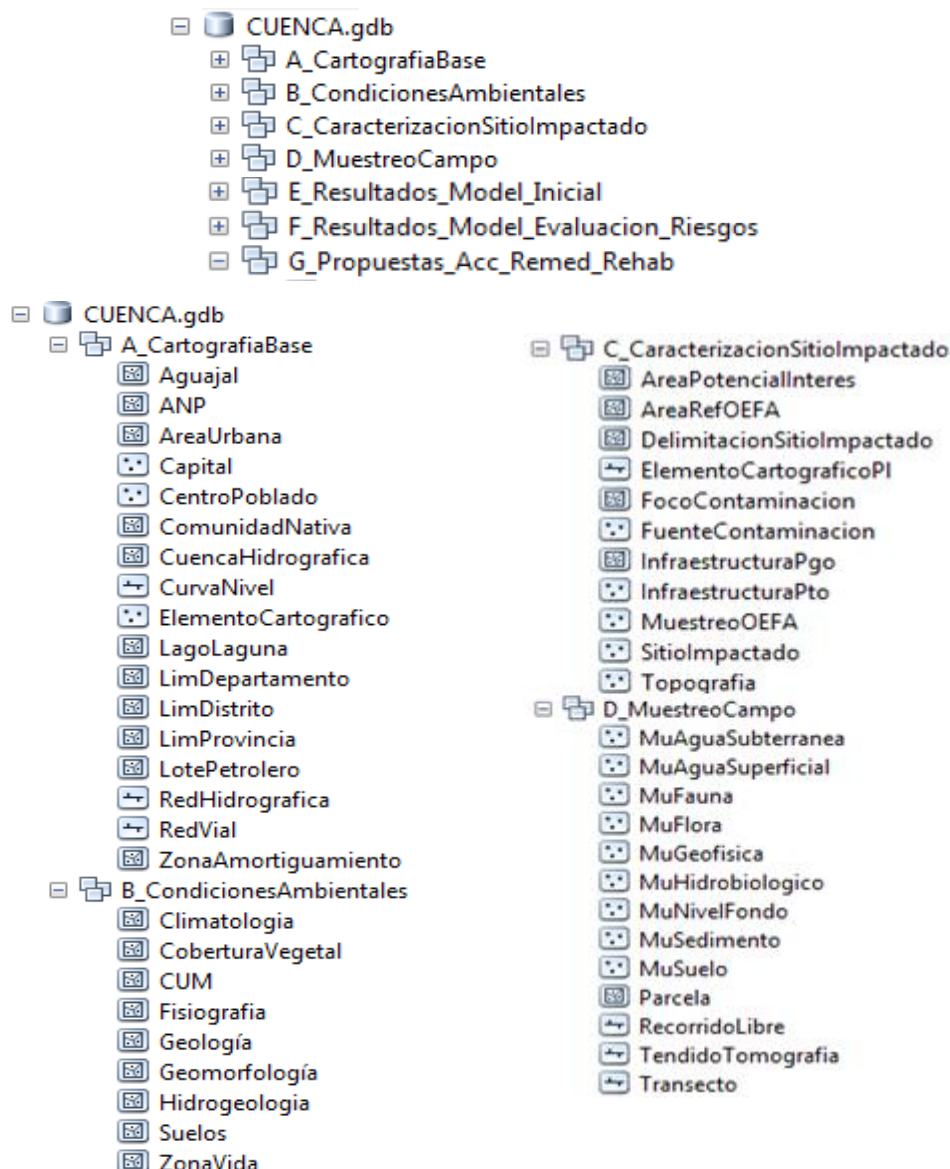
La base de información en donde se almacenará toda la información recopilada durante el desarrollo de proyecto será una **Geodatabase**, en donde se coleccionan datos espaciales, alfanuméricos y reglas de comportamiento, los cuales estarán interrelacionados.

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 grafica 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^{dd}

El ERSA es un instrumento de orientación que tiene como objetivo evaluar si la contaminación existente en el Sitio S0113 (Sitio 13) 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 S0113 (Sitio 13) 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 S0113 (Sitio 13). 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.

^{dd dd} 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 S0113 (Sitio 13) 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 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:

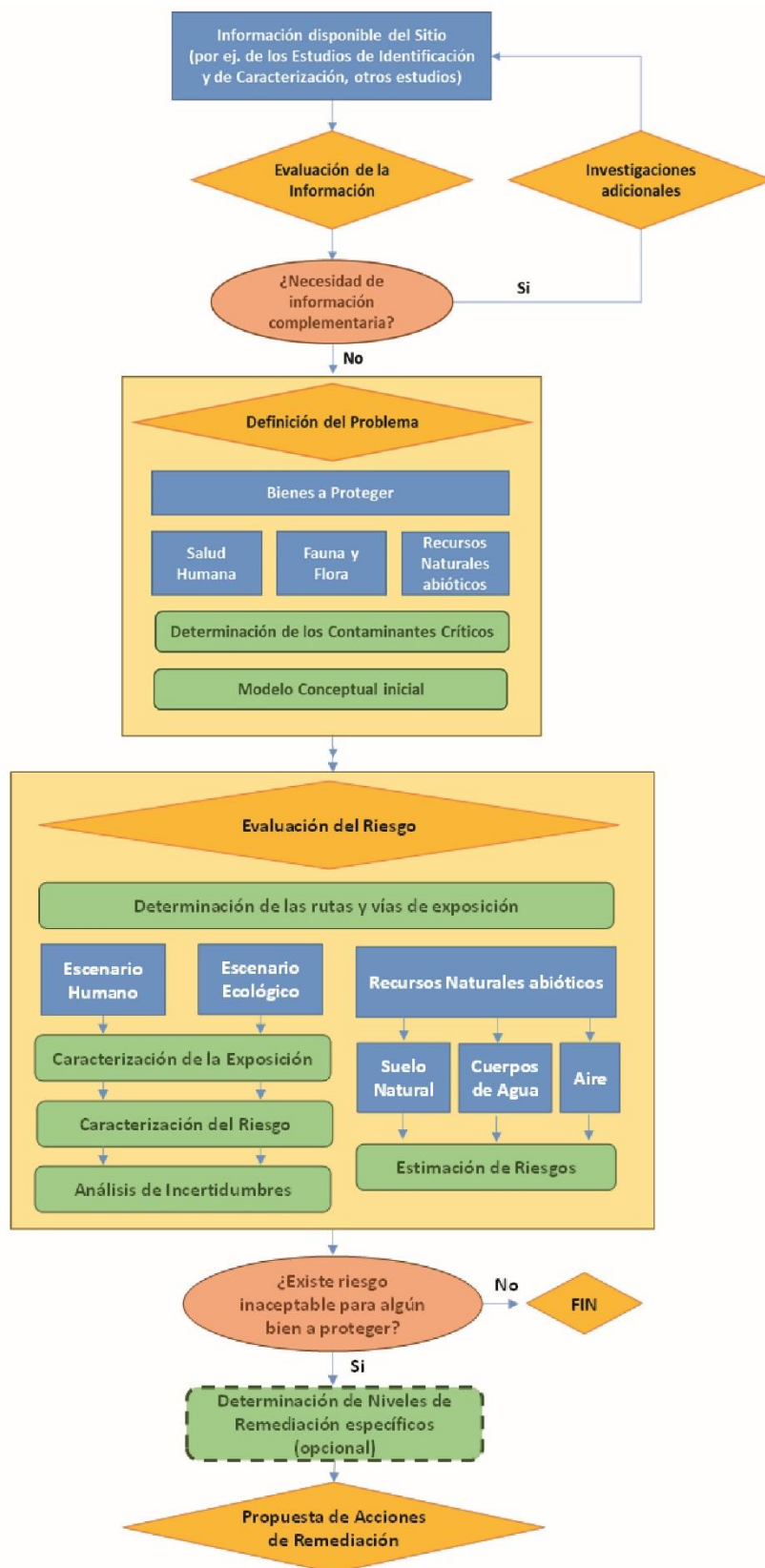
- Identificación de las rutas y vías de exposición.
- Caracterización de los receptores y escenarios de exposición.
- Selección de factores de exposición.
- Cálculo de la dosis de exposición.

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

Si bien no se tiene un dato exacto sobre el primer derrame ocurrido en el sitio S0113 (Sitio 13), de acuerdo a lo manifestado por los monitores locales durante el trabajo de campo (etapa de reconocimiento y labores de muestreo), el derrame de petróleo se produjo hace 40 años aproximadamente como parte de las actividades extractivas de hidrocarburos por Occidental Petroleum Corporation del Perú (OXY). Asimismo, de acuerdo con los registros históricos relacionados al sitio, las evidencias en campo durante la etapa de reconocimiento y labores de muestreo; se tiene que en el sector norte del sitio S0113 (Sitio 13), específicamente a los alrededores del barreno S008 (E: 365 236; N: 9 696 657), se situaba un tanque de Diésel y un tanque sumidero; donde el primero generó un derrame del fluido en el año 2010.

Cuadro 4-1 Fuentes potenciales de contaminación del sitio S0113 (Sitio 13)

Fuente potencial	Coordenadas UTM WGS-84		Estado	Descripción
	Este (m)	Norte (m)		
Pozo DORI 10	365 216	9 696 706	Inactivo	Se evidenció esta infraestructura en los trabajos de campo durante la fase de reconocimiento
Pozo DORI 11D	365 214	9 696 706	Activo	Trabajo de campo durante la fase de reconocimiento
Tanque sumidero del Pozo DORI 12	(-)	(-)	No se evidenció en campo	Entrevistas a monitores ambientales
Tanque sumidero de los Pozos DORI 10 Y DORI 11D	(-)	(-)	No se evidenció en campo	Entrevistas a monitores ambientales

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

La información de caracterización relevante para la definición del problema se presenta a continuación:

El sitio S0113 (Sitio 13) se relaciona directamente con la ubicación de los pozos DORI-10, DORI-11D, DORI-12XD y la Batería Dorissa (los 2 últimos se encuentran más alejado del sitio). Si bien no se tiene un dato exacto sobre el primer derrame ocurrido en el sitio S0113 (Sitio 13), de acuerdo con lo manifestado por los monitores locales, el derrame de petróleo se produjo hace 40 años (aproximadamente) como parte de las actividades extractivas de hidrocarburo.

B) Características generales naturales del sitio

Geológicamente el sitio S0113 (Sitio 13) se localiza 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).

Las unidades geológicas presentes en el área son: Depósitos Aluviales Recientes, Depósitos Aluviales Antiguos y Formación Ipururo.

Hidrogeológicamente, se tiene que en el sitio S0113 (Sitio 13) el flujo del agua subterránea se da en un medio poroso, el cual está controlado básicamente por las características detríticas de la zona. Esta litología detrítica domina el movimiento del flujo subterráneo, el cual se encuentra gobernado por la ley de Darcy y de forma empírica describe el movimiento subterráneo en un medio poroso; siendo aquellos formados por agregados de partículas que dejan intersticios o poros entre ellos, circulando a través de ellos el agua subterránea.

El área de estudio se caracteriza por que su formación vegetal predominante es Bosque de terrazas inundables, cuyas especies vegetales representativas son de porte arbustivo y arbóreo. En la parte baja cerca del río se puede observar predominancia de vegetación herbácea y arbustiva, inundada casi en su totalidad en la época húmeda del año.

Hidrológicamente, el área de estudio se sitúa dentro de la cuenca del río Corrientes el cual tiene sus orígenes en los andes ecuatorianos y se tiene como principales afluentes a los Macusari, Platanoyacu, Capirona y Copalyacu (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 otro lado, las unidades fisiográficas de extensión en el sitio S0113 (Sitio 13) son las colinas bajas ligeramente disectadas en rocas terciarias y las colinas bajas moderadamente disectadas en rocas terciarias. A lo largo de los principales cursos de las quebradas se presenta ligeras terrazas bajas eventualmente inundables dominantes.

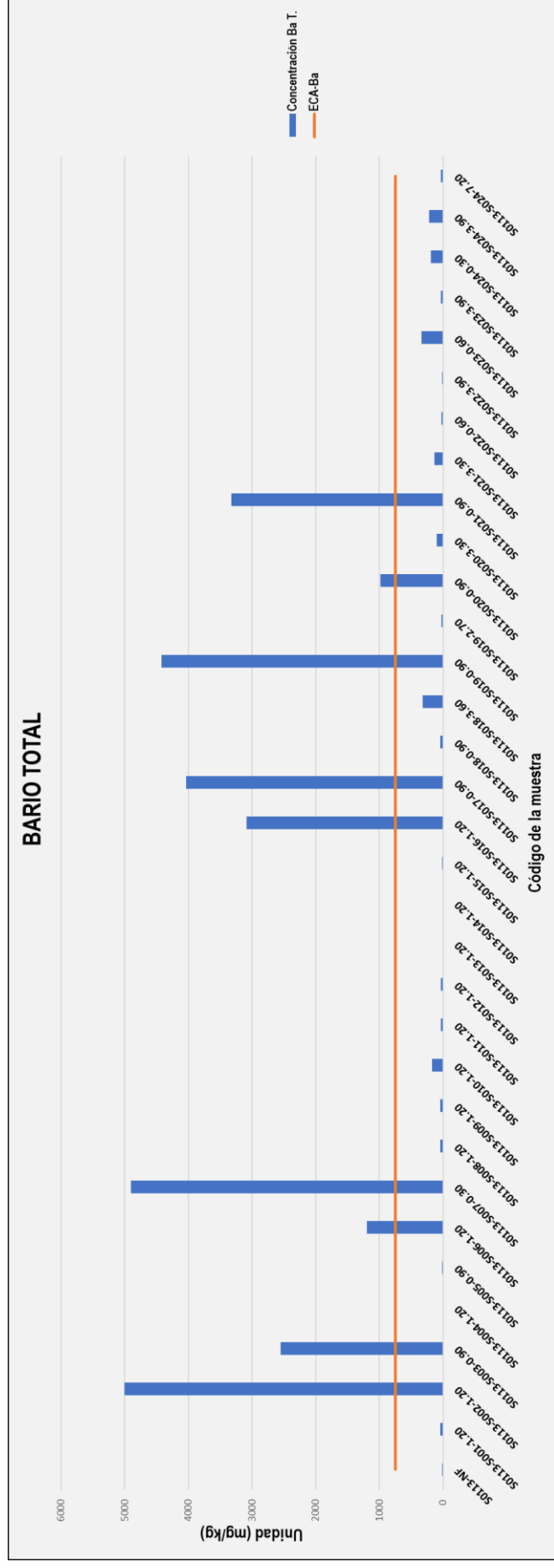
C) Caracterización de la contaminación

• Descripción de resultados en suelo

Se analizaron cuarenta y cuatro (44) muestras de suelo y una (1) muestra a nivel de fondo, de las cuales treinta y dos (32) muestras corresponden a la época húmeda y doce (12) muestras a la época seca donde se obtuvo lo siguiente:

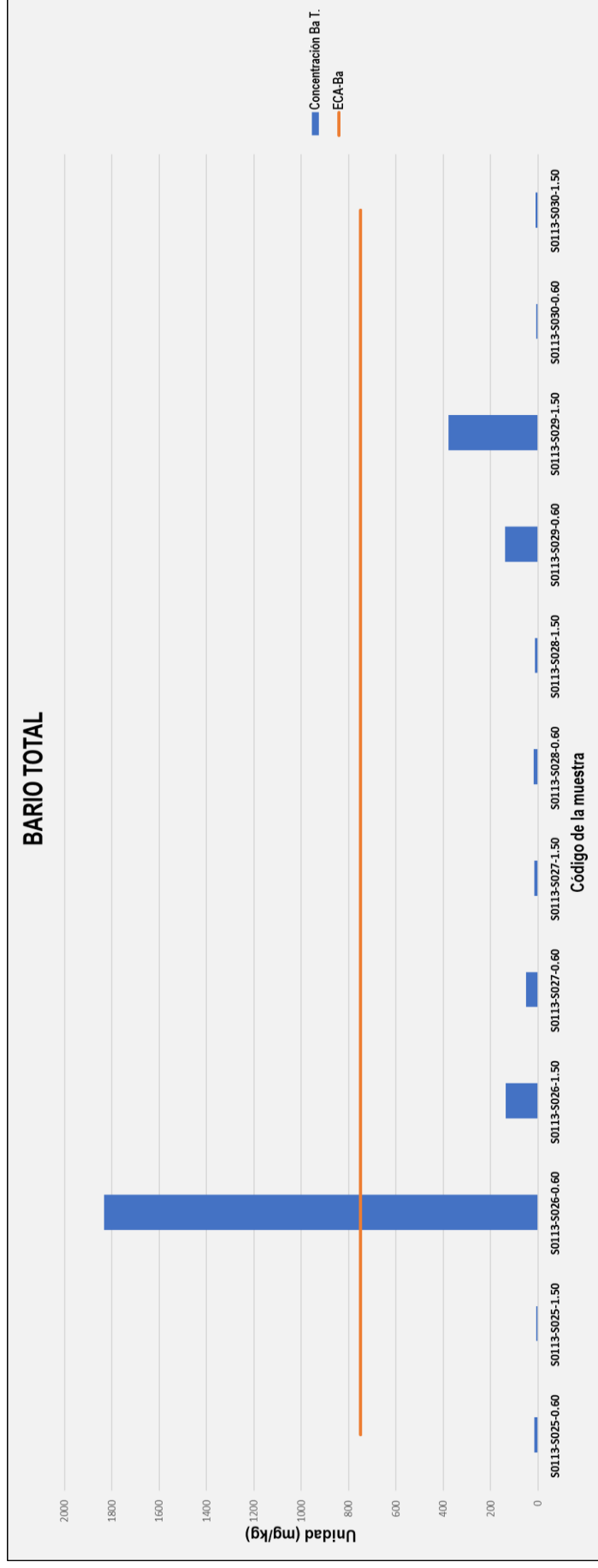
El Bario excedió el ECA para suelo de uso agrícola (750 mg/kg) en nueve (9) muestras obtenidas en la época húmeda, cuyas concentraciones oscilan entre 980,6 mg/kg (S0113-S020-0,90) y 5 000 mg/kg (S0113-S002-1,20); además de una (1) muestra en la época seca la cual registró 1 832 mg/kg (S0113-S026-0,60).

Gráfico 4-1 Excedencias de bario total en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época húmeda



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

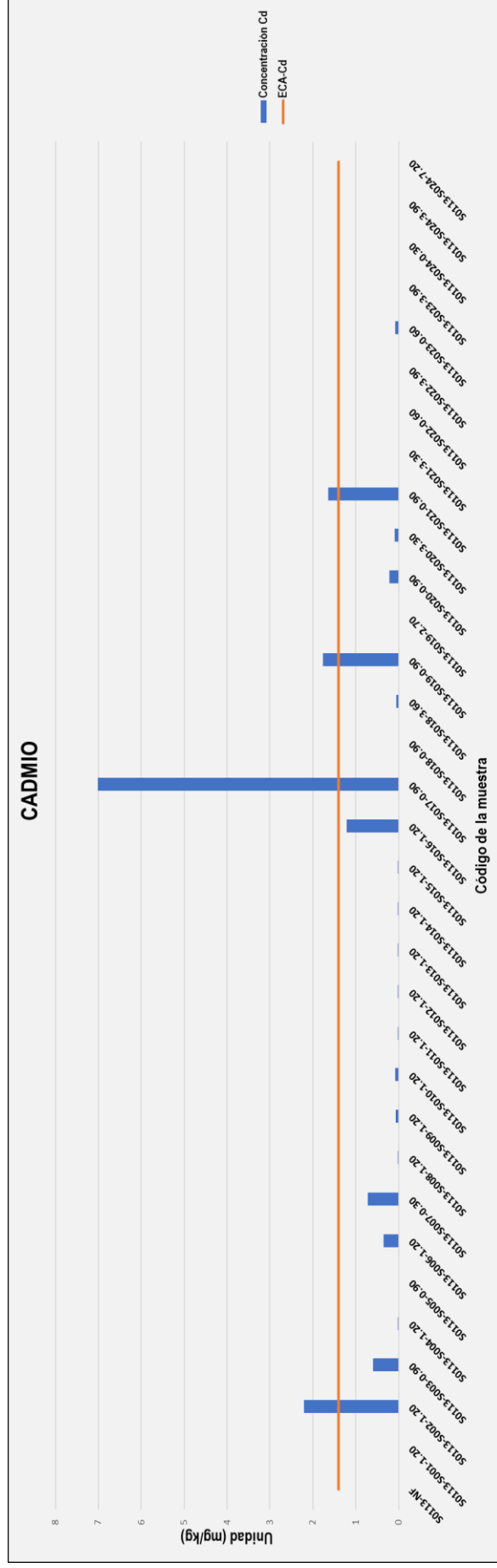
Gráfico 4-2 Excedencias de bario total en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época seca



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

El cadmio registró excedencias en cuatro (4) muestras de suelo obtenidas en la época húmeda, cuyas concentraciones oscilan entre 1,647 mg/kg (S0113-S021-0,90) y 7,016 mg/kg (S0113-S017-0,90) las cuales superaron el ECA para suelo de uso agrícola (1,4 mg/kg).

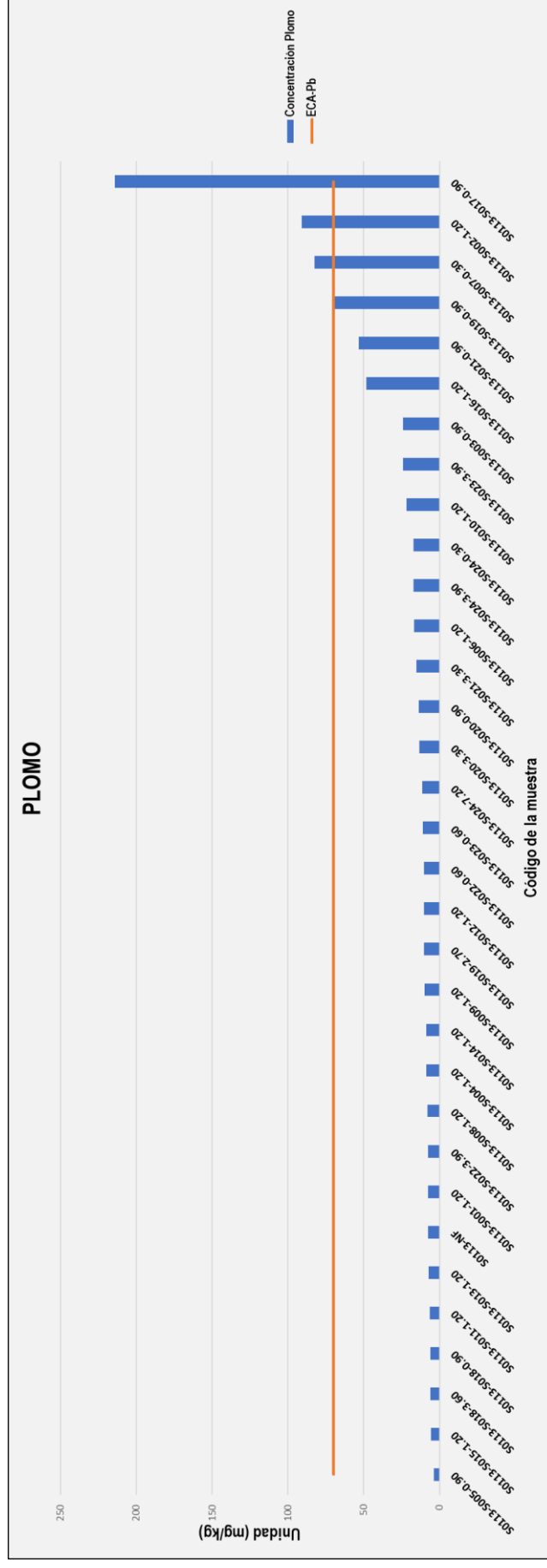
Gráfico 4-3 Excedencias de cadmio en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época húmeda



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

El plomo registró excedencias en tres (3) muestras de suelo obtenidas en la época húmeda, cuyos valores fueron 82,3 mg/kg (S0113-S007-0.30), 90,8 mg/kg (S0113-S002-1.20) y 214 mg/kg (S0113-S017-0.90); las cuales superaron el ECA para suelo de uso agrícola (70 mg/kg).

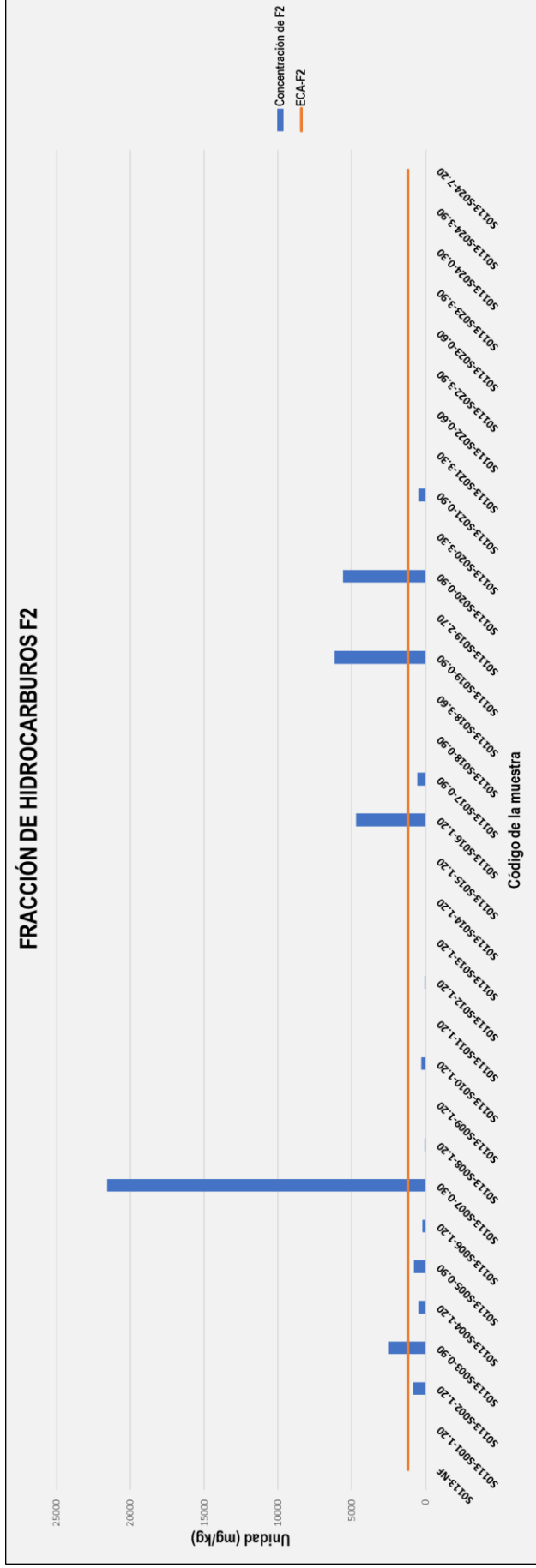
Gráfico 4-4 Excedencias de plomo en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época húmeda



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

La fracción de hidrocarburos F2 registró excedencias al ECA para suelo de uso agrícola (1 200 mg/kg) en cinco (5) muestras de suelos obtenidas en la época húmeda, cuyas concentraciones oscilan entre 2 472 mg/kg (S0113-S003-0,90) y 21 551 mg/kg (S0113-S007-0,30).

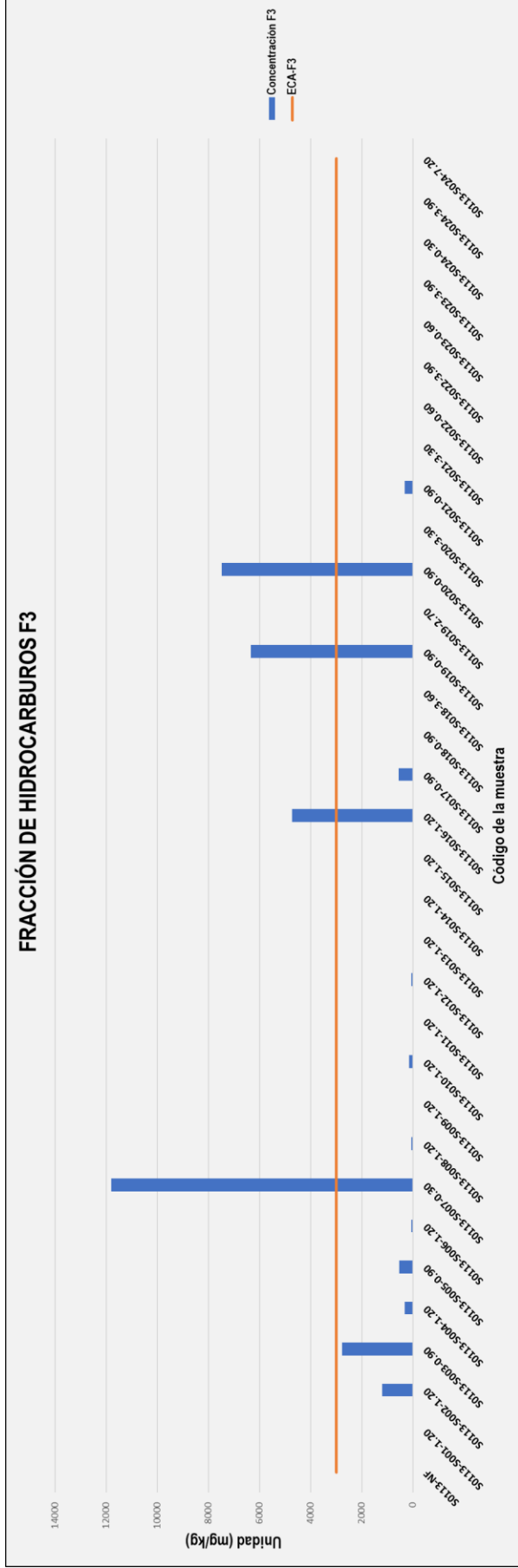
Gráfico 4-5 Excedencias de fracción de hidrocarburos F2 en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época húmeda



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

La fracción de hidrocarburos F3 registró excedencias al ECA para suelo de uso agrícola (3 000 mg/kg) en cuatro (4) muestras de suelos obtenidas en la época húmeda, cuyas concentraciones oscilan entre 4 721 mg/kg (S0113-S016-1,20) y 11 786 mg/kg (S0113-S007-0,30).

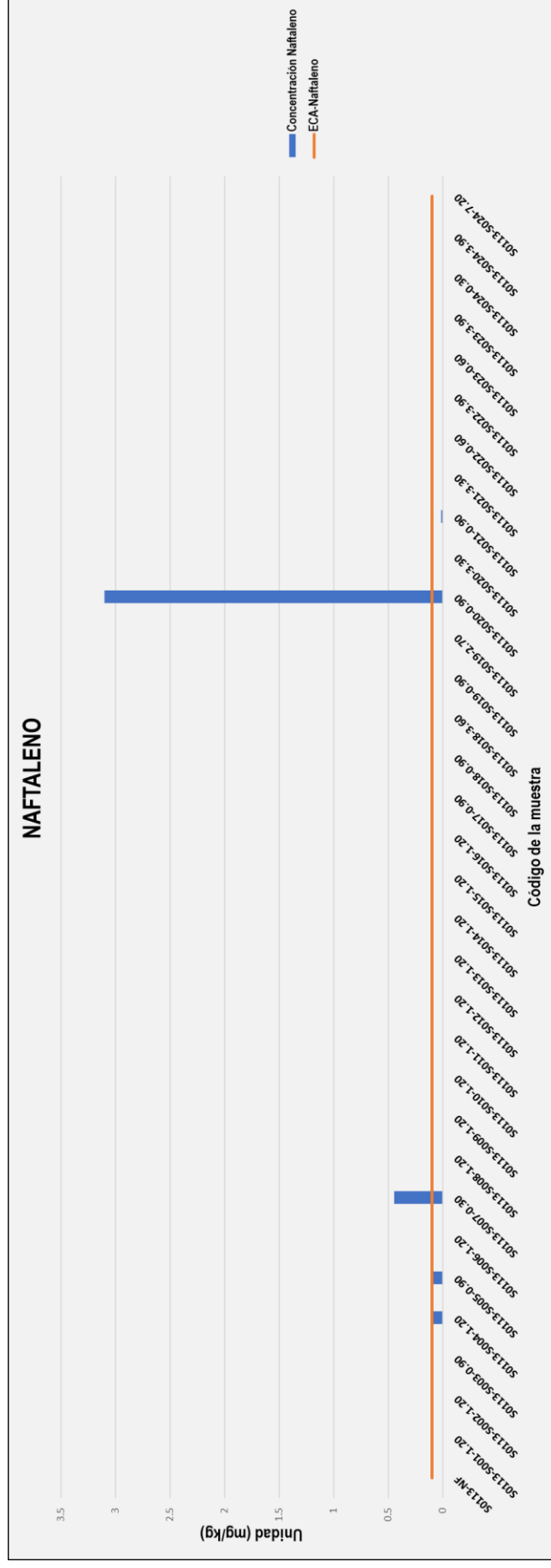
Gráfico 4-6 Excedencias de fracción de hidrocarburos F3 en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época húmeda



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

El naftaleno registró excedencias al ECA para suelo de uso agrícola (0,10 mg/kg) en tres (3) muestras de suelo obtenidas en la época húmeda, cuyos valores fueron 0,108 mg/kg (S0103-S005-0,90), 0,444 mg/kg (S0113-S007-0,30) y 3,1 mg/kg (S0113-S020-0,90).

Gráfico 4-7 Excedencias de naftaleno en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época húmeda



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

Respecto a los niveles de fondo, ninguno de los parámetros evaluados sobrepasó el ECA para suelo.

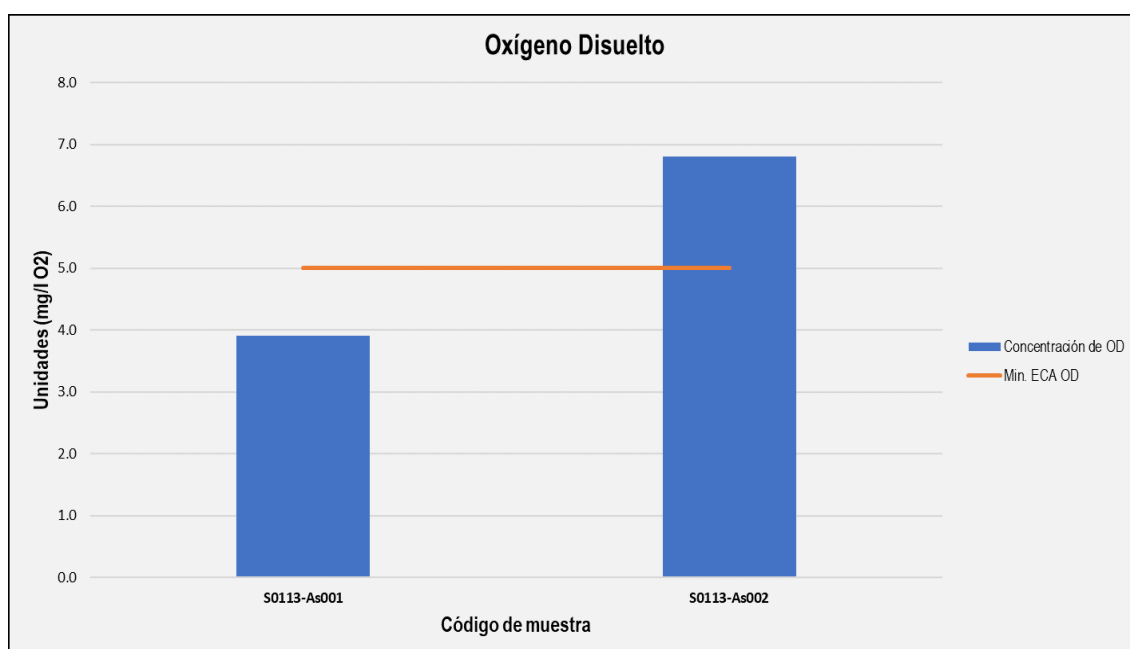
- **Descripción de resultados de agua superficial**

Se analizaron cuatro (4) muestras de agua superficial en ambas épocas, dos (2) durante la época húmeda y dos (2) durante la época seca, cuyas concentraciones se compararon con el ECA para agua Categoría 4: E2 ríos de la Selva.

El pH fue detectado fuera del rango del ECA para agua (6,5-9,0 unidades de pH) en las dos (2) muestras de agua recolectadas en ambas épocas, proveniente de las estaciones: S0113-As001 (5,2-6,47) y S0113-As002 (5,6-6,1).

El oxígeno disuelto fue detectado fuera del rango del ECA para agua (1 000 mg/l) en una (1) muestra de la época seca, proveniente de la estación: S0113-As001 (3,9 mg/l).

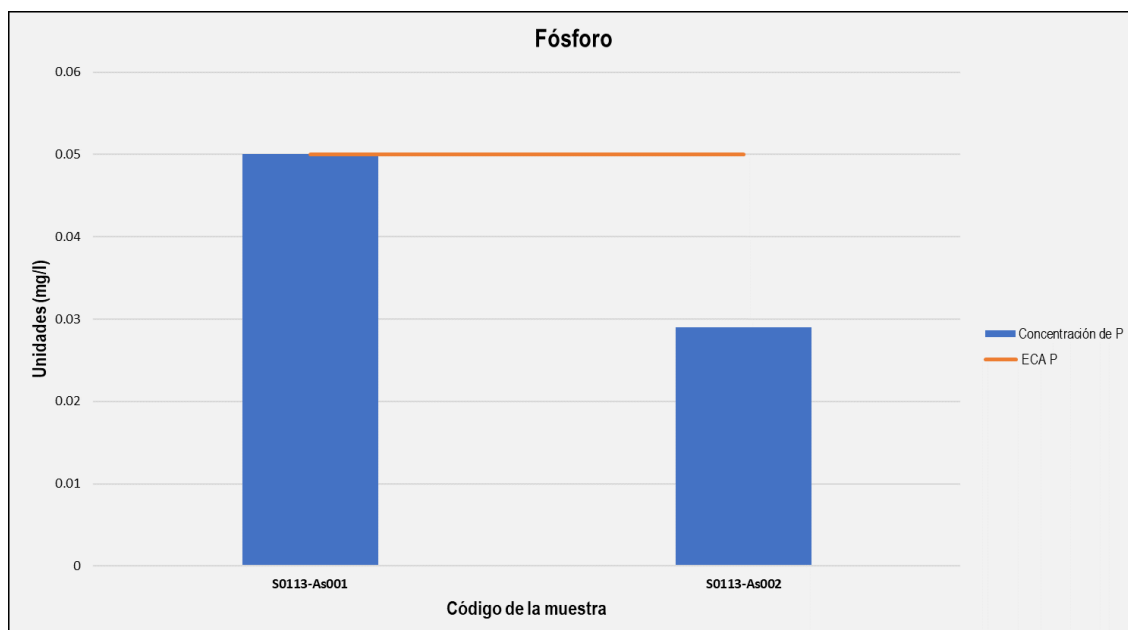
Gráfico 4-8 Excedencias de O. D. en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época seca



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

El fósforo fue detectado fuera del rango del ECA para agua (0,05 mg/l) en una (1) muestra de la época húmeda, proveniente de la estación: S0113-As001.

Gráfico 4-9 Excedencias de fósforo en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época húmeda



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

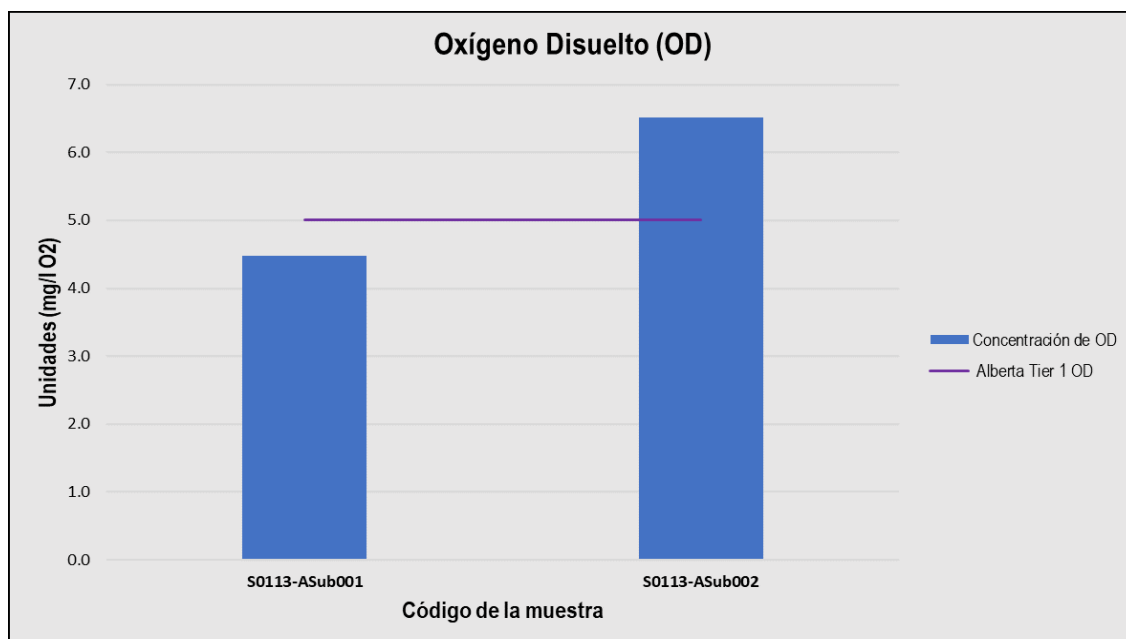
- **Descripción de resultados de agua subterránea**

Se analizaron en total cuatro (4) muestras de agua subterránea, de las cuales dos (2) corresponden a la época húmeda, y las dos (2) restantes corresponden a la época seca. A continuación, la interpretación de los parámetros que registraron excedencias respecto a los valores establecidos en Alberta Tier 1 (Groundwater) Remediation Guidelines de Canadá.

El pH fue detectado fuera del rango del Alberta Canadá para agua (6,5-9,0 unidades de pH) en las dos (2) muestras de ambas épocas siendo las estaciones: S0113-ASub001 y S0113-ASub002.

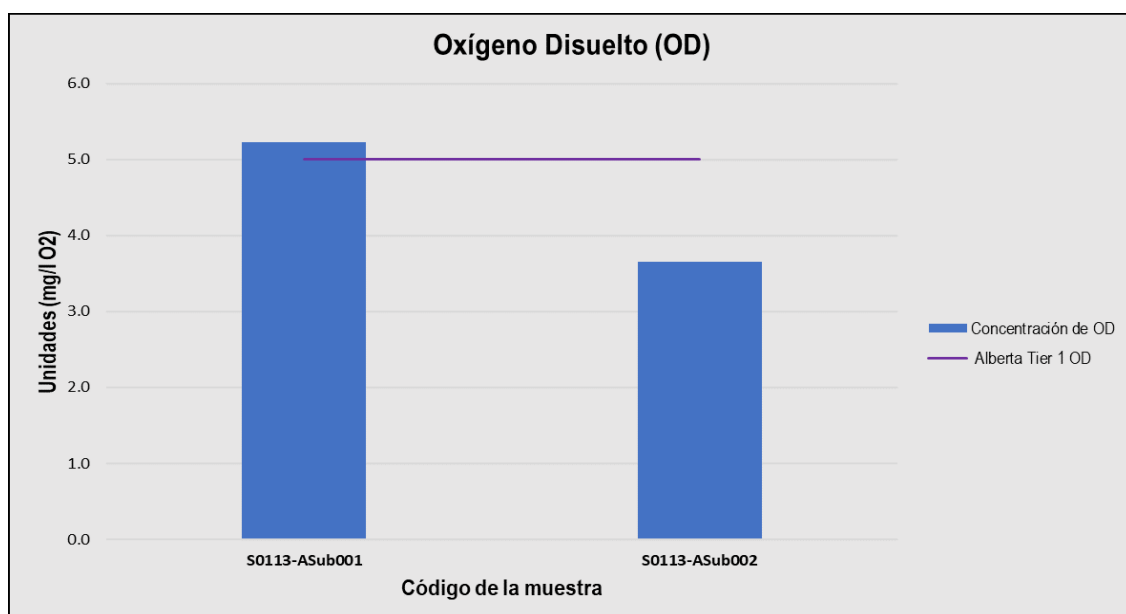
El oxígeno disuelto fue detectado por debajo del valor establecido en Alberta Tier 1 para agua (1 000 mg/l) en dos (2) muestras, siendo la estación: S0113-ASub001 (época húmeda) y S0113-ASub002 (época seca).

Gráfico 4-10 Excedencias de O.D. en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época húmeda



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

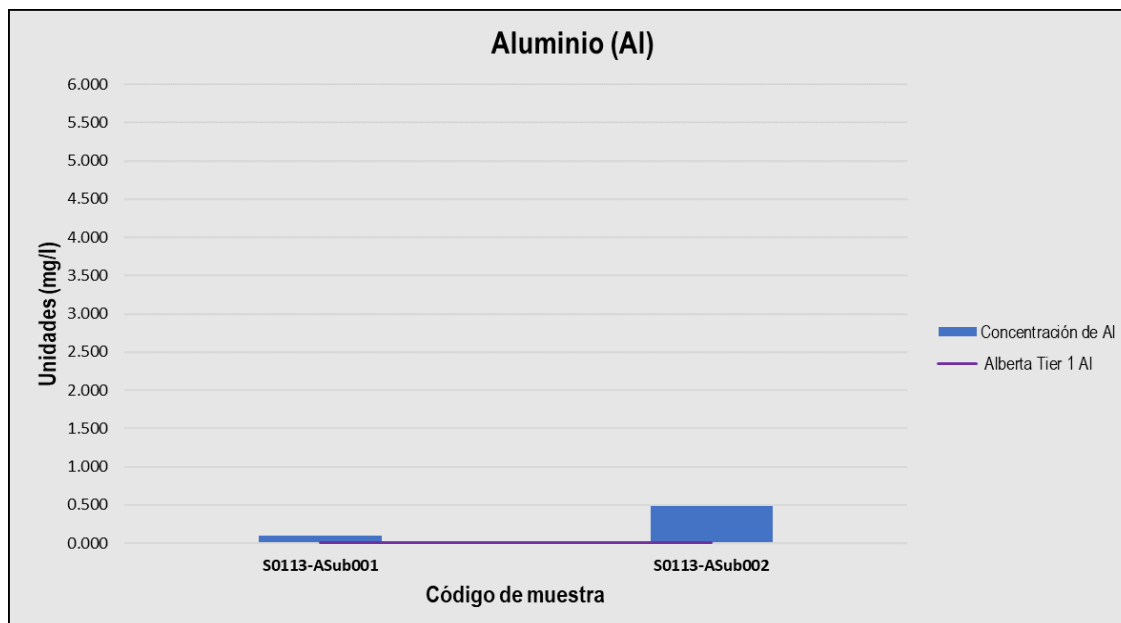
Gráfico 4-11 Excedencias de O.D. en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época seca



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

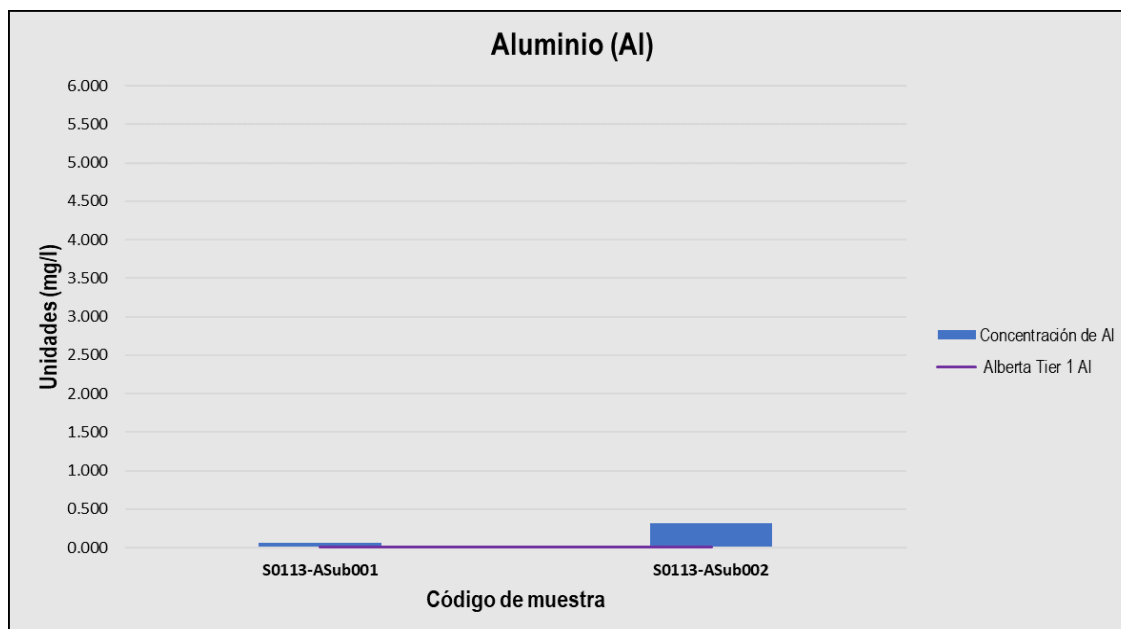
El aluminio fue detectado fuera del rango del Alberta Canadá para agua (0,01 mg/l) en las dos (2) muestras para ambas épocas, proveniente de las estaciones: S0113-ASub001 y S0113-ASub002.

Gráfico 4-12 Excedencias de aluminio en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época húmeda



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

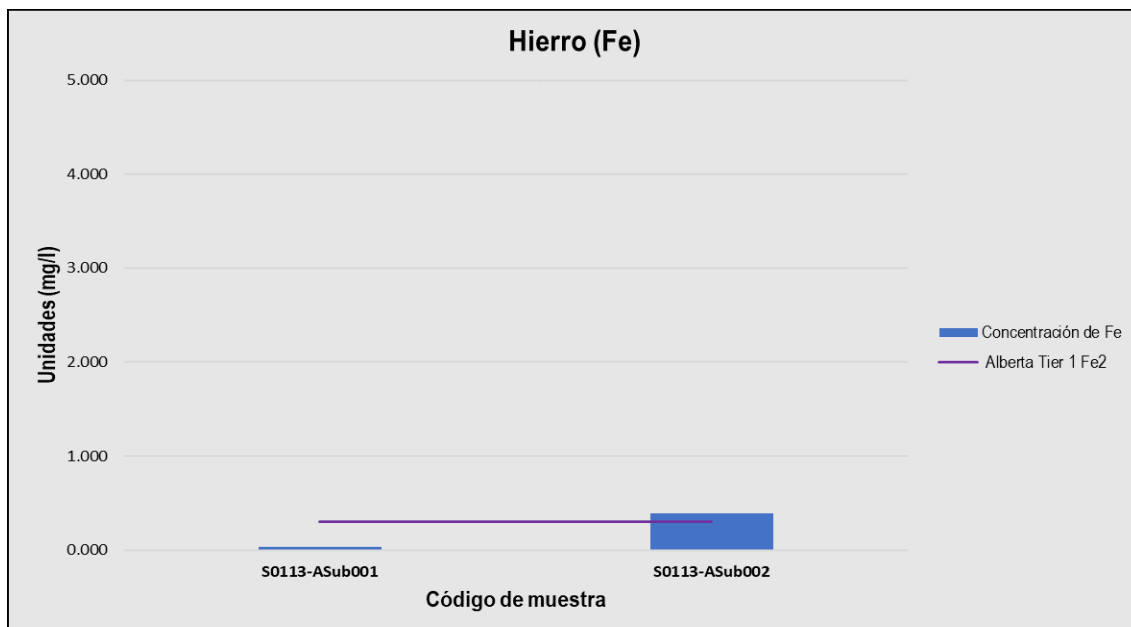
Gráfico 4-13 Excedencias de aluminio en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época seca



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

El hierro fue detectado fuera del rango del Alberta Canadá para agua (0,3 mg/l) en una (1) muestra en época húmeda, proveniente de la estación: S0113-ASub002.

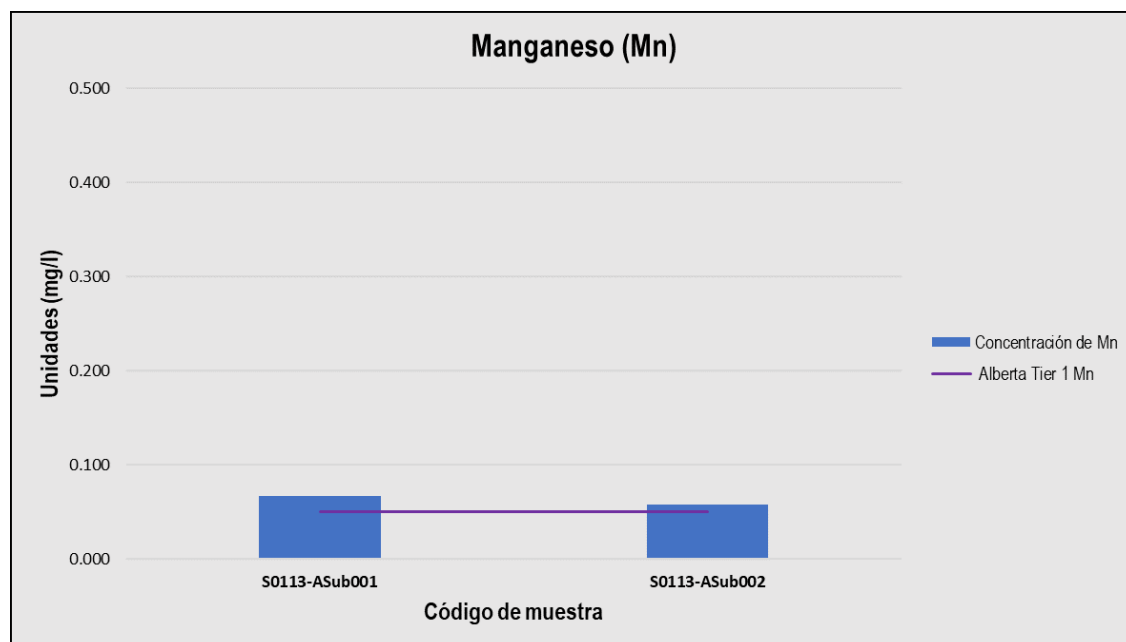
Gráfico 4-14 Excedencias de hierro en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época húmeda



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

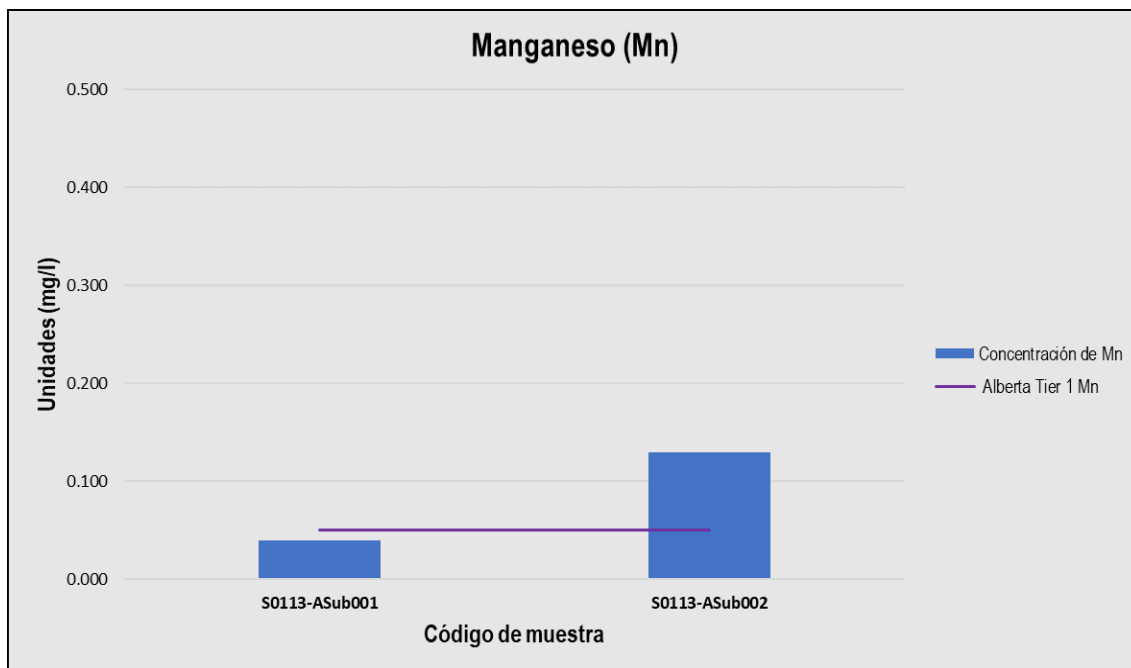
El manganeso fue detectado fuera del rango del Alberta Canadá para agua (0,05 mg/l) en tres (3) muestras, provenientes de las estaciones: S0113-ASub001 (época húmeda) y S0113-ASub002 (ambas épocas).

Gráfico 4-15 Excedencias de manganeso en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época húmeda



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

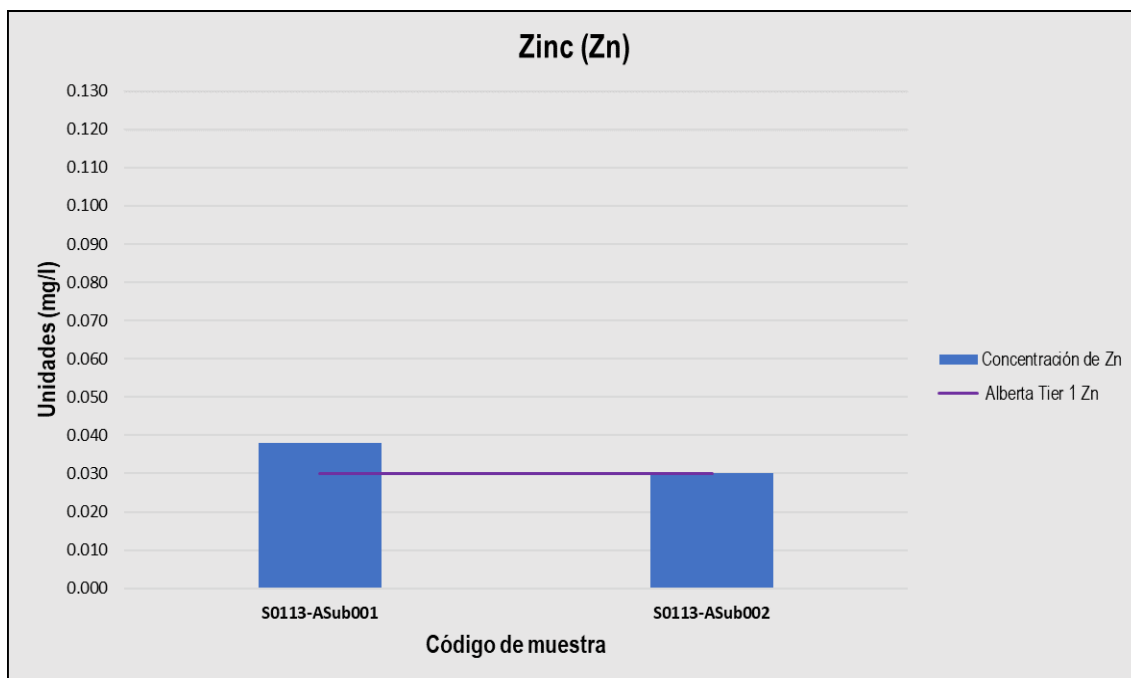
Gráfico 4-16 Excedencias de manganeso en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época seca



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

El zinc fue detectado fuera del rango del Alberta Canadá para agua (0,03 mg/l) en una (1) muestra en la época húmeda, proveniente de la estación: S0113-ASub001.

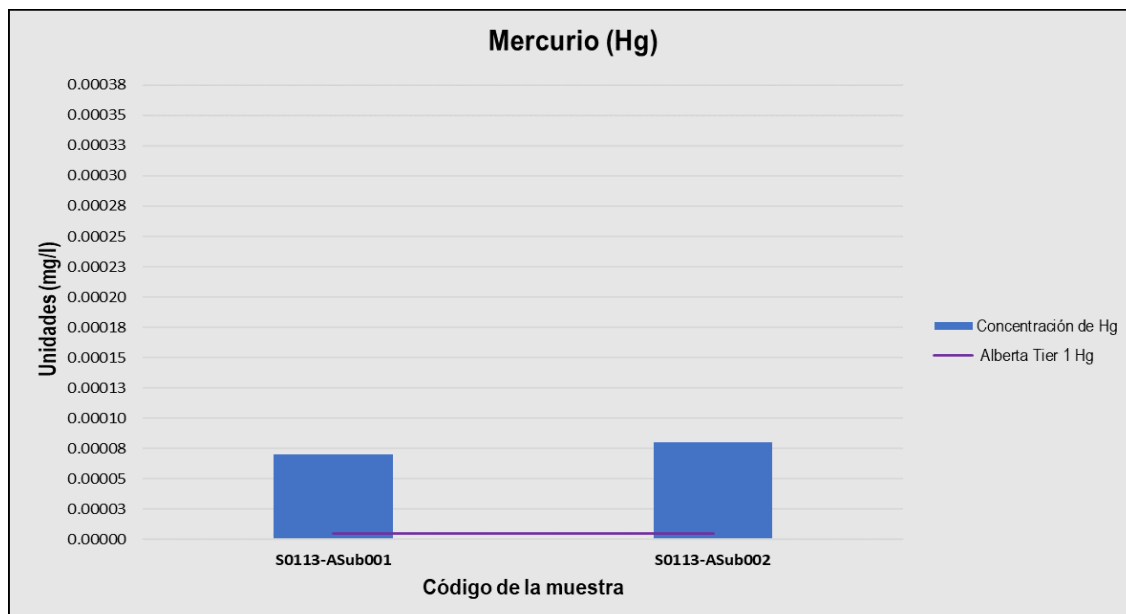
Gráfico 4-17 Excedencias de zinc en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época húmeda



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

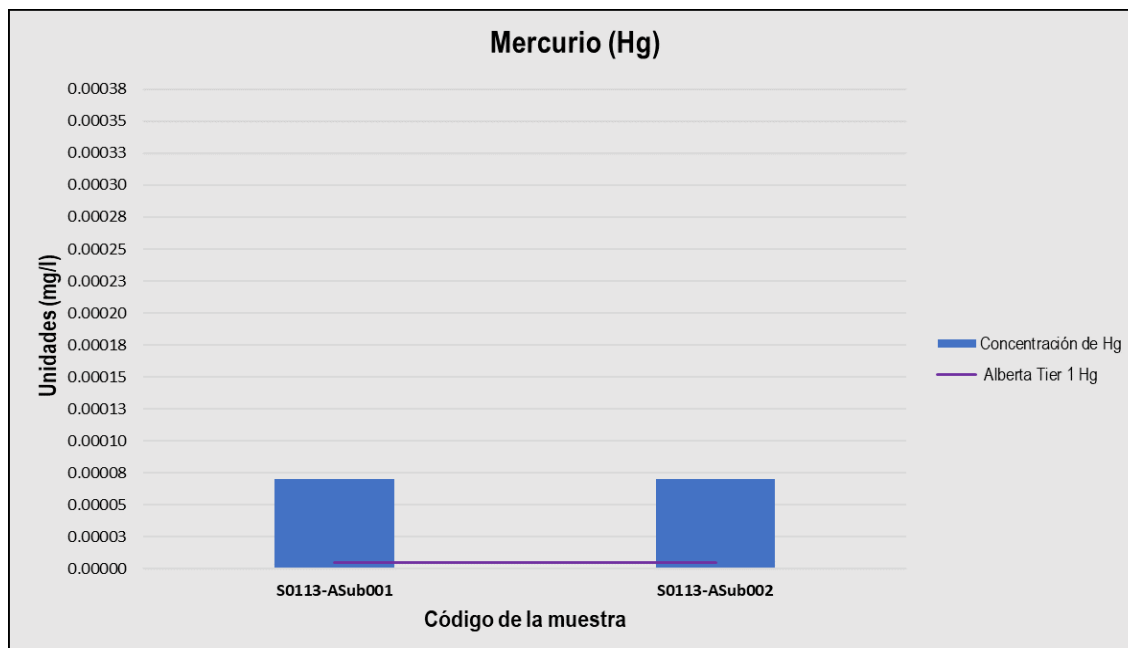
El mercurio fue detectado del rango de Alberta Canadá para agua (0,000005 mg/l), el tipo de análisis del laboratorio no permite hacer una interpretación clara del grado de concentración.

Gráfico 4-18 Excedencias de mercurio en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época húmeda



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

Gráfico 4-19 Excedencias de mercurio en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época seca



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

• Descripción de resultados de sedimentos

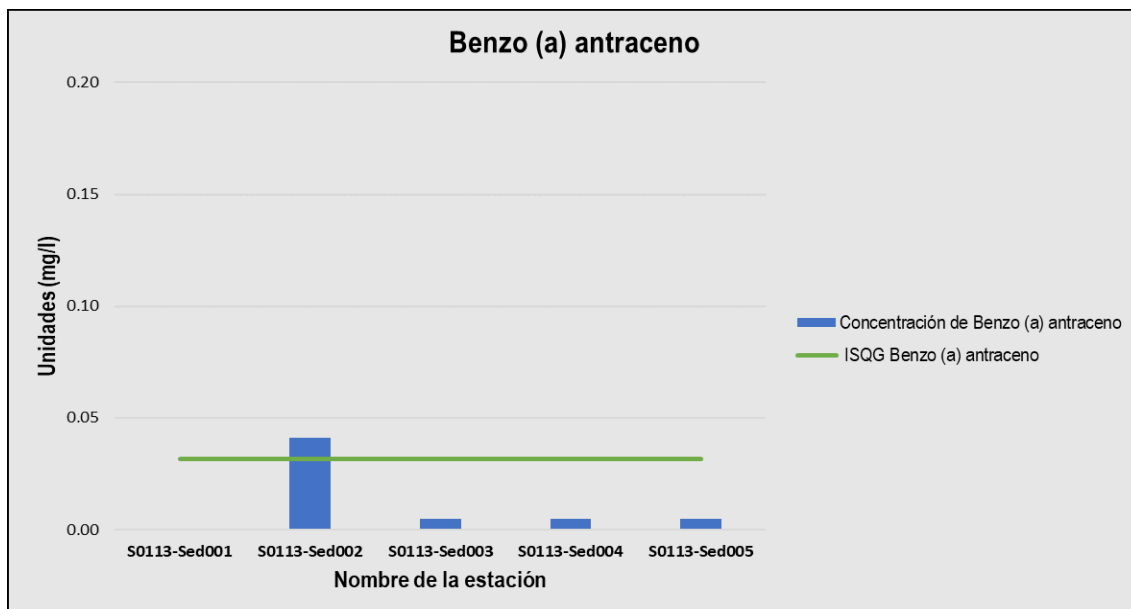
Se analizaron en total nueve (9) muestras de sedimentos, de las cuales cinco (5) corresponden a la época húmeda, y las cuatro (4) restantes corresponden a la época seca. A continuación, la interpretación de los parámetros que registraron excedencias respecto a los Estándares Canadá ISQG Agua dulce.

PY 1801 – PLAN DE REHABILITACIÓN DEL SITIO IMPACTADO S0113 (Sitio 13)

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

El benzo (a) antraceno fue detectado fuera del rango del Estándar de Canadá para agua (0,0317 mg/kg) en una (1) muestra de la época húmeda, siendo la estación: S0113-Sed002.

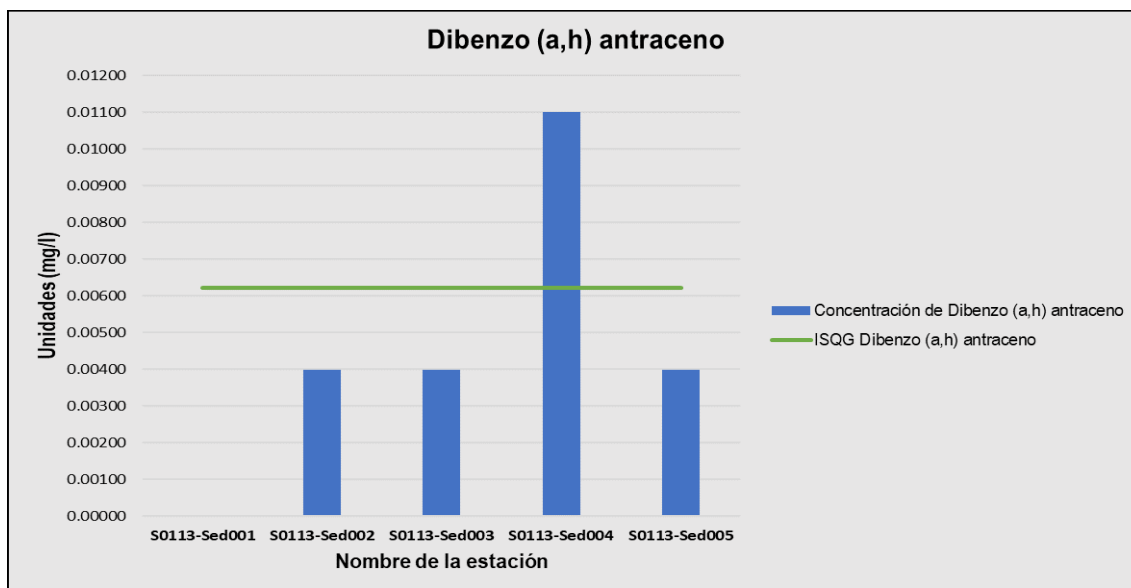
Gráfico 4-20 Excedencias de benzo (a) antraceno en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época húmeda



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

El dibenzo (a, h) antraceno fue detectado fuera del rango del Estándar de Canadá para agua (0,00622 mg/kg) en una (1) muestra de la época húmeda, siendo la estación: S0113-Sed004.

Gráfico 4-21 Excedencias de dibenzo (a, h) antraceno en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época húmeda



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

Los valores de concentración (benzo (a) antraceno y dibenzo (a, h) antraceno) para estos dos puntos de muestreo son insuficientes para determinar un análisis consistente, pero no habiéndose

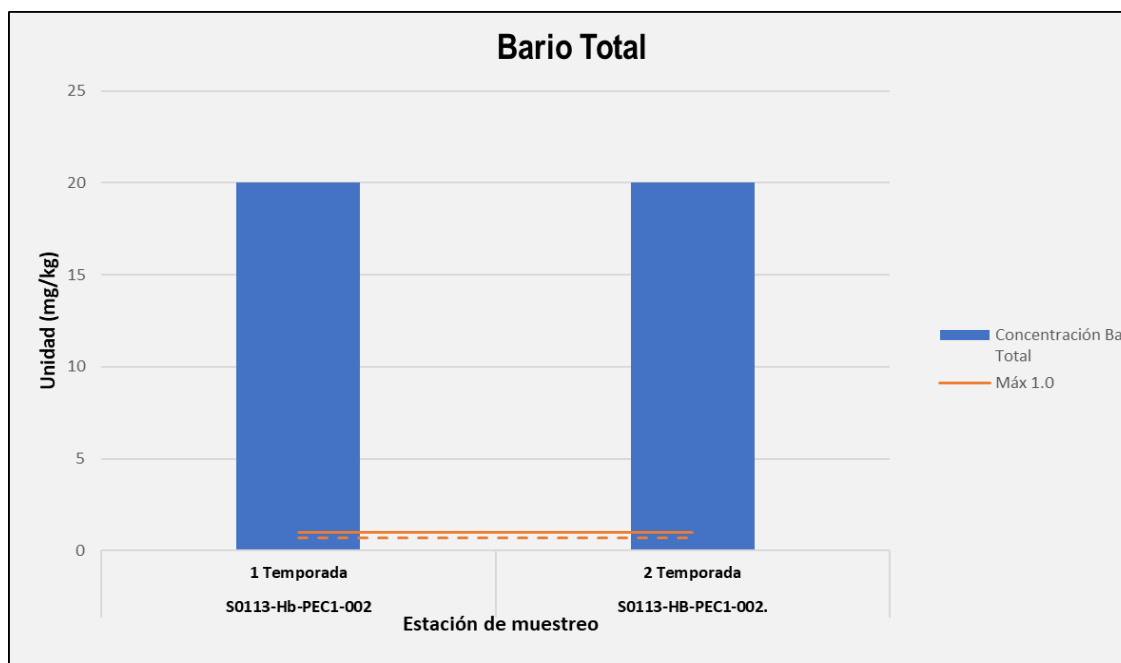
encontrado en la época seca se asume que fue lavado o arrastrado por las lluvias de la época húmeda o alguna otra condición que afectó a esta concentración.

• Descripción de resultados de peces

Se analizaron en total dos (2) muestras de peces (una para cada época), cuyos resultados fueron comparados con 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.

El Bario fue detectado fuera del rango del ECA para Agua, Categoría 4, E.2 Ríos de selva (0,7-1 mg/kg) en las dos (2) muestras (ambas épocas) proveniente de la estación: S0113-Hb-PEC1-001.2.

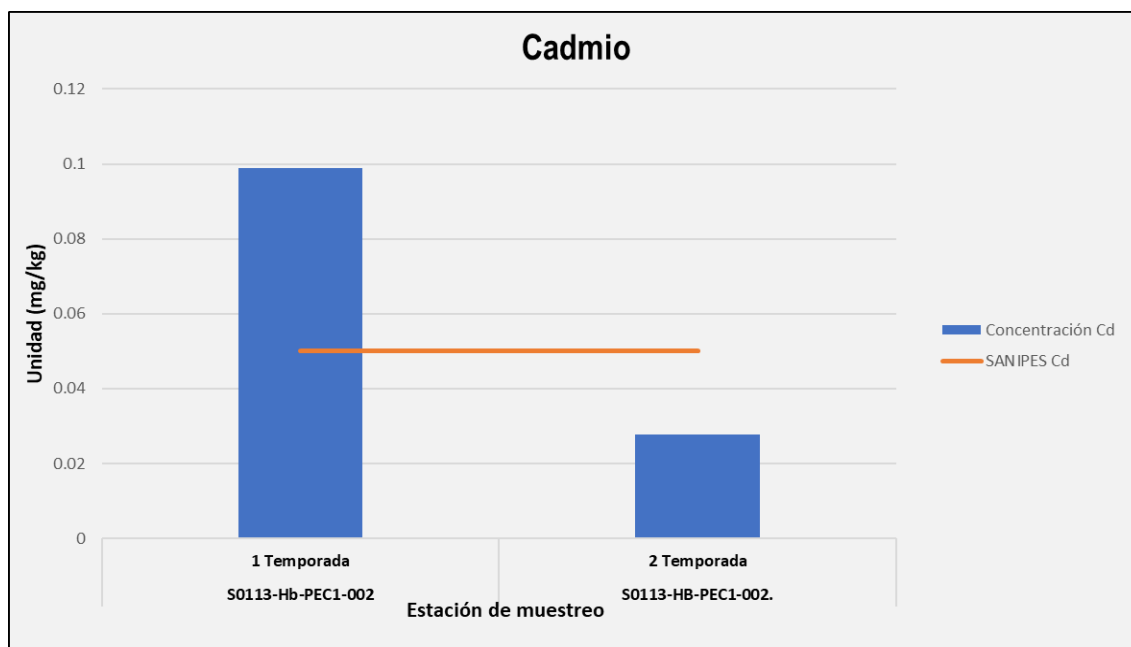
Gráfico 4-22 Excedencias de bario total en el sitio S0113 (Sitio 13) - Ambas épocas



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

El cadmio fue detectado fuera del rango de los Indicadores sanitarios y de inocuidad para los productos pesqueros (0,05 mg/kg) en una (1) muestra de la época húmeda, proveniente de la estación: S0113-Hb-PEC1-001.2.

Gráfico 4-23 Excedencias de cadmio en el sitio S0113 (Sitio 13) - Época húmeda



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; además de un intenso trabajo de campo que permiten 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 contaminantes 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) que permiten evaluar si existe un problema 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* (RBCA) 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 compuestos 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 la magnitud del riesgo para así poder tomar una decisión e intervenir prioritariamente 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, las guías ERSA establecen un TR de 10⁻⁵.

Para el caso de las sustancias no cancerígenas y su coeficiente de peligrosidad, las mismas guías 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, introduciendo variables cuantificadas y no por defecto.

Siendo la metodología RBCA el resultado del análisis de estudios preliminares medioambientales con herramientas de evaluación de riesgo basadas en los límites de exposición a contaminantes derivados de estudios toxicológicos revisados por pares, esta se desarrolla metodológicamente de forma escalonada debido a las implicaciones de costos, es así como las guías ASTM E1739-95 (2015) establecen entonces un camino de seis 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 lo que represente un riesgo aceptable por exposición de 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 S0113 (Sitio 13), 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 S0113 (Sitio 13).

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 S0113 (Sitio 13), 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 (S0113-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.

Se precisa que la muestra de nivel de fondo (S0113-NF) es el resultado de la combinación de tres submuestras tomadas en los alrededores del área impactada con características geológicas, climáticas y vegetación similar^{ee}. La misma que fue comparada adicionalmente con 13 muestras de niveles de fondo de los demás sitios impactados.

Esto no se aplicó para las otras matrices (agua superficial, suelo, sedimentos, hidrobiología) 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. Asimismo, para las demás matrices evaluadas, se consideraron los ECA y Estándares Internacionales, 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.

^{ee} Existen muestreos de niveles de fondo obtenidos de información bibliográfica, sin embargo, se encuentran a distancias que superan los 100 km, por lo tanto, no fueron considerados en el análisis.

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 y estándares internacionales

Los UCL95 y los valores máximos fueron calculados teniendo en cuenta la época (seca o húmeda) por cada matriz evaluada. Posterior a ello, se compararon los UCL95 de cada CP con los ECA y/o Estándares Internacionales (siendo estas últimas de carácter referencial) de acuerdo con lo siguiente:

Suelo

- Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM, 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 (Holanda, 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 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.

Las tablas resumen de los CP precisando la distribución que mejor correlacionó el UCL95 en todas las matrices evaluadas y su comparación con los estándares (nacionales e internacionales) se adjuntan en el Anexo 6.6.2.

^{ff} ProUCL Version 5.1 User Guide. Statistical Software for Environmental Applications for Data Sets with and without Non-detect Observations. Item 1.11

Cuadro 4-2 Determinación de los contaminantes de preocupación - Suelo

CP	Valor Min. (mg/kg)	Valor Max. (mg/kg)	Nivel de Fondo (mg/kg)	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Estándar Nacional /Internacional (mg/kg)	Comentarios
Bario Total	7,520	5 000	16,07	2 150	750	97.5 % Chebyshev (Mean, Sd) UCL. Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría.
Cadmio	0,0008	7,016	0,0008	1,464	1,4	97.5 % Chebyshev (Mean, Sd) UCL. Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría.
Hidrocarburos C10-C28	5	21 551	-	4 285	1 200	97.5 % Chebyshev (Mean, Sd) UCL. Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría.
Hidrocarburos C28-C40	5	11 786	-	3 041	3 000	97.5 % Chebyshev (Mean, Sd) UCL. Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría.
Naftaleno	0,003	3,1	-	3,1 *	0,10	95 % Adjusted Gamma UCL. Valor recomendado 2,963, sin embargo, el tamaño muestral es <10, por lo que se utiliza la concentración más alta.
Fenantreno	0,005	6,19	-	6,19*	0,046	El tamaño muestral es <10, por lo que se utiliza la concentración más alta.
Benzo(a) antraceno	0,005	5,81	-	5,81	0,1	El tamaño muestral es <10, por lo que se utiliza la concentración más alta.
Benzo(b) fluoranteno	0,005	1,13	-	1,13	0,1	El tamaño muestral es <10, por lo que se utiliza la concentración más alta.
Selenio	0,249	6,318	0,564	1,487	1,00	95 % H-UCL. Recomendación basada en el tamaño muestral de los datos, la distribución de datos y la asimetría.

* Concentración máxima seleccionada al no ser apto el tamaño muestral para realizar el cálculo del UCL 95 %.

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.

Cuadro 4-3 Determinación de los contaminantes de preocupación - Agua subterránea

CP	Valor Min (mg/kg)	Valor Max. (mg/kg)	Nivel de Fondo (mg/kg)	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Estándar Nacional /Internacional (mg/kg)	Comentarios
Aluminio	0,064	0,49	-	0,49 *	0,006	95 % Student's-t UCL. Valor recomendado 0,478, sin embargo, el tamaño muestral es <10, por lo que se utiliza la concentración más alta.
Hierro Total	0,03	0,39	-	0,39 *	0,30	95 % Student's-t UCL. Valor recomendado 0,358, sin embargo, el tamaño muestral es <10, por lo que se utiliza la concentración más alta.
Manganeso	0,03908	0,12881	-	0,12881 *	0,050	95 % Student's-t UCL. Valor recomendado 0,119, sin embargo, el tamaño muestral es <10, por lo que se utiliza la concentración más alta.
Zinc	0,008	0,038	-	0,038 *	0,03	95 % Student's-t UCL. Valor recomendado 0,039, sin embargo, el tamaño muestral es <10, por lo que se utiliza la concentración más alta.

* 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 4-4 Determinación de los contaminantes de preocupación - Sedimentos

CP	Valor Min (mg/kg)	Valor Max. (mg/kg)	Nivel de fondo (mg/kg)	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Estándar Nacional /Internacional (mg/kg)	Comentarios
Benzo (a) antraceno	0,005	0,041	-	0,041 *	0,0317	95 % Chebyshev (Mean, Sd) UCL. Valor recomendado 0,119, sin embargo, el tamaño muestral es <10, por lo que se utiliza la concentración más alta.
Dibenzo (a, h) antraceno	0,0008	0,011	-	0,011*	0,00622	95 % Student's-t UCL Valor recomendado 0,00419, sin embargo, el tamaño muestral es <10, por lo que se utiliza la concentración más alta.

* Concentración máxima seleccionada al no ser apto el tamaño muestral para realizar el cálculo del UCL 95 %.

Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life

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 4-5 Parámetros no seleccionados como contaminantes de preocupación

Matriz	Sustancia	Justificación
Suelo	Antimonio, arsénico, berilio benzo (a) pireno, boro, cobalto, cobre, cromo total, hidrocarburos C5-C10, mercurio, níquel, plata, plomo, talio, vanadio, zinc.	Contaminantes cuya concentración máxima o el UCL95 son menores o iguales a los valores límite.
	Acenafteno, antraceno, benceno, benzo (a) pireno, benzo (k) fluoranteno, dibenzo (a, h) antraceno, fluoranteno etilbenceno, indeno (1.2.3-c. d) pireno, pireno, tolueno, xilenos.	Todos los valores medidos son inferiores al LDA.
Sedimento	Arsénico, cadmio, cobre, cromo total, plomo, zinc.	Contaminantes cuya concentración máxima o el UCL95 son menores o iguales a los valores límite.
	Acenafteno, acenaftileno, antraceno, benzo (a) pireno, criseno, fenantreno, fluoranteno, fluoreno, mercurio, naftaleno, pireno.	Todos los valores medidos son inferiores al LDA.
Agua subterránea	Antimonio, arsénico, bario, boro, cadmio, cloruros, cobre, fósforo, mercurio, níquel, plomo, talio, zinc.	Contaminantes cuya concentración máxima o el UCL95 son menores o iguales a los valores límite.
	Antraceno, benceno, benzo (a) pireno, cromo total, fluoranteno, hidrocarburos C10-C40, hidrocarburos C28-C40, plata, selenio.	Todos los valores medidos son inferiores al LDA.
Agua superficial	Bario total, cobre, níquel, plomo, fosforo.	Contaminantes cuya concentración máxima o el UCL95 son menores o iguales a los valores límite.
	Antimonio, antraceno, arsénico, benceno, benzo (a) pireno, cadmio, cromo total, fluoranteno, hidrocarburos C10-C40, hidrocarburos C28-C40, mercurio, selenio, talio.	Todos los valores medidos son inferiores al LDA.

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

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 serán 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 4.2.1. 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 S0113 (Sitio 13), 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, los cuales estarían expuestos ante los CP: escenario humano 1 (trabajadores industriales), los cuales se encuentran realizando sus actividades de mantenimiento y vigilancia a las instalaciones industriales (tanques, almacenes, pozos, etc.); escenario humano 2 (poblador local - cazadores y/o pescadores esporádicos), correspondiente a pobladores adulto y niño de la C.N. Nueva Jerusalén que probablemente realicen actividades de caza y/o pesca en el sitio impactado o cerca a este; y finalmente el escenario humano 3 (poblador local – residente de la Comunidad Nativa Antioquia) .

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 4-6 Contaminantes de preocupación para el escenario humano

Posibles Receptores	Edad receptor	Ruta de exposición	Contaminante de Preocupación	Compuesto Carcinógeno **	Descripción
Cazadores y pescadores esporádicos	Adulto Niño ***	Suelo: Contacto dérmico / absorción / Inhalación*	Bario Total	No	Se encuentra en forma de mezclas minerales de forma natural. Existen formulaciones antropogénicas que pueden terminar en el agua. Su movilidad y disponibilidad depende de la formulación hallada en el medio. Son tóxicos, especialmente para los organismos acuáticos. No hay información confiable sobre los efectos a la salud humana. IARC no ha clasificado al bario como carcinógeno.
			Cadmio	Si	Puede encontrarse de forma natural y antropogénica, en medios ácidos el Cd puede movilizarse fácilmente, se comporta como una metalohormona y disruptor endocrino. Es bioacumulable y ha sido calificado como agente carcinógeno de tipo I por la IARC.
			Hidrocarburos 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.
			Hidrocarburos C28-C40	No	Los HAP's en su mayoría tienen una fuerte actividad carcinogénica y mutagénica. La mayor parte de los HAP's 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.
Trabajadores industriales cercanos	Adulto Niño ***	Suelo: Contacto dérmico / absorción / Inhalación*	Naftaleno	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.
			Fenantreno	No	Los HAP's en su mayoría tienen una fuerte actividad carcinogénica y mutagénica (benzo (a) antraceno especialmente en animales). La mayor parte de los HAP's 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.
			Benzo(a) antraceno	Si	
			Benzo(b) fluoranteno	Si	
			Dibenzo (a, h) antraceno **	Si	

Cuadro 4-6 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, posible consumo de peces)	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.
			Bario Total	No	Se encuentra en forma de mezclas minerales de forma natural. Existen formulaciones antropogénicas que pueden terminar en el agua. Su movilidad y disponibilidad depende de la formulación hallada en el medio. Son tóxicos, especialmente para los organismos acuáticos. No hay información confiable sobre los efectos a la salud humana. IARC no ha clasificado al bario en cuanto a su carcinogenicidad.
			Cadmio	Si	Puede encontrarse de forma natural y antropogénica, en medios ácidos el Cd puede movilizarse fácilmente, es bioacumulable y ha sido calificado como agente carcinógeno de tipo I por la IARC.
			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.

*** Considerado para el escenario humano 2, correspondiente a cazadores y/o pescadores esporádicos.

Importante:

No hay registro de que el cuerpo de agua y sus respectivos sedimentos sea utilizados para fines de uso humano (caza, pesca, recreación, etc.); sin embargo, se asume que los trabajadores industriales mantienen un contacto (230 días/año) con los suelos durante las actividades de mantenimiento (supervisión de pozas y tuberías, reparación de plataformas, inspecciones a los accesos, etc.).

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) 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. Respecto a la evaluación de las concentraciones de HAP's, se consideraron los *Ecological Soil Screening Levels* (Eco-SSLs) por la USEPA, las cuales corresponden a las concentraciones de contaminantes en el suelo que protegen a los receptores ecológicos de la exposición directa del suelo o de la ingestión de biota que vive sobre el suelo.

Para cada uno de estos compuestos al que la USEPA ha desarrollado los Eco-SSLs, se han establecido diferentes valores para cada grupo de receptores ecológicos (plantas terrestres, invertebrados terrestres, aves y mamíferos). De acuerdo con esta literatura, se tuvo en cuenta los valores para invertebrados terrestres y mamíferos únicamente; donde el menor valor de ambos fue seleccionado como valor de referencia para identificar como CP a los HAP's. Estos valores son 29 mg/kg para HAP's de Peso Molecular Bajo (PMB) y 1,1 para HAP's de Peso Molecular Alto (PMA).

Cuadro 4-7 Contaminantes de preocupación para escenario ecológico - Suelo

CP	Valor Min. (mg/kg)	Valor Max. (mg/kg)	Nivel de Fondo (mg/kg)	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Nivel de Referencia (mg/kg)	Comentarios
Bario Total	7,52	5 000	16,07	2 150	750	97,5 % Chebyshev (Mean, Sd) UCL. Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría.
Cadmio	0,0008	7,016	0,0008	1,464	1,4	97,5 % Chebyshev (Mean, Sd) UCL. Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría.
Hidrocarburos C10-C28	5	21 551	-	4 285	1 200	97,5 % Chebyshev (Mean, Sd) UCL. Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría.
Hidrocarburos C28-C40	5	11 786	-	3 041	3 000	97,5 % Chebyshev (Mean, Sd) UCL. Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría.

Cuadro 4-7 Contaminantes de preocupación para escenario ecológico - Suelo

CP	Valor Min. (mg/kg)	Valor Max. (mg/kg)	Nivel de Fondo (mg/kg)	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Nivel de Referencia (mg/kg)	Comentarios
Suma Total HAP's	0,004	20,3	-	20,3*	1,1	El tamaño muestral es <10, por lo que se utiliza la concentración más alta.
Selenio	0,249	6,318	0,564	1,487	1,00	95 % H-UCL. Recomendación basada en el tamaño muestral de los datos, la distribución de datos y la asimetría.

* Concentración máxima seleccionada al no ser apto el tamaño muestral para realizar el cálculo del UCL 95%.

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.

Ecological Soil Screening Levels (Eco-SSLs) - Soil Invertebrates

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

Agua superficial

Para evaluar el agua superficial, se consideraron los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, E2: Ríos de Selva, aprobados mediante D.S. N° 004-2017-MINAM. Sin embargo, respecto al fosforo el cual registró una concentración máxima de 0,05 mg/l, esto no predefiniría a este parámetro como un CP; toda vez que se registró solo en un punto de muestreo S0113-As001 por lo que no se le atribuiría como tal. Asimismo, estas elevadas concentraciones podrían atribuirse a la presencia de ortofosfatos en el suelo las cuales pueden haberse arrastrado por las fuertes lluvias; así como la descomposición de la hojarasca tanto en la cocha artificial como en el cauce de la quebrada estacional, la cual pudo haber sido arrastrada al cuerpo de agua donde se realizó la toma de la muestra.

Sedimentos

Respecto a sedimentos, no se cuenta con estándares nacionales respecto a receptores ecológicos; por lo cual se ha consultado con estándares internacionales, así como trabajos de investigación científica. Respecto a los TPH, Pettigrove y Hoffman (2005)⁹⁹ realizaron un estudio de microcosmos en campo para examinar el impacto de sedimentos adicionados con hidrocarburos de alto peso molecular (aceite de motor sintético) en macroinvertebrados de agua dulce. Este estudio sostiene una base para determinar valores de referencia; donde a concentraciones de TPH mayores a 860 mg/kg incrementaron significativamente la abundancia de dos especies de mosquitos tolerantes a la polución y disminuyeron la presencia de otra especie de mosquitos sensibles. De la misma manera, a concentraciones de TPH entre 1 858 y 14 266 mg/kg produjeron una reducción significativa del número total de taxones de mosquitos. Por lo cual, estos autores proponen una concentración de 840 mg/kg en sedimentos como un valor guía interino razonable. Respecto a los HAP's, al no contar con valores de referencia; se

⁹⁹ Effects of long-chain hydrocarbon-polluted sediment on freshwater macroinvertebrates. Environmental Toxicology and Chemistry. Vol. 24, No 10, pp. 2500-2508.

contemplaron los valores establecidos en la *Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life – ISQG*.

Si bien es cierto que se registraron concentraciones de Bario en esta matriz ambiental, es preciso indicar que se tuvo en cuenta las investigaciones por Leung et al. (2005)^{hh}, 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 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. Considerando este valor de referencia, no se determinó al bario como un CP.

Cuadro 4-8 Contaminantes de preocupación para escenario ecológico - Sedimentos

CP	Valor Min (mg/kg)	Valor Max. (mg/kg)	Nivel de fondo (mg/kg)	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Estándar Nacional /Internacional (mg/kg)	Comentarios
Benzo (a) antraceno	0,005	0,041	16,07	0,041 *	0,0317	95 % Chebyshev (Mean, Sd) UCL. Valor recomendado 0,119, sin embargo, el tamaño muestral es <10, por lo que se utiliza la concentración más alta.
Dibenzo (a, h) antraceno	0,0008	7,016	0,0008	7,016 *	0,00622	95 % Student's-t UCL. Valor recomendado 0,00419, sin embargo, el tamaño muestral es <10, por lo que se utiliza la concentración más alta.
TPH Totales	10	2 014**	-	2 014**	860	Se consideró la concentración más alta de la suma total de las fracciones de hidrocarburos, de las cuales se consideró el valor máximo de dicha suma en vez del UCL95; toda vez que el tamaño muestral es <10.

* Concentración máxima seleccionada al no ser apto el tamaño muestral para realizar el cálculo del UCL 95 %.

** Se consideró la suma total de las fracciones de hidrocarburo C10-C28 y C28-C40.

Pettigrove y Hoffman (2005). *Effects of long-chain hydrocarbon-polluted sediment on freshwater macroinvertebrates*.

Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life

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

^{hh} Deriving Sediment Quality Guidelines from Field-Based Species Sensitivity Distributions. *Environmental Science & Technology*. 39, pp, 5148-5156.

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 4-9 Contaminantes de preocupación para escenario ecológico - Peces

CP	Valor Min (mg/kg)	Valor Max. (mg/kg)	Nivel de fondo (mg/kg)	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Estándar Nacional /Internacional (mg/kg)	Comentarios
Bario Total	20	20	-	20 *	0,7 - 1,0	Se consideró la concentración más alta, dado que el tamaño de la muestra es <10.
Cadmio Total	0,0278	0,0989	-	0,0989 *	0,05	Se consideró la concentración más alta, dado que el tamaño de la muestra es <10.

* Concentración máxima seleccionada al no ser apto el tamaño de la muestra para realizar el cálculo del UCL 95 %.

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).

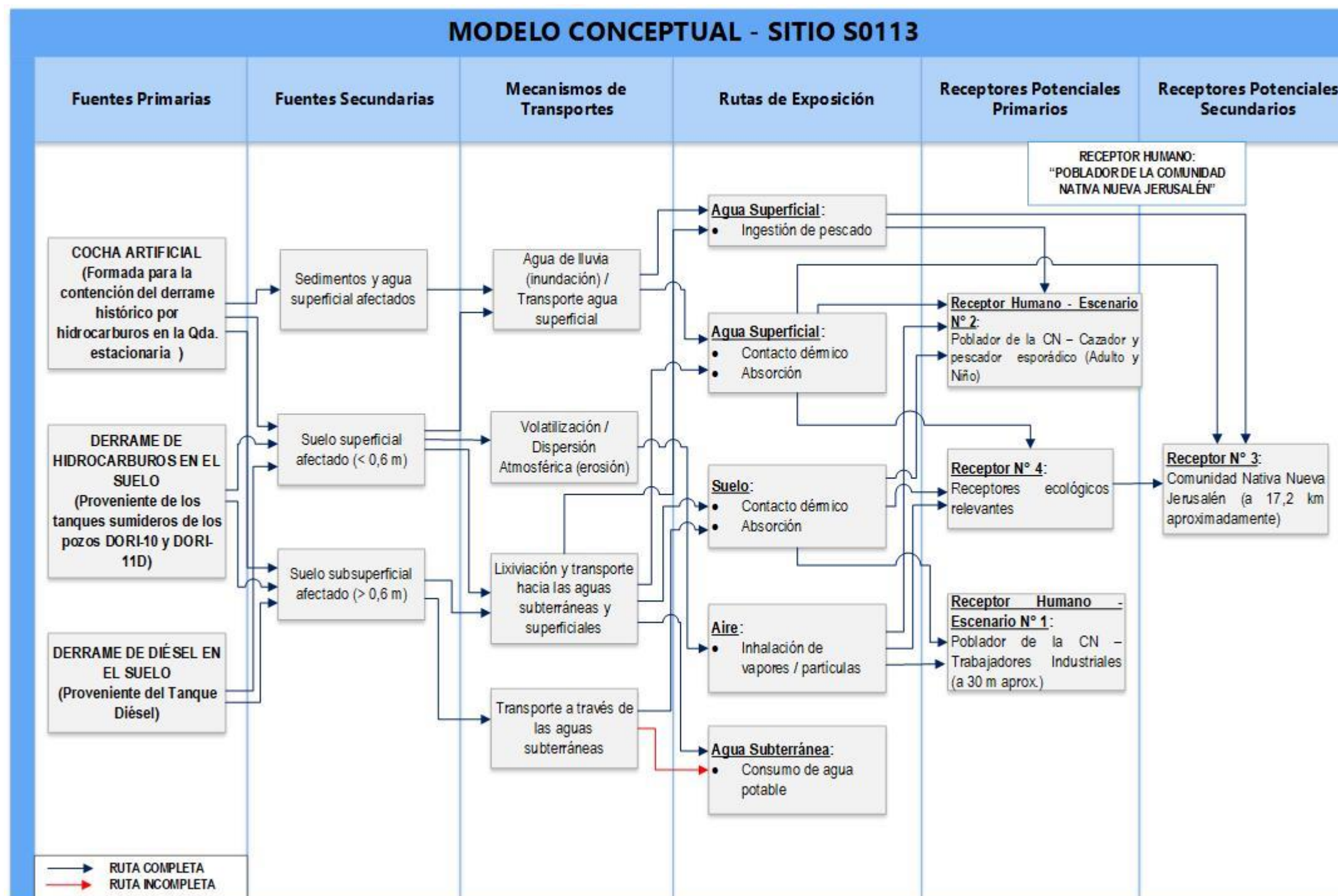
Estándares de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 4: E2 ríos de la Selva (DS N° 004-2017-MINAM).

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

A) Modelo conceptual inicial del sitio

En el siguiente diagrama 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 S0113 (Sitio 13).

Figura 4-2 Modelo conceptual inicial del sitio S0113 (Sitio 13)



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

4.2.2 Peligros identificados a través del Modelo Conceptual Inicial.

- **Fuentes primarias**

Tal y como se ha venido mencionando a lo largo del documento, se identificaron como fuentes primarias de contaminación los derrames de hidrocarburos provenientes de los tanques sumideros de los Pozos DORI-10 y DORI-11D ubicados al norte del área de estudio; derrames de diésel, proveniente del tanque de diésel y en la zona oeste del sitio la cocha artificial, que fue una zona de contención de derrames.

De estas fuentes históricas se pueden identificar con las curvas de isoconcentraciones para las fracciones de hidrocarburos F2 y F3, la presencia de concentraciones a profundidades de hasta 1,5 m,

Sin embargo, se precisa que, que a pesar de haber definido como fuentes principales los derrames de la operación del Pozo DORI-10 y DORI-11D, y la consecuente formación de la cocha artificial, las concentraciones más elevadas de hidrocarburos no se encuentran en los alrededores de la cocha, sino en la zona este (E) o aguas abajo del sitio S0113 (Sitio 13). Lo anterior seguramente corresponde con la topografía e hidrografía del terreno que genera el transporte de los contaminantes de preocupación por medio del agua superficial.

Sumado a lo anterior existen algunos metales que se consideran como contaminantes de preocupación y se incluyeron como parte de la evaluación del riesgo en las etapas posteriores. El Selenio (Se) es considerado como contaminante de preocupación (CP) y se incluyó 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 en aproximadamente el 50% de las muestras analizadas.

- **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 subsuperficial hasta una profundidad máxima de 3,9 m, cabe precisar que para este último horizonte se reportaron únicamente concentraciones elevadas de selenio.

En este contexto, el contacto del suelo contaminado con el acuífero podría generar una afectación de este último por difusión de contaminantes desde el suelo, situación que se podría presentar de igual forma por la acción del arrastre o la difusión hacia aguas superficiales de los contaminantes que se encuentran en el suelo superficial, ya sea coadyuvado por el transporte mecánico asistido por la lluvia o por difusión característica de cada contaminante.

Se considera también como fuente secundaria a los sedimentos del sitio S0113 (Sitio 13) por el contenido registrado de HAP's (específicamente benzo (a) antraceno, dibenzo (a, h) antraceno) como contaminantes de preocupación; sin embargo, estos compuestos podrían estar relacionados a actividades más recientes, toda vez que el tiempo medio en un ecosistema y/o rango de biodegradación oscila entre 3 000 a 22 000 horasⁱⁱ.

Así mismo, se considera como fuente secundaria una cocha artificial de origen antropogénico, la cual fue encauzada con palos y ramas a fin de evitar el desplazamiento del crudo. Sin embargo, debido a las fuertes precipitaciones de la zona el agua encauzada formaba un espejo de agua, el cual desbordaba eventualmente; convirtiéndola así en un foco con el potencial de liberar el contaminante por el cauce, por el cual escurre estas aguas.

• 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)ⁱⁱ
 - Escenario Humano N° 2: Poblador Local - Cazador y pescador esporádico (in situ)^{kk}
 - 2A: Cazador y pescador esporádico "Adulto".
 - 2B: Cazador y pescador esporádico "Niño".
 - Escenario Humano N° 3: Poblador Local - Residente de la CN Nueva Jerusalén (ex situ)
- Receptor Ecológico

Es importante aclarar, que el escenario de cazador y pescador local en el sitio fue seleccionado para el presente análisis de riesgos, porque representa el escenario "más crítico" por la frecuencia y por la exposición directa con los contaminantes de las matrices ambientales suelos y sedimentos.

ⁱⁱ Metcalf & Eddy (1993), p. 4-10.

ⁱⁱ Se considera trabajador industrial a la población de la comunidad que trabaja con la operadora, incluyendo monitores ambientales.

^{kk} También se incluye aquella población de la comunidad que en forma esporádica visita al sitio, ya sea con fines recreacional, cultural, etc.

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 el lote petrolero y que podrían exponerse a los contaminantes de preocupación de la matriz suelos del Sitio S0113 (Sitio 13).

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 asociadas a los Pozos DORI-10 y DORI-11D, 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. Para este receptor se ha considerado como ruta de exposición la inhalación de vapores, teniendo en cuenta que se detectó hidrocarburos de la fracción F1 (C6-C10) en las matrices analizadas.

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 el sitio impactado o zonas cercanas a este, 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); y de sedimentos, por contacto dérmico e ingestión, durante el aseo personal y/o inmersión en los cuerpos de agua superficial cercanos. 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 ha considerado como vía de exposición la

inhalación de vapores, teniendo en cuenta que se detectaron hidrocarburos de la fracción F1 o ligera (C6 – C10) en algunas matrices analizadas.

Respecto a la exposición del receptor con los contaminantes presentes en sedimentos, se espera una exposición mediante las vías de exposición por contacto dérmico e ingestión accidental durante el aseo personal e inmersión.

Receptores Ecológicos Relevantes

Incluye 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 (focos).

- Receptores fuera del sitio

Escenario Humano N° 3: Poblador Local - Residente de la C.N. Nueva Jerusalén

La distancia entre el Sitio S0113 (Sitio 13) y el asentamiento donde se emplaza el núcleo poblacional principal de la C.N. Nueva Jerusalén es de aproximadamente 17,2 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 y/o pesca (escenario humano N° 2) en el sitio o en zonas cercanas.

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 S0113 (Sitio 13), recorriendo una distancia aproximadamente de 17,2 km. No se ha considerado la exposición a agua superficial y sedimentos, dado que probablemente la zona de mezcla de los contaminantes es de aproximadamente 50 m desde el foco de contaminación en el Sitio S0113 (Sitio 13), por ende, no existe una ruta de exposición completa entre el escenario residencial y los CP por el facto dilución y la distancia.

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 (17,2 km) a la que se encuentra dicha comunidad, del sitio S0113 (Sitio 13).

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:

- USEPA Integrated Risk Information System (IRIS), as of March 31, 2007 (EPA-I).
- USEPA, Dermal Exposure Assessment: Principles and Applications, ORD, EPA/600/8-91/011B D).
- EPA Superfund Soil Screening Guidance (SSL) Guidance: Tech. Bkgd. Doc., EPA/540/R-95/128 (E2).
- Howard, Handbook of Environmental Degradation Rates, Lewis Publishers, Chelsea, MI, 1989 (H).
- Handbook of Chemical Property Estimation Methods, 1982, W.J. Lyman, (McGraw-Hill, New York), ISBN -0-07-039175-0 (LY).

Así mismo, 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).

En el Anexo 6.6.3, se presentan las propiedades físicas de los CP.

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 acápite 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 más utilizados al momento de hacer evaluaciones ecotoxicológicas, se encuentran los desarrollados por entidades como la USEPA ^{II} (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 S0113 (sitio 13), se ha considerado la evaluación de la comunidad béntica, fitoplancton y zooplancton. En lo que respecta a peces, no se consideró en la evaluación toda vez que no se registraron especies en este sitio.

^{II} <https://cfpub.epa.gov/ecotox/search.cfm>

Para la evaluación de la comunidad hidrobiológica a en la matriz agua superficial, se tuvo en cuenta la información proveniente de la EPA Ecotox para aquellas especies (análogas) que en la medida de lo posible correspondieran a alguno de los géneros y/o familias reportados en los resultados de la comunidad hidrobiológica del sitio S0113 (Sitio13); además de las concentraciones de Benzoantraceno, Di-benzoantraceno e hidrocarburos totales fracciones F2 y fracciones F3. Teniendo en cuenta ello, se emplearon los valores de referencia proveniente de la Ecotox, sin embargo, es importante mencionar que no existe datos para Hidrocarburos Totales del Petróleo en la base de datos del Ecotox.

Benzoantraceno

Cuadro 4-10 EPA Ecotox usados para la comunidad hidrobiológica del - sitio S0113 (Sitio 13)

Comunidad HB	Nombre químico	Nombre científico	Nombre común	Grupo	Estadio de desarrollo	Tipo de medio	Ubicación del Test	Conc 1 (cantidad)	Conc 1 (unidades)
Fitoplancton	Plomo	<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	Alga verde	Algas; Especie estándar	NR	Agua	Lab	0,0044	Al mg/L
Zooplancton	Plomo	<i>Hyalella azteca</i>	Camarón	Crustáceo; Especie estándar	NR	Agua	Lab	0,024	Al mg/L
Bentos	Plomo	<i>Chironomus riparius</i>	Mosquito (larva)	Insectos/Arañas; Especie estándar	Larva	Agua	Lab	0,728	Al mg/L

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

Di-Benzoantraceno

Cuadro 4-11 EPA Ecotox usados para la comunidad hidrobiológica del sitio S0113 (Sitio 13)

Comunidad HB	Nombre Químico	Especie Nombre Científico	Especie Nombre Común	Especie Grupo	Etapas de Vida del Organismo	Medio	Prueba	Conc 1 (Estandarizado)	Conc 1 Unidad (Estandarizado)
Fitoplancton	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Zooplancton	Dibenzo (a, h) antraceno	<i>Daphnia magna</i>	Water flea	Crustaceans; Standard Test Species	Neonate	Agua dulce	Lab.	0,0004	Al mg/L
Bentos	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR

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

Cuadro 4-12 Evaluación de toxicidad de la comunidad fitoplanctónica en agua del sitio S0113 (Sitio 13)

Matriz	Temporada	Estación	Orden	Familia	Género y/o especie	Unidades	Contaminante					
							Benzo (a) antraceno			Dibenzo (a, h) antraceno		
							Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación	Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación
Agua superficial	Seca	SO113-HB-FIT-1-001	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia cf. sigma</i>	mg/L	0,00008	0,0044	Valor encontrado por debajo del límite de referencia	0,00008	NR	NR
			Euglenales	Euglenaceae	<i>Euglena sp.</i>	mg/L	0,00008	0,0044		0,00008		
		SO113-HB-FIT-2-002	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia cf. sigma</i>	mg/L	0,00008	0,0044		0,00008	NR	NR
			Eunotiales	Eunotiaceae	<i>Eunotia sp.</i>	mg/L	0,00008	0,0044		0,00008		
			Naviculales	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia sp.</i>	mg/L	0,00008	0,0044		0,00008		
			Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula sp.</i>	mg/L	0,00008	0,0044		0,00008		
			Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Phormidium sp.</i>	mg/L	0,00008	0,0044		0,00008		
	Húmeda	SO113-HB-FIT-1-001	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia cf. sigma</i>	mg/L	0,00008	0,0044		0,00008	NR	NR
			Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia sp.</i>	mg/L	0,00008	0,0044		0,00008		
			Naviculales	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia sp.</i>	mg/L	0,00008	0,0044		0,00008		
			Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula sp.</i>	mg/L	0,00008	0,0044		0,00008		
			Synechococcales	ND	ND	mg/L	0,00008	0,0044		0,00008		
			Synechococcales	Leptolyngbyaceae	ND	mg/L	0,00008	0,0044		0,00008		
			Oscillatoriales	ND	ND	mg/L	0,00008	0,0044		0,00008		
			Euglenales	Euglenaceae	<i>Euglena sp.</i>	mg/L	0,00008	0,0044		0,00008		
			Euglenales	Phacaceae	<i>Lepocinclis sp.</i>	mg/L	0,00008	0,0044		0,00008		
		SO113-HB-FIT-2-002	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia sp.</i>	mg/L	0,00008	0,0044		0,00008	NR	NR
			Naviculales	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia sp.</i>	mg/L	0,00008	0,0044		0,00008		
			Naviculales	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia sp.</i>	mg/L	0,00008	0,0044		0,00008		
			Naviculales	Naviculaceae	<i>Gyrosigma sp.</i>	mg/L	0,00008	0,0044		0,00008		
			Naviculales	Amphipleuraceae	<i>Frustulia sp.</i>	mg/L	0,00008	0,0044		0,00008		
			Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Rhopalodia sp.</i>	mg/L	0,00008	0,0044		0,00008		
			Desmidiiales	Closteriaceae	<i>Closterium sp.</i>	mg/L	0,00008	0,0044		0,00008		
			Desmidiiales	Desmidiaceae	<i>Cosmarium sp.</i>	mg/L	0,00008	0,0044		0,00008		
			Synechococcales	Synechococcaceae	<i>Rhabdoderma sp.</i>	mg/L	0,00008	0,0044		0,00008		
			Euglenales	Euglenaceae	<i>Euglena sp.</i>	mg/L	0,00008	0,0044		0,00008		
			Euglenales	Phacaceae	<i>Lepocinclis sp.</i>	mg/L	0,00008	0,0044		0,00008		
			Euglenales	Euglenaceae	<i>Trachelomonas sp.</i>	mg/L	0,00008	0,0044		0,00008		
			Euglenales	Phacaceae	<i>Phacus sp.</i>	mg/L	0,00008	0,0044		0,00008		

Base de datos: EPA/ECOTOX base de datos: <http://www.Epa.gov/ecotox/> (Matriz Agua Superficial)

Cuadro 4-13 Evaluación de toxicidad de la comunidad zooplanctónica en agua del sitio S0113 (Sitio 13)

Matriz	Temporada	Estación	Orden	Familia	Género y/o especie	Unidades	Contaminante					
							Benzo (a) antraceno			Dibenzo (a, h) antraceno		
							Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación	Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación
Agua superficial	Seca	SO113-HB-ZOO-1-001	CYCLOPOIDA	ND	ND	mg/L	0,00008	0,024	Valor encontrado por debajo del límite de referencia	0,00008	0,0004	Valor encontrado por debajo del límite de referencia
			ND (Larva nauplio)			mg/L	0,00008	0,024		0,00008	0,0004	
			ARCELLINIDA	ARCELLIDAE	<i>Arcella</i> sp.	mg/L	0,00008	0,024		0,00008	0,0004	
			ND	ND	ND	mg/L	0,00008	0,024		0,00008	0,0004	
			PLOIMA	LECANIDAE	<i>Lecane</i> sp.	mg/L	0,00008	0,024		0,00008	0,0004	
		SO113-HB-ZOO-1-001	ND (Larva nauplio)			mg/L	0,00008	0,024		0,00008	0,0004	
			ND	ND	ND	mg/L	0,00008	0,024		0,00008	0,0004	
			ARCELLINIDA	CENTROPYXIDAE	<i>Centropyxis</i> sp.	mg/L	0,00008	0,024		0,00008	0,0004	
			ARCELLINIDA	ARCELLIDAE	<i>Arcella</i> sp.	mg/L	0,00008	0,024		0,00008	0,0004	
			ND	ND	ND	mg/L	0,00008	0,024		0,00008	0,0004	
			PLOIMA	LEPADELLIDAE	<i>Colurella</i> sp.	mg/L	0,00008	0,024		0,00008	0,0004	
		SO113-HB-ZOO-1-001	CYCLOPOIDA	ND	ND	mg/L	0,00008	0,024		0,00008	0,0004	
			ND (Larva nauplio)			mg/L	0,00008	0,024		0,00008	0,0004	
			ND	ND	ND	mg/L	0,00008	0,024		0,00008	0,0004	
			ND	ND	ND	mg/L	0,00008	0,024		0,00008	0,0004	
			ACONCHULINIDA	EUGLYPHIDAE	<i>Euglypha</i> sp.	mg/L	0,00008	0,024		0,00008	0,0004	
			ND	ND	ND	mg/L	0,00008	0,024		0,00008	0,0004	
			PLOIMA	TRICHITRIIDAE	<i>Macrochaetus</i> sp.	mg/L	0,00008	0,024		0,00008	0,0004	
			PLOIMA	LECANIDAE	<i>Lecane</i> sp.	mg/L	0,00008	0,024		0,00008	0,0004	
			PLOIMA	NOTOMMATIDAE	<i>Cephalodella</i> sp.	mg/L	0,00008	0,024		0,00008	0,0004	
	Húmeda	SO113-HB-ZOO-1-002	HARPACTICOIDA	ND	ND	mg/L	0,00008	0,024		0,00008	0,0004	
			ND	ND	ND	mg/L	0,00008	0,024		0,00008	0,0004	
			ARCELLINIDA	ARCELLIDAE	<i>Arcella</i> sp.	mg/L	0,00008	0,024		0,00008	0,0004	
			ND	ND	ND	mg/L	0,00008	0,024		0,00008	0,0004	
			PLOIMA	LECANIDAE	<i>Lecane</i> sp.	mg/L	0,00008	0,024		0,00008	0,0004	
			PLOIMA	LECANIDAE	<i>Lecane</i> cf. <i>bullae</i>	mg/L	0,00008	0,024		0,00008	0,0004	
		SO113-HB-ZOO-1-001	CYCLOPOIDA	ND	ND	mg/L	0,00008	0,024		0,00008	0,0004	
			ND (Larva nauplio)			mg/L	0,00008	0,024		0,00008	0,0004	
			ND	ND	ND	mg/L	0,00008	0,024		0,00008	0,0004	
			ND	ND	ND	mg/L	0,00008	0,024		0,00008	0,0004	
			ACONCHULINIDA	EUGLYPHIDAE	<i>Euglypha</i> sp.	mg/L	0,00008	0,024		0,00008	0,0004	

Base de datos: EPA/ECOTOX base de datos: <http://www.Epa.gov/ecotox/> (Matriz Agua Superficial)

Cuadro 4-14 Evaluación de toxicidad de la comunidad bentónica en agua del sitio S0113 (Sitio 13)

Matriz	Época	Estación	Orden	Familia	Género y/o especie	Unidades	Contaminante			Contaminante		
							Benzo (a) antraceno			Dibenzo (a, h) antraceno		
							Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación	Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación
Agua Superficial	Húmeda	S0113-Hb-BEN1-001	Diptera	Chironomidae (Larva)	ND	mg/L	0,00008	0,728	Valor por debajo del límite Ecotox	0,00008	NR	NR
			Odonata	Pseudostigmatidae	ND	mg/L	0,00008	0,728		0,00008	NR	
			Trichoptera	Polycentropodidae	ND	mg/L	0,00008	0,728		0,00008	NR	
		S0113-Hb BEN1-002	Diptera	Chironomidae (Larva)	ND	mg/L	0,00008	0,728		0,00008	NR	
	Seca	S0113-Hb BEN1-002	Diptera	Chironomidae (Larva)	ND	mg/L	0,00008	0,728		0,00008	NR	
			Diptera	Ceratopogonidae	ND	mg/L	0,00008	0,728		0,00008	NR	
			Subclase: Lumbriculata	ND	ND	mg/L	0,00008	0,728		0,00008	NR	
		S0113-Hb-BEN1-003	Diptera	Chironomidae (Larva)	ND	mg/L	0,00008	0,728		0,00008	NR	
			Diptera	Ceratopogonidae	ND	mg/L	0,00008	0,728		0,00008	NR	

Base de datos: EPA/ECOTOX base de datos: <http://www.Epa.gov/ecotox/> (Matriz Agua Superficial)

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

- 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 (Iannacone *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 las especies presentadas en el siguiente cuadro.

Cuadro 4-15 EPA Ecotox usados para peces - sitio S0113 (Sitio 13)

Comunidad HB	Nombre Químico	Especie Nombre Científico	Especie Nombre Común	Especie Grupo	Etapas de Vida del Organismo	Medio	Prueba	Conc 1 (Estandarizado)	Conc 1 Unidad (Estandarizado)
Peces	Bario	Barite	<i>Poecilia reticulata</i> *	Guppy	Pescado; Especie Estándar de Prueba	NR	Agua	Lab	9 mg/L
	Cadmio	<i>Danio rerio</i>	Zebra Danio	Fish; Standard Test Species		Agua dulce	Lab	0.00022482	AI mg/L

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

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 S0113 (Sitio 13).

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^{mm}.

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación de toxicidad en la comunidad de peces.

^{mm} Vargas-Vargas, R.A. (2017) - Pez cebra (*Danio rerio*) y anestesia. Un modelo animal alternativo para realizar investigación biomédica básica.

Cuadro 4-16 Evaluación de toxicidad para peces en agua superficial del sitio S0113 (Sitio 13)

Matriz	Época	Estación	Orden	Familia	Especie	Unidades	Contaminante			Contaminante		
							Resultado análisis	Valor referencia	Interpretación	Resultado análisis	Valor referencia	Interpretación
Agua Superficial	Húmeda	SO-113-HB-PEC-1-001.2	Characiformes	Characidae	<i>Hemibrycon aff. metae</i>	mg/L	0,2234	9	Valor por debajo del límite Ecotox	0,00001	0,00022482	Valor por debajo del límite Ecotox
					<i>Hemigrammus sp.</i>	mg/L	0,2234	9		0,00001	0,00022482	
					<i>Moenkhausia sp.</i>	mg/L	0,2234	9		0,00001	0,00022482	
				Lebiasinidae	<i>Pyrthulina laeta</i>	mg/L	0,2234	9		0,00001	0,00022482	
			Cichliformes	Cichlidae	<i>Aequidens tetramerus</i>	mg/L	0,2234	9		0,00001	0,00022482	
			Cyprinodontiformes	Cynolebiidae	<i>Anablepsoides sp.</i>	mg/L	0,2234	9		0,00001	0,00022482	
	Seca	SO-113-HB-PEC-1-001.2	Characiformes	Characidae	<i>Moenkhausia oligolepis</i>	mg/L	0,5	9	Valor por debajo del límite Ecotox	0,00001	0,00022482	Valor por debajo del límite Ecotox
					<i>Moenkhausia sp.</i>	mg/L	0,5	9		0,00001	0,00022482	
					<i>Charax tectifer</i>	mg/L	0,5	9		0,00001	0,00022482	
					<i>Hemigrammus sp.</i>	mg/L	0,5	9		0,00001	0,00022482	
				Erythrinidae	<i>Hemibrycon sp.</i>	mg/L	0,5	9		0,00001	0,00022482	
					<i>Hoplias malabaricus</i>	mg/L	0,5	9		0,00001	0,00022482	
				Iguanodectidae	<i>Bryconops inpai</i>	mg/L	0,5	9		0,00001	0,00022482	
				Lebiasinidae	<i>Pyrthulina cf. laeta</i>	mg/L	0,5	9		0,00001	0,00022482	
			Chichliiformes	Cichlidae	<i>Bujurquina sp.</i>	mg/L	0,5	9		0,00001	0,00022482	

Importante:

Se indica que el Bario Total y Cadmio no son CP para la matriz agua superficial del sitio S0113 (Sitio 13); sin embargo, se evaluaron estos elementos a fin de demostrar que las concentraciones registradas no superan los valores de Ecotox. Además, los valores excedentes de estos CP en las muestras de peces pudieron ser contraído en zonas no necesariamente proveniente del sitio S0113 (Sitio 13).

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 S0113 (Sitio 13), 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*ⁿⁿ, para cada contaminante para el que exista 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 que produce 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, también 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 para 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)^{oo} 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.

Cuadro 4-17 NOAEL para CP de la matriz suelos - sitio S0113 (Sitio 13)

CP	NOAEL* (mg/kg/d)	Descripción
Bario Total	1,5	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) registrada en campo.
Cadmio	0,271	
Suma Total HAP's	0,15 ^a	
Selenio	0,056	
Hidrocarburos C10-C28	25 ^b	Se asume que este valor podría tener los mismos efectos de toxicidad sobre el tapir, ejemplar del sitio S0113 (Sitio 13).
Hidrocarburos C28-C40		

* Toxicological Benchmarks for Wildlife: 1996 Revisión. Tabla N.°12.

a Se consideró el valor del Benzo(a) pireno como valor representativo de la suma total de los HAP's.

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 las fracciones F2 y F3

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

ⁿⁿ Ecological Risk Assessment Guidance for Superfund: Process for Designing and Conducting Ecological Risk Assessments - US EPA

^{oo} Toxicological Benchmarks for Wildlife: 1996 Revision. - U.S. Department of Energy.

Es preciso indicar que estos valores son referenciales y se basan en estudios de toxicidad, obteniendo así valores NOAEL de algunas especies; es por ello que se consideró una especie análoga respecto a las especies identificadas del sitio S0113 (Sitio 13), como el caso del *Odocoileus virginianus* a fin de tener una idea del grado de toxicidad que podría generar a las especies endémicas del lugar.

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 como a la fauna y flora silvestre del sitio S0113 (Sitio 13) la cual podría 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 (3) 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 (entrevistas no estructuradas), se han identificado áreas o zonas de “collpa” (áreas arcillosas donde estas especies consumen arcilla y sales para contrarrestar la toxicidad de ciertos alimentos propios de su dieta) en zonas específicas a lo largo de la quebrada del sitio S0113 (Sitio 13), específicamente a especies como *Tapirus terrestris* (Tapir) donde se encontraron evidencias de su recorrido en el área de estudio.

Fotografía 4-1 Huella de *Tapirus terrestris* “Tapir” en sitio S0113 (Sitio 13)



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

- **Aire**

La flora del sitio S0113 (Sitio 13) en primera instancia sería afectada por la asimilación de vapores/partículas de los CP 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. En caso de los metales pesados, es poco probable que estos pueden propagarse por dispersión de partículas; debido a la 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 sería por ingesta directamente (fauna) y absorción en las raíces (flora). De acuerdo con la información recopilada en la etapa de caracterización, los peces con mayor abundancia pertenecen al orden *Characiformes* (39 individuos) destacando el *Moenkhausia sp*; siendo estos los receptores directos ante una exposición por contaminación de metales pesados y/o hidrocarburos.

A.2 Receptor y escenario humano

Se determinaron tres (3) posibles receptores humanos, el receptor humano 1 corresponde a los trabajadores industriales de la zona industrial donde se sitúan los pozos DORI-10 y DORI-11D, habiendo una probabilidad de que ingresen al sitio para realizar actividades estrictamente de carácter industrial (verificación, inspección, etc.).

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); y 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 C.N. Nueva Jerusalén, conforme a lo planteado en el modelo conceptual.

Escenario Humano N° 1: Poblador Local – Trabajador Industrial

El receptor del escenario 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 4-18 se presenta los datos generales u otros datos del receptor humano 1:

Cuadro 4-18 Receptor/Escenario humano 1 - sitio S0113 (Sitio 13)

Escenario Humano N° 1: Trabajadores industriales	
Datos Generales	El grupo poblacional corresponde a los trabajadores Batería Dorissa adultos de aproximadamente de 30-40 años 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 escenario 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 4-19).

Cuadro 4-19 Receptor/Escenario humano 2 - sitio S0113 (Sitio 13)

Escenario Humano N° 2: Cazadores y pescadores esporádicos		
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 (receptor hipotético) 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 (receptor hipotético) Rango de edad: 6 a 11 años
Espacios Educativos	La institución educativa de la C.N. 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 infecciones agudas de las vías respiratorias superiores, helmintiasis, 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. Las condiciones sanitarias son deficientes en la comunidad, careciendo de servicios higiénicos o letrinas por lo que hacen uso del bosque.	
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.	
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 escenario humano 3, corresponde al asentamiento donde se emplaza el núcleo poblacional principal de la C.N. Nueva Jerusalén, el cual se localiza aproximadamente a 17,2 km de distancia del Sitio S0113 (Sitio 13); 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 Macusari) para fines de usos recreacionales (ver Cuadro 4-20).

Cuadro 4-20 Receptor/Escenario humano 3 - sitio S0113 (Sitio 13)

Escenario Humano N° 3: C.N. Nueva Jerusalén	
Datos Generales	El grupo poblacional corresponde a la CN Nueva Jerusalén cuenta con una población estimada de 300 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 infecciones agudas de las vías respiratorias superiores, helmintiasis, 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. Las condiciones sanitarias son deficientes en la comunidad, careciendo de servicios higiénicos o letrinas por lo que hacen uso del bosque.
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.
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.

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

B. Cálculo de la dosis de exposición en seres humanos (para las vías de exposición relevantes)**- Selección de factores de exposición**

Para la determinación de la dosis de exposición fue necesario una selección preliminar de ciertos parámetros como características de los CP, parámetros fisiológicos y biológicos de los receptores humanos identificados y parámetros según el escenario de exposición. En el Anexo 6.6.3, se adjunta la descripción detallada de las propiedades fisicoquímicas de los CP seleccionados para el escenario humano, mientras que en el siguiente cuadro se resumen las propiedades de mayor relevancia.

Cuadro 4-21 Parámetros de los contaminantes de preocupación para suelos

CP	CF	SA	PV	Log (Koc)	Log (Kd)	FBD _R	FBC	DdR (Derm.)	DdR (Oral)
TPH C12-C28 (F2)	4,3E+3	5,8	3,65E-02	3,70	ND	1,00	ND	0,04	0,04
TPH C28-C35 (F3)	3,0E+3	5,8	3,65E-02	3,70	ND	1,00	ND	0,04	0,04

Cuadro 4-21 Parámetros de los contaminantes de preocupación para suelos

CP	CF	SA	PV	Log (K _{oc})	Log (K _d)	FBD _R	FBC	DdR (Derm.)	DdR (Oral)
Cadmio	1,5E+0	0,0	0,00E+00	ND	1,51	1,00	ND	0,001	0,001
Selenio	1,5E+0	0,0	0,00E+00	ND	1,05	1,00	ND	0,005	0,005
Bario	2,2E+3	0,0	0,00E+00	ND	1,50	1,00	ND	0,2	0,2
Naftaleno	3,1E+0	31,4	8,89E-02	3,19	ND	1,00	430	0,02	0,02
Fenantreno	6,2E+0	0,994	6,80E-04	4,15	ND	1,00	2 630	0,03	0,03
Benzo (a) antraceno	5,8E+0	0,01	1,54E-07	5,55	ND	1,00	9 200	0,005	0,005
Benzo (b) fluoranteno	1,1E+0	0,0015	8,06E-08	6,08	ND	1,00	26 000	0,005	0,005

Fuente: RBCA Toolkit versión 2.6e, 2011.

ND: No definido, no se obtuvo información del parámetro en la normativa seleccionada para la presente ERSa (Cuadro N. 6.5).

CF: Concentración en el foco (unidades según la matriz)

S: Solubilidad acuosa (@ 20-25 °C) mg/L

P0: 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)

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

Cuadro 4-22 Parámetros de los contaminantes de preocupación para sedimentos

CP	CF	SA	PV	Log (K _{oc})	Log (K _d)	FBD _R	FBC	DdR (Derm.)	DdR (Oral)
Benzo (a) antraceno	4,1E-2	0,01	1,54E-07	5,55	ND	1,00	9 200	ND	ND
Dibenzo (a, h) antraceno	1,1E-2	0,0005	2,10E-11	6,28	ND	1,00	72 000	ND	ND

Fuente: RBCA Toolkit versión 2.6e, 2011.

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 (unidades según la matriz)

S: Solubilidad acuosa (@ 20 – 25 °C) mg/L

P0: 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)

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

El Anexo 6.6.4 se describe los parámetros de exposición, detallando los parámetros biológicos y fisiológicos de relevancia para el escenario humano que fueron utilizados para el cálculo de la dosis de exposición; que a su vez, se resumen brevemente en el siguiente cuadro:

Cuadro 4-23 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*
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 4-24 Fuentes consultadas para el cálculo de la dosis de exposición

Parámetro	Normativa / estándar (nacionales)	Descripción
Compuesto de preocupación	EPA/540/R-95/128	EPA SSL Guidance: Tech. Bkgd. Doc.
	EPA/600/8-91/011B.	USEPA, Dermal Exposure Assessment: Principles and Applications, ORD,
	EPA, 2003	EPA Water Quality Criteria downloaded June 2003
	RG-366 TRRP-19 (TX11)	Texas Risk Reduction Program, Toxicity Factors and Chemical/Physical Parameters, June 2001; (toxicity and physical/chemical properties tables dated May 24,2011)
	30 TAC 307	Texas Surface Water Quality Criteria, Table 3, downloaded June 2003
	NA	Howard, Handbook of Environmental Degradation Rates, Lewis Publishers, Chelsea, MI, 1989 (H)
	NA	Handbook of Chemical Property Estimation Methods, 1982, W.J. Lyman, (McGraw-Hill, New York), ISBN -0-07-039175-0 (LY).
	USEPA, 2007	USEPA Integrated Risk Information System (IRIS), as of March 31, 2007 (EPA-I)
	--	Límites de detección analítica para suelos y sedimentos. AGQ Lab (Registro LE-072)
Fisiología y biología del receptor	Guía ERSA (RM: 034-2015-INAM)	Anexo C: Tabla de datos para el cálculo de la exposición
Escenario de Exposición	NA	Según el escenario

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 este sitio en particular se incluye una posible volatilización y dispersión atmosférica de vapores contaminantes probablemente

contenidas en el suelo superficial. Dentro de este mecanismo podrían transportarse fracciones volátiles de hidrocarburos contenidos en el estrato, logrando su dispersión en el foco. A pesar de no detectarse de forma analítica la presencia de hidrocarburos de la fracción F1 (C6-C10) en ninguna de las matrices analizadas (esencialmente el suelo), se ha considerado el mecanismo de volatilización por la presencia de olores durante los recorridos de campo, los cuales se han detectado al remover mínimas profundidades del suelo.

Se incluye la erosión del viento y dispersión atmosférica de partículas con la finalidad de evaluar el escenario más crítico, a pesar de la presencia de cobertura vegetal la cual actúa como barrera natural; así como, la topografía del terreno, dirección y velocidad del viento del sitio.

Para algunas sustancias como metales pesados, se considera una posible lixiviación y transporte tanto al agua superficial como el agua subterránea. La medida del grado de avance de la pluma de contaminación dependerá específicamente de las características del suelo y su interacción con los contaminantes presentes en esta matriz. Una vez estos contaminantes lleguen a un cuerpo de agua o alcancen el nivel freático, su dinámica de dispersión cambiará en función del flujo del cuerpo receptor.

Finalmente, se considera como un mecanismo de transporte adicional el agua superficial proveniente de las altas precipitaciones, alcanzando los 3057 mm anuales; facilitando de esta manera el transporte por arrastre de los contaminantes hacia 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.

• 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^{PP}.

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.

^{PP} Fleming Martínez et al (2001). Efecto de la miscibilidad parcial entre octanol y agua sobre la solubilidad y el reparto de algunas sulfonamidas.

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.

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 correspondiente al poblador local de la C.N. Nueva Jerusalén que es trabajador industrial del lote petrolero y probablemente transita por el sitio S0113 (Sitio 13), por tal es un receptor *in situ* (dentro del sitio) y se espera una probable afectación a través de la vía de exposición por inhalación de partículas de CP del suelo que han sido

transportadas desde el foco hasta la zona industrial de los Pozos DORI-10 y DORI-11D por acción del viento; además, por las vías de exposición por contacto dérmico e ingestión de los CP de la matriz suelos.

El receptor del escenario humano N° 2 (en el sitio) correspondiente a pobladores locales adulto y niño que visitan el sitio o transitan cerca a este, para desarrollar actividades como la caza y pesca esporádicamente, podría verse afectado por exposición con los contaminante del suelo directamente por contacto dérmico, ingestión accidental e inhalación de partículas e indirectamente con los CP que lixivian y descargan en quebradas cercanas; además, por exposición a sedimentos mediante las vías de exposición por contacto dérmico e ingestión accidental, ya que es probable que este receptor se lave las manos o se bañe en los cuerpos de agua superficial del sitio. No se considera el consumo de agua no tratada, dado que no se determinaron contaminantes de preocupación en dicha matriz ambiental. Asimismo, puede existir una exposición por consumo de pescado capturado en las quebradas cercanas al sitio impactado.

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 S0113 (Sitio 13). 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 del río Macusari con las aguas del río Corrientes, el cual pasa por las cercanías de la C.N. Nueva Jerusalén donde se frecuente el uso recreativo.

Para este último escenario no se considera la ruta de exposición por inhalación de partículas, porque la distancia entre el foco de contaminación y el receptor es de 17,2 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.

Asimismo para el escenario humano 1 (trabajadores industriales) y escenario humano 2 (cazadores y/o pescadores esporádicos), no se ha considerado la vía de exposición por ingestión de agua subterránea afectadas del sitio S0113 (Sitio 13), 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 subterránea, pues la fuente de abastecimiento de agua potable no proviene del acuífero que subyace en el sitio impactado, siendo la profundidad del nivel freático de 6 m, por tales motivos no hay posibilidad de contacto entre el receptor y los contaminantes presentes en el sitio, consecuentemente no hay riesgo.

Es importante mencionar que, existe una relación entre el receptor primario ecológico y el receptor secundario, debido al hábito de la caza en este sector; el cual no necesariamente se puede dar en el sitio S0113 (Sitio 13). Sin embargo, la fauna tiene a desplazarse grandes distancias, existiendo una posibilidad de que transiten por el sitio contaminados; 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.

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.

Como se señaló anteriormente, los contaminantes de preocupación identificados, considerando todas las matrices evaluadas se resumen a continuación:

- HAP: Benzo (a) antraceno (suelos y sedimentos), Benzo (b) fluoranteno (suelos), Fenantreno (suelos), Naftaleno (suelos), Fenantreno (suelos); Dibenzo (a,h) antraceno (sedimentos).
- Hidrocarburos de petróleo: Fracción 2 (C10-C28) y Fracción 3 (C28-C40) (suelo).
- Metales: Bario (suelos), Cadmio (suelo), Selenio (suelo).

• 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 suspendidas⁹⁹, lo cual corresponde con los resultados obtenidos dado que, estos compuestos se encontraron en concentraciones que superan los límites de referencia solo en suelo y sedimentos. 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 HAP es posible dado que, existen algunas zonas descapotadas y se encontraron concentraciones de dicho contaminante sobre el límite de referencia en suelo superficial (< 0,6 m).

Hidrocarburos de petróleo

Las fracciones encontradas F2 y F3, correspondientes 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 sitio, los hidrocarburos presentes en el sitio S0113 (Sitio 13) se encuentran meteorizados y representan las fracciones más recalcitrantes, lo cual hace prácticamente nula su movilidad a través de un 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 cargadas¹⁰⁰. En el Cuadro N° VI-14 de la Guía ERSa puede observarse que las especies químicas de metales pesados anfóteros unidos aniónicamente como por ejemplo cromatos y selenatos, son muy solubles mientras que los carbonatos que se formen con metales son insolubles.

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. Los metales considerados para el sitio S0113 (Sitio 13), como contaminantes de preocupación, no tienen propiedades volátiles como el mercurio, por lo que la migración al aire no sería posible por volatilización, sin embargo, si se

⁹⁹ ASTM E 2081-00 Standard Guide for Risk Based Corrective Actions

¹⁰⁰ ASTM E 2081-00 Standard Guide for Risk Based Corrective Actions

podría presentar dispersión de partículas de suelo conteniéndolos dado que, se encontraron concentraciones sobre los niveles de fondo y ECA para en el suelo superficial (<0,6 m).

Cuadro 4-25 Vías de exposición del sitio S0113 (Sitio 13)

Medios de contacto	Vías de potencial exposición
Suelo	Contacto dérmico / Ingestión / Inhalación
Aguas superficiales / Sedimentos	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 es cierto que el análisis 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 puntualizar 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, esto nos indica la ausencia de dichos contaminantes en el medio de los cuales, a pesar de que puedan estar relacionados con la contaminación histórica de hidrocarburos en la zona, representan un riesgo aceptable a la salud de las personas y al ambiente. De la misma forma, se registraron concentraciones de algunos 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, estos cumplen con los estándares de calidad que definen un entorno óptimo donde no habría algún riesgo a la salud de las personas y al ambiente.

Cuadro 4-26 Parámetros no seleccionados como contaminantes de preocupación

Matriz	Sustancia	Justificación
Suelo	Antimonio, arsénico, berilio benzo (a) pireno, boro, cobalto, cobre, cromo total, hidrocarburos C5-C10, mercurio, níquel, plata, plomo, talio, vanadio, zinc.	Contaminantes cuya concentración máxima o el UCL95 son menores o iguales a los valores límite.
	Acenafteno, antraceno, benceno, benzo (a) pireno, benzo (k) fluoranteno, dibenzo (a, h) antraceno, fluoranteno etilbenceno, indeno (1.2.3-c. d) pireno, pireno, tolueno, xilenos.	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 o el UCL95 son menores o iguales a los valores límite.
	Acenafteno, acenaftileno, antraceno, benzo (a) pireno, criseno, fenantreno, fluoranteno, fluoreno, mercurio, naftaleno, pireno.	Todos los valores medidos son inferiores al LDA – existe incertidumbre sobre la medición.
Agua subterránea	Antimonio, arsénico, bario, boro, cadmio, cloruros, cobre, fósforo, mercurio, níquel, plomo, talio, zinc.	Contaminantes cuya concentración máxima o el UCL95 son menores o iguales a los valores límite.
	Antraceno, benceno, benzo (a) pireno, cromo total, fluoranteno, hidrocarburos C10-C40, hidrocarburos C28-C40, plata, selenio.	Todos los valores medidos son inferiores al LDA – existe incertidumbre sobre la medición.
Agua superficial	Bario total, cobre, níquel, plomo.	Contaminantes cuya concentración máxima o el UCL95 son menores o iguales a los valores límite.
	Antimonio, antraceno, arsénico, benceno, benzo (a) pireno, cadmio, cromo total, fluoranteno, hidrocarburos C10-C40, hidrocarburos C28-C40, mercurio, selenio, talio.	Todos los valores medidos son inferiores al LDA – existe incertidumbre sobre la medición.

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

4.9 Factores culturales y sociales^{ss}.

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. 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:

- 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 4-27 se presenta la ficha social de relevamiento.

Cuadro 4-27 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.

^{ss} 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 4-28 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 4-29 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. Asimismo, en el Anexo 6.6.9 se adjuntan las entrevistas de campo.

Cuadro 4-30 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 entrevistas		61

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

- **Distancias estimadas desde el sitio S0113 (Sitio 13) a la CN Nueva Jerusalén**

El sitio S0113 (Sitio 13) se encuentra ubicado a 17,2 km del casco comunal de la CN Nueva Jerusalén. Para acceder al sitio se recorre desde el Campamento Dorissa hacia los pozos Dori 10, 11 y 12. 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.^{tt}

Cuadro 4-31 Distancia del sitio S0113 (Sitio 13) a la CN Nueva Jerusalén

Comunidad	Sitio	Distancia estimada del sitio a la comunidad (kilómetros)	Tipo de recorrido
CN Nueva Jerusalén	S0113 (Sitio 13)	17,2	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, Antioquia 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.^{uu}

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

^{tt} Entrevista a Monitor Roberto Sandi.

^{uu} 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.

identifica la población estimada para la CN Nueva Jerusalén, pertenecientes al grupo étnico achuar que tienen como lengua materna el achuar.

Cuadro 4-32 Población de la CN Nueva Jerusalén

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

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

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

(**) Fuente: Sistema de Información sobre Comunidades Nativas de la Amazonía Peruana. SICNA. Instituto del Bien Común.

• 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 espaciosas, 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^{vv}.

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.^{www}

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. La CN 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

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

^{www} Estudio Técnico Independiente, PNUD, 2018

la cocina es contigua a los dormitorios. Los principales insumos para la cocina en la CN 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 loza 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 Loza 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 S0113 (Sitio 13) es la misma que desde la comunidad (17,2 km). La frecuencia del juego de niños y jóvenes en estas lozas 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. ^{xx}

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

^{xx} 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.

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.

Cuadro 4-33 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 estas comunidades 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 que se asientan de manera muy cercana a los cascos comunales (no se encuentran chacras en los sitios contaminados en evaluación).

Las especies que se cultivan son, esencialmente, la yuca (usada para el masato, bebida tradicional) y el plátano, especies que no requieren más que agua de lluvia para riego pues no es posible la canalización del agua de río o quebradas hasta las zonas de cultivo. La agricultura local no hace uso de fertilizantes químicos ni naturales y carece de asistencia técnica de algún tipo.

Fotografía 4-3 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” ^{yy} 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. ^{zz}

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

^{yy} 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.

^{zz} Análisis de Situación de Salud del Pueblo Achuar. Ministerio de Salud, Dirección General de Epidemiología. 2006.

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 S0113 (Sitio 13) 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^{aaa} (animales, plantas, seres míticos, otros). El bosque también – adicionalmente a una fuente de vida- implica un espacio de conocimiento, espiritualidad y recreación.

Fotografía 4-4 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 tiguí, timbo, ganbi y semilla de asco; plantas que actúan como narcotizantes. La actividad se desarrolla de manera individual o en mingas.

La pesca 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

^{aaa} 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.

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 (*Myloplus 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 destacar que no se identificaron en el sitio S0113 (Sitio 13) evidencias del desarrollo de la pesca. Sin embargo, las especies para consumo humano más representativas y que se encuentran en ríos y quebradas de la zona son:

Cuadro 4-34 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

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

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 S0113 (Sitio 13) 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.).^{bbb} La base del sistema médico Achuar

^{bbb} Análisis de Situación de Salud del Pueblo Achuar. Ministerio de Salud, Dirección General de Epidemiología. 2006.

radica en la identificación de la naturaleza del daño o enfermedad dentro de un sistema propio de clasificación de enfermedades. ^{ccc}

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 *Wishin shirám* o médico que dieta, emplea la ayahuasca, entona canticos 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 ^{ddd}

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. ^{eee}. 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.

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

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

^{eee} 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.

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^{fff}, 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 4-35 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 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	-

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

Cuadro 4-35 Morbilidad en la CN Nueva Jerusalén

Grupos de Categorías	00a - 11a	12a - 17a	18a - 29a	30a - 59a	60a >
(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 la CN Nueva Jerusalén y la CN 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 S0113 (Sitio 13) se encuentra ubicado dentro de los territorios de la Comunidad Nativa 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.

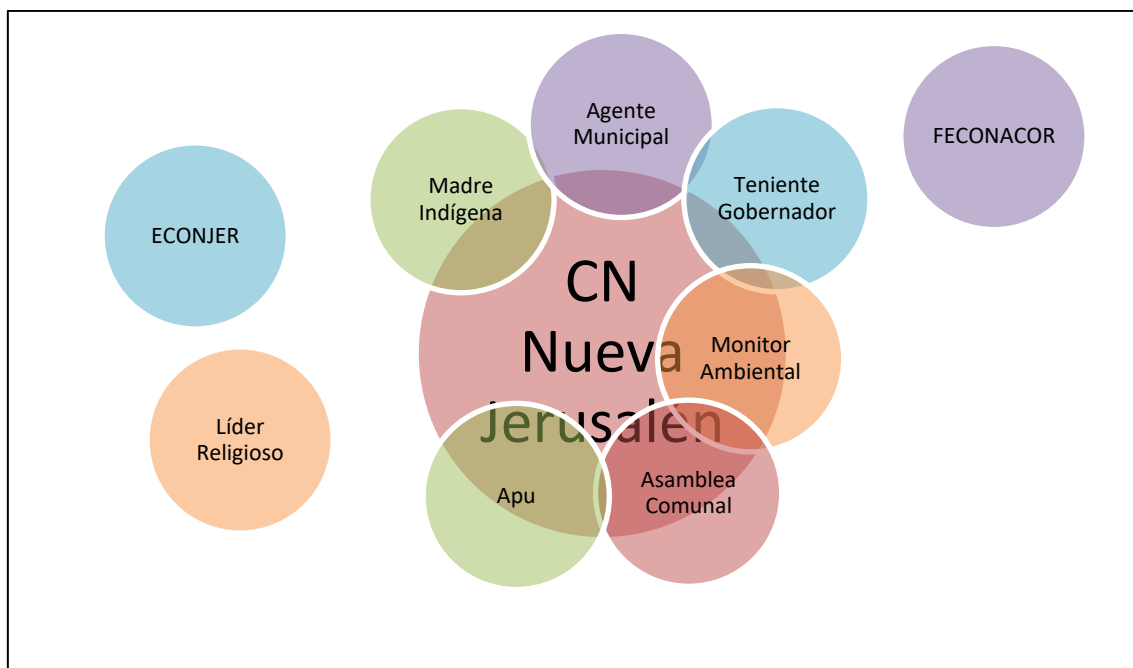
Cuadro 4-36 Reconocimiento y Titulación de la CN Nueva Jerusalén

Comunidad Nativa	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.⁹⁹⁹

Gráfico 4-24 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/ Otros Líderes.
- 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

⁹⁹⁹ 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.

según Asamblea realizada el 4,5 y 6 de agosto del 2017 en la Comunidad Nativa Pampa Hermosa^{hhh}. Estas comunidades son:

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

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 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.

^{hhh} <http://observatoriopetrolero.org/pronunciamiento-de-feconacor-federacion-de-comunidades-nativas-de-la-cuenca-del-corrientes/>

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 Dorissaiii 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 FECONACOiii 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.kkk

iii 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.

iii Organización histórica, previa a FECONACOR.

kkk 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.

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^{III}, 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: 9 de junio 2008.
- Gerente: Raúl Mucushua Cariajano, DNI 70353436.

Junta de administración

- Presidente: Pancho Ramirez 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.

^{III} Informe de Sostenibilidad 2014. Pluspetrol S.A.

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.

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 S0113 (Sitio 13) 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 4-37 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 4-37 Vías de exposición para los escenarios considerados

Vía 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	
Ingestión (Suelo y polvo)	-	X	-	Suelo superficial (menor a 0,6 m)
Contacto Dérmico (Suelo)	-	X	-	Suelo superficial y sedimentos
Inhalación (polvo)	X	X	-	Suelo superficial (menor a 0,6 m).
Contacto Dérmico (sedimentos)	-	X	-	Sedimentos de agua superficial de quebradas cercanas al sitio impactado
Ingestión (sedimentos)	-	X	-	Sedimentos de agua superficial de quebradas cercanas al sitio impactado

Cuadro 4-37 Vías de exposición para los escenarios considerados

Vía 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	
Ingestión (Pescado)	-	X	-	Cuerpo de agua superficial en el sitio
Ingestión (Agua superficial)	-	X	X	Cuerpo de agua superficial en el sitio / Río Macusari
Contacto Dérmico (Agua superficial)	-	X	X	Cuerpo de agua superficial en el sitio / Río Macusari

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

En el Anexo 6.6.5 se presenta los parámetros específicos del sitio considerados para las corridas en el software RBCA Toolkit, tales como espesor del suelo superficial, techo de suelo afectado, base de techo afectado, fracción de carbono, textura, gradiente hidráulica, pH, entre otros, que en su mayoría fueron obtenidos del informe de caracterización del Sitio S0113 (sitio 13); asimismo, los parámetros de exposición de los receptores, tales como frecuencia de exposición, peso corporal, duración de la exposición, área de la superficie de la piel, entre otros, que fueron obtenidos del Anexo C de la Guía ERSa del MINAM o de agencias internacionales como la USEPA y la ASTM y se presentan en el Anexo 6.6.4.

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 (1:100000; 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 4-38 Riesgo Cancerígeno según Índice de Riesgo

Riesgo	Rango	Descripción
Riesgo aceptable	$IRT \leq 1E-5$,	La exposición a las sustancias cancerígenas del Sitio S0113 (Sitio 13) 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 S0113 (Sitio 13) 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)

Cuadro 4-38 Riesgo Cancerígeno según Índice de Riesgo

Riesgo	Rango	Descripción
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 S0113 (Sitio 13) 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 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 – Trabajador industrial**

En el Cuadro 4-39 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, es decir, los pobladores de la comunidad nativa que son trabajadores industriales cercanos a la Bateria Dorissa; 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. 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. La vía de exposición por contacto dérmico, ingestión e inhalación de partículas para escenario humano 1 (trabajador industrial) presenta potenciales rutas completas conforme a lo descrito en el modelo conceptual. Los cálculos del IR integral por vía (IR_j) indican que el riesgo por efectos carcinógenos es aceptable, pues el valor del IR_j es de $3,6E-6$ para la vía de exposición por contacto dérmico; de $3,2E-6$, para la vía por ingestión; y de $8,6E-10$, para la vía por inhalación, valores alejados al RVEC.

El Índice de Riesgo Total (IR_T), entendiéndose como la suma de los diversos IR_j identificados, es de $6,3E-6$, 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 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 del escenario humano 1 (trabajador industrial) y el agua subterránea, pues la fuente de abastecimiento de agua

potable no proviene del acuífero que subyace en el sitio impactado, siendo la profundidad media del nivel freático de 6 m, por tales motivos no hay posibilidad de contacto entre el receptor y los contaminantes presentes en el sitio, consecuentemente no hay riesgo.

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 - Escenario humano 1

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)
Dérmica	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	3,6E-6	7,3E-01	2,6E-06	3,1E-06	6,3E-06
	Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	7,0E-7	7,3E-01	5,1E-07		
Ingestión	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	3,6E-6	7,3E-01	2,6E-06	3,2E-06	
	Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	7,1E-7	7,3E-01	5,2E-07		
Inhalación	Cadmio	Cadmio	1,5E-12	1,8E-03	2,7E-12	8,6E-10	
	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	9,0E-9	8,8E-05	7,9E-10		
	Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	7,5E-10	8,8E-05	6,6E-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 4-40 y 4-41 se presenta los resultados del Índice de Riesgo (IR) por exposición a las sustancias cancerígenas identificadas en las matrices ambientales suelo y sedimento para el escenario humano 2, referente a los cazadores y pescadores esporádicos adulto y niño (6 a 11 años), de acuerdo con los escenarios de exposición descritos en capítulos anteriores.

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; de agua superficial, por contacto dérmico (inmersión) e ingestión accidental; y con sedimentos de agua superficial, mediante las vías de exposición por contacto dérmico e ingestión accidental por el tipo de actividades que realizan. 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.

La vía de exposición por contacto dérmico, inhalación e ingestión para suelos, y por contacto dérmico e ingestión de sedimentos para el escenario humano 2 (cazadores y pescadores esporádicos adulto y niño); presentan potenciales rutas completas conforme a lo descrito en el modelo conceptual por exposición de los receptores con el sitio impactado (in situ). Los cálculos del IR integral por vía (IR_j) indican que no existe riesgo potencial de efectos carcinógenos por exposición, pues el valor del IR_j es de $1,3E-6$ (adulto) y $1,7E-6$ (niño) para la vía de exposición por contacto dérmico; de $1,3E-6$ (adulto) y $1,5E-6$ (niño) para la vía por ingestión; y de $3,6E-10$ (adulto) y $1,8E-10$ (niño) para la vía de exposición por inhalación, 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, presenta un valor de $2,7E-6$ y $3,2E-6$ para el receptor adulto y niño respectivamente, siendo también un riesgo aceptable, ya que este índice es inferior al límite del Riesgo Extra de Cáncer de por Vida (RECV).

Es importante mencionar que, para este escenario de exposición se incluyó un factor de bioconcentración y tasa de ingesta diaria promedio para Benzo (a) antraceno, y Dibenzo (a, h) antraceno que influyeron en el cálculo de la ingesta máxima por ruta y, por ende, en el cálculo de riesgo.

Para este escenario 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 subterránea, pues la fuente de abastecimiento de agua potable no proviene del acuífero que subyace en el sitio impactado, siendo

la profundidad media del nivel freático de 6 m, por tales motivos no hay posibilidad de contacto entre el receptor y los contaminantes presentes en el sitio, consecuentemente no hay riesgo significativo.

En el Anexo 6.6.6 se presentan los cálculos de riesgo cancerígeno, considerando las distintas vías de exposición.

Cuadro 4-40 Índice del riesgo cancerígeno para CP – Escenario humano 2 – Adulto

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)
Dérmica	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	1,5E-6	7,3E-01	1,1E-06	1,3E-06	2,7E-06
	Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	2,9E-7	7,3E-01	2,1E-07		
	Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	5,6E-10	7,3E-1	4,1E-10		
	Agua Superficial ^A	Benzo (b) fluoranteno	5,6E-11	7,3E-1	4,1E-11		
	Sedimentos	Benzo (a) antraceno	1,1E-8	7,3E-1	7,8E-09		
	Sedimentos	Dibenzo (a,h) antraceno	2,9E-9	7,3E+0	2,1E-08		
Ingestión	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	1,5E-6	7,3E-01	1,1E-06	1,3E-06	2,7E-06
	Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	2,9E-7	7,3E-01	2,2E-07		
	Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	3,5E-10	7,3E-1	2,6E-10		
	Agua Superficial ^A	Benzo (b) fluoranteno	5,6E-11	7,3E-1	4,1E-11		
	Sedimentos	Benzo (a) antraceno	1,1E-8	7,3E-1	7,8E-09		
	Sedimentos	Dibenzo (a,h) antraceno	2,9E-9	7,3E+0	2,1E-08		
Inhalación	Cadmio	Cadmio	6,3E-13	1,8E-03	1,1E-12	3,6E-10	
	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	3,8E-9	8,8E-05	3,3E-10		
	Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	3,1E-10	8,8E-05	2,8E-11		
	REC V						

Fuente: RBCA Toolkit, V 2.6, 2018

CP: Contaminante de preocupación

IR_T: Índice de riesgo total (acumulativo)

REC V: Riesgo Extra de Cáncer de por Vida

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

Cuadro 4-41 Índice del riesgo cancerígeno para CP – Escenario humano 2 – Niño

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)
Dérmica	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	1,9E-6	7,3E-01	1,4E-06	1,7E-06	3,2E-06
	Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	3,8E-7	7,3E-01	2,8E-07		
	Agua Superficial A	Benzo (a) antraceno	5,6E-10	7,3E-1	4,1E-10		
	Agua Superficial A	Benzo (b) fluoranteno	5,6E-11	7,3E-1	4,1E-11		
	Sedimentos	Benzo (a) antraceno	1,4E-8	7,3E-1	1,0E-08		
	Sedimentos	Dibenzo (a,h) antraceno	3,7E-9	7,3E+0	2,7E-08		
Ingestión	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	1,7E-6	7,3E-01	1,2E-06	1,5E-06	
	Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	3,3E-7	7,3E-01	2,4E-07		
	Agua Superficial A	Benzo (a) antraceno	3,5E-10	7,3E-1	2,6E-10		
	Agua Superficial A	Benzo (b) fluoranteno	5,6E-11	7,3E-1	4,1E-11		
	Sedimentos	Benzo (a) antraceno	1,2E-8	7,3E-1	8,7E-09		
	Sedimentos	Dibenzo (a,h) antraceno	3,2E-9	7,3E+0	2,3E-08		
Inhalación	Cadmio	Cadmio	3,1E-13	1,8E-03	5,7E-13	1,8E-10	
	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	1,9E-9	8,8E-05	1,7E-10		
	Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	1,6E-10	8,8E-05	1,4E-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 3: Poblador Local – Residentes de la CN Nueva Jerusalén

Para la estimación del riesgo cancerígeno, para el escenario humano 3 correspondiente a los residentes de la CN Nueva Jerusalén. Se ha planteado que los CP 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 4-42 se presenta los resultados del Índice de Riesgo (IR) por exposición a las sustancias cancerígenas identificadas en el suelo y sedimentos, que descargarían en la matriz agua superficial. Del cálculo se puede determinar que los índices de riesgos individual (IR) para cada CP presentan un valor inferior al RECV fijado en $1,0E-5$, siendo un riesgo aceptable.

La vía de exposición por contacto dérmico e ingestión de agua superficial para el escenario humano 3 presenta una potencial ruta completa conforme a lo descrito en el modelo conceptual. Los cálculos del IR integral por vía (IR_i) indican que no existe riesgo potencial de efectos carcinógenos por exposición, pues el valor del IR_i para la vía de exposición por contacto dérmico (inmersión) es de $2,6E-14$ y de $1,7E-14$ para la vía de exposición por ingestión accidental, ambos 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, presenta un valor de $4,3E-14$, siendo también un riesgo aceptable, ya que este índice es inferior al límite del Riesgo Extra de Cáncer de por Vida (RECV).

Estos índices muy alejados del RVEC, son posiblemente por las características de los CP, ya que, al pertenecer a los HAP's, es posible que se concentren en el foco y su lixiviación sea limitada o nula, a esto debe sumarse la textura del material del sitio (predominancia de arcillas), que no favorece la movilidad de estos a otras matrices, así como su tasa de biodegradabilidad.

Es importante mencionar que, para este escenario de exposición se incluyó un factor de bioconcentración y tasa de ingesta diaria promedio para Benzo (a) antraceno, y Dibenzo (a, h) antraceno que influyeron en el cálculo de la ingesta máxima por la ruta y, por ende, en el cálculo de riesgo.

Para este escenario no se ha considerado una afectación de por inhalación de partículas y/o vapores, pues la CN Nueva Jerusalén se encuentra a una distancia de 17,2 km del sitio impactado y por las barreras naturales presentes.

En el Anexo 6.6.6 se presentan los cálculos de riesgo cancerígeno, considerando las distintas vías de exposición.

Cuadro 4-42 Índice del riesgo cancerígeno para CP - Escenario humano 3

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)
Dérmica	Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	3,2E-14	7,3E-1	2,3E-14	2,6E-14	4,3E-14
	Agua Superficial ^A	Benzo (b) fluoranteno	3,2E-15	7,3E-1	2,3E-15		
Ingestión	Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	2,0E-14	7,3E-1	1,5E-14	1,7E-14	
	Agua Superficial ^A	Benzo (b) fluoranteno	3,2E-15	7,3E-1	2,3E-15		
RECV						1,0E-05	

Fuente: RBCA Toolkit, V 2.6, 2018

(A) Lixiviación CP del suelo a agua subterránea / Descarga a agua superficial.

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 (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 4-43 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 S0113 (Sitio 13). 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

Cuadro 4-43 Riesgo no cancerígeno - Criterios

Riesgo	Rango	Descripción
		efectos adversos en los receptores humanos del Sitio S0113 (Sitio 135). 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 S0113 (Sitio 13). 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.

Es importante mencionar que, el cadmio se ha incluido en esta evaluación debido a sus efectos tóxicos por contacto dérmico e ingesta, ya que, la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) ha determinado que el cadmio es carcinogénico en seres humanos, con base a estudios que han descrito cáncer del pulmón en trabajadores expuestos a cadmio en el aire y en ratas que respiraron cadmio, siendo así que, sus efectos carcinógenos están ligadas a la ruta de exposición por inhalación (*Agency for Toxic Substances and Disease Registry*, 2016). A esto debe sumarse que el cadmio naturalmente presenta baja volatilidad y se encuentra en el aire como material particulado, pudiendo depositarse en el tracto respiratorio (*International Programme on Chemical Safety*, 2005). Similarmente los CP benzo (a) antraceno y benzo (b) fluoranteno, han sido clasificados como sustancias posiblemente cancerígenas para humanos por la IARC y la *Integrated Risk Information System* de la EPA; además, estas sustancias son tóxicas a una dosis de 0,005 mg/kg/día mediante vía de exposición oral, de acuerdo al estudio *Technical evaluation of the Intervention Values for Soil/Sediment and Groundwater* (RIVM, 2001), razón por la cual han sido consideradas en la presente caracterización del riesgo no cancerígeno. Estas tres (3) sustancias fueron evaluadas tanto para el escenario humano 1 y 2.

• Escenario humano 1: Poblador Local – Trabajador Industrial

En el Cuadro 4-44 se presentan los resultados calculados para el escenario humano 1, es decir, los trabajadores industriales expuestos a los contaminantes de preocupación CP, 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.

Los cálculos del IP integral por vía (IP_j) indican que no existe peligro por exposición, pues el valor del IP_j es de $3,5E-03$ para la vía de exposición por inhalación; de $5,1E-1$, para la vía de exposición dérmica; y de $3,8E-1$, para la vía por ingestión, valores inferiores al cociente de 1.

El Índice de Peligrosidad Total (IP_T), entendiéndose como la suma de los diversos IP_j identificados, es de $8,9E-1$, siendo un riesgo aceptable, ya que este índice es inferior al cociente de peligrosidad.

Para este escenario 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 subterránea, pues la fuente de abastecimiento de agua potable no proviene del acuífero que subyace en el sitio impactado, siendo la profundidad media del nivel freático de 6 m, por tales motivos no hay posibilidad de contacto entre el receptor y los contaminantes presentes en el sitio, consecuentemente no hay riesgo significativo.

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 y sedimentos 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 - Escenario humano 1

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)
Dérmica	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2	1,1E-2	4,0E-2	2,8E-01	5,1E-01	8,9E-01
	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F3	8,0E-3	4,0E-2	2,0E-01		
	Suelo Superficial	Cadmio	7,7E-7	1,0E-3	7,7E-04		
	Suelo Superficial	Selenio	3,9E-7	5,0E-3	7,8E-05		
	Suelo Superficial	Bario	4,1E-3	2,0E-1	2,0E-02		
	Suelo Superficial	Naftaleno	6,0E-6	2,0E-2	3,0E-04		
	Suelo Superficial	Fenantreno	1,2E-5	3,0E-2	4,0E-04		
	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	1,1E-5	5,0E-3	2,2E-03		
	Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	2,2E-6	5,0E-3	4,4E-04		
	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2	8,3E-3	4,0E-2	2,1E-01		
Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F3	5,9E-3	4,0E-2	1,5E-01			
Suelo Superficial	Cadmio	2,8E-6	1,0E-3	2,8E-03			
Suelo Superficial	Selenio	2,9E-6	5,0E-3	5,8E-04			
Suelo Superficial	Bario	4,2E-3	2,0E-1	2,1E-02			
Suelo Superficial	Naftaleno	6,0E-6	2,0E-2	3,0E-04			
Suelo Superficial	Fenantreno	1,2E-5	3,0E-2	4,0E-04			
Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	1,1E-5	5,0E-3	2,3E-03			
Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	2,2E-6	5,0E-3	4,4E-04			

Cuadro 4-44 Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas - Escenario humano 1

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)
Inhalación	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2	4,0E-4	2,0E-1	2,0E-03	3,5E-03	
	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F3	2,8E-4	2,0E-1	1,4E-03		
	Suelo Superficial	Cadmio	4,7E-12	3,5E-6	1,3E-06		
	Suelo Superficial	Selenio	4,8E-12	1,3E-2	3,8E-10		
	Suelo Superficial	Bario	6,9E-9	SI	NC		
	Suelo Superficial	Naftaleno	3,0E-7	3,0E-3	1,0E-04		
	Suelo Superficial	Fenantreno	1,5E-7	SI	NC		
	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	2,8E-8	SI	NC		
	Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	2,3E-9	SI	NC		
	Cociente de Peligrosidad				1,0E+00		

SI: Sin información / NC: No calculado

Fuente: RBCA Toolkit, V 2.6, 2018

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

• Escenario humano 2: Poblador local - pescadores y cazadores esporádicos

En el Cuadro 4-45 y 4-46 se presentan los resultados del Índice de Peligrosidad (IP) por exposición a los CP identificados en las matrices ambientales suelo y sedimento para el receptor humano 2 (pescadores y cazadores esporádicos), de acuerdo con los escenarios de exposición descritos en capítulos anteriores. Del cálculo del índice de peligrosidad se determina que para ninguno de los CP el valor del cociente supera a 1, siendo un riesgo aceptable.

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.

La vía de exposición por contacto dérmico, inhalación e ingestión para suelos, y por contacto dérmico e ingestión de sedimentos para el receptor del escenario humano 2 (pescadores y cazadores esporádicos) tanto para adulto y niño; presentan potenciales rutas completas conforme a lo descrito en el modelo conceptual por exposición de los receptores con el sitio impactado (in situ).

Del cálculo del índice de peligrosidad individual se determina que la exposición a los contaminantes de preocupación para el receptor adulto (Ver Cuadro 4-45) y niño (Ver Cuadro 4-46) representan un riesgo aceptable, dado que los valores del cociente no superan la unidad (1).

Los cálculos del IP integral por vía (IP_i) indican que no existe peligro por exposición, pues el valor del IP_i es de $2,1E-01$ (adulto) y $5,5E-1$ (niño) para la vía de exposición por contacto dérmico; de $1,6E-01$ (adulto) y $3,6E-1$ (niño), para la vía de exposición oral; y de $1,5E-3$ (adulto) y $1,5E-3$ (niño) para la vía de exposición por inhalación, valores inferiores al cociente de 1.

El Índice de Peligrosidad Total (IP_T), entendiéndose como la suma de los diversos IP_i identificados, presenta un valor de $3,8E-1$ y $9,1E-1$ para el receptor adulto y niño respectivamente, lo cual representa un riesgo aceptable, ya que este índice es inferior al cociente de peligrosidad.

Para este escenario no se ha considerado la vía de exposición por ingestión de agua subterránea afectada, si bien es cierto se determinaron CP para esta matriz ambiental, no existe una ruta de exposición completa entre el agua subterránea y el escenario humano 2 (pescadores y cazadores esporádicos adulto y niño), pues la fuente de abastecimiento de agua potable no proviene del acuífero que subyace en el sitio impactado, siendo la profundidad del nivel freático de 6 m, por tales motivos no hay posibilidad de contacto entre dicho receptor y los contaminantes presentes en el sitio, consecuentemente no hay riesgo significativo.

En cambio, es probable que exista una ruta de exposición directa entre los receptores humanos 2 (pescadores y cazadores esporádicos) con las matrices suelos y sedimentos, por actividades de pesca y caza en el sitio impactado o cerca a este.

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 y sedimentos 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 4-45 Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas - Escenario humano 2 - Adulto

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)
Dérmica	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2	4,7E-3	4,0E-02	1,2E-01	2,1E-01	3,8E-01
	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F3	3,4E-3	4,0E-02	8,4E-02		
	Suelo Superficial	Cadmio	3,2E-7	1,0E-03	3,2E-04		
	Suelo Superficial	Selenio	1,6E-7	5,0E-03	3,3E-05		
	Suelo Superficial	Bario	1,7E-3	2,0E-01	8,5E-03		
	Suelo Superficial	Naftaleno	2,5E-6	2,0E-02	1,2E-04		
	Suelo Superficial	Fenantreno	5,0E-6	3,0E-02	1,7E-04		
	Suelo Superficial	Benzo-a-antraceno	4,7E-6	5,0E-03	9,3E-04		
	Suelo Superficial	Benzo-b-fluoranteno	9,1E-7	5,0E-03	1,8E-04		
	Agua Superficial ^A	Fracción de Hidrocarburos F2	NC	4,0E-2	NC		
	Agua Superficial ^A	Fracción de Hidrocarburos F3	NC	4,0E-2	NC		
	Agua Superficial ^A	Cadmio	NC	1,0E-3	NC		
	Agua Superficial ^A	Selenio	NC	5,0E-3	NC		
	Agua Superficial ^A	Bario	NC	2,0E-1	NC		
	Agua Superficial ^A	Naftaleno	1,3E-8	2,0E-2	6,5E-07		
	Agua Superficial ^A	Fenantreno	1,2E-8	3,0E-2	4,0E-07		
	Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	2,3E-9	5,0E-3	4,5E-07		
	Agua Superficial ^A	Benzo (b) fluoranteno	2,2E-10	5,0E-3	4,5E-08		

Cuadro 4-45 Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas - Escenario humano 2 - Adulto

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)
Ingestión	Sedimentos	Benzo (a) antraceno	3,3E-8	5,0E-3	6,6E-06	1,6E-01	
	Sedimentos	Bario	5,9E-4	2,0E-1	2,9E-03		
	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2	3,5E-3	4,0E-02	8,7E-02		
	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F3	2,5E-3	4,0E-02	6,2E-02		
	Suelo Superficial	Cadmio	1,2E-6	1,0E-03	1,2E-03		
	Suelo Superficial	Selenio	1,2E-6	5,0E-03	2,4E-04		
	Suelo Superficial	Bario	1,7E-3	2,0E-01	8,7E-03		
	Suelo Superficial	Naftaleno	2,5E-6	2,0E-02	1,3E-04		
	Suelo Superficial	Fenantreno	5,0E-6	3,0E-02	1,7E-04		
	Suelo Superficial	Benzo-a-antraceno	4,7E-6	5,0E-03	9,4E-04		
	Suelo Superficial	Benzo-b-fluoranteno	9,1E-7	5,0E-03	1,8E-04		
	Agua Superficial ^A	Fracción de Hidrocarburos F2	2,9E-6	4,0E-2	7,3E-05		
	Agua Superficial ^A	Fracción de Hidrocarburos F3	2,1E-6	4,0E-2	5,2E-05		
	Agua Superficial ^A	Cadmio	3,0E-6	1,0E-3	3,0E-03		
	Agua Superficial ^A	Selenio	3,1E-7	5,0E-3	6,2E-05		
	Agua Superficial ^A	Bario	2,4E-4	2,0E-1	1,2E-03		
	Agua Superficial ^A	Naftaleno	1,5E-8	2,0E-2	7,4E-07		
	Agua Superficial ^A	Fenantreno	1,2E-8	3,0E-2	4,1E-07		

Cuadro 4-45 Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas - Escenario humano 2 - Adulto

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)
Inhalación	Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	1,5E-9	5,0E-3	2,9E-07		
	Agua Superficial ^A	Benzo (b) fluoranteno	2,3E-10	5,0E-3	4,6E-08		
	Sedimentos	Benzo-a-antraceno	3,3E-8	5,0E-3	6,6E-06		
	Sedimentos	Bario	6,1E-4	2,0E-1	3,0E-03		
	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2	1,7E-4	2,0E-01	8,3E-04	1,5E-03	
	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F3	1,2E-4	2,0E-01	5,9E-04		
	Suelo Superficial	Cadmio	2,0E-12	3,5E-06	5,6E-07		
	Suelo Superficial	Selenio	2,0E-12	1,3E-02	1,6E-10		
	Suelo Superficial	Bario	2,9E-9	SI	NC		
	Suelo Superficial	Naftaleno	1,2E-7	3,0E-03	4,2E-05		
	Suelo Superficial	Fenantreno	6,1E-8	SI	NC		
	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	1,2E-8	SI	NC		
	Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	9,8E-10	SI	NC		
	Cociente de Peligrosidad				1,0E+00		

(A) Lixiviación CP del suelo a agua subterránea / Descarga a agua superficial.

NC: No calculado / SI: Sin información

Fuente: RBCA Toolkit, V 2.6, 2018

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

Cuadro 4-46 Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas - Escenario humano 2 - Niño

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)
Dérmica	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2	1,2E-2	4,0E-02	3,1E-01	5,5E-01	9,1E-01
	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F3	8,7E-3	4,0E-02	2,2E-01		
	Suelo Superficial	Cadmio	8,3E-7	1,0E-03	8,3E-04		
	Suelo Superficial	Selenio	4,2E-7	5,0E-03	8,5E-05		
	Suelo Superficial	Bario	4,4E-3	2,0E-01	2,2E-02		
	Suelo Superficial	Naftaleno	6,4E-6	2,0E-02	3,2E-04		
	Suelo Superficial	Fenantreno	1,3E-5	3,0E-02	4,3E-04		
	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	1,2E-5	5,0E-03	2,4E-03		
	Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	2,4E-6	5,0E-03	4,7E-04		
	Agua Superficial A	Fracción de Hidrocarburos F2	NC	4,0E-2	NC		
	Agua Superficial A	Fracción de Hidrocarburos F3	NC	4,0E-2	NC		
	Agua Superficial A	Cadmio	NC	1,0E-3	NC		
	Agua Superficial A	Selenio	NC	5,0E-3	NC		
	Agua Superficial A	Bario	NC	2,0E-1	NC		
	Agua Superficial A	Naftaleno	1,3E-8	2,0E-2	6,5E-07		
	Agua Superficial A	Fenantreno	1,2E-8	3,0E-2	4,0E-07		
	Agua Superficial A	Benzo (a) antraceno	2,3E-9	5,0E-3	4,5E-07		
	Agua Superficial A	Benzo (b) fluoranteno	2,2E-10	5,0E-3	4,5E-08		

Cuadro 4-46 Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas - Escenario humano 2 - Niño

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)
Ingestión	Sedimentos	Benzo (a) antraceno	NC	4,0E-2	NC	3,6E-01	
	Sedimentos	Bario	NC	4,0E-2	NC		
	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2	7,8E-3	4,0E-02	1,9E-01		
	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F3	5,5E-3	4,0E-02	1,4E-01		
	Suelo Superficial	Cadmio	2,7E-6	1,0E-03	2,7E-03		
	Suelo Superficial	Selenio	2,7E-6	5,0E-03	5,4E-04		
	Suelo Superficial	Bario	3,9E-3	2,0E-01	1,9E-02		
	Suelo Superficial	Naftaleno	5,6E-6	2,0E-02	2,8E-04		
	Suelo Superficial	Fenantreno	1,1E-5	3,0E-02	3,7E-04		
	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	1,1E-5	5,0E-03	2,1E-03		
	Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	2,0E-6	5,0E-03	4,1E-04		
	Agua Superficial ^A	Fracción de Hidrocarburos F2	2,9E-6	4,0E-2	7,3E-05		
	Agua Superficial ^A	Fracción de Hidrocarburos F3	2,1E-6	4,0E-2	5,2E-05		
	Agua Superficial ^A	Cadmio	3,0E-6	1,0E-3	3,0E-03		
	Agua Superficial ^A	Selenio	3,1E-7	5,0E-3	6,2E-05		
	Agua Superficial ^A	Bario	2,4E-4	2,0E-1	1,2E-03		
	Agua Superficial ^A	Naftaleno	1,5E-8	2,0E-2	7,4E-07		
	Agua Superficial ^A	Fenantreno	1,2E-8	3,0E-2	4,1E-07		

Cuadro 4-46 Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas - Escenario humano 2 - Niño

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)	
Inhalación	Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	1,5E-9	5,0E-3	2,9E-07			
	Agua Superficial ^A	Benzo (b) fluoranteno	2,3E-10	5,0E-3	4,6E-08			
	Sedimentos	Benzo-a-antraceno	7,4E-8	5,0E-3	1,5E-05			
	Sedimentos	Bario	1,4E-3	2,0E-1	6,8E-03			
	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2	1,7E-4	2,0E-01	8,3E-04	1,5E-03		
	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F3	1,2E-4	2,0E-01	5,9E-04			
	Suelo Superficial	Cadmio	2,0E-12	3,5E-06	5,6E-07			
	Suelo Superficial	Selenio	2,0E-12	1,3E-02	1,6E-10			
	Suelo Superficial	Bario	2,9E-9	NC	NC			
	Suelo Superficial	Naftaleno	1,2E-7	3,0E-03	4,2E-05			
	Suelo Superficial	Fenantreno	6,1E-8	NC	NC			
	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	1,2E-8	NC	NC			
	Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	9,8E-10	NC	NC			
Cociente de Peligrosidad					1,0E+00			

(A) Lixiviación CP del suelo a agua subterránea / Descarga a agua superficial.

NC: No calculado / SI: Sin información

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, en base a los resultados analíticos de metales presente en los peces de las quebradas cercanas al sitio impactado.

Del cálculo del Índice de peligrosidad en función de la ingesta diaria admisible, se determina que para ninguno de los metales el valor del índice de peligrosidad es superior a uno (1). Cabe resaltar que solamente se reportaron excedencias de bario y cadmio en las muestras analizadas. En el siguiente cuadro se presentan los resultados:

Cuadro 4-47 Resultados del escenario humano de pobladores de la CN para sustancias no cancerígenas en la ingestión de pescado

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	11	65	0,17	NA ^a	NA
		Antimonio Total	0,0025	0,026	0,10		
		Arsénico Total	0,0061	0,139	0,04		
		Bario Total	5	32,5	0,15		
		Berilio Total	0,0025	0,13	0,02		
		Boro Total	0,135	13	0,01		
		Cadmio Total	0,0247	0,05	0,49		
		Cobalto Total	0,0075	No Calculado	-		
		Cromo Total	0,0395	97,5	0,0004		
		Estaño Total	0,0035	39	0,0001		
		Estroncio Total	5	39	0,13		
		Hierro Total	12,5	45,5	0,27		
		Litio Total	0,025	1,3	0,02		
		Manganeso Total	5	9,1	0,55		
		Mercurio Total	0,0292	0,5	0,06		
		Molibdeno Total	0,0057	0,325	0,02		
		Níquel Total	0,034	1,3	0,03		
		Plata Total	0,0125	0,325	0,04		
		Plomo Total	0,051	0,3	0,17		
		Selenio Total	0,07	0,325	0, 22		
		Titanio Total	0,172	No Calculado	-		
		Vanadio Total	0,032	0,065	0,49		
		Zinc Total	12,5	19,5	0,64		

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, cuyo valor en ninguno de los supuestos de exposición a cada uno de los metales para este escenario, superó la unidad.

Así es que se concluye que el riesgo asociado al eventual consumo de pescado contaminado con metales no representa un riesgo significativo para el receptor expuesto en este escenario.

- **Escenario Humano 3: Poblador Local – Residente de CN Nueva Esperanza**

Para la estimación del riesgo no cancerígeno, para el escenario humano 3 correspondiente a los pobladores de la CN Nueva Jerusalén. Se ha planteado que las aguas subterráneas, afectadas por lixiviación de CP desde el suelo y sedimentos, descargan y/o afloran en algún cuerpo de agua superficial que posteriormente desembocan en el río Macusari, siendo este último de relevancia para la población de dicha comunidad nativa, debido al uso de sus aguas para fines recreacionales.

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 Cuadro 4-48 se presentan los resultados del Índice de Riesgo (IR) para el escenario humano 3, es decir, los pobladores de la CN Nueva Esperanza, por exposición vía dérmica (inmersión) y oral (ingestión) de agua superficial. Del cálculo del índice de peligrosidad se determina que para ninguno de los contaminantes de preocupación el valor del cociente supera a 1, siendo un riesgo aceptable.

La vía de exposición por contacto dérmico e ingestión de agua superficial para el escenario humano 3 presenta una potencial ruta completa conforme a lo descrito en el modelo conceptual. Los cálculos del IP integral por vía (IP_i) indican un riesgo aceptable, pues el valor del IP_i para la vía de exposición por contacto dérmico (inmersión) es de 8,8E-11 y de 8,5E-11 para la vía de exposición por ingestión (agua superficial), ambos 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 valor de 1,7E-10, siendo un riesgo aceptable, ya que este índice es inferior al cociente de peligrosidad.

No se logró calcular índices de peligro para los Fracción de Hidrocarburos F2, Fracción de Hidrocarburos F3, Cadmio, Selenio y Bario por la falta de un factor de bioconcentración pescado/agua al no ser bioacumulables, sin embargo, los cálculos se realizaron para Naftaleno, fenantreno, benzo (a) antraceno y benzo (b) fluoranteno, los cuales no presentan excedencias respecto al índice de peligro aceptable.

No se ha evaluado una exposición del receptor humano con agua subterránea, ya que la CN Nueva Jerusalén se abastece de agua del río Macusari y no de agua subterránea, por eso se planteó un escenario por contacto dérmico e ingestión por 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 y sedimentos 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 - Escenario humano 3

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)		
Dérmica	Agua Superficial ^A	Fracción de Hidrocarburos F2	NC	4,0E-2	NC	8,8E-11	1,7E-10		
	Agua Superficial ^A	Fracción de Hidrocarburos F3	NC	4,0E-2	NC				
	Agua Superficial ^A	Cadmio	NC	1,0E-3	NC				
	Agua Superficial ^A	Selenio	NC	5,0E-3	NC				
	Agua Superficial ^A	Bario	NC	2,0E-1	NC				
	Agua Superficial ^A	Naftaleno	7,3E-13	2,0E-2	3,7E-11				
	Agua Superficial ^A	Fenantreno	6,9E-13	3,0E-2	2,3E-11				
	Agua Superficial ^A	Benzo-a-antraceno	1,3E-13	5,0E-3	2,6E-11				
	Agua Superficial ^A	Benzo-b-fluoranteno	1,3E-14	5,0E-3	2,5E-12				
	Agua Superficial ^A	Fracción de Hidrocarburos F2	1,7E-10	4,0E-2	NC				
Ingestión	Agua Superficial ^A	Fracción de Hidrocarburos F3	1,2E-10	4,0E-2	NC	8,5E-11	1,0E+0		
	Agua Superficial ^A	Cadmio	1,7E-10	1,0E-3	NC				
	Agua Superficial ^A	Selenio	1,8E-11	5,0E-3	NC				
	Agua Superficial ^A	Bario	1,4E-8	2,0E-1	NC				
	Agua Superficial ^A	Naftaleno	8,5E-13	2,0E-2	4,2E-11				
	Agua Superficial ^A	Fenantreno	7,0E-13	3,0E-2	2,3E-11				
	Agua Superficial ^A	Benzo-a-antraceno	8,3E-14	5,0E-3	1,7E-11				
	Agua Superficial ^A	Benzo-b-fluoranteno	1,3E-14	5,0E-3	2,6E-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

NC: No calculado

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

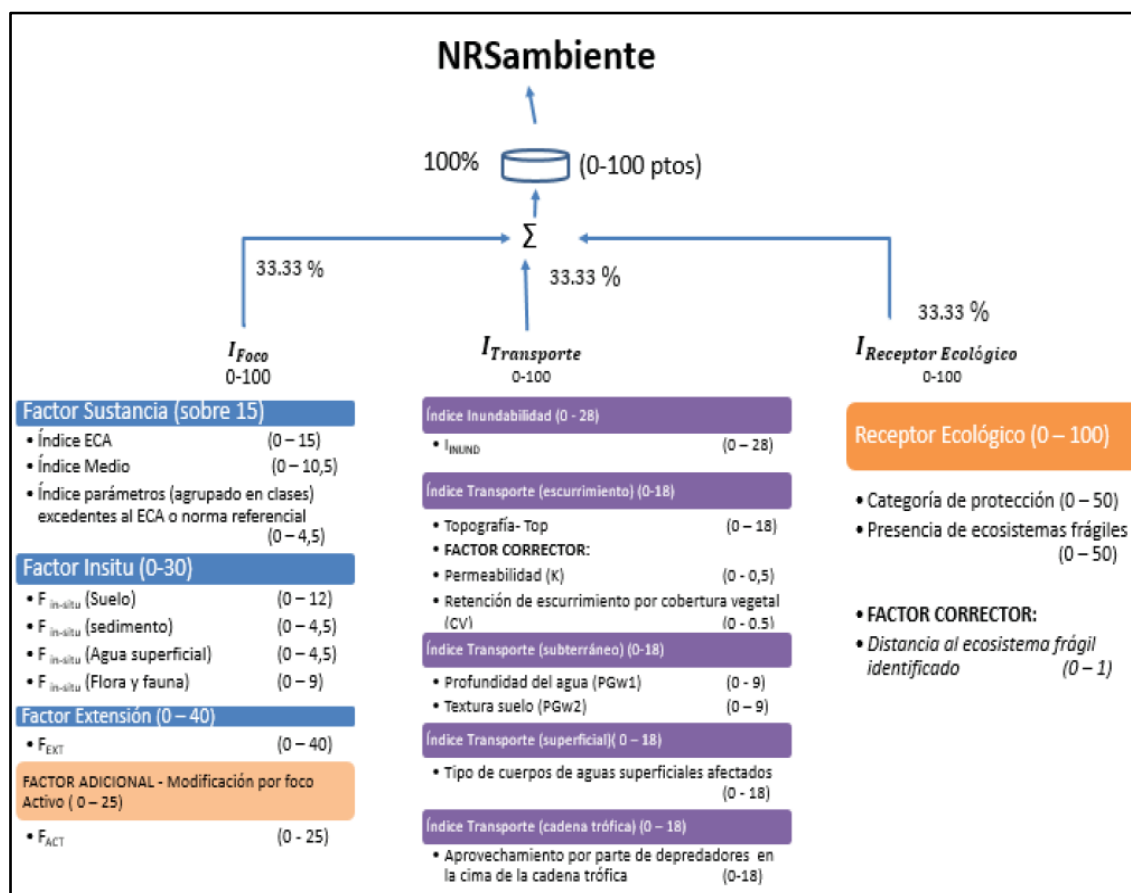
C. Caracterización del riesgo ecológico

Para poder estimar el riesgo ecológico en este escenario, 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 (bentos y peces) 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.

De manera general se pudo observar que se encontraron algunas excedencias relacionadas con la presencia Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAP's), así como la suma de las Fracciones de Hidrocarburos C10-C28 y C28-C40 (como TPH Total) las cuales se detectaron en sedimentos. Ante ello, es posible que se haya un riesgo hacia la comunidad bentónica por parte de estos CP; sin embargo, respecto al Bario Total y Cadmio no son CP en la matriz agua superficial y por consiguiente no presentaron excedencias, por lo cual se infiere que estos peces han ido acumulando estos elementos no necesariamente en las cercanías del sitio S0113 (Sitio 13). Además, de acuerdo a los valores Ecotox, no presentan un riesgo los peces endémicos del sitio; sin embargo, si consideramos a estos peces como una vía de exposición ante el ser humano, si se tendría un riesgo inaceptable para dicho receptor.

Asimismo, se emplea la *“Metodología para la estimación del nivel de riesgo a la salud y al ambiente de sitios impactados”* establecida por OEFA para la caracterización del riesgo ecológico; 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 4-2 se presentan los criterios de valoración y puntuación del Nivel de Riesgo por Sustancias respecto al ambiente.

Figura 4-3 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 Ministers 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:

$$NRS_{ambiente} = \frac{(I_{Foco} \cdot 0.33) + (I_{Transporte\ asociado\ a\ receptor\ ecológico} \cdot 0.33) + (I_{Receptor\ ambiente} \cdot 0.33)}{1}$$

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.

$I_{transporte\ asociado\ a\ receptor\ ecológico}$: 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 S0113 (Sitio 13), 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 UCL9518 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_i: 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

Cuadro 4-51 Parámetro I_{MEDIO} (N° medios afectados)

Medios afectados	Valor
No se sabe (no existe información analítica de laboratorio de los compuestos sospechados)	1,25
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 < 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:

$$F_{EXT} = 7.5 + \frac{32.5x(Ext(Ha) - 0.1)}{9.9}$$

Donde:

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 FACT (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.

$$I_{TRANSPORTE} = I_{Inund} + I_{Trans(ESC)} + I_{Trans(SUBT)} + I_{Trans(AG SUP)} + I_{Transp(CAD TROFICA RE)}$$

Donde:

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:

$$I_{Trans (ESC)} = Top \times (K + CV)$$

Donde:

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.

$$I_{RECEPTOR\ ECOLÓGICO} = RE1 + RE2 \times RE3$$

Donde:

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 hidrofiticos (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 3 km del sitio impactado)	0,8
Lejos (a más de 3 km 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 4-70.

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
Bario Total	7,52	5 000	16,07	Suelo	2 150	750	2,8667
Cadmio	0,0008	7,016	0,0008	Suelo	1,464	1,4	1,0457
Hidrocarburos C10-C28	5	21 551	-	Suelo	4 285	1 200	3,5708

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
Hidrocarburos C28-C40	5	11 786	-	Suelo	3 041	3 000	
Suma Total HAP's	0,004	20,3	-	Suelo	20,3*	1,1	1,0137
Selenio	0,249	6,318	0,564	Suelo	1,487	1,00	1,4870
Benzo (a) antraceno	0,005	0,041	16,07	Sedimento	0,041 *	0,0317	1,2934
Dibenzo (a, h) antraceno	0,0008	7,016	0,0008	Sedimento	7,016 *	0,00622	1127,9743
TPH Totales	10	2 014**	-	Sedimento	2 014**	860	2,3419

* Concentración máxima seleccionada al no ser apto el tamaño muestral para realizar el cálculo del UCL 95 %.

** Se consideró la suma total de las fracciones de hidrocarburo C10-C28 y C28-C40.

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

Teniendo en cuenta la información presentada en el cuadro anterior, se tiene que el valor asignado al Índice ECA, Índice medio e Índice Clases fue el siguiente:

Cuadro 4-71 Cálculo del I_{ECA} , I_{medio} e I_{clases}

Índices		Valor	Suma
Índice ECA		15	15
Índice medio	I-suelo	2,75	5,5
	I-ag sup	0	
	I-sedim	2,75	
	I-ag subt	0	
Índice clases		4,5	4,5

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

Para el Índice medio se tiene que las matrices suelo y sedimento presentan al menos 3 parámetros que superan el ECA (Valor 2,75), a diferencia de las matrices agua superficial y subterránea, en cuyos casos no se superaron el valor de referencia (Valor 0). Es así que el valor resultante para el factor sustancia es de 25 para el sitio S0113 (Sitio 13).

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	0	18,75

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

El valor resultante del factor *in situ* es de 18,75 para el sitio S0113 (Sitio 13). Ello se debe a que durante los trabajos de campo se evidenció restos de hidrocarburo en superficie de suelo y quebrada, olor y derrames visibles en el sitio, lo cual permite valorar a los componentes suelo y agua superficial con 12 y 3,5 puntos, respectivamente. Ver Fotografía 4-5.

Fotografía 4-5 Evidencias de contaminación en suelos y cuerpos de agua



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

Así mismo, hubo indicios organolépticos de HC en sedimento colectado (valor 3,25). Ver Fotografía 4-6. Mientras que para el caso de flora y fauna aparentemente no se apreciaron cambios en la fauna y flora (valor 0). Aplicando la fórmula para el factor *in situ* se obtuvo un puntaje de 18,75.

Fotografía 4-6 Evidencias de contaminación en sedimentos



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

Posteriormente, se procedió a determinar el puntaje asociado a la extensión del sitio S0113 (Sitio 13) que, atendiendo las observaciones realizadas en campo, corresponde a un área de

7 404,1 m² (0,74 ha); por lo que el Factor extensión es de 9,6 puntos. Para ello se tomó en consideración la información recopilada en la etapa de caracterización en la cual se ubicaron puntos de muestreo en el área considerada como sitio impactado, considerando para ello variables como: relieve, topografía del terreno, dirección de flujo, cuerpos de agua (lénticos y lóticos) y la posible ruta de transporte del contaminante, así como la ubicación de las posibles fuentes de contaminación. Así mismo, se dispuso sondeos en las áreas límites del polígono donde se encontró excedencias de algún contaminante de preocupación.

El foco potencial se considera como activo por lo que el valor asignado a Fact es de 25 puntos. Ello debido a que, durante las labores de campo tanto en la fase de reconocimiento como en la fase de caracterización, se identificó potenciales fuentes de contaminación como los pozos DORI 10, DORI 11D y tuberías asociadas al transporte del hidrocarburo. Asimismo, durante las labores en campo se observó en el sitio un foco/fuente, el cual correspondería a una tubería proveniente de los pozos DORI 10 y DORI 12, de donde se observaba un drenaje por donde escurría hidrocarburo. Dicha tubería proviene de los pozos DORI10 y DORI12. Ver Fotografía 4-7.

Fotografía 4-7 Fuente activo de contaminación en el sitio S0113 (Sitio 13)



Foco activo de contaminación.

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

Teniendo en cuenta los valores obtenidos y la aplicación de la fórmula para Índice Foco, se obtiene un valor de 78,35 para el sitio S0113 (Sitio 13).

- Cálculo del NRS - I transporte

Dado que el sitio S0113 (Sitio 13) se ubica en las unidades fisiográficas: terrazas bajas eventualmente inundables, Colinas bajas ligeramente disectadas en rocas terciarias y Colinas bajas moderadamente disectadas en rocas Terciarias, se otorga un valor de 18 puntos para el parámetro Inund.

Para el cálculo del Índice de Transporte (escurrimiento), se obtuvieron los siguientes subcriterios: topografía (Top), permeabilidad (K) y retención de escurrimiento por cobertura vegetal (CV).

Cuadro 4-73 Cálculo del I_{trans} (ESC)

Top	K	CV	I_{trans} (ESC)
9	0,5	0,5	9

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

Siguiendo los criterios de la metodología, el valor 9 respecto a la topografía del lugar aplica a *sitios impactados en zona elevada, sin pendientes pronunciadas en el entorno*; ello obedece a los rangos de pendientes presentes en el sitio S0113 (Sitio 13): superficies plano-depresionadas con pendientes de 0-8 % y alturas menores a 20 m respecto a los cauces y, superficies onduladas a disectadas con pendientes hasta 50 %. Ello significa una capacidad de escurrimiento leve a moderada (dependiendo de las precipitaciones) y no necesariamente porque el sitio se encuentre en una zona elevada. Hay que tener en cuenta que los criterios deben adaptarse a las condiciones y particularidades del área de estudio. En función a ello, el resultado del parámetro I_{trans} (ESC) del sitio S0113 (Sitio 13) es de 9.

El valor $K = 0,5$, está relacionado a la permeabilidad predominante del suelo superficial, la cual es baja para el sitio. Ello debido a que geológicamente el sitio se ubica sobre depósitos aluviales antiguos (Qp-a) cuyo horizonte superior está integrado por limos y arcillas y, depósitos aluviales recientes (Qr-a) constituido por arenas, limos y arcillas.

Respecto a la cobertura vegetal (valor 0,5) se tiene que las especies representativas son de porte arbustivo y arbóreo con predominancia de vegetación herbácea y arbustiva. También existen áreas de no bosque amazónico (áreas que fueron desboscadas y hoy son cultivos agrícolas y pastos cultivados) y vegetación secundaria (purma).

Para el cálculo del Índice de transporte subterráneo, se tienen en cuenta los siguientes valores numéricos:

Cuadro 4-74 Cálculo del I_{trans} (SUBT)

PGw1	PGw2	I_{trans} (SUBT)
6,75	3	9,75

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

Estos valores obedecen a las características físicas del sitio S0113 (Sitio 13), como profundidad del agua en épocas de lluvias que está entre 0 y 2 metros, y la textura del suelo de la zona con presencia de limos y arcillas tal se mencionó en los párrafos anteriores.

Para el Índice de transporte agua superficial, se otorga un puntaje de 18 puntos, dado que existe una quebrada cercana al sitio S0113 (Sitio 13) de régimen estacional.

Para el Índice de transporte cadena trófica para el receptor ecológico se tiene un valor de 0, dado que se categoriza como del tipo industrial/extractivo que se define 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. En la Fotografía 4-8 se evidencia la presencia de infraestructura asociada a la explotación de hidrocarburo.

Fotografía 4-8 Infraestructura cercana al sitio S0113 (Sitio 13)

	
Tuberías que conducen el hidrocarburo desde los pozos a la Batería Dorissa.	Pozos DORI 10 y DORI 11 D

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

Teniendo en cuenta la información presentada, y aplicando la fórmula para el cálculo de Índice de transporte se obtiene un valor de 54,75 puntos.

- Cálculo del NRS I - Receptor

La evaluación del receptor ambiente se ha realizado teniendo en cuenta que el sitio S0113 (Sitio 13) se encuentra fuera de categorías de protección, sin embargo se ha identificado la existencia de la especie "*Tapirus terrestris*" comúnmente llamado Tapir (Ver Fotografía 4-9), la misma que se encuentra declarado como "Casi amenazado" de acuerdo a la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas (D.S. 004-2014-MINAGRI) y se encuentra en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres; también se encuentra declarada como "Vulnerable" en IUCN. Por tanto, el valor de la Categoría de Protección (RE1) es de 33,25 para el sitio S0113 (Sitio 13).

Fotografía 4-9 Evidencia de Tapir en sitio S0113 (Sitio 13)



Huella de "*Tapirus terrestris*"

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

Para la evaluación se tiene en cuenta además que el emplazamiento del sitio S0113 (Sitio 13) se encuentra en un bosque de terrazas inundables (Ver Fotografía 4-10), otorgándole un puntaje de 30 para el parámetro RE2; asimismo, está situado a una distancia mayor de 3 km a un ecosistema frágil (RE3 = 0,5).

Fotografía 4-10 Bosque de terrazas inundables en el sitio S0113 (Sitio 13)



Formación vegetal: Bosque de terrazas inundables

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

Cuadro 4-75 Rangos del riesgo para I receptor ecológico

RE1	RE2	RE3	I receptor ecológico
33,25	30	0,5	31,63

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

Teniendo en cuenta estos valores, el $I_{\text{receptor ecológico}} = 31,63$

Finalmente, el Nivel de Riesgo por sustancias para el ambiente es de:

$$\text{NRS ambiente} = 54,36$$

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 4-72) se tiene que el escenario ecológico presenta un nivel de riesgo medio para el sitio S0113 (Sitio 13).

Cuadro 4-76 Rangos del riesgo para escenario ecológico

Rango del nivel de riesgo	Clasificación
66,67 - 100	Nivel de Riesgo Alto
33,34 – 66,66	Nivel de Riesgo Medio
1 – 33,33	Nivel de Riesgo Bajo

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

Este nivel de riesgo asociado a sustancias potencialmente contaminantes dependerá de la magnitud de la afectación en el sitio impactado, es decir de la toxicidad de las sustancias presentes en el foco, la concentración de dichas sustancias, la extensión del sitio S0113 (Sitio 13) y el factor activo del foco. Así mismo, toma en cuenta las características del medio físico, los principales mecanismos de transporte o de migración de sustancias desde el sitio impactado, así como los aspectos con mayor influencia en el mecanismo de transporte de sustancias contaminantes.

Asimismo, se debe tener en cuenta que existe un foco activo de contaminación el cual puede propagar estos contaminantes hacia las partes bajas, debido a la pendiente del terreno (el cual es moderada) y presenta una capacidad de escurrimiento en superficie hacia las áreas aledañas. Asimismo, la infiltración del contaminante y posterior movilización a través del subsuelo se ve dificultado por la presencia de arcillas lo que hace un medio de baja permeabilidad.

Por otro lado, otras variables que deducen un nivel de riesgo medio es que el sitio S0113 (Sitio 13) se encuentra fuera de una ANP; sin embargo, se está contemplando dentro de su extensión a una sola especie considerada en categoría de conservación “vulnerable”. Asimismo, no existen ecosistemas frágiles a menos de 3 km de distancia.

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 S0113 (Sitio 13) 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 113 (Sitio 13), la mayor afectación se encuentra en el suelo por la fracción de hidrocarburos F2 y F3 en un rango de profundidades que va desde superficie hasta los 6,3 m, la cual fue evidente durante las labores de muestreo en el sitio, y de acuerdo a los resultados de laboratorio se tienen algunas concentraciones elevadas de metales pesados (Bario, Cadmio y Selenio). Asimismo, las aguas subterráneas presentan algunos CP (específicamente metales) los cuales pudieron haber sido aporte del suelo por lixiviación o por otras fuentes ajenas al derrame histórico del sitio; sin embargo, estos representan un riesgo aceptable para seres humanos (tal

como se detalló en los ítems previos). Además, teniendo en cuenta la afectación por hidrocarburos en el suelo y el subsuelo (resultados de laboratorio), no se observó para este sitio una afectación hacia el agua subterránea ni superficial por estos CP.

- 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 fisicoquímicas, así como las condiciones del medio en la que se encuentran, variará el grado del riesgo para cada uno 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

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	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
	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.

Fracción de Hidrocarburos F2 y F3

Se estimó un Riesgo No Probable para la Fracción de Hidrocarburos F2 (C₁₀-C₂₈) y F3 (C₂₈ – C₄₀) respecto a su transporte y/o movilidad por volatilización, debido a su composición química la cual tienden a ser más viscosos y por ende podrían infiltrarse por el subsuelo. 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 6,3 m. En cuanto a su biodisponibilidad esta, se encuentra parcialmente disponible por evidenciarse algunas manchas de este elemento en el sitio S0113 (Sitio 13) las cuales se encontraron recubiertos por el suelo superficial, actuando como una especie de capa protectora en la superficie.

Respecto a su movilidad hacia las aguas subterráneas, este compuesto podría llegar al nivel freático permaneciendo en la parte superior del acuífero por su densidad, sin perjuicio de que no se tienen registros en aguas subterráneas de F2 y F3; no obstante, de acuerdo a la metodología de OEFA donde se contempla los criterios para estimar el Índice de Transporte por movilización en aguas subterráneas, el valor obtenido fue de 9,75; por lo cual se concluye que el Riesgo es De Esperarse de estos CP hacia las aguas subterráneas.

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 a mayores profundidades)^{mmm} 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 también el bajo aporte de nutrientes en el suelo debido a la escasa representatividad del horizonte orgánico en el sitio.ⁿⁿⁿ

Sin embargo, se contempló un Riesgo De Esperarse en relación al contenido de contaminantes en la matriz suelos, toda vez que se tiene el 58,6 % (F2) y 37,9 (F3) del total de las muestras las cuales están contaminadas por este elemento y un cociente de 3,57 (F2) 1,01 (F3) entre el UCL95 y el ECA Suelo y/o estándar internacional.

Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP's)

Respecto a la movilidad de los HAP's 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 HAP's 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:

^{mmm} Resultados obtenidos en la fase de caracterización del Sitio S0113 por JCI-HGE, 2018.

ⁿⁿⁿ PNUD (2018) - Estudio Técnico Independiente del ex Lote 1AB.

Cuadro 4-78 Clasificación de los HAP's 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 estos CP presentes en el suelo del sitio S0113 (Sitio 13).

Cuadro 4-79 Movilidad de los HAP's en el suelo

Contaminante de preocupación	Movilidad	Descripción
Naftaleno	Media	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.
Benzo(a) antraceno	Baja	
Benzo(b) fluoranteno	Baja	
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.

Respecto a los cambios y/o alteraciones perceptibles, se registraron manchas y olores en ciertas zonas donde era visible la contaminación por hidrocarburos (a partir de los 60 cm de profundidad), por lo cual se consideró un Riesgo de Esperarse. Esto se evidenció en las labores de muestreo de suelos donde la contaminación a nivel superficial presentaba 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 para Naftaleno y Fenantreno; no obstante, el Benzo(a) antraceno y el Benzo(b) fluoranteno en función a su movilidad en el suelo presentaron un Riesgo No Probable.

En cuanto a la biodisponibilidad, los HAP's 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^{ooo}, e incluso la fotooxidación a la que están expuestos en la atmosfera para su eliminación^{ppp}.

^{ooo} 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.

^{ppp} 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.

La biodegradabilidad de estos compuestos por lo general es media o baja, específicamente para aquellos HAP's de más de tres (3) anillos donde es limitada la biodegradación^{qqq}. 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 Probable en relación a la biodegradabilidad de estos CP.

El contenido de HAP's en el suelo por lo general representan un Riesgo No Probable, toda vez que solo se tiene el 5,26 % del total de las muestras las cuales presentan excedencias por estos CP.

Metales pesados

En lo que respecta a metales pesados, solo se consideraron al Bario Total, Selenio y Cadmio como CP, toda vez que el UCL95 superaron los estándares canadienses (SQL). Teniendo en cuenta ello, los riesgos asociados a estos elementos 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 (Se) 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^{rrr}. En tanto al Bario Total y Cadmio tampoco se detectaron afectaciones visuales como irritación local en ojos, nariz y garganta (para Bario) así como neumonitis y edema pulmonar (para Cadmio).

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 De Esperarse de este metal, dado que el pH en el suelo del sitio S0113 (Sitio 13) oscila entre 5,15 a 5,43. Sin embargo, para el Cadmio y Bario, suelen presentar una movilidad en el suelo en pH menores a 6,5, por lo que se consideró un Riesgo Probable para estos CP.

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 de este CP se ha presentado en varias muestras de suelo cuyo rango de concentraciones oscila entre 0,25 a 6,32 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^{sss}. Por ende, se considera un Riesgo No Probable para el Selenio, en tanto para el Bario y Cadmio su disponibilidad aumenta bajo los rangos de pH en las que se encuentra el sitio S0113 (Sitio 13), por lo que se considera un Riesgo Probable para estos dos (2) metales pesados.

^{qqq} 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.

^{rrr} Nordberg, G. (2001). Metales: propiedades químicas y toxicidad. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Madrid, SEAS, 2001.

^{sss} Matamoros-Veloza, A. (2001). Spatial distribution and geochemistry of selenium in soils of Utica and Villeta municipalities.

La movilidad de Selenio por dispersión atmosférica se tiene en cuenta las condiciones topográficas del sitio S0113 (Sitio 13); donde se evidencia una barrera natural (vegetación) 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, aplicándose este criterio para el Bario Total y Cadmio.

Por último, se consideró un Riesgo de Esperarse respecto al contenido de Selenio en el suelo, toda vez que se tiene el 40 % del total de las muestras las cuales superan el estándar canadiense (SQL=1 mg/kg) por este elemento, excepto para Cadmio (8,8 %) y Bario Total (22,2 %) considerándose para estos CP un Riesgo No Probable.

Cuadro 4-80 Determinación del riesgo para el recurso suelo por CP

Rango del nivel de riesgo	Contaminantes de preocupación para la matriz suelos									
	Selenio	Bario Total	Cadmio	Fracción C10-C28	Fracción C28-C40	Benzo (a) antraceno	Benzo (b) fluoranteno	Fenantreno	Naftaleno	
Cambios y/o alteraciones perceptibles (visual) de las condiciones del suelo	No Probable	No Probable	No Probable	Probable	Probable	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse	
Biodisponibilidad del contaminante	De Esperarse	Probable	Probable	Probable	Probable	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse	
Transporte/ Movilidad del contaminante por dispersión / volatilización	No Probable	No Probable	No Probable	No Probable	No Probable	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse	
Transporte / Movilidad del contaminante en el suelo hacia las aguas subterráneas	No Probable	Probable	Probable	De Esperarse	De Esperarse	No Probable	No Probable	De Esperarse	De Esperarse	
Biodegradabilidad de los contaminantes (especialmente para compuestos orgánicos)	N.A.	N.A.	N.A.	De Esperarse	De Esperarse	Probable	Probable	Probable	Probable	
Contenido de contaminantes en el suelo	De Esperarse	No Probable	No Probable	De Esperarse	De Esperarse	No Probable	No Probable	No Probable	No 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) se puede observar que la presencia de la Fracción de Hidrocarburos F2, F3, Benzo (a) antraceno, Benzo (b) fluoranteno, Fenantreno, Naftaleno, Bario Total y Cadmio, los cuales representan un Riesgo Probable a esta matriz ambiental, en base a los riesgos individuales que presentan cada CP y asumiendo el riesgo más conservador en el sitio S0113 (Sitio 13). 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.

- **Riesgos para sedimentos**

Con relación a los sedimentos, se considerará el contenido de contaminantes en sedimentos, el cual se registrará bajo el mismo criterio adoptado en el contenido de contaminantes en el suelo:

Cuadro 4-81 Determinación del riesgo para sedimentos por CP

Rango del nivel de riesgo	Clasificación del Riesgo	Descripción
Contenido de contaminantes en sedimentos	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 < 60%) 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.

Respecto a los HAP's: el Benzo(a) antraceno y Dibenzo (a,h) antraceno tienen el 12,5 % de las muestras que están exceden los Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life (ISQG), dado que solo se registró una sola excedencia de cada uno de estos. Sin embargo, dado que el punto S0113-Sed004 está ubicado en la cocha, esta tiene el potencial de propagar dichos CP (específicamente Dibenzo (a,h) antraceno) aguas abajo del sitio; por lo que se considera un Riesgo Probable. Además, para el sumatorio total de TPH máxima registrada fue de 2014 mg/kg del punto S0113-Sed002 ubicado aguas abajo del sitio S0113 (Sitio 13), sobrepasando el valor máximo establecido por Pettigrove y Hoffman (2005) de 860 mg/kg; por lo cual se considera un Riesgo Probable para este CP, el cual puede presentar un posible transporte aguas abajo del sitio.

- **Riesgos para cuerpos de agua superficial y subterránea**

Para el agua subterránea se han encontrado concentraciones de Aluminio, Hierro, Manganeseo y Zinc que exceden los estándares canadienses (Alberta Tier 1) por lo cual fueron determinados como CP en esta matriz ambiental (donde el UCL95 también supera el estándar canadiense). 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 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 (5,15 a 5,43), 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 S0113 (Sitio13) y no necesariamente impliquen un riesgo como tal, producto de una afectación antrópica.

Asimismo, se demostró en el ítem anterior que los CP presentes en el suelo representen un Riesgo Probable a llegar a las aguas subterráneas y afectarlas. Sin embargo, no se han registrado excedencias de estos CP en las aguas freáticas, lo que indica que no hay una afección como tal, y mucho menos que el riesgo se manifieste (o haya manifestado). Ante lo expuesto, se concluye que existe un Riesgo No Probable en las aguas subterráneas.

Para las aguas superficiales se determinó como CP al Fosforo ($\text{Valor}_{\text{Max}} = 0,05$) el cual llegó al ECA para agua superficial; sin embargo, este valor fue de manera puntual el cual solo se registró en la época húmeda mas no en la época seca, concluyendo que su presencia en el cuerpo de agua no es perenne y no necesariamente esté relacionado a la afectación del sitio S0113 (Sitio 13), sino por las condiciones naturales del sitio y posibles aportes el suelo por presentar concentraciones de fosforo. Por lo tanto, se concluye que existe un Riesgo No Probable para esta matriz ambiental.

- Riesgos para la atmósfera

Este ítem no aplica en el presente ERSA.

E. Resumen del análisis de riesgos

- Riesgo cancerígeno para el escenario humano

Se determinó si la exposición a la que se encontraron los escenarios humanos identificados para los CP (categorizados como sustancias cancerígenas), se encuentra dentro del rango de riesgo aceptable para los tres (3) escenarios planteados y por rutas de exposición.

Los CP categorizados como sustancias cancerígenas para suelos fueron Benzo (a) antraceno y benzo (b) fluoranteno, mientras que en sedimentos las sustancias cancerígenas categorizadas fueron benzo (a) antraceno y dibenzo (a, h) antraceno.

Para el escenario humano 1 (poblador local - trabajadores industriales) los cálculos del IR integral por vía de exposición (IR_i), indican que no existe riesgo potencial de efectos carcinógenos por exposición, pues el valor del IR_i es de $3,6\text{E}-6$ para la vía de exposición por contacto dérmico; de $3,2\text{E}-6$, para la vía por ingestión; y de $8,6\text{E}-10$, para la vía por inhalación, valores alejados al RVEC ($1,0\text{E}-5$).

Respecto al escenario humano 2 (poblador local - cazador y/o pescador esporádico), las vías de exposición de ingestión, contacto dérmico (inmersión) e inhalación de partículas presenta un riesgo aceptable, igualmente el índice de riesgo total es inferior al RVEC ($1,0\text{E}-5$), tanto para el receptor adulto y niño (6 a 11 años).

La vía de exposición de ingestión y contacto dérmico (inmersión) de aguas superficiales, ha sido evaluado únicamente para el escenario humano 3, pues la residentes de la CN Nueva Jerusalén se expone al agua superficial del río Macusari para fines recreativos (nadar, lavar, bañarse y/o consumo de pescado), existiendo una probable ruta de exposición completa entre los contaminantes del foco de contaminación y los receptores, planteando que los CP del suelo lixivian hacia las aguas subterráneas, para luego descargar y/o aflorar en algún cuerpo de agua superficial que posteriormente desemboca en el río Macusari; caso contrario para los receptores del

escenario humanos 1 y 2, ya que no existe una ruta de exposición completa entre estos receptores el agua subterránea, pues la fuente de abastecimiento de agua potable no proviene del acuífero que subyace en el sitio impactado y la profundidad media del nivel freático es de 6 m, por tales motivos no hay posibilidad de contacto con los contaminantes presentes en el sitio. De esta evaluación se determinó que las dosis de exposición de benzo (a) antraceno, benzo (b) fluoranteno y dibenzo-a,h-antraceno por las vías de contacto dérmico e ingestión no representan un riesgo de contraer cáncer para el escenario humano 3 (poblador local – residente de la CN Nueva Jerusalén), ya que el índice de riesgo total (ERT) es inferior al RECV ($<1E-5$).

En línea generales para los tres (3) escenarios de caracterización del riesgo cancerígeno, el riesgo es aceptable; pues el índice de riesgo total (IRT) para los trabajadores industriales (escenario humano 1) es de $6,3E-6$; para los cazadores y pescadores esporádicos (escenario humano 2), es $2,7E-06$ para adulto y de $3,2E-6$ para niño; y para los residentes de la CN Nueva Jerusalén (escenario humano 3), el IRT es de $4,3E-14$, valores inferiores al RECV fijado en $1,0E-5$, cabe resaltar que estos índices acumulativos incluyen el riesgo para todas las vías de exposición de los receptores humanos, según aplique.

- Riesgo no cancerígeno para el escenario humano

Se determinó si la exposición a la que se encontraron los escenarios humanos identificados para los CP (caracterizados como no cancerígenos), rebasa el umbral o valores límite a los que se espera que no se tengan efectos adversos (coeficiente de peligrosidad = 1).

En suelos los CP categorizados como no cancerígenos fueron TPH C12-C28 (fracción F2), TPH C28-C35 (fracción F3), Selenio, Bario, Naftaleno, Fenantreno. Es importante mencionar que, el Cadmio se ha incluido en esta evaluación debido a sus efectos tóxicos por contacto dérmico e ingesta, ya que, la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) ha determinado que el cadmio es carcinogénico en seres humanos, con base a estudios que han descrito cáncer del pulmón en trabajadores expuestos a Cadmio en el aire y en ratas que respiraron Cadmio, siendo así que, sus efectos carcinógenos están ligadas a la ruta de exposición por inhalación (*Agency for Toxic Substances and Disease Registry*, 2016). A esto debe sumarse que el Cadmio naturalmente presenta baja volatilidad y se encuentra en el aire como material particulado, pudiendo depositarse en el tracto respiratorio (*International Programme on Chemical Safety*, 2005). Similarmente los CP benzo (a) antraceno y benzo (b) fluoranteno, han sido clasificados como sustancias posiblemente cancerígenas para humanos por la IARC y la *Integrated Risk Information System* de la EPA; además, estas sustancias son tóxicas a una dosis de $0,005 \text{ mg/kg/día}$ mediante vía de exposición oral, de acuerdo al estudio *Technical evaluation of the Intervention Values for Soil/Sediment and Groundwater* (RIVM, 2001), razón por la cual fueron consideradas para la caracterización del riesgo no cancerígeno.

Para el escenario humano 1 (poblador local - trabajadores industriales) los cálculos del IP integral por vía de exposición (IP_i), indican que no existe peligro por exposición, pues el valor del IP_i para la vía de exposición por contacto dérmico, ingestión e inhalación de partículas, presentan valores inferiores al cociente de 1, siendo un riesgo aceptable.

Respecto al escenario humano 2 (poblador local - cazadores y pescadores esporádicos), las vías de exposición de ingestión, contacto dérmico (inmersión) e inhalación de partículas presenta un riesgo aceptable, tanto para el receptor adulto y niño (6 a 11 años)

La vía de exposición de ingestión accidental y contacto dérmico (inmersión) de aguas superficiales, ha sido evaluado únicamente para el escenario humano 3, pues los residentes de la CN Nueva Jerusalén se expone al agua superficial del río Macusari para fines recreativos (nadar, lavar, bañarse y/o consumo de pescado), existiendo una probable ruta de exposición completa entre los

contaminantes del foco de contaminación y los receptores, planteando que los CP del suelo lixivian hacia las aguas subterráneas, para luego descargar y aflorar en algún cuerpo de agua superficial que posteriormente desemboca en el río Macusari; caso contrario para el receptores humano 1 y 2, ya que no existe una ruta de exposición completa entre estos receptores el agua subterránea, pues la fuente de abastecimiento de agua potable no proviene del acuífero que subyace en el sitio impactado y la profundidad media del nivel freático es de 6 m, por tales motivos no hay posibilidad de contacto con los contaminantes presentes en el sitio. De esta evaluación se determinó que las dosis de exposición de los CP: TPH C12-C28, TPH C28-C35, cadmio, selenio, bario, naftaleno, fenantreno, benzo (a) antraceno y benzo (b) fluoranteno por las vías de contacto dérmico e ingestión no representan un riesgo de efectos tóxicos para el escenario humano 3 (C.N. Nueva Jerusalén), ya que el índice de peligrosidad total (IPT) es inferior al cociente de peligrosidad.

En línea generales para los tres (3) escenarios de caracterización del riesgo no cancerígeno, el riesgo es aceptable; pues el índice de peligrosidad total (IPT) para los trabajadores industriales (escenario humano 1) es de $8,9E-1$; para los pescadores y cazadores esporádicos (escenario humano 2), es de $3,8E-1$ para el receptor adulto y de $9,1E-1$ para el receptor niño; y para los residentes de la CN Nueva Jerusalén (escenario humano 3), el IPT es de $1,7E-10$ valores inferiores al cociente de peligrosidad fijado en la unidad (1), cabe resaltar que estos índices acumulativos incluyen el riesgo para todas las vías de exposición de los receptores humanos, según aplique.

- 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:

Cuadro 4-82 Resumen de riesgo para el escenario humano, ecológico y abiótico

ESCENARIO	CATEGORIAS 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 1: Poblador Local - Trabajador Industrial						
Escenario Humano 2A: Poblador Local - Cazador y pescador esporádico “Adulto”						
Escenario Humano 2B: Poblador Local - Cazador y pescador esporádico “Niño”						
Escenario Humano 3: Poblador Local – Residente de la CN Nuevo Jerusalén						
2. ECOLÓGICO	Riesgo Ecológico			-		
Receptores ecológicos	Bajo	Medio	Alto			
		X				
3. ABIÓTICO	Riesgo Abiótico			-		
Suelo	No Probable	De esperarse	Probable			
	X	X	X			
	X					
Agua Superficial y Subterránea						
Sedimentos			X			

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 conservadoras de los riesgos a los receptores.

A continuación, se citan 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 S0113 (Sitio 13) 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, incrementando 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.

El Cuadro 4-84 presenta la valoración de manera cuantitativa de los aspectos considerados dentro del análisis de incertidumbres, según rangos de porcentaje. Mientras que el Cuadro 4-83 presenta la descripción de los factores de incertidumbre asociados a la evaluación del riesgo y las valorizaciones para cada aspecto considerado.

Cuadro 4-83 Rangos de incertidumbre

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 4.2.1, la misma que establece una comparación analítica entre las concentraciones reportadas para las distintas matrices ambientales y normativas de referencia legal nacional (ECA's), en el caso de no contar con un criterio de referencia nacional se optó por una comparación analítica con criterios establecidos en normativas internacionales. 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.

Para la determinación de los CP para la matriz sedimentos, para el escenario humano, se utilizaron dos (2) normativas internacionales: la *Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life* – ISQG y la *Dutch Target and Intervention Values*, esta última para Barrio dado que la primera no cuenta con un estándar para dicho parámetro. Esto hace posible la sobreestimación del riesgo ya que se utilizó las concentraciones nacionales de fondo (*National background concentrations*) de Holanda (160 mg/kg), a pesar de que la misma normativa establece valores de intervención de remediación de sedimentos fijado en 625 mg/kg.

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 y Manganeseo en aguas subterráneas que si bien es cierto sobrepasaron el estándar canadiense, podría atribuirse a la predominancia de estos elementos en los suelos arcillosos como el caso del sitio S0113 (Sitio 13) los cuales presentaron elevadas concentraciones de estos elementos. Sin embargo, 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 normales del sitio.

Para el caso del sitio S0113 (Sitio 13), se tiene que el 67 % de los parámetros establecidos como CP fueron comparados con normas internacionales, tal es así que su nivel de incertidumbre es Alto.

- Fuentes secundarias

Se consideraron como fuentes secundarias (foco) a suelos y sedimentos afectados, excluyéndose a aguas superficiales y aguas subterráneas, debido a que no se observó una relación en las concentraciones reportadas para cada una de 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 S0113 (Sitio 13), el 50 % de las matrices evaluadas tienen una relación en las concentraciones reportadas (Benzo(a) antraceno), 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 17,2 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 receptor del escenario humano 1, al estar en el sitio (in situ) se considera un nivel de incertidumbre baja. Se precisa que para el presente análisis una distancia mayor a 2 km desde el sitio al receptor humano industrial, se considera un nivel de incertidumbre alto, mientras que una distancia menor a 2 km, su nivel de incertidumbre sería moderada.

Para el caso del receptor humano de la población de la CN Nueva Jerusalén, los cuales se ubican a una distancia de 17,2 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 y Cadmio, 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 S0113 (Sitio 13).

Sin embargo, dado que en el sitio S0113 (Sitio 13) se contó con evaluación hidrobiológica completa (incluidos 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 (bentos, fitoplancton, zooplancton y peces), 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), 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 duplicadas de suelos no se incluyeron durante la evaluación de los CP; sin embargo, estas sirvieron de referencia a fin de confirmar ciertas concentraciones de las muestras tomadas que puedan interpretarse como anómalas o que puedan generar incertidumbres en la interpretación de los resultados. Para el caso de las muestras de nivel de fondo, estas representan concentraciones en condiciones normales del sitio la cual refleja su distribución normal de estos contaminantes en el suelo.

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 de los CP en las distintas matrices, pudiendo existir una sobrestimación en las concentraciones a futuro. Esto aplicaría para algunos CP de tipo orgánicos presentes en el suelo, los cuales podrían biodegradarse por acción bacteriana, o también por procesos de fitovolatilización de estos compuestos por acción de la flora presente del sitio S0113 (Sitio 13); o también 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 edénicas.

Para el caso del sitio S0113 (Sitio 13), del total de CP evaluados, se tiene que el 53 % son de tipo orgánico por lo que se considera una incertidumbre moderada.

- GAP's 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 riesgos en el escenario humano se utilizó tanto información de la guía ERSA

como la información de la literatura prestablecida 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.

Para el caso del sitio S0113 (Sitio 13), todos los CP identificados están dentro del Grupo 2A y 2B, probable 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; mientras que los Grupos 3 y 4 estarían asociados a un nivel de incertidumbre alta.

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.

- 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.

- Efectos por mezclas químicas

Se asumieron efectos aditivos de los CP para las matrices evaluadas excepto para peces, toda vez que estos compuestos presentan diferentes mecanismos de daño en una misma vía (ingestión de peces). Por otro lado, no se consideraron los efectos sinérgicos o antagonistas, pudiendo generarse una sobrestimación o subestimación del riesgo.

Al emplearse sólo un efecto (efecto aditivo) mas no sinérgico ni antagonista, se considera una incertidumbre alta.

- Sustituciones en TPH's

Para la evaluación de riesgo humano se utilizó el software RBCA que no cuenta en su base datos las cadenas de TPH's 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 S0113 (Sitio 13), sólo 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 S0113 (Sitio 13), 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 asumió los mecanismos de transporte de esta última matriz. Se desconoce si existe una subestimación o sobrestimación del riesgo, realizando dicha consideración.

En este caso, la incertidumbre es moderada. En casos en los que no se cuentan CP en la matriz sedimentos, la incertidumbre sería baja.

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 moderada, dado que se determinaron CP en la matriz agua superficial y sedimentos; en el caso solo se determinen CP en la matriz suelos la incertidumbre es baja y en el caso no se determine CP en la matriz suelos la incertidumbre es alta.

- Análisis de riesgo

El análisis de riesgo se realizó según el TIER II, basado en parámetros específicos del sitio S0113 (Sitio 13), 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 S0113 (Sitio 13) 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.

El Cuadro 4-84, tal como se mencionó anteriormente, presenta las valorizaciones para cada aspecto considerado en el análisis de incertidumbres, el mismo que ha sido determinado mediante una evaluación y un análisis técnicos.

Cuadro 4-84 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

Cuadro 4-84 Valoración de los aspectos considerados dentro del análisis de incertidumbres

Factor	Aspectos	Descripción	Valoración
Análisis de la exposición	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
	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).

Para determinar los niveles de remediación, se procede a la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo, Categoría Uso Agrícola (D.S. N° 011-2017-MINAM), siempre y cuando el sitio se encuentre fuera de un área operativa, en caso contrario se aplica el nivel de remediación para Categoría Uso Industrial.

Para determinar si es un área operativa o no, se estableció como procedimiento la creación de una poligonal con un buffer de 30 metros que encierra las facilidades operativas. Este ejercicio de análisis espacial para el sitio impactado S0113 (Sitio 13) 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 S0113 (Sitio 13)).

El criterio de remediación que se adoptó fue el de superponer dos poligonales:

- Poligonal que encierra el sitio impactado del sitio S0113 (Sitio 13).
- Poligonal que encierra facilidades operativas, más un buffer de 30 metros (área de seguridad)

Al superponer las dos poligonales, si espacialmente la poligonal del sitio impactado se encuentra dentro de la poligonal de la facilidad operacional más buffer de 30 metros, los niveles de remediación objetivo serán Categoría Uso Industrial, de lo contrario se asumirán los Categoría Uso Agrícola.

Aplicando el criterio para el sitio S0113 (Sitio 13), la poligonal del sitio impactado se encuentra en un 90% fuera 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 agrícola.

A. Niveles de remediación para el escenario humano

A.1 Sustancias no cancerígenas

Los CP categorizados como no cancerígenas fueron TPH C12-C28, TPH C28-C35, Selenio, Bario, Naftaleno, Fenantreno y adicionalmente se evaluaron las sustancias cancerígenas Cadmio, Benzo-a-antraceno y Benzo-b-fluoranteno, ya que pueden tener efectos adversos sobre la salud (Ver ítem 4.10).

El riesgo para la salud humana generado por sustancias no cancerígenas se considera aceptable, cuando al IP es menor o igual a uno (IP).

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 no cancerígenos, tanto para el escenario humano 1 (trabajadores industriales), escenario humano 2 (cazadores y pescadores esporádicos adulto y niño) y escenario humano 3 (residenta 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 y sedimentos, pues el escenario actual representa un riesgo aceptable para la salud del escenario humano 1 (trabajadores industriales), escenario humano 2 (cazadores y pescadores esporádicos adulto y niño) y escenario humano 3 (residenta 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.

A.2 Sustancias cancerígenas

Los contaminantes de preocupación (CP) categorizados como cancerígenas en suelos fueron Benzo (a) antraceno y Benzo (b) fluoranteno, mientras que en sedimentos se categorizó como sustancias cancerígenas a Benzo (a) antraceno y Dibenzo (a, h) antraceno.

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 (trabajadores industriales), escenario humano 2 (cazadores y pescadores esporádicos adulto y niño) y escenario humano 3 (residenta 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 y sedimentos, pues el escenario actual del sitio representa riesgo aceptable para el escenario humano 1 (trabajadores industriales), escenario humano 2 (cazadores y pescadores esporádicos adulto y niño) y escenario humano 3 (residenta 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.

A) Nivel de remediación para el escenario ecológico

En lo que respecta al escenario ecológico, no se han determinado Niveles de Remediación (NR) específicamente; toda vez a la poca información disponible sobre las concentraciones de estos CP en cada una de las especies recurrentes del sitio y/o representativas de este ecosistema. Asimismo, para el caso de los peces los cuales registraron concentraciones superiores de bario total y cadmio, estas especies actúan como bioindicadores del ecosistema acuático; donde no necesariamente se esté dando una contaminación por parte de estos compuestos provenientes del derrame de crudo histórico, sino a posibles eventos recientes y no necesariamente en el ámbito del sitio S0113 (Sitio 13). En este sentido, se tomará como referencia el nivel de remediación estimado para el recurso abiótico.

B) 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 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 de los CP evaluados en el presente estudio.

De acuerdo con ello, el criterio para determinar los NR propuestos para suelos, consideramos dos elementos claves (i) para el caso de metales, se tomará como referencia el valor de Ba = 750 mg/Kg (ECA Agrícola) y en el (ii) caso de TPH, se tomará como nivel de remediación 4 400 mg/kg que corresponde a la sumatoria de F2 y F3 para ECA Agrícola o en su defecto a un NR ecológicamente aceptable.

Cuadro 4-85 Niveles de remediación para suelo - sitio S0113 (Sitio 13)

CP	Valor Min. (mg/kg)	Valor Max. (mg/kg)	Nivel de Fondo (mg/kg)	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Nivel de Remediación (mg/kg)	Comentarios
Bario	7,52	5 000	16,02	2 150	750	Para estos CP se tendrán como NR el ECA para suelo – Uso Agrícola
Cadmio	0,0008	7,016	0,0008	1,464	1,4	
Fracción de Hidrocarburos F2	5	21 551	-	4 285	1 200	
Fracción de Hidrocarburos F3	5	11 786	-	3 041	3 000	
Naftaleno	0,003	3,1	-	3,1 *	0,1	
Benzo (a) antraceno	0,005	5,81	-	5,81	10	Para estos CP se tendrán como NR el estándar internacional canadiense (SQG)
Benzo (b) fluoranteno	0,005	1,13	-	1,13	10	
Fenantreno	0,005	6,19	-	6,19*	0,046	

* Concentración máxima seleccionada al no ser apto el tamaño muestral para realizar el cálculo del UCL 95 %.

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.

Para el caso de sedimentos, se asume un NR para TPH (totales) de 860 mg/kg (de acuerdo a los estudios de Pettigrove y Hoffman, 2005); para el caso de las concentraciones de Benzo (a) antraceno y Dibenzo (a, h) antraceno, se verán reducidos al momento de realizar el tratamiento de los TPH.

Cuadro 4-86 Niveles de remediación para sedimentos - sitio S0113 (Sitio 13)

CP	Valor Min. (mg/kg)	Valor Max. (mg/kg)	Nivel de Fondo (mg/kg)	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Nivel de Remediación (mg/kg)	Comentarios
Benzo (a) antraceno	0,005	0,041	-	0,041 *	0,0317	Para estos CP se tendrán como NR el estándar internacional canadiense (ISQG)
Dibenzo (a,h) antraceno	0,0008	0,011	-	0,011*	0,00622	
Sumatoria TPH	0,005	2014	-	2014**	860	

* Concentración máxima seleccionada al no ser apto el tamaño muestral para realizar el cálculo del UCL 95 %.

** Se considero las fracciones de hidrocarburo C10-C28 y C28-C40.

Pettigrove y Hoffman (2005). Effects of long-chain hydrocarbon-polluted sediment on freshwater macroinvertebrates.

Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life

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

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 y/o pescadores esporádicos y la CN Nueva Jerusalén), para los cuales se diferenciaron aquellos CP que son cancerígenos [cadmio, benzo(a) antraceno, benzo(b) fluoranteno, dibenzo (a, h) antraceno] y no cancerígenos (bario total, F2, F3, naftaleno, fenantreno, selenio), a fin de poder estimar el nivel de riesgo para cada uno de estos elementos. Respecto al escenario ecológico, se han considerado como CP al bario total, cadmio, hidrocarburos C10-C28, hidrocarburos C28-C40, selenio y suma total HAP's, este último en base a los Eco- SSLs. Finalmente, para el escenario abiótico, se consideraron los CP identificados en las matrices ambientales afectadas (suelo y sedimentos) que, por sus propiedades químicas y su comportamiento en el medio, se relacionan con la contaminación histórica del sitio.
- Respecto a la caracterización del riesgo en los tres (3) escenarios, 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. Para determinar la existencia de un riesgo por sustancias cancerígenas, se estimó el Índice de Riesgo Total (IR_T), entendiéndose como la suma de los diversos IR_j identificados, para todos los escenarios humanos, en los cuales se obtuvo un valor de $6,3E-6$ para el escenario humano 1 (trabajador industrial); de $2,7E-6$ (adulto) y $3,2E-6$ (niño) para el escenario humano 2 (cazadores y/o pescadores esporádicos) y $4,3E-14$ para el escenario humano 3 (residente de la CN Nueva Jerusalén), concluyendo 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 todos los escenarios humanos, en los cuales se obtuvo un valor de $8,9E-1$ para el escenario humano 1 (trabajador industrial); de $3,8E-1$ (adulto) y $9,1E-1$ (niño) para el escenario humano 2 (cazadores y/o pescadores esporádicos) y $1,7E-10$ para el escenario humano 3 (residente de la CN Nueva Jerusalén), concluyendo que en los escenarios evaluados el riesgo es aceptable; ya que los índices estimados son inferiores al Cociente de Peligrosidad definido como 1.
 - o Para el cálculo del riesgo ecológico se tuvo en cuenta el modelo Sustancia-Transporte-Receptor, contemplándose tres (3) índices: (i) Foco (contaminante); (ii) Transporte (rutas y vías de exposición); y, (iii) Receptor (receptores); así como los contaminantes de preocupación establecidos para el escenario ecológico, como el bario total, cadmio e hidrocarburos F2, F3, HAP's en suelo, además de benzo (a) antraceno, dibenzo (a,h) antraceno y TPH totales en sedimentos. 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"; así como a los trabajadores industriales. Como producto final se tuvo un valor medio de 54,36 respecto al rango total de 0 a 100, el cual define como riesgo medio para este escenario.
 - o 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 a la matriz suelo por la presencia de Bario, Cadmio, Fracción F2, Fracción F3,

Benzo (a) antraceno, Benzo (b) fluoranteno, Fenantreno y Naftaleno; y en la matriz sedimentos por presencia de TPH Total, Benzo(a) antraceno y Dibenzo (a,h) antraceno. No obstante, para las matrices ambientales agua superficial y subterránea, se determinó un Riesgo No Probable respecto a los CP evaluados.

- 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 la no alteración en el cuerpo receptor; es decir, los estándares de calidad ambiental (nacionales e internacionales) 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 comienda 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 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 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 abióticos, 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 en etapas u operaciones articuladas que permitan la recuperación del sitio impactado S0113 (Sitio 13) por actividades de la industria petrolera, disminuyendo los niveles de riesgo a la salud y el ambiente 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 realizadas por más de 40 años en la cuenca del río Corrientes han venido sufriendo cambios progresivamente, iniciándose en una época en que no existía una Ley de Medio Ambiente (donde al no existir controles, la operación petrolera no prestaba el debido cuidado al medioambiente), hasta el presente donde ya con una Ley medioambiental, existen controles cada vez más exigentes; en ese sentido, no se pudieron evitar prácticas que en la actualidad son prohibidas su ejecución. Si a esto, añadimos eventos operacionales (fallas por mantenimiento de tuberías que, en el tiempo por desgaste de instalaciones operacionales, operaciones inadecuadas o por mantenimiento de sus instalaciones), no controlados apropiadamente, que progresivamente han ido deteriorando el ambiente; ya sea por incidentes de derrames, fallas en el mantenimiento por desgaste de instalaciones operacionales, 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. de contaminación al ambiente

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 S0113 (Sitio 13) 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 sitio S0113 (Sitio 13) forma parte 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. En el entorno del sitio, aproximadamente a 100 metros, se encuentra ubicado los pozos DORI 10 y DORI11D, así como el sistema de tuberías que transportan el hidrocarburo desde estos pozos a la batería Dorissa.

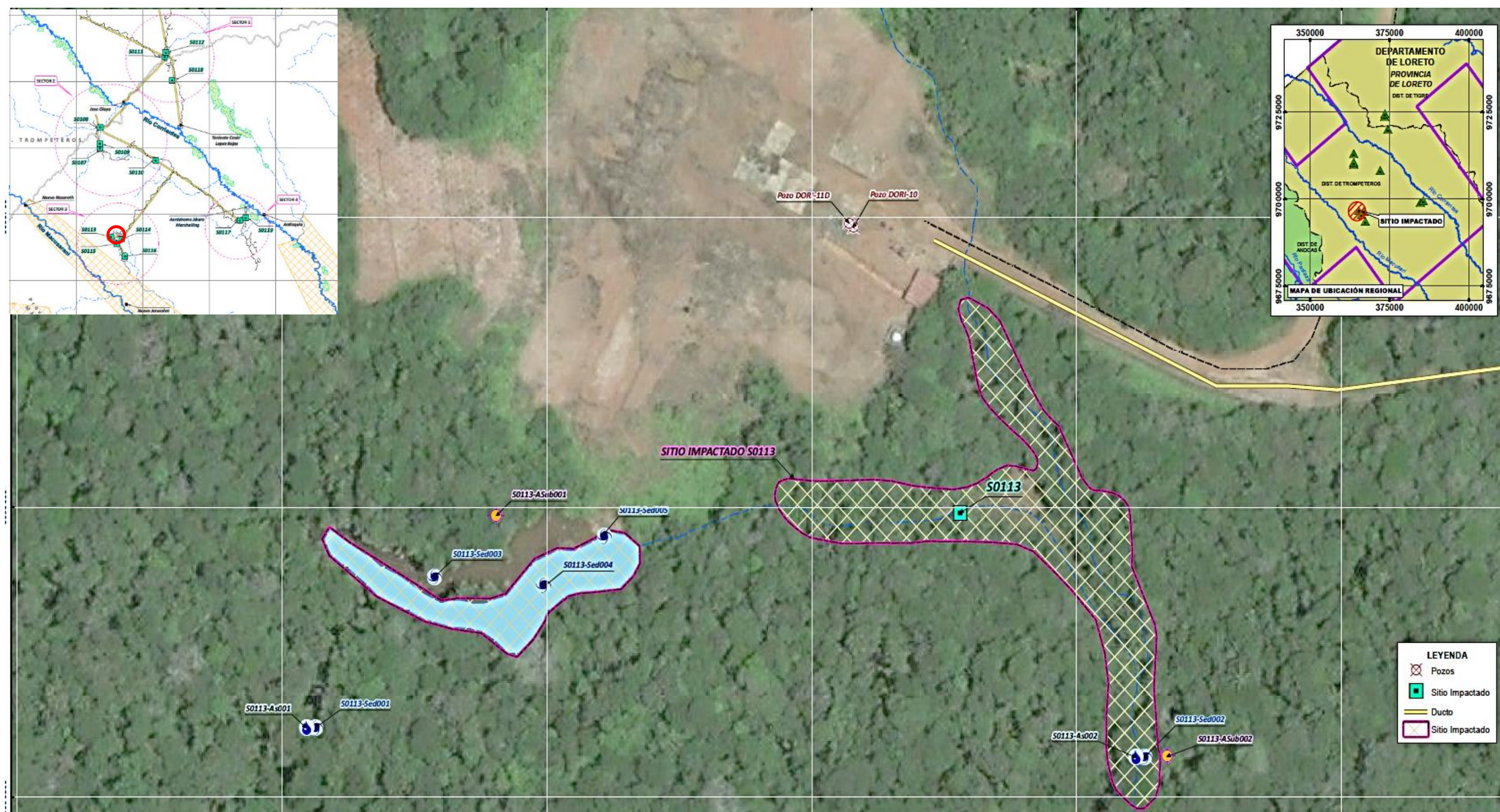
Las áreas que corresponden a los sitios impactados se ubican dentro y forman parte del Lote Petrolero No. 192 (antiguo Lote 1AB). Al ubicarse dentro del Lote petrolero su categoría es del tipo industrial/extractivo, la cual se define (Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM) como “suelo en el cual la actividad 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 S0113 (Sitio 13).s importante mencionar, que gran parte del área del sitio corresponde a un ecosistema de bosque de colinas bajas por donde transita fauna local (ej. *Tapirus terrestris*: “tapir). por lo que se infiere que existe un potencial uso de este ecosistema por los recursos que provee (alimentos, agua, lugares de descanso, etc.).

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 S0113 (Sitio 13), posiblemente se plantee una categoría distinta al uso industrial/extractivo, aun cuando ubica en el entorno de un área operacional de la Batería Dorissa, que permita a las comunidades hacer uso de este espacio, aun cuando este sitio impactado observa una escasa superficie (alrededor de 0,7 ha).

Ver Anexo 6.1.1 Mapa didáctico S0113 (Sitio 13) – Comunidad Nativa Nueva Jerusalén, donde se muestra de manera didáctica la ubicación del sitio impactado y su interacción del medio ambiente con las zonas operativas de hidrocarburos además de los contaminantes de preocupación.

Figura 5-1 Ubicación del sitio S0113 (Sitio 13)



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

5.4 Alcance de la rehabilitación.

Para desarrollar el alcance de las acciones que vayan 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 (DS-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 (DS-039-2016-EM) al igual que en el Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos (DS-039-2014-EM), se define Plan de Rehabilitación 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 (No. 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 un año, 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) 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.

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 en 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 (viabilidad, eficiencia, tiempo).

5.5.1 Descripción de las alternativas de remediación.

JCI-HGE plantea una metodología que permita considerar cada uno de los aspectos anteriormente nombrados para cada sitio. En ese sentido, el sitio S0113 (Sitio 13) se caracteriza por encontrarse sobre quebradas cercanas a la plataforma y presentar pendientes altas. Este sitio conserva sus características topográficas naturales.

Según los resultados presentados en el documento de caracterización, en el sitio impactado S0113 (Sitio 13) se identificó la presencia de los elementos contaminantes que se mencionan a continuación:

Cuadro 5-1 Elemento contaminante por componente evaluado

Componente	Elementos contaminante presentes
Suelo	- TPH: F2 y F3 (profundidad entre 0 – 1,2 m). - Metales: Ba, Cd y Pb (profundidad de 1,2 m.). - HAPs (Naftaleno, Fenantreno)
Sedimentos	- HAPs: Benzo (a) antraceno, Dibenzo (a, h) antraceno.
Peces	- Metales: Cd y Ba.

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

Con base en el estudio de caracterización, modelo conceptual y análisis estadístico de los resultados obtenidos para el sitio S0113 (Sitio 13), se determinaron los niveles de remediación específicos (para humanos y receptores ecológicos).

Los contaminantes de preocupación (CP) para el sitio S0113 (Sitio 13) categorizados como:

- No cancerígenos:
 - o En suelos: F2, F3, Selenio, Bario y HAPs (Naftaleno, Fenantreno).
 - o En sedimentos: No se encontraron CP.
- Cancerígenos:
 - o En suelos: HAPs (Benzo (a) antraceno y Benzo (b) fluoranteno),
 - o En sedimentos: HAPs (Benzo (a) antraceno y Dibenzo (a, h) antraceno).

A. Niveles de remediación para el sitio S0113 (Sitio 13) para el escenario humano (Sustancias cancerígenas y no cancerígenas)

Del análisis de riesgo ERSA, las condiciones actuales del sitio representan un riesgo aceptable para la salud humana.

B. Niveles de remediación para el sitio S0113 (Sitio 13) para el escenario ecológico

Para el escenario ecológico el riesgo es medio, por lo que se tomará como referencia el nivel de remediación estimado para el recurso abiótico.

C. Niveles de remediación para el sitio S0113 (Sitio 13) para proteger recursos naturales abióticos

De acuerdo con el ERSA los NR propuestos para los componentes abióticos para suelos y sedimentos son:

Cuadro 5-2 Niveles de remediación para suelo - sitio S0113 (Sitio 13)

CP	Valor Min. (mg/kg)	Valor Max. (mg/kg)	Nivel de Fondo (mg/kg)	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Nivel de Remediación (NR) (mg/kg)	Comentarios
Bario	7,52	5 000	16,02	2 150	750	Para estos CP se tendrán como NR el ECA para suelo de uso Agrícola
Cadmio	0,0008	7,016	0,0008	1,464	1,4	
Fracción de Hidrocarburos F2	5	21 551	-	4 285	1 200	
Fracción de Hidrocarburos F3	5	11 786	-	3 041	3 000	
Naftaleno	0,003	3,1	-	3,1 *	0,1	Para estos CP se tendrán como NR el estándar internacional canadiense (SQG)
Benzo (a) antraceno	0,005	5,81	-	5,81	10	
Benzo (b) fluoranteno	0,005	1,13	-	1,13	10	
Fenantreno	0,005	6,19	-	6,19*	0,046	

* Concentración máxima seleccionada al no ser apto el tamaño muestral para realizar el cálculo del UCL 95 %.

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.

CP: Contaminante de preocupación.

NR: Nivel de Remediación

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

Cuadro 5-3 Niveles de remediación para sedimentos - sitio S0113 (Sitio 13)

CP	Valor Min. (mg/kg)	Valor Max. (mg/kg)	Nivel de Fondo (mg/kg)	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Nivel de Remediación (mg/kg)	Comentarios
Benzo (a) antraceno	0,005	0,041	-	0,041 *	0,0317	Para estos CP se tendrán como NR el estándar internacional canadiense (SQG)
Dibenzo (a,h) antraceno	0,0008	7,016	-	7,016 *	0,00622	
Sumatoria TPH	0,005	2014	-	2014**	860	

* Concentración máxima seleccionada al no ser apto el tamaño muestral para realizar el cálculo del UCL 95 %.

** Se consideró las fracciones de hidrocarburo C10-C28 y C28-C40.

Pettigrove y Hoffman (2005). *Effects of long-chain hydrocarbon-polluted sediment on freshwater macroinvertebrates. Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*

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

Es importante señalar que, el equipo de JCI-HGE por medio de modelo conceptual identificó que la contaminación de los sedimentos de la quebrada tiene el origen en la cocha artificial, que se presume, fue utilizada como una zona de contención de derrames.

En este sentido, JCI-HGE propone además de remediar el área de suelo y los sedimentos de la quebrada del sitio S0113 (Sitio 13), una intervención de los sedimentos de la cocha. Aunque los resultados del muestreo y el análisis de ERSa no presentaron riesgo a la salud y al ambiente para esta laguna (cocha), se considera un aspecto importante eliminar por completo la potencial fuente primaria de contaminación y asegurar de esta forma la efectividad de la remediación de suelo y sedimentos identificados.

D. 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 preselección 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.

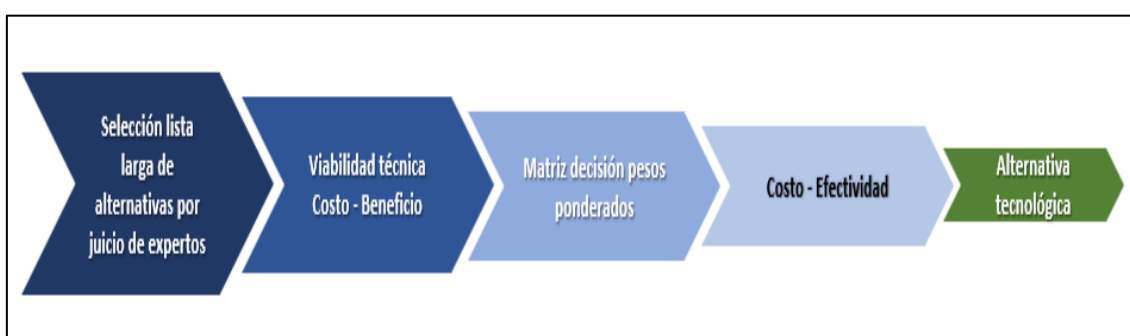
En segundo lugar, las tecnologías seleccionadas son evaluadas a través de una matriz de viabilidad técnica y de costo-beneficio.

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 de las potenciales alternativas tecnológicas**

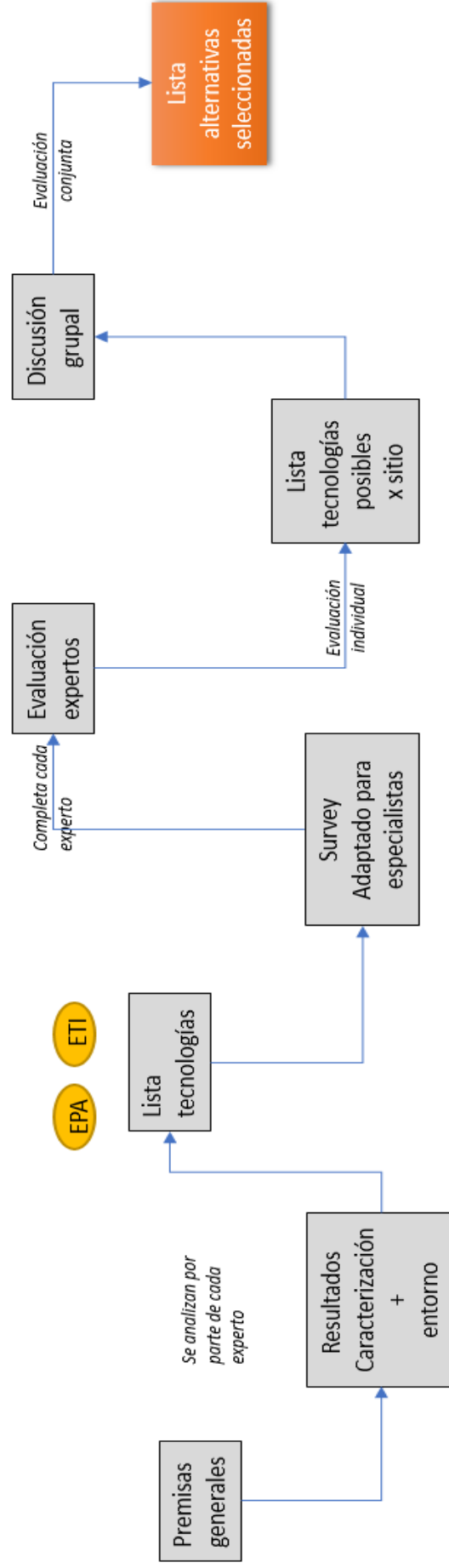
Para efectos de describir el proceso preliminar de selección de alternativas del universo de alternativas existentes tecnológicas para la remediación de la contaminación, se desarrollaron varias sesiones de trabajo que respondían a un esquema de trabajo que se muestra en la siguiente Figura 5-3.

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 preselección de alternativas 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 contaminant and its application	Indicar en el primer cuadro con una "x" la(s) selección(es) y en el otro cuadro la(s) razón(es) más relevantes	
	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	○	○

Fuente: EPA, modificado por 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 N/A "Not Applicable" I/D "Insufficient Data"	
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	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		
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	Same as above	

Fuente: EPA,2019

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 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 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 S0113 (Sitio 13):

- **Características relevantes:** Los suelos son predominantemente franco-arcillosos en la parte alta y franco arenosos en la parte baja, hacia la cocha. La población más cercana CCNN Nueva Jerusalén, se encuentra a 17,2 km. En la parte alta se encuentra una plataforma de pozo, existieron derrames que drenaron hacia la cocha (artificial). El sitio se encuentra mayormente descubierto o con vegetación de porte bajo, excepto en la parte baja donde es arbórea.
Es importante señalar que se propone una intervención de sedimentos de la cocha.
- **Volumen estimado a remediar:** más de 1 000 m³ suelo y alrededor de 16 m³ sedimento
- **Tipo de contaminante presente:** Orgánicos (HTP: F2 y F3, HAP's) e Inorgánicos (metales) en suelo y Orgánicos (HTP: F2 y F3, HAP's) en sedimentos
- **Análisis inicial de técnicas:** considerando el poco volumen de sedimento a remediar, se considera el análisis de selección de alternativas para tratar ambas matrices en conjunto. En este sentido, el material a remediar presenta contaminación por orgánicos e inorgánicos, una solución económica, rápida y segura consistirá en confinar este material directamente, con tratamiento previo por seguridad con la técnica de solidificación/estabilización (S/S).

La técnica S/S aunque se utiliza normalmente para controlar lixiviación de metales; se sugiere utilizarlo en esta oportunidad que se encuentra mezclado con orgánicos, debido a la rapidez con que se requiere dar solución al problema de contaminación de suelos.

Otras soluciones más costosas y es aplicar dos o más técnicas como el lavado de suelos y posterior un tratamiento térmico (desorción) del material extraído o un tratamiento térmico (desorción), seguido de estabilización-solidificación y posterior Aislamiento con geomembrana. Aunque siendo tan bajo el volumen no pareciera que los tratamientos térmicos fueran recomendables, ya sea la desorción o la incineración.

Por otra parte, también se deberían considerar el tratamiento químico (óxido reducción) y electrocinética dado los elementos y las características descritas. La opción de solidificación y/o la del aislamiento con geomembrana parece ser la opción más viable. El retiro del material fuera del lote es una opción, pero dadas las distancias y condicionantes logísticas no se ve muy viable.

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, número de carbono de la cadena de hidrocarburos, 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 absorción^{ttt} 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 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 aislamiento hermético 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

^{ttt} En la absorción hay transferencia de masa y volumen en la partícula del suelo, mientras que la adsorción es un fenómeno superficial.

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 API del petróleo en la zona de trabajo oscila entre 10 y 30 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 F3^{uuu}.
- 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.
- 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

^{uuu} Lecciones aprendidas en Biotratamiento en Desechos E&P desde 1992 hasta 2002 por Chevron Texaco

Autoridad), requeriría aún mayor tiempo para utilizar alguna técnica adicional que permita complementar la limpieza del suelo (alcanzar las concentraciones requeridas).

Referencias bibliográficas que sustentan el análisis técnico de la consultora para descartar la aplicación, en el sitio impactado S0113 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.

La 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 intervención para todos los sitios impactados.

Para el sitio impactado S0113 (Sitio 13), las alternativas escogidas a partir del ejercicio de pre-selección son:

- Estabilización/Solidificación
- Oxidación química
- Aislamiento con Geomembrana
- Lavado de sedimentos
- Estabilización/Solidificación
- Extracción química
- Incineración

➤ 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, la viabilidad técnica 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 - costo (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 a un 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 en sitio 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.

Con base en la metodología anteriormente descrita y de acuerdo con las características del sitio S0113 (Sitio 13) se analiza mediante juicio de experto, la aplicación de diferentes alternativas de remediación aplicables considerando la viabilidad técnica y la relación beneficio/costo.

Los Cuadros 5-4 (suelos) y 5-5 (sedimentos) presentan la lista de alternativas de remediación que se consideran aplicables de acuerdo con las características presentadas para el sitio S0113 (Sitio 13).

Cuadro 5-4 Lista de remediación aplicables para el sitio S0113 (Sitio 13)

Nº	Alternativa	Viabilidad técnica	Relación	Análisis de experto	Elementos contaminantes Orgánicos / Inorgánicos	Efectividad en condiciones parecidas	Equipamiento requerido	Tiempo implementación	Costo operativo (USD/m³)	Incertidumbres
			Beneficio / Costo							
1	Oxidación química	4	= 1	El uso de la oxidación química, aunque es una técnica usada en el tratamiento de aguas residuales durante décadas, solo 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	Existen experiencias. Pocas en ambientes selváticos	Químicos, pozos de captación de aguas, bombas de inyección o aspersión, agua, generadores eléctricos, bombas	8 meses – 2 años	190 - 660	Alta
2	Aislamiento con Geomembrana	4	> 1	Esta tecnología permite el cumplimiento de los objetivos de remediación, ya que comprende la remoción total de suelo contaminado del sitio impactado y su aislamiento controlado en el mismo sitio o en otra ubicación previamente establecida.	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
3	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 para ser depositado en rellenos de tierra, 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
4	Separación electrocinética	3	= 1	Técnica muy eficiente para remediación in situ de sitios contaminados con metales. Técnica aplicable principalmente a suelos de baja permeabilidad (eficiente en suelos arcillosos debido a su carga superficial negativa). La eficiencia del proceso disminuye con humedad menor al 10 % y la mayor eficiencia se logra con valores de humedad de 14 a 18 %. El suelo tratado pierde ligeramente su fertilidad. Se requiere hidratar el suelo 24 horas antes de la aplicación del tratamiento. 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 electro-separación 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	Inorgánicos	Existen experiencias. Ninguna en ambientes selváticos	Electrodos, cátodos, ánodos, baterías industriales, químicos, combustible	4 – 6 meses	40 - 330	Alta

Cuadro 5-4 Lista de remediación aplicables para el sitio S0113 (Sitio 13)

N°	Alternativa	Viabilidad técnica	Relación	Análisis de experto	Elementos contaminantes Orgánicos / Inorgánicos	Efectividad en condiciones parecidas	Equipamiento requerido	Tiempo implementación	Costo operativo (USD/m³)	Incertidumbres
			Beneficio / Costo							
				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 (Probstein 1994).						
5	Inundación de suelos (soil flushing)	3	= 1	Técnica in situ que consiste en inundar el suelo contaminado con agua o una solución con surfactante para disolver y/o suspender el contaminante y posteriormente extraer la fase líquida que contienen el contaminante mediante un sistema de extracción. La tecnología requiere la perforación de pozos de inyección y de extracción. La técnica es efectiva para suelos arenosos. Entre las ventajas está su bajo costo, no es necesario excavar el suelo, no requiere de infraestructura sofisticada. Entre las desventajas está que el empleo del proceso puede afectar el acuífero si no se dosifica apropiadamente, requiere de grandes cantidades de agua y que los contaminantes sean solubles. Se requiere uno o varios procesos secundarios para el tratamiento de aguas residuales y partículas finas de suelo.	Inorgánicos/Orgánicos	Existen experiencias. Pocas en ambientes selváticos	Bombas, pozos de captación, generadores eléctricos, químicos, agua	> 10 meses	50 - 330	Alta
6	Barreras	3	< 1	Las barreras físicas (o paredes de lodo bentonítico) tienen el objetivo de confinar la contaminación en las aguas subterráneas evitando su dispersión. Los muros de lodo bentonítico son una tecnología a gran escala que se ha utilizado durante décadas como soluciones a largo plazo para controlar la filtración. La aplicación más efectiva de la pared de lodo bentonítico para la remediación del sitio o el control de la contaminación es colocar la pared de lodo de 0,6 a 0,9 metros de espesor (2 a 3 pies) en una capa de baja permeabilidad, como arcilla o roca. Una configuración alternativa para la instalación de paredes de lodo bentonítico es una pared "suspendida" en la cual la pared se proyecta en la capa freática del suelo para bloquear el movimiento de contaminantes de menor densidad o flotantes, como aceites, combustibles o gases. Las paredes colgantes se utilizan con menos frecuencia que las paredes. Existen barreras impermeables, paredes con materiales filtrantes, paredes de mortero, paredes metálicas.	Inorgánicos/Orgánicos	Se aplica comúnmente en la selva (Lote No. 8) para contención de derrames. Las barreras permeables reductoras no se tiene experiencia de su efectividad en condiciones similares	Retroexcavadoras, químicos o material reductor (carbon activado, limaduras de Fe, etc.), mano de obra	3 – 5 meses	135	Media

Tiempo de ejecución se considera con los equipos en sitio

El costo referido es el operacional (\$/m³)

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

Las alternativas cuya viabilidad técnica para el tratamiento respectivo que se encuentran en el rango de 4 a 5 de viabilidad (medianamente viable y 100 % viables) y se encuentran en una relación B/C mayor o igual a 1, que serán sujetas a un mayor detalle de análisis son:

- **Solidificación/estabilización**
- **Aislamiento con geomembrana**
- **Oxidación Química**

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). 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	Aire	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	
			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	
	Sedimento	Biológico	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.	
	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			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		

Cuadro 5-5 Aspectos, variables y ponderación por sitio

Aspectos	Criterios	Justificación selección valor criterio
remediación	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 de 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
	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 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 m ³ 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 m ³ 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 m ³ 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	1=No se tiene experiencia alguna en la técnica	Sólo se ha probado a escala piloto o experimental. Eficiencia no comprobada a escala industrial

Cuadro 5-5 Aspectos, variables y ponderación por sitio

Aspectos	Criterios	Justificación selección valor criterio
técnica	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 (bobcat, 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 (bobcat, 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 (bobcat, 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

Cuadro 5-5 Aspectos, variables y ponderación por sitio

Aspectos	Criterios	Justificación selección valor criterio
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
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

Cuadro 5-5 Aspectos, variables y ponderación por sitio

Aspectos	Criterios	Justificación selección valor criterio
	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 que a los aspectos técnicos, logísticos y económicos poseen una valoración más baja (15 %) cada una.

El Cuadro 5-7 presenta la matriz aplicada para las técnicas preliminarmente seleccionadas para el sitio S0113 (Sitio 13).

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.

La columna “Valor” de la matriz se le asigna el número según lo presentado en el Cuadro 5-6; 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:

$$VA_{tr} = (\% Pt \times Val) / 3$$

Donde:

VA_{tr} : Valor ponderado del Atributo.

% Pt: Porcentaje de ponderación asignado al atributo (establecido en la matriz, ver Cuadro 5-7).

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 5-6).

3: Número preestablecido, corresponde al mayor valor posible de asignar.

Para el caso de los Aspectos:

$$VA_{sp} = ((\sum VA_{tr}) \times \% Pa) / 100$$

Donde:

VA_{sp} : Valor ponderado del Aspecto

$\sum VA_{tr}$: Sumatoria de los valores ponderados de los atributos

% Pa: Porcentaje de ponderación asignado al aspecto (establecido en la matriz, ver Cuadro 5-7, además 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 especialistas 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*.

El Cuadro 5-7 presenta la matriz aplicada para las técnicas preliminarmente seleccionadas para el sitio S0113 (Sitio 13) y en el Cuadro 5-8 presenta el resultado de la ponderación de las alternativas en orden de mayor a menor viabilidad.

Cuadro 5-6 Evaluación de alternativas de remediación sitio S0113 (Sitio 13)

Técnica de remediación		Procedimientos fisicoquímicos										
		Solidificación / Estabilización				Oxidación Química				Aislamiento con geomembrana		
		In Situ		Ex Situ		In Situ		Ex Situ		Ex Situ / In Situ		
Aspectos y atributos	%	Valor	Valor Pond.	Valor	Valor Pond.	Valor	Valor Pond.	Valor	Valor Pond.	Valor	Valor	Valor Pond.
1. Aspectos Ambientales	25		18,27		24,17		19,98		19,15			23,33
Eficacia del Cumplimiento con los objetivos de remediación	40	2	26,67	3	40,00	2	26,67	2	26,67	3		40,00
Riesgo asociado al componente ambiental	35		29,75		35,00		33,25		33,25			35,00
Agua	30	2	20,00	3	30,00	3	30,00	3	30,00	3		30,00
Aire	5	3	5,00	3	5,00	3	5,00	3	5,00	3		5,00
Suelo	15	2	10,00	3	15,00	2	10,00	2	10,00	3		15,00
Sedimento	20	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
Grado de Monitoreo ambiental requerido post	15	2	10,00	3	15,00	2	10,00	2	10,00	3		15,00
Requerimiento de autorizaciones previas	10	2	6,67	2	6,67	3	10,00	2	6,67	1		3,33
2. Aspectos Técnicos / Ingeniería	15		11,25		12,25		11,75		11,75			13,25
Grado y tipo de contaminación	20	3	20,00	3	20,00	2	13,33	2	13,33	3		20,00
Acondicionamiento del material	10	2	6,67	2	6,67	3	10,00	3	10,00	3		10,00
Generación de residuos	15	3	15,00	3	15,00	3	15,00	3	15,00	3		15,00
Área requerida de la instalación	10	1	3,33	1	3,33	3	10,00	3	10,00	1		3,33
Nivel de experiencia en aplicación	10	2	6,67	2	6,67	1	3,33	1	3,33	3		10,00
Requerimiento de acciones complementarias post remediación	10	2	6,67	3	10,00	2	6,67	2	6,67	3		10,00
Consumo de recursos naturales (agua, suelo, etc.)	15	2	10,00	2	10,00	2	10,00	2	10,00	2		10,00
Riesgos Operacionales relacionados con la técnica	10	2	6,67	3	10,00	3	10,00	3	10,00	3		10,00

Cuadro 5-6 Evaluación de alternativas de remediación sitio S0113 (Sitio 13)

Técnica de remediación		Procedimientos fisicoquímicos									
		Solidificación / Estabilización				Oxidación Química				Aislamiento con geomembrana	
		In Situ		Ex Situ		In Situ		Ex Situ		Ex Situ / In Situ	
Aspectos y atributos	%	Valor	Valor Pond.	Valor	Valor Pond.	Valor	Valor Pond.	Valor	Valor Pond.	Valor	Valor Pond.
3. Aspectos logísticos	15		12,25		12,25		12,25		10,00		13,00
Acceso al sitio	20	3	20,00	3	20,00	3	20,00	2	13,33	3	20,00
Requerimiento transporte (fluvial, marítimo)	25	3	25,00	3	25,00	3	25,00	2	16,67	2	16,67
Requerimiento y tipo de equipo	20	2	13,33	2	13,33	2	13,33	2	13,33	3	20,00
Requerimientos y servicios de apoyo	20	2	13,33	2	13,33	2	13,33	2	13,33	3	20,00
Tipo y fuentes de energía	15	2	10,00	2	10,00	2	10,00	2	10,00	2	10,00
4. Aspectos Sociales	30		24,50		26,00		24,50		20,50		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
Tiempo de respuesta de la técnica remediación	15	3	15,00	3	15,00	2	10,00	3	15,00	3	15,00
Generación de empleo local	25	2	16,67	2	16,67	2	16,67	1	8,33	3	25,00
Contratación de servicios locales	15	2	10,00	2	10,00	2	10,00	2	10,00	3	15,00
Percepción de la remediación por la comunidad	15	2	10,00	3	15,00	3	15,00	1	5,00	3	15,00
5. Aspectos económicos	15		12,50		11,25		13,75		11,25		7,50
Nivel de inversión	50	3	50,00	2	33,33	3	50,00	2	33,33	1	16,67
Costos de movilización de equipos (transporte, etc.)	25	2	16,67	2	16,67	2	16,67	2	16,67	2	16,67
Costos de mantenimiento o vigilancia durante y post remediación	25	2	16,67	3	25,00	3	25,00	3	25,00	2	16,67
Total	100		78,77		85,92		82,23		72,65		87,08

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

Cuadro 5-7 Resultados de alternativas de matriz sitio S0113 (Sitio 13)

Nº	Alternativa	Valor ponderado obtenido
1	Aislamiento con geomembrana (<i>ex situ</i>)	87,08
2	Solidificación / Estabilización (<i>ex situ</i>)	85,92
3	Oxidación Química (<i>in situ</i>)	82,50
4	Solidificación / Estabilización (<i>in situ</i>)	78,77
5	Oxidación Química (<i>ex situ</i>)	72,65

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 considerando las experiencias o resultados similares que permitirán determinar finalmente, la alternativa final.

- Aislamiento con geomembrana (*ex situ*)
- Solidificación / Estabilización (*ex situ*)
- Oxidación Química (*in 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.

- **Aislamiento con geomembrana**

Infraestructura y/o instalación de seguridad diseñada para contener residuos potencialmente peligrosos para la salud humana y el ambiente. El propósito del acondicionamiento del área que ocupa el botadero hacia un relleno sanitario o de seguridad es reducir la potencial migración de contaminantes (percolación o infiltración, por ejemplo) a través del subsuelo. Son utilizadas para el control directo sobre la fuente.

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, más sí de una aprobación de la selección del sitio para el espacio de aislamiento con geomembrana por parte de la autoridad encargada en la municipalidad provincial en coordinación con la distrital. Por otro lado, tal y como lo refiere la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, los aislamientos con geomembrana (en este caso aislamiento) que se implementen dentro de las instalaciones industriales o productivas, áreas de concesión o lote del titular deben contemplar como mínimo los aspectos relacionados a la impermeabilización de base y taludes, manejo de lixiviados y chimeneas. Igualmente requiere 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 rellenos 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

• Solidificación / estabilización

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^{vvv} 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 los Cuadros 5-9 y 5-10.

^{vvv} Solidification/Stabilization Treatment and Examples of Use at Port Facilities. Charles M. Wilk, LEHP, QEP

Para la EPA la E/S sigue siendo una de las principales y mayormente utilizadas tecnologías (25 % del total) para el manejo de materiales y residuos peligrosos. El método ha sido elegido parte de la solución para más de 180 sitios del Superfondo en USA.

Como ensayos de laboratorio o pilotos, la aplicación de E/S requiere tres ensayos importantes para verificar el control de calidad del proceso:

- Formulación para la efectiva adición de cemento a la mezcla con suelo contaminado.
- Pruebas o ensayos (resistencia a la compresión de cilindros) - resistencia mecánica (para su uso en construcción).
- Cono de Abrams - Referido a la trabajabilidad del material (para su uso en construcción).
- Ensayos de lixiviados (EPA-1311).

Listado de referencias bibliográficas que soportan la aplicación de la tecnología de estabilización/solidificación:

- ✚ Remedación 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

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, Urmchem (aditivos patentados), y material puzolánico (cenizas volantes o polvo del horno)	Cribado o cernido de residuos e introducidos en una mezcladora tipo batch (lotes).	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.

Cuadro 5-9 Otras experiencias 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, Enviro	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)

• Oxidación química

Esta técnica consiste básicamente en un proceso de reacción química de oxido reducción (redox) que convierte los contaminantes peligrosos en compuestos no peligrosos menos tóxicos, que son más estables, menos móviles y/o inertes (U.S. EPA. 2006).

Los agentes oxidantes más usados son peróxido de hidrogeno, hipoclorito, dióxido de cloro, y el peróxido de hidrogeno y hierro, conocido como Fenton (U.S. EPA. 2006). Este último reactivo, es muy usado para reducir los niveles de contaminación por compuestos orgánicos, y permite ser aplicado in situ o ex situ. La aplicación de los reactivos en forma gradual puede acelerar la biodegradación de los compuestos orgánicos.

En cuanto la experiencia se tiene la aplicación de la técnica en un pantano de del sur de Louisiana que por sus condiciones fue inviable el uso de tecnologías de remediación convencionales para mitigar un lanzamiento desde una tubería de productos el transporte de gasolina, Debido a que este sitio remoto está bajo el agua gran parte del año (tal como la selva peruana) y no tiene acceso a electricidad (otra similitud del caso planteado y la selva peruana), sistemas de remediación convencionales tales como la extracción y extracción de vapores de suelo o de bomba, no eran aplicables. La biorremediación también se descartó debido a los gastos del material generador de oxígeno y la dificultad de los métodos convencionales de colocación de los compuestos en el terreno pantanoso. En cuanto a las conclusiones del caso indicado el uso de la química fue un éxito y no se presentó rebote en los niveles de contaminantes, el sitio no ha recibido ninguna acción de remediación ambiental adicional.^{www}

Como experiencia también se considera, la aplicación de la oxidación química en suelo contaminado con hidrocarburos, se trató en reactores de lodos de laboratorio utilizando dos tipos de química, los resultados de este estudio demostraron claramente que la química de Fenton modificada era superior al tratamiento biológico en términos de reducción de hidrocarburos totales de concentraciones de petróleo, y particularmente en la eliminación de las fracciones de alto peso molecular de petróleo (> C17).^{xxx}

Por último, también se presenta la experiencia lograda a través de la aplicación del método en las aguas subterráneas cercanas a una antigua planta de tratamiento de aguas residuales en la base aeronaval de Pensacola en la Florida, estaban contaminadas con solventes y ácidos provenientes de los trabajos de pintura y galvanoplastia. Durante más de 10 años había funcionado un sistema de bombeo y tratamiento de las aguas subterráneas para controlar la migración de dichas aguas contaminadas. Sin embargo, esto no surtió mayor efecto para reducir las concentraciones de contaminantes.

Se seleccionó la ISCO, que utiliza peróxido de hidrógeno con un catalizador de hierro, para reducir las concentraciones de contaminantes en la zona de origen lo suficiente como para permitir que la atenuación natural controlada complete la limpieza.

Los niveles de contaminantes se redujeron sustancialmente. Se estimó que el uso de la ISCO exitoso en este sitio permitió ahorrar varios millones de dólares en comparación con el sistema de bombeo y tratamiento continuos.^{yyy}

^{www} REMEDIATION & CHARACTERIZATION OF BTEX RESIDUAL FROM A PIPELINE RELEASE, Matthew Parker (Millennium Science & Engineering, Inc. - Baton Rouge, LA) / William L. Lundy (DeepEarth Technologies, Inc., Alsip, IL), S/F

^{xxx} SURFACTANT PRODUCTION ACCOMPANYING THE MODIFIED FENTON OXIDATION OF HYDROCARBONS IN SOIL Anne-Clarisse Ndjou'ou and Daniel Cassidy, Ph. D.* Département de géologie et de génie géologique, l'Université Laval, Sainte-Foy, QC, G1K 7P4, Canada, S/F

^{yyy} Guía del ciudadano sobre la oxidación química in situ, EPA, 2012

Por otra parte, otros estudios realizados en la selva amazónica del Ecuador, demuestran resultados positivos con esta técnica. Autores como Villa, Trovó, & Pupo (2010) describe la utilización del proceso Fenton para degradar suelo contaminado con diésel con remociones de hasta el 87% variando la dosificación de H_2O_2 y hierro soluble, además del número de adiciones de los reactivos. Xu, Achari, Mahmoud, & Joshi (2002), presenta resultados de una investigación de laboratorio en el cual logra una remoción de hasta el 63% de orgánicos en el rango del diésel en suelo arcilloso limoso (concentración inicial 5000 mg Kg⁻¹).

Ershadi, Ebadi, Ershadi, & Rabani (2011) verificó la degradación de hidrocarburos totales de petróleo (TPH) en suelo arcilloso con 5000 mg Kg⁻¹ de concentración, usando hierro nano zero-valente como fuente de Fe²⁺ obteniendo una remoción de 91%.

Listado de referencias bibliográficas que soportan la aplicación de la tecnología de Oxidación Química:

- ✚ Remediation & characterization of BTEX residual from a pipeline release. Matthew Parker & William L. Lundy
- ✚ Surfactant production accompanying the modified Fenton oxidation of hydrocarbons in soil. Anne-Clarisse Ndjou'ou and Daniel Cassidy, Ph. D. Département de géologie et de génie géologique, l'Université Laval, Sainte-Foy, Canada
- ✚ Guía del ciudadano sobre Oxidación Química. EPA 542-F-12-011S
- ✚ Diesel Degradation in Soil by Fenton Process Ricardo D. Villa, Alam G. Trovó and Raquel F. Pupo Nogueira. 2010. Journal of Braz. Chem. Soc.
- ✚ Evaluación de oxidación química asistida con detergente para tratamiento de suelos contaminados. Luis Villacreces. (S/F) Coordinación de Laboratorio, EP PETROECUADOR
- ✚ Latest Findings in In-situ Remediation of Hydrocarbon Impacted Soils using Hydrogen Peroxide M. Mahmoud, G. Achari, P. Xu and R.C. Joshi
- ✚ Chemical oxidation of crude oil in oil contaminated soil by Fenton process using nano zero valent Iron. 2nd International Conference on Environmental Science and Technology. 2011. Ershadi, L., Ebadi, T., Ershadi, V., & Rabani, A.
- ✚ Aplicación de oxidación química tipo Fenton asistida con detergente para tratamiento de suelos contaminados con petróleo. 2013. Luis Alberto Villacreces Carvajal
- ✚ Chemical Oxidation Treatment of Petroleum Contaminated Soil Using Fenton's Reagent. Chen, C.T., Tafuri, A.N., Rahman, M. and Forest, M.B. 1998. Journal of Environ. Sci. Health
- ✚ Draft Remediation Guidelines for Petroleum Storage Tank Sites. Edmonton, Alberta. 1994. Alberta Environmental Protection.
- ✚ Cleanup of Petroleum Contaminated Soils at Underground Storage Tanks, Noyes Data Corporation, New Jersey, U.S.A. 1990. Lyman, W.J., Noonan, D.C., and Reidy, P.J.
- ✚ 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
- ✚ Potential Applicability of Assembled Chemical Weapons Assessment Technologies to RCRA Waste Streams and Contaminated Media, August 2000, EPA 542-R-00-004
- ✚ 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

- ✚ 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, 1993. Lawrence Livermore National Laboratory Superfund Site, Project Summary, EPA/540/SR-93/516.
- ✚ EPA, 1991. Chemical Oxidation Treatment, Engineering Bulletin, EPA, OERR and ORD, Washington, DC, EPA/530/2-91/025.
- ✚ Mayer, G., W. Bellamy, N. Ziemba, and L.A. Otis, 15-17 May 1990. "Conceptual Cost Evaluation of Volatile Organic Compound Treatment by Advanced Ozone Oxidation," Second Forum on Innovative Hazardous Waste Treatment Technologies: Domestic and International, Philadelphia, PA, EPA, Washington, DC, EPA Report EPA/2-90/010.
- ✚ USAEC, 1997. "Catalyzed Hydrogen Peroxide Treatment of 2, 4, 6-Trinitrotoluene in Soils" in Innovative Technology Demonstration, Evaluation and Transfer Activities, FY 96 Annual Report, Report No. SFIM-AEC-ET-CR-97013, pp. 77-78.
- ✚ USAEC, 1997. "Remediation of Chemical Agent Contaminated Soils Using Peroxysulfate" in Innovative Technology Demonstration, Evaluation and Transfer Activities, FY 96 Annual Report, Report No. SFIM-AEC-ET-CR-97013, pp. 93-94.

5.5.4 Análisis de costo/efectividad de las posibles alternativas.

El análisis 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.

El análisis Costo/Efectividad (ACE) es diferente al análisis Costo/Beneficio (ACB), el primero, como ya se mencionó, consiste en determinar el costo para obtener el resultado que se busca; mientras que el segundo consiste en determinar el menor costo para alcanzar ese resultado que se busca. Es decir, mayores ganancias individuales o sociales, con el menor uso de recursos (proyecto económicamente eficiente).

No siempre una decisión eficiente, que requiere el menor uso de recursos económicos, puede ser lo más deseable desde el punto de vista social. La sociedad también busca la equidad, es decir, que los beneficios o la prosperidad que genera se distribuyan en forma equitativa entre todos los miembros de una sociedad. En estos casos, el principio costo beneficio permite elegir entre la opción que utiliza la menor cantidad de recursos para el logro de un objetivo de política redistributiva, social o ambiental. En este caso, se fija el objetivo que se busca alcanzar y se analiza la alternativa más eficiente, de manera que se asegure la consistencia entre el criterio de equidad que la sociedad se impone y el criterio de eficiencia económica.

La metodología ACE:

- Permite la evaluación de alternativas de técnicas en función de su costo y sus efectos con respecto al grado de remediación esperado,
- Estableciendo una medida común de efectividad, en este caso el volumen estimado a remediar,
- Como resultado, se obtendría que una Alternativa "A" sería más costo-efectiva que una alternativa "B", considerando el mismo resultado.

Siguiendo con la metodología ACE, 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 de la técnica, se estima considerando:

% Efc : Porcentaje de efectividad de la técnica de remediación.

Vtr : Volumen total a remediar

Tr : Tiempo requerido (estimado en meses)

C : Costo de la técnica (US\$/m³). Costo estimado con base en revisión bibliográfica.

Como resultado de la aplicación de la fórmula, la técnica con un mayor valor de la relación ACE resultará la mejor opción. El Cuadro 5-12 presenta un resumen de los resultados del análisis Costo/Efectividad por cada opción y la Figura 5-5 representa las tres opciones en forma gráfica.

Cuadro 5-10 Datos para el análisis costo-efectividad del sitio S0113 (Sitio 13)

Tecnología	% Efc	Vtr	Tr	C
		m ³	mes	US\$/ m ³
Aislamiento con Geomembrana	100%	250	3	300
Solidificación / Estabilización	90%	250	3	250
Oxidación química	80%	80	1	350

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

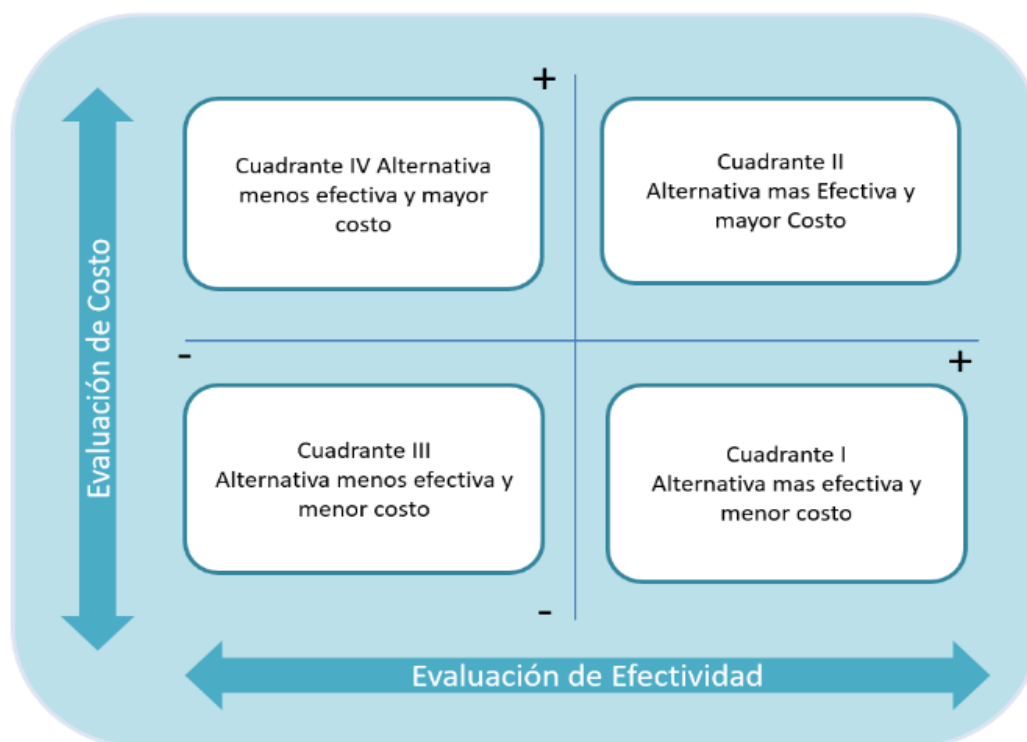
Cuadro 5-11 Resultados del análisis costo-efectividad del sitio S0113 (Sitio 13)

Tecnología	E	C (US\$/ m ³)	ACE
Aislamiento con Geomembrana	83,33	300	0,28
Solidificación / Estabilización	75,00	250	0,30
Oxidación química	64,00	350	0,18

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

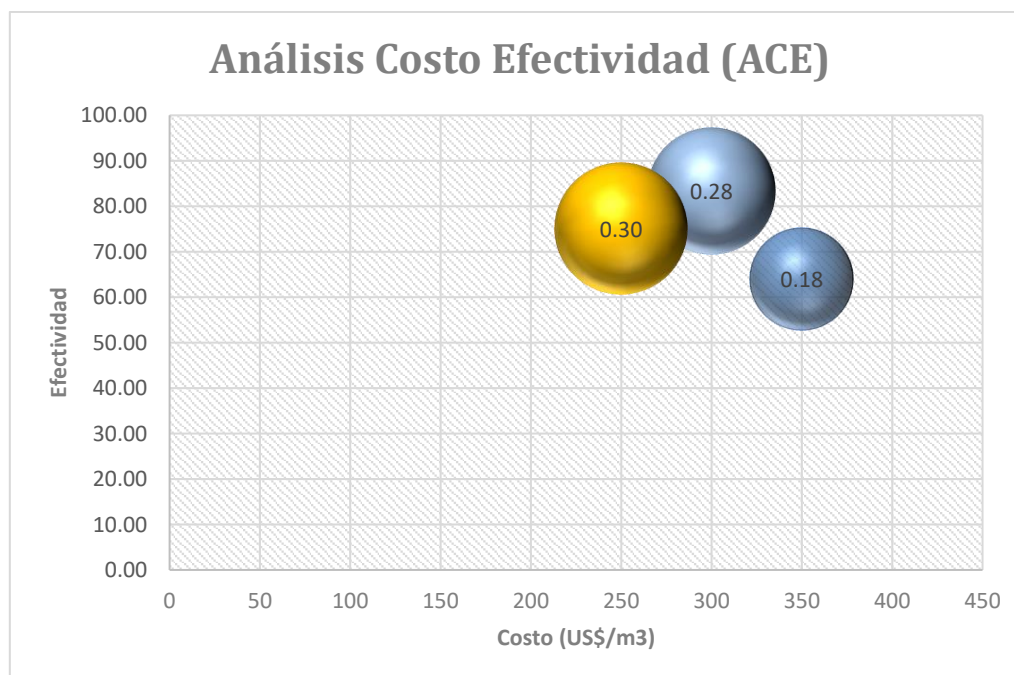
De acuerdo con el análisis costo-efectividad la alternativa seleccionada debería cumplir con ubicarse en el Cuadrante I, según la Figura 5-5. En este sentido, la alternativa con el mayor valor (ACE) resultó la **Solidificación/Estabilización (ex situ)**, donde la esfera de mayor tamaño representa la mejor relación Costo/Efectividad.

Figura 5-5 Relación costo-efectividad



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

Figura 5-6 Representación gráfica del ACE por técnica evaluada



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

5.5.5 Propuesta seleccionada de acciones de remediación.

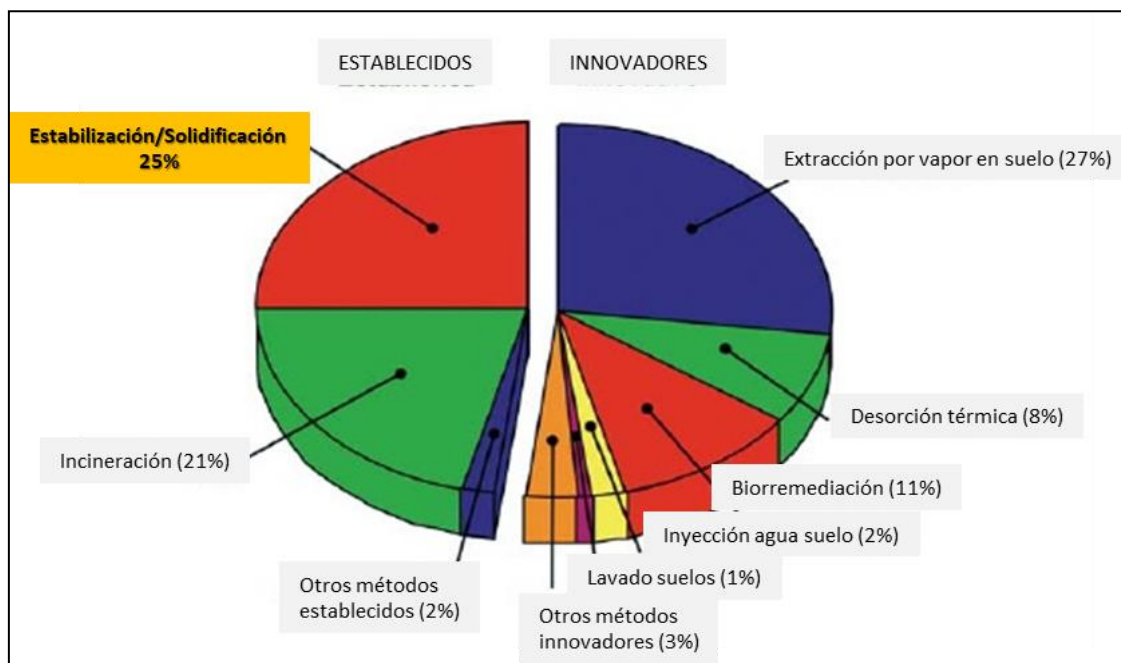
Como productor del desarrollo de las distintas etapas de análisis para la selección de la alternativa tecnológica de remediación, las cuales se desarrollan a lo largo de este documento, se determinó que la tecnología **Solidificación/Estabilización ex situ (E/S)** resulta la más viable, técnica y económicamente para el tratamiento de suelos contaminados en el sitio impactado S0113 (Sitio 13).

El tratamiento por E/S implica mezclar un reactivo de unión en el medio o material contaminado. Aunque los términos solidificación y estabilización suenan similares, describen diferentes efectos que los reactivos de unión crean para inmovilizar componentes peligrosos. Mientras la estabilización se refiere a los cambios químicos de los componentes peligrosos en un desecho; la solidificación se refiere a cambios en las propiedades físicas de un residuo. Los cambios deseados generalmente incluyen un aumento de la resistencia a la compresión, una disminución de la permeabilidad y la encapsulación de componentes peligrosos. Los cambios deseados incluyen la conversión de los constituyentes en una forma menos soluble, móvil o tóxica.

El cemento es especialmente adecuado para su uso como reactivo E/S para contaminantes metálicos. La mezcla de residuos peligrosos inorgánicos, en este caso metales, con cemento, seguido de agua para la hidratación, resulta en la formación de estructuras cristalinas que consisten en aluminosilicatos cálcicos que, sumado al elevado pH del cemento los metales son retenidos, por tanto, se reduce su movilidad por: (a) la formación de hidróxidos, carbonatos o silicatos insolubles; (b) sustitución del metal en una estructura mineral; y (c) encapsulación física. El tratamiento E/S también puede reducir la toxicidad de algunos metales pesados por cambios en el estado de valencia.

Por otro lado, es la tecnología más ampliamente utilizada como técnica de remediación para suelos y sedimentos con presencia de metales (Figura 5-7).

Figura 5-7 Frecuencia del uso de E/S en comparación con otras tecnologías



Fuente: Solidification/Stabilization Treatment and Examples of Use at Port Facilities. Charles M. Wilk

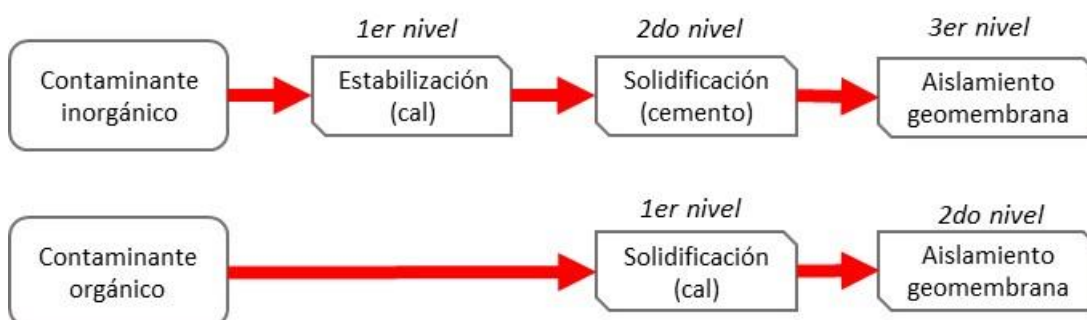
Dado el marcado énfasis social del proyecto de remediación para la cuenca del río Corrientes, se estimó pertinente considerar estrategias tecnológicas adicionales que permitieran combinar las alternativas de remediación seleccionadas, en este caso la **estabilización/solidificación** con algún procedimiento/tecnología (de tratamiento o disposición) que permitiera asegurar la retención del contaminante, pero a la vez crear la confianza suficiente en las comunidades con las tecnologías adoptadas.

Tradicionalmente las comunidades nativas manifiestan con frecuencia la poca intervención que ha tenido el estado y las operadoras en la solución de los problemas de contaminación que se han originado a partir de las actividades petroleras en la región. El tratamiento por inertización (estabilización) y fijación (solidificación) del material contaminante, muy especialmente de elementos inorgánicos (como por ejemplo los metales y metaloides), asegura la retención del material. Pero, desde el punto de vista social el contaminante permanece en su territorio, sólo que en una matriz distinta.

El retiro del material fuera del lote 1AB (ex lote 192), en ingentes volúmenes de suelo contaminado, requieren la movilización por una cantidad importante de camiones, lo cual traería como consecuencia un incremento considerable de los costos por remediación, pudiendo hacer inviable el proyecto. Por otro lado, las vías de comunicación en selva se malogran con las lluvias y el incremento del tráfico pesado potencia el daño sobre estas. Finalmente, se requeriría la salida del material del lote por vía fluvial, lo que implica una elevación de costo, elementos logísticos y de seguridad que incidirían sobre el proyecto y su potencial ejecución.

Por lo anterior, se propone combinar el tratamiento por **estabilización/solidificación** conjuntamente con el **aislamiento con geomembrana**, considerando que la aplicación de ambos métodos de tratamiento/remediación/disposición de contaminantes en suelo configurarían una condición incontrovertible (extraer el material, estabilizarlo, solidificarlo y adicionalmente aislarlo en un espacio protegido con una geomembrana asegura la contención del material) de seguridad en la retención del contaminante y permitiría adicionalmente el aprovechamiento de espacios en el subsuelo para su disposición final.

El uso combinado de la estabilización/solidificación con el aislamiento con geomembrana establece un tercer nivel de seguridad en la contención de material contaminante de composición inorgánica y un segundo nivel de seguridad en la contención de material contaminante de composición orgánica.



Por otro lado, el seguimiento de la eficiencia en la remediación del sitio impactado a través de esta combinación permite un monitoreo “controlado” por medio de la toma de muestras directas en el espacio confinado por la geomembrana de la potencial lixiviación de contaminantes del material allí retenido. El aislamiento con geomembrana en su diseño y construcción comprende la instalación de un pozo de control el cual permitirá la captación de muestras directas del área de

contención del material estabilizado y solidificado. Igualmente, al conocer la ubicación exacta del área de aislamiento, facilitará la ubicación estratégica de los pozos de monitoreo de aguas subterráneas debajo de la localización de esta área.

La combinación de los métodos propuesto por JCI-HGE no tan sólo asegura ambientalmente la represión de los elementos contaminantes, sino que socialmente permite crear la tranquilidad y confianza en la ejecución de la remediación hacia las comunidades nativas.

5.5.6 Análisis de los riesgos operacionales para la ejecución de las actividades y en concordancia con la experiencia en campo.

El proceso de estabilización/solidificación (E/S), especialmente la mezcla y el fresado de materiales de grano fino como cenizas volantes y el cemento, tiene la capacidad de generar emisiones fugitivas y polvo respirable. En determinadas condiciones, las emisiones fugitivas pueden presentar un problema de exposición potencial para el personal en el sitio y pueden potencialmente migrar más allá del área de trabajo y del límite del sitio. Se hace necesario identificar los equipos de protección personal y efectuar un control de polvos y particulados.

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.

Se recomienda el desarrollo de un manual en Seguridad para la empresa que efectúe la remediación, que contemple los procesos asociados a la remediación por Estabilización/Solidificación conjuntamente con el aislamiento con geomembrana los riesgos y medidas de seguridad asociadas a cada uno. Este manual deberá contemplar las etapas o plan de acción para casos de emergencia y contingencias.

No obstante, de lo anterior se describen las siguientes consideraciones con relación a los riesgos operacionales por la aplicación de la tecnología de Estabilización/Solidificación y aislamiento con geomembrana:

A. Peligros físicos

- Descripción: durante la excavación del suelo, los trabajadores pueden resultar gravemente heridos por equipos pesados, como cargadores frontales, jardineras, rasquetas y otros equipos.
Control: El equipo pesado debe estar equipado con una alarma de respaldo que alerta a los trabajadores.
- Descripción: Las barrenas giratorias o las retroexcavadoras representan un peligro para los trabajadores ya que la ropa suelta puede enredarse con las barrenas giratorias.
Control: Toda la ropa suelta debe estar asegurada. Los trabajadores deben mantenerse alejados de los equipos giratorios y en movimiento.
- Descripción: Pueden existir riesgos de incendio y explosión cuando se usan retroexcavadoras u otros métodos de excavación si entran en contacto o rompen ductos o tuberías como líneas subterráneas.
Control: para controlar los riesgos de contacto con la red, identifique la ubicación de todas las tuberías subterráneas antes de la excavación.
- Descripción: los molinos y equipos similares utilizados para mezclar suelos pueden estar equipados con ejes de transmisión, ruedas dentadas, cadenas, poleas u otros mecanismos

giratorios / giratorios sin protección. La exposición al equipo sin vigilancia puede hacer que los trabajadores se enreden.

Control: Todos los mecanismos de movimiento deben estar protegidos para evitar el contacto accidental. Los trabajadores deben operar el equipo solo cuando los guardias estén en su lugar, y usar el equipo de protección personal (PPE) y la ropa adecuados.

- Descripción: la E/S a veces puede provocar la desgasificación de sustancias peligrosas. Como ejemplo, cuando hay cantidades de magnesio presentes, la mezcla con cemento provocará la liberación de gas de hidrógeno de una reacción de agua-magnesio y presentará un riesgo de incendio o explosión. Esto puede ser un problema con la estabilización en tambores y otros recipientes.

Control: Las áreas de trabajo donde se lleva a cabo la estabilización deben estar bien ventiladas y monitoreadas según sea necesario para detectar gases explosivos.

- Descripción: el lavado a presión con vapor del equipo puede exponer a los trabajadores a peligros térmicos o de quemaduras, a los peligros de los ojos debido a los proyectiles voladores que se desprenden durante el lavado a presión, a los peligros de resbalones de las superficies mojadas y al ruido.

Control: las quemaduras térmicas se pueden prevenir usando guantes aislados (por ejemplo, guantes de tela de sílice). Las lesiones oculares y la pérdida de audición se pueden prevenir usando gafas de seguridad y protección auditiva durante las actividades de lavado a presión. El riesgo de resbalones puede ser controlado por trabajadores que usan botas antideslizantes y drenan el agua de la operación de descontaminación hacia un tanque o foso.

- Descripción: Durante las actividades en el sitio, los trabajadores pueden estar expuestos a la luz solar directa e indirecta y a calor intenso. Incluso la exposición a la luz solar a corto plazo puede causar quemaduras y daños dérmicos. 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. 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: El equipo pesado (pequeño y grande) utilizado para las operaciones del sitio puede rodar en pendientes pronunciadas o en terrenos inestables, aplastando al operador.

Control: El ángulo de la pendiente debe estar diseñado para minimizar el potencial de vuelco. El contratista de construcción debe mantener condiciones de operación seguras para el equipo durante la construcción. El equipo pesado debe estar equipado con dispositivos de protección contra vuelcos (ROPS) y no debe operarse en pendientes pronunciadas o en terrenos inestables.

- Descripción: El levantamiento manual de objetos pesados puede exponer a los trabajadores a lesiones de espalda, brazos y hombros.

Control: No se debe exigir a los trabajadores que levanten cargas pesadas manualmente. Algunas cargas pueden requerir dos personas. Aplicar las técnicas de levantamiento adecuadas

- Descripción: El funcionamiento de los sistemas de solidificación / estabilización tanto in situ como ex situ puede presentar un riesgo de ruido para los trabajadores.

Control: Los trabajadores deben usar protección auditiva de acuerdo con los requisitos de Ley.

B. Peligros químicos

- Descripción: Durante las operaciones de excavación y mezcla (in situ o ex situ), los trabajadores pueden estar expuestos a riesgos de inhalación / ingestión / dérmicos de polvos contaminados en el aire, compuestos orgánicos volátiles (VOC) y materiales de desecho.
Control: La generación de contaminantes en el aire puede reducirse mediante la aplicación periódica de agua a las áreas activas de excavación y mezcla. La selección de los tipos adecuados de EPP (por ejemplo, un respirador purificador de aire equipado con filtros / cartuchos aprobados [filtros HEPA para partículas, cartuchos OV para vapores o filtros / cartuchos combinados para protección doble] y protección ocular).
- Descripción: Se puede producir una mejora de la eliminación de gases de COV como resultado del calor generado durante el proceso de estabilización. Además, los compuestos de amonio pueden liberar amoníaco cuando se mezclan con cemento. Los trabajadores pueden estar expuestos a COV por inhalación o vías de exposición cutánea.
Control: La generación de COV en el aire puede reducirse mediante la aplicación periódica de agua o espumas supresoras de emisiones a las áreas activas de excavación y mezcla.

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.
Control: se deben realizar inspecciones periódicas del sitio para identificar nidos de insectos que pican y para detectar la presencia de serpientes. Las empresas de exterminio profesional deben ser consultadas para su eliminación. Se pueden usar repelentes contra insectos y garrapatas para controlar la exposición.

Adicionalmente, como 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 la cual debe cumplir con los requerimientos adecuados para tal fin.
- 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.
- El 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.
- 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 aplicadas al sitio impactado) se presenta el listado de tecnologías que potencialmente podrían ser aplicadas en el sitio impactado S0113 (Sitio 13). Posterior a un segundo análisis de alternativas, quedaron como tecnologías técnicamente viables las que se muestran en el Cuadro 5-8 Resultados de Alternativas de Matriz del sitio S0113 (Sitio 13).

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 seleccionada.

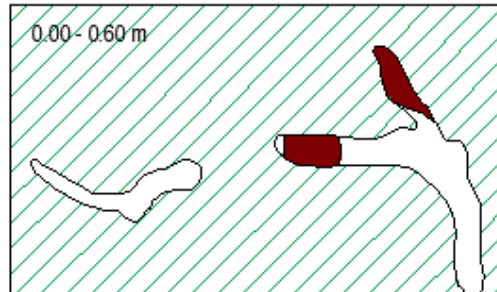
5.6.1 Superficie y volumen por remediar y rehabilitar de acuerdo al objetivo definido.

Es importante señalar que el volumen de suelo a remediar será el obtenido de una evaluación de riesgos al ser humano y al ambiente (ERSA) sobre el volumen de suelo impactado.

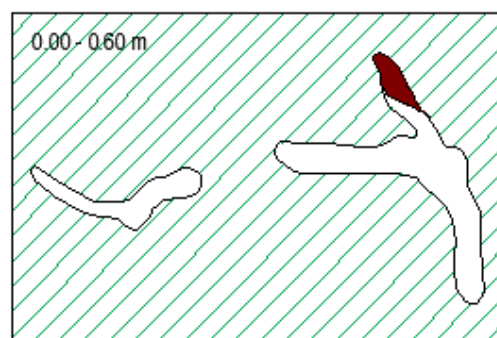
Considerando la caracterización y los resultados obtenidos en el ERSA, se definió que los niveles de remediación (NR) tienen un riesgo aceptable para el escenario humano (para sustancias cancerígenas, así como no cancerígenas); para el escenario ecológico, se tomó como referencia el NR para el recurso abiótico considerando dos elementos claves: para el caso de metales, se tomó como referencia el valor de Ba = 750 mg/kg (ECA Agrícola), en el caso de TPH, se tomó como nivel de remediación 4400 mg/kg de TPH que corresponde a la sumatoria de F1, F2 y F3 para ECA Agrícola y para representar los HAP'S se tomó en cuenta los valores del Naftaleno = 0.1 mg/kg (ECA Agrícola). La distribución espacial de dichos contaminantes se puede observar en la siguiente Figura

Figura 5-8 Distribución espacial (superficie y fondo) de los distintos contaminantes a remediar del sitio S0113 (Sitio 13)

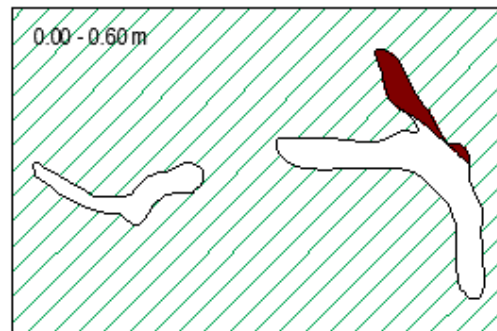
Bario



HAP'S



TPH



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

Para la quebrada el riesgo es probable para TPH y HAPs (benzo antraceno y dibenzo antraceno) en sedimentos, definiéndose el NR para TPH (860 mg/kg, referenica internacional de Pettigrove y Hoffman (2005)), para benzo antraceno (0,693 mg/kg) y dibenzo antraceno (0,135 mg/kg)

En cuanto a los niveles de remediación, 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 S0113 (Sitio 13) 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 S0113 (Sitio 13)).

El criterio de remediación que se adoptó fue el de superponer dos poligonales:

- Poligonal que encierra el sitio impactado del sitio S0113 (Sitio 13).
- Poligonal que encierra facilidades operativas, más un buffer de 30 metros (area de seguridad)

Al superponer las dos poligonales, si espacialmente el sitio impactado se encuentra dentro de la poligonal de la facilidad operacional más buffer de 30 metros, los niveles de remediación objetivo serán Categoría Uso Industrial, de lo contrario se asumirán los Categoría Uso Agrícola.

Aplicando el criterio para el sitio S0113 (Sitio 13), la poligonal del sitio impactado se encuentra en un 90% fuera 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 agrícola.

Los cuadros 5-13 y 5-14 presentan los volúmenes de suelo con valores para TPH mayores al nivel de remediación requerido.

Cuadro 5-12 Área y volumen de suelo con valores para TPH mayores al nivel de remediación requerido en sitio S0113 (Sitio 13)

Profundidad (m)	Área (m ²)	Volumen (m ³)
0,00-0,60	1 003,41	602,05
0,60-1,50	2 035,73	1 832,16
Total		2 434,21

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

Cuadro 5-13 Área y volumen de suelo con valores para HAP'S mayores al nivel de remediación requerido en sitio S0113 (Sitio 13)

Profundidad (m)	Área (m ²)	Volumen (m ³)
0,00-0,60	552,80	331,68
0,60-1,50	1 785,47	1 606,92
Total		1 938,60

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

Cuadro 5-14 Área y volumen de suelos con valores para Bario mayores al nivel de remediación requerido en sitio S0113 (Sitio 13)

Profundidad (m)	Área (m ²)	Volumen (m ³)
0,00-0,60	1 597,91	958,75
0,60-1,50	4 576,54	4 118,88
Total		5 077,63

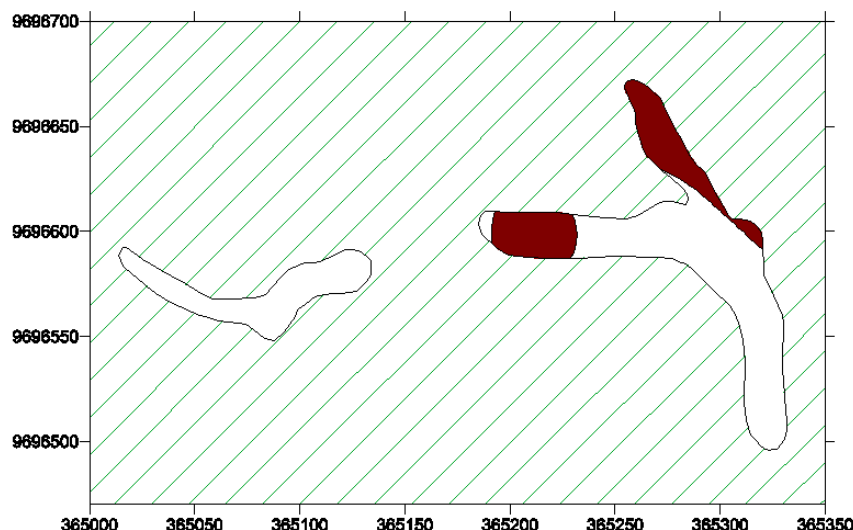
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Se propone excavar y retirar del sitio S0113 (Sitio 13) un volumen que superan el NR para el recurso abiótico en concentraciones de hidrocarburos, TPH, Ba y HAP'S. La propuesta tecnológica

para este material se basa en la estabilización/solidificación y posterior aislamiento con geomembrana.

Para el área final a remediar se realizó una superposición de todas las distribuciones de los contaminantes a remediar, el área de remediación resultante se puede apreciar en la siguiente figura y constituye una extensión de 1820,41 m².

Figura 5-9 Distribución espacial del área a remediar del sitio S0113 (Sitio 13)



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

Cuadro 5-15 Área y volumen de suelos a remediar en sitio S0113 (Sitio 13)

Profundidad (m)	Área (m ²)	Volumen (m ³)
0,00-0,60	1820,41	1 092,25
Total		1 092,25

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

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. 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 a remediar los análisis de ERSA, (60 cm). Adicionalmente, se consideran los siguientes criterios para la determinación del volumen señalado:

- Con base al ERSA, la presencia de TPH en el suelo superficial representa un riesgo al ser humano y al ambiente debido a los niveles de concentración y a la exposición (inhalación o contacto directo), por tal motivo se propone la extracción de suelo superficial.
- Por el tipo de contaminante, fracciones mediana y pesada de hidrocarburos F1, F2 y F3 la capacidad de migración es muy limitada o casi nula, sumado que las condiciones en campo evidenciaron un proceso de meteorización y presencia recalcitrante del elemento.
- Características estratigráficas: como se puede observar en la Figura 5-11, las fracciones de hidrocarburos se encuentran localizadas en el estrato 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 concluye que, debido que el elemento contaminante (hidrocarburo) no tiene movilidad dada las condiciones descritas y el tipo de estratigrafía presente, se recomienda la extracción del suelo impactado hasta una profundidad de 0,6 m. Esta profundidad obedece a dos criterios: i) eliminar o reducir la potencial fuente de exposición y ii) Considerando algún uso futuro (agrícola) del área, tomando en cuenta que la profundidad radicular generalmente no superaría los 30 cm de profundidad y las características del suelo de la región (amazonia).

El resto del suelo impactado y localizado a profundidades mayores a 0,6 m, contiene los contaminantes físicamente encerrados o confinados dentro del estrato arcilloso descrito anteriormente, el cual no representa riesgo alguno de exposición, por el contrario, tratar de realizar alguna intervención antrópica podría generar un potencial riesgo de exposición a receptores. Cabe señalar que el TPH ubicado a profundidades mayores a los 0,6 m continuaran su proceso de degradación por atenuación natural.

De acuerdo con lo anterior el volumen de suelo a remediar será de 1092,25 m³.

Para el caso de sedimento de la quebrada ubicado en el area sur del sitio (ver Figura 5-10) se estimo un volumen de 16 m³ a remediar (100 m de longitud con una profundidad de 0.2 m y un ancho de 0.8 m)

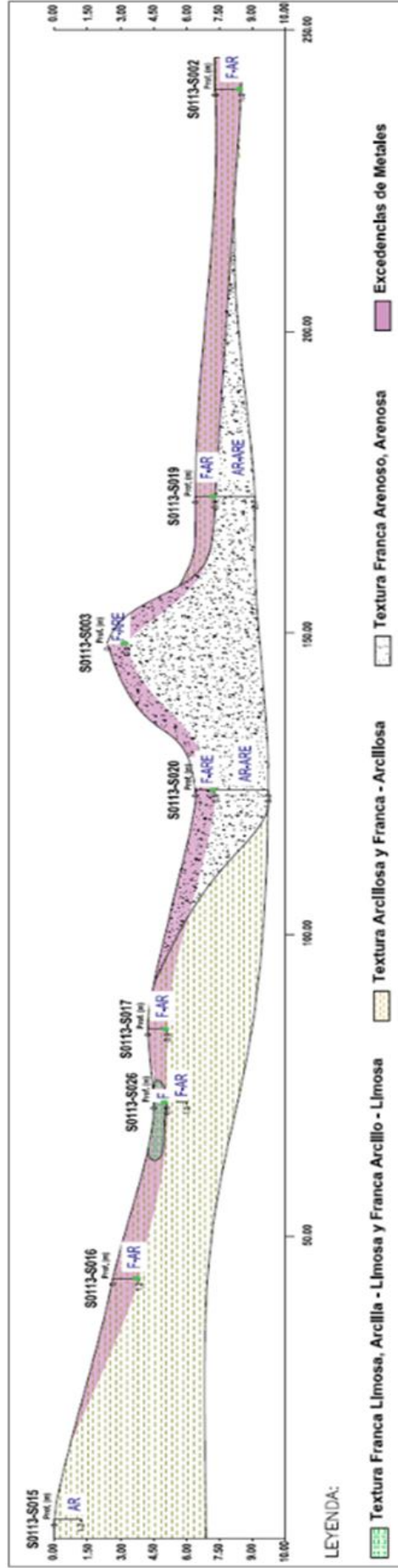
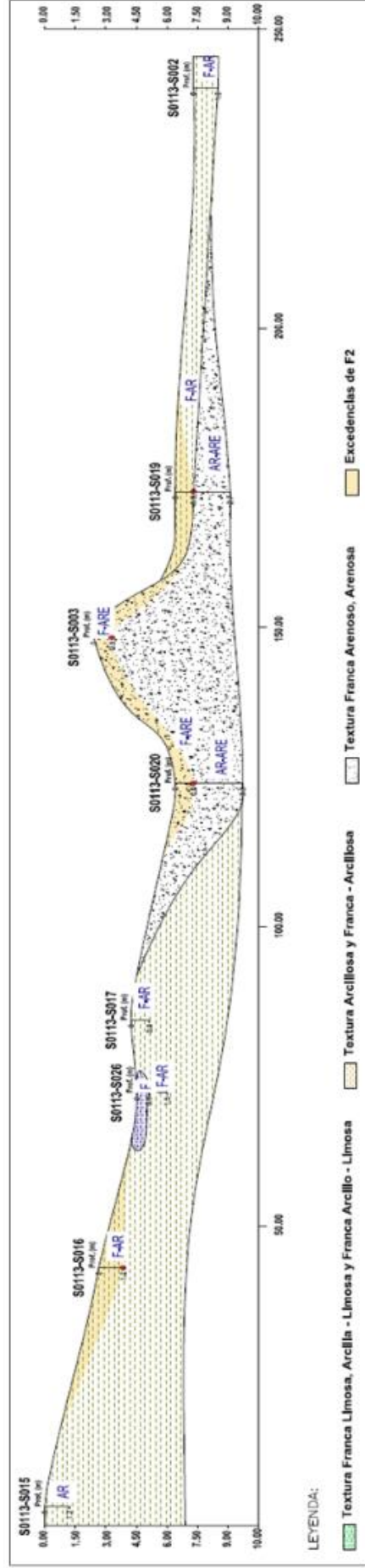
Es importante señalar que, aunque no se determinó riesgo al ambiente ni a la salud humana el sedimento ubicado en la cocha (laguna), JCI-HGE propone una intervención in situ del sedimento de la cocha (laguna) mediante una biodegradación aeróbica estimulada de tal forma de asegurar la eliminación de la fuente primaria de contaminación de sedimentos en la quebrada. Se estimó un volumen aproximado de sedimentos de 551 m³.

Figura 5-10 Localización del tramo de la quebrada a remediar del sitio S0113 (Sitio 13)



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

Figura 5-11 Área a remediar del Perfil estratigráfico del sitio S0113 (Sitio 13). Arriba excedencias de F2. Abajo excedencias de metales

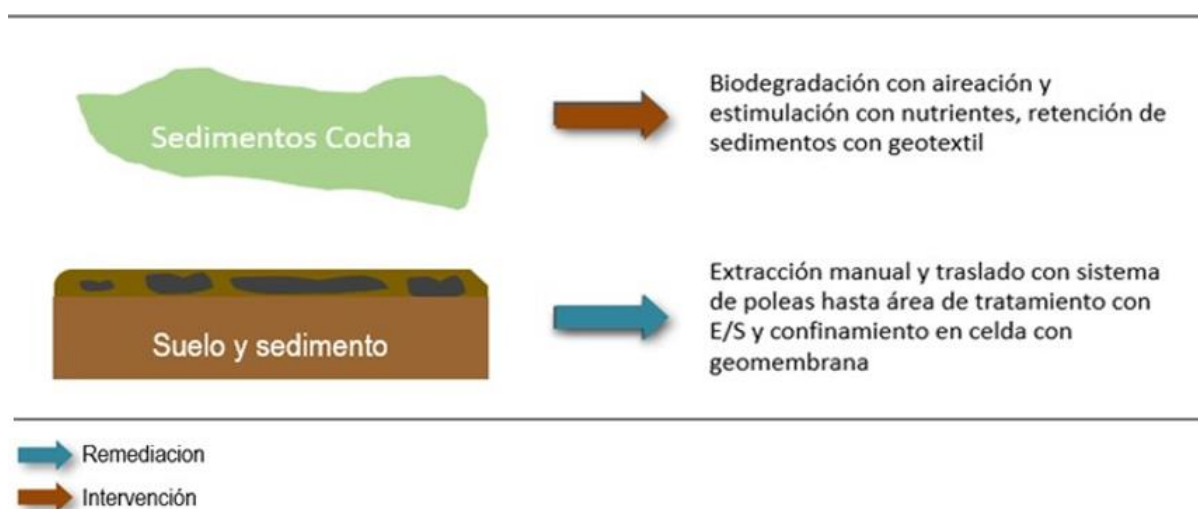


Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

5.6.2 Descripción de las acciones de remediación y rehabilitación que correspondan.

Después de haber presentado el análisis de las diferentes alternativas de remediación y proponer una intervención para los sedimentos en la cocha (laguna), podemos concluir que para el sitio impactado S0113 (Sitio 13) se propone la aplicación de la remediación de suelo y sedimentos en y la intervención de los sedimentos de la cocha, las cuales se resumen en el siguiente esquema:

Figura 5-12 Tecnologías de remediación e Intervención para el sitio impactado S0113 (Sitio 13)



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

A. Acciones para retiro de material contaminado en suelo

- **Acceso al área afectada dentro del sitio**

El acceso se realizará mediante una apertura de trocha de 50 metros de largo por un metro ancho.

- **Desbosque**

Consistirá en corte de maleza y ramas, evitando el corte de árboles.

- **Abandono de trocha**

No requerirá revegetación ya que ésta se regenerará naturalmente.

- **Extracción de material contaminado:**

- La excavación de 1820,41 m² hasta una profundidad de 0,60 m para un volumen aproximado de 1092,25 m³ se realizará manualmente y con la ayuda de equipos mecanizados menores (retroexcavadora 0,5 m³ capacidad).
- La extracción de material contaminado de 1092 m³ se realizará en carretillas manuales o a través de un sistema de polea y cestas o canastas.

- El material excavado se almacenará temporalmente sobre una geomembrana de apoyo colocada sobre la plataforma DORI-10 y DORI 11D. Este material estará techado o será cubierto con una geomembrana.
- Este material estabilizado y solidificado y el aislamiento con geomembrana
- El material se solidificará con cemento y será dispuesto en un aislamiento con geomembrana.
- **Incorporación de material de relleno:**
 - El material de relleno será procedente de un préstamo.
 - El transporte del material de relleno hasta la plataforma DORI-10 y DORI 11D desde el préstamo se realizará mediante camiones de 12 m³ de capacidad. Para el acarreo desde la plataforma hasta el sitio a rellenar se utilizarán carretillas manuales o el sistema de polea y cestas o canastas.
 - Se compactarán capas de 0,30 m de espesor mediante apisonadores manuales.
- **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.

B. Acciones para retiro de material contaminado en sedimentos

El nivel de intervención a los sedimentos de la laguna consistirá en el uso de una técnica de biodegradación aeróbica con estimulación a través del uso de fertilizantes, mediante la instalación de unidades de recirculación de aire y agua que permitan crear condiciones aeróbicas que permitan la degradación de hidrocarburos atrapados en el fondo de la laguna. Esta recirculación permitirá generar un movimiento circular de sedimentos y agua en el fondo de la laguna, dando lugar a la activación de procesos de degradación el bombeo de agua, sedimentos y microorganismos de la propia laguna, oxígeno y adición de nutrientes (nitrógeno y fósforo).

Previo a la limpieza de los sedimentos de la laguna se colocará una membrana semipermeable de sedimentos a la salida de la laguna que solo permitirá el paso del agua y retendrá los componentes orgánicos.

La limpieza de los sedimentos del cauce de la quebrada en una longitud de 100 metros (últimos 100 metros de huella impactada) se realizará mediante lavado, inyectando agua a presión a los sedimentos con el objeto de que el hidrocarburo adherido se separe de las partículas de suelo, pudiendo ser recolectado y retirado manualmente, con el apoyo de barreras de contención y paños oleofílicos.

Adicionalmente se succionará con bombas el líquido con potencial contaminante y se pasará por un filtro de arena, donde el líquido será recogido en una piscina de 3 x 3 x 0,3 m, donde se

someterá a evaporación. La arena resultante del lavado será sometida, junto al suelo contaminado, a un proceso de estabilización/solidificación y aislado con geomembrana localizada en una ubicación cercana al sitio impactado S0113 (Sitio 13).

Las especificaciones técnicas generales de la técnica de remediación son:

- Rendimiento: Se estima que la biorremediación estimulada de sedimentos dure 2 meses. Mientras que el lavado de sedimentos en una quebrada aguas debajo de la laguna dure 1 mes.
- Insumos requeridos: Combustible.
- A qué contaminantes aplica y porqué resulta positiva su aplicación de acuerdo con los contaminantes a los que se aplica. Aplica a contaminantes orgánicos (HAPs y TPH).
- Experiencias generales con relación a la tecnología: El lavado de suelos y sedimentos es una tecnología que actualmente se viene realizando en la selva amazónica para atender derrames por roturas accidentales del ducto.
- La biorremediación estimulada va dirigida a la inyección de aire atmosférico dentro del agua, de forma tal de airear el fondo de la laguna, logrando la reducción de HAPs en los sedimentos; sin embargo, aunque el equipo Air Jammer se ha utilizado ampliamente en la remoción de lodos y control de olores, no se ha utilizado anteriormente en el sitio.

5.6.3 Descripción de insumos y mano de obra, así como los costos necesarios.

• Para suelo

Para la aplicación del método de rehabilitación en este caso solidificación/estabilización se requiere aplicar un conjunto de actividades que requerirán de las labores tanto de personal obrero como de operadores de equipo pesado, para esto se definieron 6 fases de aplicación (movilización de equipos y materiales al sitio, preparación del material in situ, almacenamiento provisional del material contaminado, acondicionamiento del sitio de almacenamiento final, tratamiento y disposición final del material contaminado y cierre de la aislamiento) los cuales se disgregan en el Cuadro 5-17.

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.

Cuadro 5-16 Estimación de personal para la remediación del suelo impactado

Cargo /Rol	Responsabilidad	Cant.
Supervisor	Supervisar la ejecución de las actividades según el rol que desempeñe	8
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	1
Topógrafo	Se encargará de todas las mediciones topográficas, durante movimientos de tierra y compactación del terreno.	4
Operario	Realizará las labores de operación de equipos y maquinaria pesada para el desarrollo de las actividades	13

PY 1801 – PLAN DE REHABILITACIÓN DEL SITIO IMPACTADO S0113 (Sitio 13)

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 5-16 Estimación de personal para la remediación del suelo impactado

Cargo /Rol	Responsabilidad	Cant.
Conductor	Será responsable de trasladar a personal o equipo según sea el caso	7
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	44
Logístico	Se encargará de coordinar todo lo referente a la logística necesaria para llevar a cabo las actividades de remediación.	1
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

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 5-44, donde se detalla la cantidad global de trabajadores por actividad. Los trabajadores deberán estar habilitados, con exámenes médicos, vacunas y SCTR.

- **Para sedimento**

Para la aplicación de una intervención, en este caso una combinación del método de biodegradación aeróbica y lavado por inyección de agua se requiere aplicar un conjunto de actividades que requerirán de las labores tanto de personal obrero como de operadores de equipo pesado, para esto se definieron 4 fases de aplicación (movilización de equipos y materiales al sitio, retención de finos a la salida de la cocha / laguna, bioestimulación aeróbica, construcción de piscina de evaporación, construcción de la aislamiento, construcción de almacenamiento provisional y sitio de tratado, lavador por inyección de agua y captura de contaminantes, aplicación de solidificación y estabilización, cierre del aislamiento) los cuales se desglosan en el Cuadro 5-18.

Cuadro 5-17 Estimación de personal para la remediación del sedimento impactado

Cargo /Rol	Responsabilidad	Cant.
Supervisor	Supervisar la ejecución de las actividades según el rol que desempeñe	7
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	1
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	5
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	20
Logístico	Se encargará de coordinar todo lo referente a la logística necesaria para llevar a cabo las actividades de remediación.	1
Almacenero	Será el encargado de la entrada y salida de recursos de los almacenes, coordinadas ³ por el logístico, este llevará el control de entradas y salidas, y alertará si es necesaria la adquisición de artículos adicionales.	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 5-45, donde se detalla la cantidad global de trabajadores por actividad. Los trabajadores deberán estar habilitados, con exámenes médicos, vacunas y SCTR.

Cuadro 5-18 Estimación de mano de obra y costos necesarios para remediación de suelos

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	Rendimiento (diario)	Días de trabajo	Costo unitario (\$)	Costo total del personal (\$)	Materiales/ consumibles	Und	Cantidad	Costo (\$) / und	Costo unitario (\$)	Costo total del materiales (\$)	Equipos menores	Cantidad	Costo (\$)	Costo unitario (\$)	Costo tota 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	1,00	20,00	1400,00	1 400,00													
													Proyectista	1,00	60,00	1,00	20,00	1200,00	1 200,00													
													Técnico	1,00	50,00	1,00	20,00	1000,00	1 000,00													
2	Movilización de equipos y materiales al sitio	SG	1,00	21 990,91	21 990,91	Embarcación	1,00	20 000,00	1,00	1,00	20 000,00	20 000,00	Obreros	5,00	200,00	3,00	600,00	600,00	120 000,00													
						Camionetas	2,00	363,64	1,00	3,00	1 090,91	1 090,91	Conductores	2,00	100,00	3,00	300,00	300,00	30 000,00													
3	Desmovilización de equipos y materiales al sitio	SG	1,00	21 990,91	21 990,91	Embarcación	1,00	20 000,00	1,00	1,00	20 000,00	20 000,00	Obreros	5,00	200,00	3,00	600,00	600,00	120 000,00													
						Camionetas	2,00	363,64	1,00	3,00	1 090,91	1 090,91	Conductores	2,00	100,00	3,00	300,00	300,00	30 000,00													
Fase II: Preparación del material in situ																																
4	Excavación manual del material	m³	1 092,25	172,30	188 200,12								Obreros	15,00	600,00	6,00	183,00	100,53	109 800,00	Sacos	Und	43 690,00	1,79	71,52	78 112,42	Pala	15,00	9,59	0,13	143,85		
																										Pico	15,00	9,59	0,13	143,85		
5	Trazo, niveles y replanteo durante el proceso constructivo	Día	183,00	136,36	24 954,55	1 trípode - 2 Bastón con prisma - 2 Porta prisma - 2 Prisma	1,00	36,36	1,00	183,00	36,36	6 654,55	Topógrafos	2,00	100,00	1,00	183,00	100,00	18 300,00													
6	Carguio del material	m³	1 092,25	54,43	59 446,97								Obreros	8,00	320,00	6,00	183,00	53,61	58 560,00	Madera	m	11,00	10,00	0,10	110,00							
																			Empalmes	Und	3,00	18,13	0,05	54,39								
																			Sistema de poleas	Und	10,00	25,76	0,24	257,58								
																			Soga	m	30,00	6,90	0,19	207,00								
																			balde	Und	20,00	12,90	0,24	258,00								
Fase III: Almacenamiento provisional del material contaminado																																
7	Construcción de techo tipo galpón	m²	546,13	52,83	28 851,30	Camión grúa 5 T	2,00	360,00	100,00	6,00	3,96	2 160,00	Obrero	6,00	240,00	100,00	6,00	2,64	1 440,00	Lona impermeable	m2	546,13	8,00	8,00	4 369,00							
													Operario	2,00	100,00	100,00	6,00	1,10	600,00	Plancha y conexión para fundación	Und	36,41	100,00	6,67	3 640,83							
																			Piezas de fierro para uniones	Und	728,17	4,00	5,33	2 912,67								
																			Vigas de Madera	m	1 328,90	5,00	12,17	6 644,52								
																			Pernos	Und	3 131,12	1,50	8,60	4 696,68								
																			Plástico	m²	298,45	8,00	4,37	2 387,60								
8	Impermeabilización y sistema de drenaje	m²	600,74	4,14	2 484,51	Camión grúa 5 T	1,00	180,00	2 000,00	1,00	0,30	180,00	Obrero	4,00	160,00	2 000,00	1,00	0,27	160,00	Geomembrana HDPE (Polipropileno de alta densidad) 1,0 mm	m²	600,74	2,00	2,00	1 201,48	Pala	2,00	9,59	0,03	19,18		
						Equipo de soldadura eléctrica	3,00	224,88	1 998,00	1,00	0,37	224,88	Operario	2,00	100,00	1 998,00	1,00	0,17	100,00	Combustible Diésel	l	4,00	1,50	0,01	6,00	Pico	2,00	9,59	0,03	19,18		
						Generador de 38 KW	1,00	101,44	2 000,00	1,00	0,17	101,44	Supervisor	1,00	70,00	2 000,00	1,00	0,12	70,00	Combustible Diésel	l	144,00	1,50	0,36	216,00	Carretilla	2,00	44,93	0,15	89,86		
																			Tubos PVC 4" Ranurados	l	2,40	2,33	0,01	5,59								
																			Piedra Picada	m³	10,00	9,09	0,15	90,90								
Fase IV: Acondicionamiento del sitio de almacenamiento final																																
9	Excavación y conformación de taludes	m³	1 518,48	7,32	11 122,29	Excavadora cap. 0,5 YD3, 110 HP	1,00	421,12	155,00	10,00	2,77	4 211,20	Operario	2,00	100,00	155,00	10,00	0,66	1 000,00	Combustible Diésel	l	1 600,00	1,50	1,58	2 400,00	Pala	2,00	9,59	0,01	19,18		
						Cisterna	0,30	27,27	155,00	10,00	0,18	272,73	Obrero	2,00	80,00	155,00	10,00	0,53	800,00	Combustible Diésel	l	1 600,00	1,50	1,58	2 400,00	Pico	2,00	9,59	0,01	19,18		
10	Compactación	m²	1 129,31	1,65	1 865,65	Rodillo vibrador liso autopropulsado 10,8 HP	1,00	265,28	1 000,00	2,00	0,47	530,56	Operario	2,00	100,00	1 000,00	2,00	0,18	200,00	Combustible Diésel	l	256,00	1,50	0,34	384,00	Pala	2,00	9,59	0,02	19,18		
						Cisterna	0,40	36,36	1 000,00	2,00	0,06	72,73	Obrero	2,00	80,00	1 000,00	2,00	0,14	160,00	Combustible Diésel	l	320,00	1,50	0,43	480,00	Pico	2,00	9,59	0,02	19,18		
11	Trazo, niveles y replanteo durante el proceso constructivo	Día	12,00	136,36	1 636,36	1 trípode - 2 Bastón con prisma - 2 Porta prisma - 2 Prisma	1,00	36,36	1,00	12,00	36,36	436,36	Topógrafos	2,00	100,00	1,00	12,00	100,00	1 200,00													
12	Colocación Geomembrana HDPE impermeabilizante	m²	1 242,24	3,07	3 818,28	Camión grúa 5 T	1,00	180,00	2 000,00	1,00	0,14	180,00	Obrero	4,00	160,00	2 000,00	1,00	0,13	160,00	Geomembrana HDPE (Polipropileno de alta densidad) 1,0 mm	m²	1 242,24	2,00	2,00	2 484,48	Pala	2,00	9,59	0,02	19,18		
						Equipo de soldadura eléctrica	3,00	224,88	1 998,00	1,00	0,18	224,88	Operario	2,00	100,00	1 998,00	1,00	0,08	100,00	Combustible Diésel	l	4,00	1,50	0,00	6,00	Pico	2,00	9,59	0,02	19,18		
						Generador de 38 KW	1,00	101,44	2 000,00	1,00	0,08	101,44	Supervisor	1,00	70,00	2 000,00	1,00	0,06	70,00	Combustible Diésel	l	144,00	1,50	0,17	216,00	Carretilla	2,00	44,93	0,07	89,86		
																			Piedra Picada	m³	16,20	9,09	0,12	147,26								

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	Rendimiento (diario)	Días de trabajo	Costo unitario (\$)	Costo total del personal (\$)	Materiales/ consumibles	Und	Cantidad	Costo (\$) / und	Costo unitario (\$)	Costo total del materiales (\$)	Equipos menores	Cantidad	Costo (\$)	Costo unitario (\$)	Costo tota de equipos menores (\$)	
13	Colocación de tubería ranurada	m	6,80	30,06	204,40	Cortador de tubos 4"	1,00	1 127,27	60,00	1,00	165,78	1 127,27	Obrero	2,00	80,00	60,00	1,00	11,76	80,00	Tubería Ranurada	m	6,80	7,00	7,00	47,60						
														Supervisor	1,00	70,00	60,00	1,00	10,29	70,00											
Fase V: Aplicación del Tratamiento de Solidificación y estabilización y Disposición final del material tratado																															
13	Construcción de techo tipo galpón	m²	182,04	51,77	9 423,77	Camión grúa 5 T	1,00	180,00	100,00	2,00	1,98	360,00	Obrero	4,00	160,00	100,00	2,00	1,76	320,00	Lona impermeable	m2	182,04	8,00	8,00	1 456,33						
														Operario	1,00	50,00	100,00	2,00	0,55	100,00	Plancha y conexión para fundación	Und	12,14	100,00	6,67	1 213,61					
																				Piezas de fierro para uniones	Und	242,72	4,00	5,33	970,89						
																				Vigas de Madera	m	442,97	5,00	12,17	2 214,84						
																				Pernos	Und	1 043,71	1,50	8,60	1 565,56						
																					Plástico	m²	152,82	8,00	6,72	1 222,53					
14	Impermeabilización y sistema de drenaje	m²	200,25	8,95	1 792,04	Camión grúa 5 T	1,00	180,00	2 000,00	1,00	0,90	180,00	Obrero	4,00	160,00	2 000,00	1,00	0,80	160,00	Geomembrana HDPE (Polipropileno de alta densidad) 1,0 mm	m2	200,25	2,00	2,00	400,49	Pala	3,00	9,59	0,14	28,77	
						Equipo de soldadura eléctrica	3,00	224,88	2 000,00	1,00	1,12	224,88	Operario	3,00	150,00	2 000,00	1,00	0,75	150,00	Combustible Diésel	l	4,00	1,50	0,03	6,00	Pico	3,00	9,59	0,14	28,77	
						Generador de 38 KW	1,00	101,44	2 000,00	1,00	0,51	101,44	Supervisor	1,00	70,00	2 000,00	1,00	0,35	70,00	Combustible Diésel	l	144,00	1,50	1,08	216,00	Carretilla	3,00	44,93	0,67	134,79	
																			-	Piedra Picada	m³	10,00	9,09	0,45	90,90						
15	Preparación de la mezcla suelo cemento con maquinaria y disposición final del material tratado	m³	1 507,31	64,59	97 360,55	Excavadora sobre orugas cap. 1,3 YD3	1,00	614,56	155,00	10,00	4,08	6 145,60	Obreros	3,00	120,00	155,00	10,00	0,80	1 200,00	Cemento	Bolsas	6 476,40	6,88	29,56	44 557,63	Pala	3,00	9,59	0,02	28,77	
						Cargador sobre orugas 2 YD3	1,00	542,96	155,00	10,00	3,60	5 429,60	Supervisor	4,00	280,00	155,00	10,00	1,86	2 800,00	Cal	Bolsas	6 553,50	3,77	16,39	24 706,70	Carretilla	3,00	44,93	0,09	134,79	
						Vibrador de concreto	2,00	28,99	155,00	10,00	0,19	289,94	Operario	3,00	150,00	155,00	10,00	1,00	1 500,00	Agua	l	229,37	5,00	0,76	1 146,86						
																				Combustible Diésel	l	3 080,00	1,50	6,25	4 620,00						
Fase VI: Cierre de la celda de confinamiento																															
16	Estudio de préstamo	SG	1,00	10 000,00	10 000,00																										
17	Colocación y compactación de 0,40 m de suelo arcilloso	m³	268,80	13,20	3 547,07	Rodillo vibrador liso autopropulsado 10,8 HP	1,00	265,28	155,00	2,00	1,97	530,56	Operario	1,00	50,00	155,00	2,00	0,37	100,00	Combustible Diésel	l	256,00	1,50	1,43	384,00	Pala	3,00	9,59	0,11	28,77	
						Excavadora cap. 0,5 YD3, 110 HP	1,00	421,12	155,00	2,00	3,13	842,24	Operario	1,00	50,00	155,00	2,00	0,37	100,00	Combustible Diésel	l	320,00	1,50	1,79	480,00	Pico	3,00	9,59	0,11	28,77	
						Cisterna	0,40	36,36	155,00	2,00	0,27	72,73	Obrero	5,00	200,00	155,00	2,00	1,49	400,00	Combustible Diésel	l	320,00	1,50	1,79	480,00						
													Conductor	1,00	50,00	155,00	2,00	0,37	100,00												
18	Colocación Geomembrana HDPE impermeabilizante	m²	739,20	3,76	2 779,05	Camión grúa 5 T	1,00	180,00	2 000,00	1,00	0,24	180,00	Obrero	4,00	160,00	2 000,00	1,00	0,22	160,00	Geomembrana HDPE (Polipropileno de alta densidad) 1,0 mm	m²	739,20	2,00	2,00	1 478,40	Pala	3,00	9,59	0,04	28,77	
						Equipo de soldadura eléctrica	3,00	224,88	1 998,00	1,00	0,30	224,88	Operario	3,00	150,00	1 998,00	1,00	0,20	150,00	Combustible Diésel	l	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	0,14	101,44	Supervisor	1,00	70,00	2 000,00	1,00	0,09	70,00	Combustible Diésel	l	144,00	1,50	0,29	216,00	Carretilla	3,00	44,93	0,18	134,79	
19	Colocación de 0,60 m de suelo para revegetar	m³	443,52	3,23	1 433,14	Excavadora cap. 0,5 YD3, 110 HP	1,00	421,12	300,00	2,00	1,90	842,24	Operario	1,00	50,00	300,00	2,00	0,23	100,00	Piedra Picada	m³	10,00	9,09	0,20	90,90						
													Obrero	5,00	200,00	250,00	2,00	0,90	400,00												
20	Trazo, niveles y replanteo durante el proceso constructivo	Día	3,00	136,36	409,09	1 tripode - 2 Bastón con prisma - 2 Porta prisma - 2 Prisma	1,00	36,36	1,00	3,00	36,36	109,09	Topógrafos	2,00	100,00	1,00	3,00	100,00	300,00												
21	Revegetación	m²	739,20	6,57	4 854,79								Obrero	5,00	200,00	200,00	4,00	1,08	800,00	Plantas	Und	369,60	10,61	5,30	3 920,00	Carretilla	3,00	44,93	0,18	134,79	
Fase VII: Reposición de material en el sitio																															
20	Carguo del material de préstamo	m³	1 092,25	174,31	190 394,11								Obreros	10,00	400,00	4,00	274,00	100,34	109 600,00	Sacos	Und	43 690,00	1,79	71,52	78 112,42	Carretilla	10,00	44,93	2,46	449,30	
21	Traslado del Material hasta el sitio	m³	1 092,25	12,57	13 728,00	Camión volteo de 10 a 12 m3	2,00	1 320,00	144,00	8,00	9,67	10 560,00	Conductor	2,00	100,00	144,00	8,00	0,73	800,00	Combustible Diésel	l	1 152,00	1,50	1,58	1 728,00						
													Obreros	2,00	80,00	144,00	8,00	0,59	640,00												
22	Colocación y compactación del material en el sitio	m³	1 092,25	189,45	206 921,48	Compactador Vib. Tipo plancha 4HP	1,00	69,41	4,00	274,00	17,41	19 017,26	Obreros	10,00	400,00	4,00	274,00	100,34	109 600,00	Sacos	Und	43 690,00	1,79	71,52	78 112,42	Pala	10,00	9,59	0,09	95,90	
																									Pico	10,00	9,59	0,09	95,90		
23	Trazo, niveles y replanteo durante el proceso constructivo	Día	274,00	136,36	37 363,64	1 tripode - 2 Bastón con prisma - 2 Porta prisma - 2 Prisma	1,00	36,36	1,00	274,00	36,36	9 963,64	Topógrafos	2,00	100,00	1,00	274,00	100,00	27 400,00												
Perisología																															
22	Autorización de Uso de Agua	Und	1,00	1 212,12	1 212,12																										
23	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																										

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	Rendimiento (diario)	Días de trabajo	Costo unitario (\$)	Costo total del personal (\$)	Materiales/ consumibles	Und	Cantidad	Costo (\$) / und	Costo unitario (\$)	Costo total de los materiales (\$)	Equipos menores	Cantidad	Costo (\$)	Costo unitario (\$)	Costo total de los equipos menores (\$)						
24	Autorización de desbosque (Incluye estudio para el permiso)	Und	1,00	5 633,33	5 633,33																															
25	Autorización de ejecución de obra	Und	1,00	1 300,00	1 300,00																															
26	Autorización uso de suelos para confinamiento	Und	1,00	30 000,00	30 000,00																															
Seguridad																																				
27	Personal	Día	238,00	110,00	26 180,00								Supervisor	1,00	70,00	1,00	238,00	70,00	16 660,00																	
28	Señalizaciones de seguridad	SG	1,00	773,33	773,33															Cinta de seguridad 400 m	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		
																																Señalizaciones	40,00	4,00	160,00	160,00
29	Equipos de protección personal	MO	160,00	75,10	12 016,00																															
																																Casco	160,00	24,24	24,24	3 878,40
																																Botas	160,00	16,66	16,66	2 665,60
																																Guantes	160,00	15,15	15,15	2 424,00
																																Mascarillas	160,00	13,03	13,03	2 084,80
29	Equipos de protección personal	MO	160,00	75,10	12 016,00																															
																																Lentes	160,00	2,42	2,42	387,20
																																Chaleco	160,00	3,60	3,60	576,00
30	Insumos Médicos / Primeros auxilios	SG	1,00	5 000,00	5 000,00																															
Logística																																				
31	Personal logístico	Día	238,00	140,00	33 320,00								Logístico	1,00	70,00	1,00	238,00	70,00	16 660,00																	
32	Alquiler de almacén en Andoas	Día	30,00	150,00	4 500,00																															
33	Comedor y servicios 29 personas	Día	238,00	351,52	83 660,61								Campamento	29,00	12,12	1,00	238,00	351,52	83 660,61																	
34	Alojamiento 8 personas	Día	238,00	48,48	11 539,39								Alojamiento	8,00	6,06	1,00	238,00	48,48	11 539,39																	
35	Traslado de personal	Día	238,00	1 372,48	326 649,59	Camionetas	7	1 272,73	1,00	238,00	1 272,73	302 909,09								Combustible Diésel	I	15 827,00	1,50	99,75	23 740,50											
36	Mantenimiento de vías	Día	2,00	1 178,55	2 357,11	Retroexcavadora, con capacidad de cucharón 0,5 m3	1,00	400,00	1,00	2,00	400,00	800,00	Operario	3,00	150,00	1,00	2,00	150,00	300,00	Combustible Diésel	I	288,00	1,50	216,00	432,00											
						Cisterna	0,30	27,27	1,00	2,00	27,27	54,55	Obrero	3,00	120,00	1,00	2,00	120,00	240,00																	
						Rodillo vibrador liso autopropulsado 10,8 HP	1,00	265,28	1,00	2,00	265,28	530,56																								
37	Stand by	Día	1,00	3 562,86	3 562,86																															
38	Contingencia	SG	1,00	74 980,17	74 980,17																															
COSTO TOTAL DE LA TÉCNICA DE REMEDIACIÓN PARA SUELOS					1 574 583,49																															

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.

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

Cuadro 5-19 Estimación de mano de obra y costos necesarios para remediación de sedimentos

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 materiales (\$)	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	23 514,36	23 514,36	Embarcación	1,00	20 000,00	1,00	1,00	20 000,00	20 000,00	Obreros	3,00	120,00	3,00	360,00	360,00	Combustible Diésel	l	144,00	1,50	216,00	216,00									
						Camión grúa 5 T	2,00	360,00	3,00	1,00	360,00	360,00	Operario	2,00	100,00	3,00	300,00	300,00	Combustible Diésel	l	128,00	1,50	192,00	192,00									
						Camionetas	3,00	545,45	3,00	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	23 514,36	23 514,36	Embarcación	1,00	20 000,00	1,00	1,00	20 000,00	20 000,00	Obreros	3,00	120,00	3,00	360,00	360,00	Combustible Diésel	l	144,00	1,50	216,00	216,00									
						Camión grúa 5 T	2,00	360,00	3,00	1,00	360,00	360,00	Operario	2,00	100,00	3,00	300,00	300,00	Combustible Diésel	l	128,00	1,50	192,00	192,00									
						Camionetas	3,00	545,45	3,00	3,00	1 636,36	1 636,36	Conductores	3,00	150,00	3,00	450,00	450,00															
4	Apertura de trochas	m	300,00	2,22	666,00	Retroexcavadora, con capacidad de cucharon 0,5 m3	1,00	400,00	1 000,00	1,00	1,33	400,00	Operario	1,00	50,00	1,00	0,17	50,00	Combustible Diésel	l	144,00	1,50	0,72	216,00									
5	Alquiler de almacén en Andoas	día	30,00	150,00	4 500,00																												
Fase II: Retención de finos a la salida de la cocha / laguna																																	
6	Colocación de estacas	und	2,00	117,50	235,00								Obrero	2,00	80,00	1,00	40,00	80,00	Estacas de 1 m de alto	Und	2,00	17,34	17,34	34,68	Martillo	2,00	25,16	25,16	50,32				
													Supervisor	1,00	70,00	1,00	35,00	70,00															
7	Colocación de geotextil tejido	SG	1,00	239,15	239,15								Obrero	2,00	80,00	1,00	80,00	80,00	Geotextil no tejido	m2	16,18	2,40	38,83	38,83	Martillo	2,00	25,16	50,32	50,32				
													Supervisor	1,00	70,00	1,00	70,00	70,00															
Fase III: Bioestimulación aeróbica																																	
8	Instalación de las bombas con sistema tipo venturi para la bioestimulación aeróbica	SG	1,00	1 686,91	1 686,91								Supervisor	1,00	70,00	3,00	210,00	210,00	Tuberías 2"	m	9,00	1,00	9,00	9,00									
													Obreros	5,00	200,00	3,00	600,00	600,00	Conexiones 2"/4"	und	8,00	38,00	304,00	304,00									
																			Conexión venturi 2"	und	2,00	63,85	127,70	127,70									
																			Cemento para PVC	und	5,00	87,24	436,21	436,21									
9	Aplicación de la bioestimulación aeróbica	m3	551,15	45,58	25 120,27	Motobomba 10 HP	2,00	1,25	9,50	59,00	0,13	73,47	Operario	2,00	100,00	59,00	10,70	5 900,00	Gasolina de 90 octanos	l	335,12	15,00	9,12	5 026,80									
													Obrero	4,00	160,00	59,00	17,13	9 440,00	Fosforo	kg	25,00	22,00	1,00	550,00									
													Supervisor	1,00	70,00	59,00	7,49	4 130,00															
Fase IV: Construcción de piscina de evaporación																																	
10	Excavación y conformación de taludes	m3	6,83	131,25	896,44								Obrero	4,00	160,00	4,00	93,70	640,00								Pala	4,00	9,59	5,62	38,36			
																									Pico	4,00	9,59	5,62	38,36				
																									Carretilla	4,00	44,93	26,31	179,72				
11	Compactación	m2	18,50	50,72	938,25	Equipo compactador vibrador tipo plancha 5,8 HP	5,00	368,80	40,00	1,00	19,94	368,80	Operario	2,00	100,00	1,00	5,41	100,00	Combustible Diésel	l	128,00	1,50	10,38	192,00	Pala	2,00	9,59	1,04	19,18				
						Cisterna	0,10	9,09	40,00	1,00	0,49	9,09	Obrero	2,00	80,00	1,00	4,32	80,00	Combustible Diésel	l	100,00	1,50	8,11	150,00	Pico	2,00	9,59	1,04	19,18				
12	Trazo, niveles y replanteo durante el proceso constructivo	Día	5,00	136,36	681,82	1 trípode - 2 Bastón con prisma - 2 Porta prisma - 2 Prisma	1,00	36,36	1,00	5,00	36,36	181,82	Topógrafos	2,00	100,00	5,00	100,00	500,00															
13	Colocación de geomembrana HDPE impermeabilizante para piscina de evaporación	m²	28,16	48,52	1 366,42	Camión grúa 5 T	1,00	180,00	60,00	1,00	6,39	180,00	Obrero	4,00	160,00	1,00	5,68	160,00	Geomembrana HDPE (Polipropileno de alta densidad) 1,0 mm	m²	28,16	2,00	2,00	56,32	Pala	3,00	9,59	1,02	28,77				
						Equipo de soldadura eléctrica	3,00	224,88	60,00	1,00	7,99	224,88	Operario	3,00	150,00	1,00	5,33	150,00	Combustible Diésel	l	4,00	1,50	0,21	6,00	Pico	3,00	9,59	1,02	28,77				
						Generador de 38 KW	1,00	101,44	60,00	1,00	3,60	101,44	Supervisor	1,00	70,00	1,00	2,49	70,00	Combustible Diésel	l	144,00	1,50	7,67	216,00	Carretilla	3,00	44,93	4,79	134,79				
																			Piedra Picada	m³	1,04	9,09	0,34	9,45									
14	Construcción de filtro de arena para lavado	m3	2,00	731,58	1 463,16								Obrero	5,00	200,00	4,00	400,00	800,00	Arena	m3	1,00	12,12	6,06	12,12									
													Supervisor	1,00	70,00	4,00	140,00	280,00	malla	Rollo	1,00	170,00	85,00	170,00									
																			madera	m	22,00	9,00	99,00	198,00									
																			clavos	bolsa	2,00	1,52	1,52	3,04									
Fase V: Construcción del aislamiento																																	
15	Excavación y conformación de taludes	m³	3,42	168,80	576,44								Obrero	4,00	160,00	2,00	93,70	320,00								Pala	4,00	9,59	11,23	38,36			
																									Pico	4,00	9,59	11,23	38,36				
																									Carretilla	4,00	44,93	52,63	179,72				
16	Compactación	m²	9,25	101,43	938,25	Equipo compactador vibrador tipo plancha 5,8 HP	5,00	368,80	40,00	1,00	39,87	368,80	Operario	2,00	100,00	1,00	10,81	100,00	Combustible Diésel	l	128,00	1,50	20,76	192,00	Pala	2,00	9,59	2,07	19,18				
						Cisterna	0,10	9,09	40,00	1,00	0,98	9,09	Obrero	2,00	80,00	1,00	8,65	80,00	Combustible Diésel	l	100,00	1,50	16,22	150,00	Pico	2,00	9,59	2,07	19,18				
17	Trazo, niveles y replanteo durante el proceso constructivo	Día	94,70	136,36	12 914,22	1 trípode - 2 Bastón con prisma	1,00	36,36	1,00	94,70	36,36	3 443,79	Topógrafos	2,00	100,00	94,70	100,00	9 470,42															

Cuadro 5-19 Estimación de mano de obra y costos necesarios para remediación de sedimentos

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 materiales (\$)	Equipos menores	Cantidad	Costo (\$)	Costo unitario (\$)	Costo total de equipos menores (\$)
						- 2 Porta prisma - 2 Prisma																							
18	Impermeabilización y sistema de drenaje para aislamiento	m²	14,08	158,52	2 231,92	Camión grúa 5 T	1,00	180,00	60,00	1,00	12,78	180,00	Obrero	4,00	160,00	1,00	11,36	160,00	Geomembrana HDPE (Polipropileno de alta densidad) 1,0 mm	m2	452,00	2,00	64,20	904,00	Pala	3,00	9,59	2,04	28,77
						Equipo de soldadura eléctrica	3,00	224,88	60,00	1,00	15,97	224,88	Operario	3,00	150,00	1,00	10,65	150,00	Combustible Diésel	l	4,00	1,50	0,43	6,00	Pico	3,00	9,59	2,04	28,77
						Generador de 38 KW	1,00	101,44	60,00	1,00	7,20	101,44	Supervisor	1,00	70,00	1,00	4,97	70,00	Combustible Diésel	l	144,00	1,50	15,34	216,00	Carretilla	3,00	44,93	9,57	134,79
																			Piedra Picada	m³	3,00	9,09	1,94	27,27					
Fase VI: Construcción de almacenamiento provisional y sitio de tratado																													
19	Construcción de almacenamiento provisional y sitio de tratado	m²	14,08	169,66	2 388,80	Camión grúa 5 T	1,00	180,00	60,00	1,00	12,78	180,00	Obrero	4,00	160,00	1,00	11,36	160,00	Geomembrana HDPE (Polipropileno de alta densidad) 1,0 mm	m2	452,00	2,00	64,20	904,00	Pala	3,00	9,59	2,04	28,77
						Equipo de soldadura eléctrica	3,00	224,88	60,00	1,00	15,97	224,88	Operario	3,00	150,00	1,00	10,65	150,00	Combustible Diésel	l	4,00	1,50	0,43	6,00	Pico	3,00	9,59	2,04	28,77
						Generador de 38 KW	1,00	101,44	60,00	1,00	7,20	101,44	Supervisor	1,00	70,00	1,00	4,97	70,00	Combustible Diésel	l	144,00	1,50	15,34	216,00	Carretilla	3,00	44,93	9,57	134,79
																			Piedra Picada	m³	3,00	9,09	1,94	27,27					
																			Tubos PVC 4" Ranurados	l	1,00	2,33	0,17	2,33					
																			Toldos	Und	3,00	51,52	10,98	154,55					
Fase VII: Lavador por inyección de agua y captura de contaminantes																													
20	Colocación de booms absorbentes y aplicación de materiales de recolección de hidrocarburos	m	100,00	57,50	5 750,00								Obrero	2,00	80,00	5,00	4,00	400,00	Materiales para la recolección de hidrocarburos	SG	1,00	#####	50,00	5 000,00					
													Supervisor	1,00	70,00	5,00	3,50	350,00											
21	Lavado de sedimentos	m	100,00	21,10	2 110,32	Motobomba 10 HP	2,00	6,86	20,00	5,00	0,34	34,32	Operario	2,00	100,00	5,00	5,00	500,00	Gasolina de 90 octanos	l	28,40	15,00	4,26	426,00					
													Obrero	4,00	160,00	5,00	8,00	800,00											
													Supervisor	1,00	70,00	5,00	3,50	350,00											
22	Recolección manual de hidrocarburos y almacenamiento de residuos solidos en cilindros de plástico	und	12,00	92,45	1 109,40								Obrero	2,00	80,00	5,00	33,33	400,00	Cilindros de PVC	Und	12,00	29,95	29,95	359,40					
													Supervisor	1,00	70,00	5,00	29,17	350,00											
23	Succión de fluidos con bomba	m3	2,00	3 103,01	6 206,03	Motobomba 10 HP	2,00	343,18	0,40	5,00	857,95	1 715,91	Operario	2,00	100,00	5,00	250,00	500,00	Manguera	m	200,00	14,14	1 414,00	2 828,00					
													Obrero	4,00	160,00	5,00	400,00	800,00											
													Supervisor	1,00	70,00	5,00	175,00	350,00											
Fase VIII: Aplicación de solidificación y estabilización																													
24	Preparación de la mezcla suelo cemento con maquinaria y disposición final del material tratado	m³	1,19	1 429,75	1 698,54	Excavadora sobre orugas cap. 1,3 YD3	1,00	614,56	50,00	1,00	517,31	614,56	Obreros	4,00	160,00	1,00	11,36	160,00	Cemento	Bolsas	5,93	6,88	34,34	40,79	Pala	4,00	9,59	32,29	38,36
						Cargador sobre orugas 2 YD3	1,00	542,96	50,00	1,00	457,04	542,96	Supervisor	1,00	70,00	1,00	58,92	70,00	Cal	Bolsas	6,00	3,10	15,66	18,60	Carretilla	4,00	44,93	151,28	179,72
						Vibrador de concreto	2,00	28,99	50,00	1,00	24,41	28,99	Operario	3,00	150,00	1,00	126,26	150,00	Agua	l	0,21	5,00	0,88	1,05					
Fase IX: Cierre del aislamiento																													
25	Estudio de préstamo	SG	1,00	10 000,00	10 000,00																								
26	Colocación y compactación de 0,40 m de suelo arcilloso	m³	16,90	104,30	1 762,30	Rodillo vibrador liso autopropulsado 10,8 HP	1,00	265,28	30,00	1,00	15,70	265,28	Operario	1,00	50,00	1,00	2,96	50,00	Combustible Diésel	l	128,00	1,50	11,36	192,00	Pala	3,00	9,59	1,70	28,77
						Excavadora cap. 0,5 YD3, 110 HP	1,00	421,12	30,00	1,00	24,92	421,12	Operario	1,00	50,00	1,00	2,96	50,00	Combustible Diésel	l	160,00	1,50	14,20	240,00	Pico	3,00	9,59	1,70	28,77
						Cisterna	0,40	36,36	30,00	1,00	2,15	36,36	Obrero	4,00	160,00	1,00	9,47	160,00	Combustible Diésel	l	160,00	1,50	14,20	240,00					
													Conductor	1,00	50,00	1,00	2,96	50,00											
27	Colocación Geomembrana HDPE impermeabilizante	m²	16,90	78,98	1 334,44	Camión grúa 5 T	1,00	180,00	60,00	1,00	10,65	180,00	Obrero	4,00	160,00	1,00	9,47	160,00	Geomembrana HDPE (Polipropileno de alta densidad) 1,0 mm	m²	16,90	2,00	2,00	33,79	Pala	3,00	9,59	1,70	28,77
						Equipo de soldadura eléctrica	3,00	224,88	60,00	1,00	13,31	224,88	Operario	3,00	150,00	1,00	8,88	150,00	Combustible Diésel	l	4,00	1,50	0,36	6,00	Pico	3,00	9,59	1,70	28,77
						Generador de 38 KW	1,00	101,44	60,00	1,00	6,00	101,44	Supervisor	1,00	70,00	1,00	4,14	70,00	Combustible Diésel	l	144,00	1,50	12,78	216,00	Carretilla	3,00	44,93	7,98	134,79
28	Colocación de 0,60 m de suelo para revegetar	m³	16,90	38,97	658,39	Excavadora cap. 0,5 YD3, 110 HP	1,00	421,12	50,00	1,00	24,92	421,12	Operario	1,00	50,00	1,00	2,96	50,00	Piedra Picada	m³	3,00	9,09	1,61	27,27					
													Obrero	4,00	160,00	1,00	9,47	160,00											
29	Trazo, niveles y replanteo durante el proceso constructivo	Día	2,00	136,36	272,73	1 Trípode - 2 Bastón con prisma - 2 Porta prisma - 2 Prisma	1,00	36,36	1,00	2,00	36,36	72,73	Topógrafos	2,00	100,00	2,00	100,00	200,00											
30	Revegetación	m²	14,08	19,19	270,24								Obrero	1,00	40,00	1,00	2,84	40,00	Plantas	Und	9,00	10,61	6,78	95,45	Carretilla	3,00	44,93	9,57	134,79
Seguridad																													
31	Supervisor de seguridad	Día	78,00	110,00	8 580,00								Supervisor	1,00	70,00	78,00	70,00	5 460,00											
													Enfermero	1,00	40,00	78,00	40,00	3 120,00											
32	Señalizaciones de seguridad	SG	1,00	755,38	755,38														Cinta de seguridad 400 m	Rollo	2,00	40,00	80,00	80,00	Banderillas	10,00	1,82	0,23	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

Cuadro 5-19 Estimación de mano de obra y costos necesarios para remediación de sedimentos

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 materiales (\$)	Equipos menores	Cantidad	Costo (\$)	Costo unitario (\$)	Costo total de equipos menores (\$)				
																									Señalizaciones	40,00	4,00	160,00	160,00				
33	Equipos de protección personal	MO	139,00	75,10	10 438,90																				Casco	139,00	24,24	24,24	3 369,36				
																										Botas	139,00	16,66	16,66	2 315,74			
																											Guantes	139,00	15,15	15,15	2 105,85		
																											Mascarillas	139,00	13,03	13,03	1 811,17		
																													Lentes	139,00	2,42	2,42	336,38
																														Chaleco	139,00	3,60	3,60
	Permisología																																
34	Autorización de Uso de Agua	Und	1,00	1 212,12	1 212,12																												
35	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																												
36	Autorización de desbosque (Incluye estudio para el permiso)	Und	1,00	5 633,33	5 633,33																												
37	Autorización de ejecución de obra	Und	1,00	1 300,00	1 300,00																												
38	Insumos Médicos / Primeros auxilios	SG	1,00	5 000,00	5 000,00																												
	Logística																																
39	Personal logístico	Día	78,00	140,00	10 920,00								Logístico	1,00	70,00	78,00	70,00	5 460,00															
40	Comedor y servicios 20 personas	Día	78,00	242,42	18 909,09								Campamento	20,00	12,12	78,00	242,42	18 909,09															
41	Alojamiento 10 personas	Día	78,00	60,61	4 727,27								Alojamiento	10,00	6,06	78,00	60,61	4 727,27															
42	Traslado de personal	Día	78,00	770,02	60 061,77	Camionetas	2,00	363,64	1,00	78,00	363,64	28 363,64							Combustible Diésel	I	19,00	1,50	28,50	2 223,00									
						Autobús	1,00	363,64	1,00	78,00	363,64	28 363,64											Combustible Diésel	I	9,50	1,50	14,25	1 111,50					
43	Mantenimiento de vías	Día	3,00	1 178,55	3 535,66	Retroexcavadora, con capacidad de cucharón 0,5 m3	1,00	400,00	1,00	3,00	400,00	1 200,00	Operario	3,00	150,00	3,00	150,00	450,00	Combustible Diésel	I	432,00	1,50	216,00	648,00									
						Cisterna	0,30	27,27	1,00	3,00	27,27	81,82	Obrero	3,00	120,00	3,00	120,00	360,00															
						Rodillo vibrador liso autopropulsado 10,8 HP	1,00	265,28	1,00	3,00	265,28	795,84																					
44	Stand by	Día	1,00	3 317,61	3 317,61																												
45	Contingencia	SG	1,00	13 738,07	13 738,07																												
	COSTO TOTAL TÉCNICA REMEDIACIÓN SEDIMENTOS				288 499,42																												

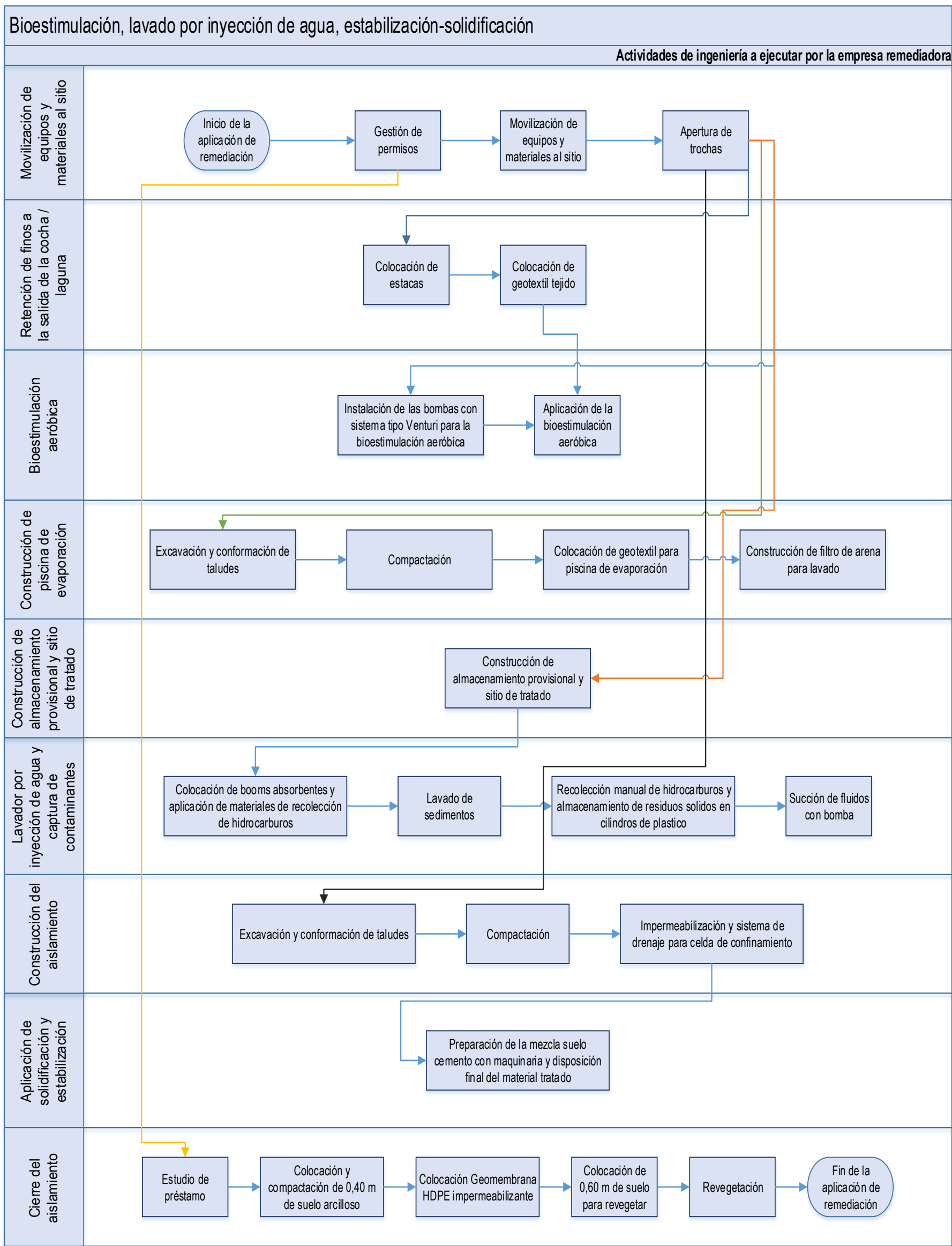
Costo (\$) / und: Se expresa el costo de mercado por unidad de material o consumible
Costo unitario (\$): Se expresa el costo de material o consumible por unidad de obra ejecutada siendo la unidad de obra m², m³ o lo descrito en el rubro de Und*, por la cual se mide la cantidad de obra a ejecutar.

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

5.6.4 Descripción de las actividades de ingeniería a ejecutar por la empresa remediadora.

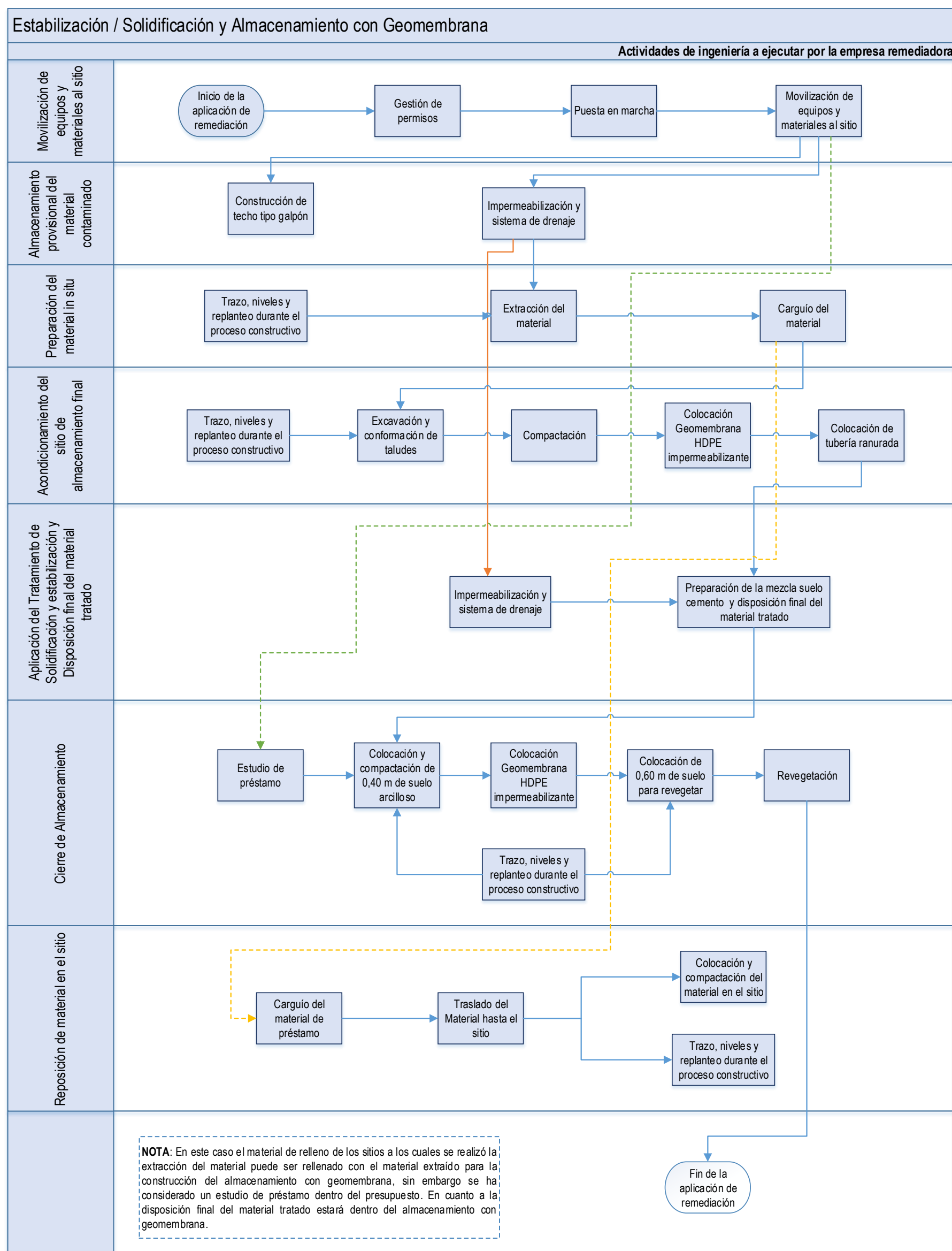
Las actividades de ingeniería a ejecutar se resumen en las siguientes figuras 5-13 y 5-14.

Figura 5-13 Actividades de ingeniería a ejecutar por la empresa remediadora para el caso de bioestimulación, lavado por inyección de agua (para sedimento)



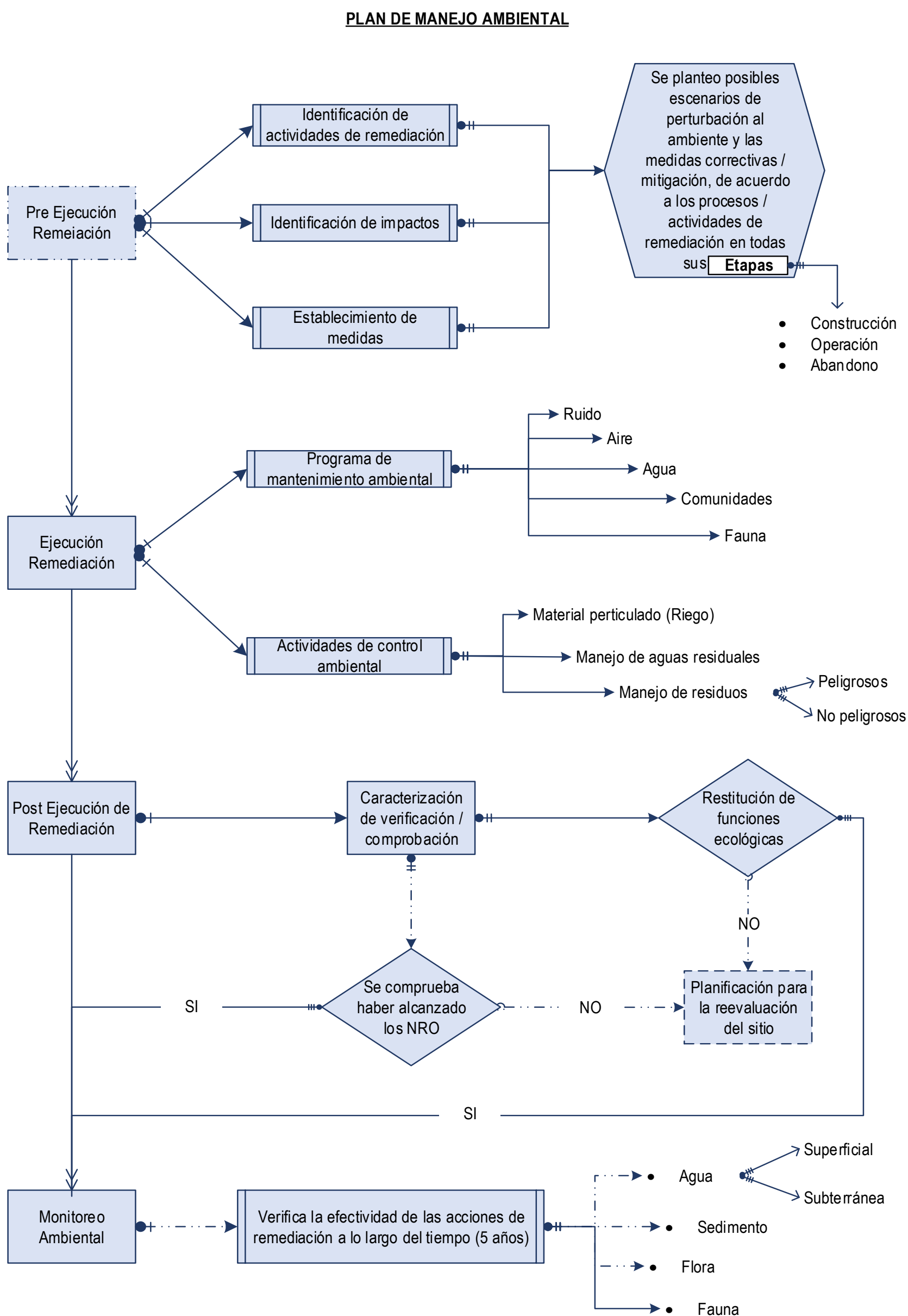
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Figura 5-14 Actividades de ingeniería a ejecutar por la empresa remediadora para el caso de solidificación / estabilización y aislamiento con geomembrana (para suelo)



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

Figura 5-15 Flujograma de actividades del PMA



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

Cuadro 5-20 Actividades asociadas a la remediación de suelos por E/S y aislamiento con geomembrana

Actividad	Descripción
Fase I: Movilización de equipos y materiales al sitio	Esta actividad comprende el traslado de los equipos hasta el sitio de rehabilitación, incluyendo la movilización fluvial y terrestre
Fase II: Preparación del material in situ	En esta etapa se realizará la excavación y carguío manual del material contaminado, utilizando un sistema de poleas que facilitará el traslado del material hasta el sitio de almacenamiento destinado para tal fin, el material será apilado hasta una altura de 2,50 a 3,00 m
Fase III: Almacenamiento provisional del material contaminado	En esta fase se realizará la construcción del almacén provisional el cual costará de una impermeabilización con geomembrana y un techo tipo galpón garantizando la altura de descarga de las maquinarias a implementar, esta actividad debe realizarse previo a la extracción del material contaminado
Fase IV: Acondicionamiento del sitio de almacenamiento final	Posterior a la excavación del material contaminado se realizará una excavación para la construcción del aislamiento, de acuerdo con el volumen inicial a remediar, adicionando los porcentajes de cal, cemento y agua correspondientes al tratamiento de estabilización / solidificación, una vez realizada la excavación se procederá al compactado de la superficie lo que aumentará la característica impermeable del suelo en sitio, seguidamente se colocará el geotextil y la tubería para el control de gases y lixiviado
Fase VI: Aplicación del Tratamiento de Solidificación y estabilización y Disposición final del material tratado	En esta fase se realizará la construcción de un área techada e impermeabilizada donde se realizará la mezcla de suelo, así mismo se ejecutará la mezcla y disposición final del suelo contaminado, lo que constituye la aplicación de la estabilización / solidificación
Fase V: Cierre del aislamiento	Una vez colocado el material estabilizado / solidificado dentro del aislamiento, se procederá al cierre de la misma, inicialmente se requiere disponer de un volumen de préstamo, el cual será útil para la colocación de una primera capa de 40 cm de suelo arcilloso el cual constituye una primera impermeabilización, posterior a esto se colocará una geomembrana impermeabilizante, sobre la cual se colocarán 60 cm de suelo para revegetar y por último se procederá a revegetar
Fase VI: 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 manual 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.

Cuadro 5-21 Actividades asociadas a la remediación de sedimentos bioestimulación aeróbica

Actividad	Descripción
Fase I: Movilización de equipos y materiales al sitio	Esta actividad comprende el traslado de los equipos hasta el sitio de rehabilitación, incluyendo la movilización fluvial y terrestre
Fase II: Retención de finos a la salida de la cocha / laguna	Esta actividad se hace necesaria dado que durante la bioestimulación el agua y los sedimentos estarán en movimiento y podrían migrar fuera del área de concentración natural, por lo que es necesario contener los sedimentos durante su limpieza, por ello se colocará una barrera permeable aguas abajo de la cocha, para ello se contempla la colocación de un geotextil tejido que será fijado por medio de dos estacas de madera, hincadas a los extremos de flujo de agua.
Fase III: Bioestimulación aeróbica	En esta etapa se realizará la instalación de las bombas y el sistema Venturi, así como la aplicación de la bioestimulación a los sedimentos a través de aire y minerales como fósforo
Fase VI: Construcción de piscina de evaporación	En esta fase se realizará un espacio para la evaporación del agua mezclada con hidrocarburo, proveniente del lavado de los sedimentos, para esto se realizará una excavación y compactación, posteriormente se colocará una geomembrana impermeabilizante, para evitar el filtrado del agua al suelo, sobre la piscina se realizará el armado de un filtro de arena, la cual logrará atrapar el hidrocarburo y filtrará el agua.
Fase V: Construcción del aislamiento	Posterior a la excavación del material contaminado se realizará una excavación para la construcción del aislamiento, de acuerdo con el volumen inicial a remediar, adicionando los porcentajes de cal, cemento y agua correspondientes al tratamiento de estabilización / solidificación, una vez realizada la excavación se procederá al compactado de la superficie lo que aumentará la característica impermeable del suelo en sitio, seguidamente se colocará el geotextil y la tubería para el control de gases y lixiviado
Fase VI: Construcción de almacenamiento provisional y sitio de tratado	En esta fase se realizará la construcción del almacén provisional el cual costará de una impermeabilización con geomembrana y un techo tipo galpón garantizando la altura de descarga de las maquinarias a implementar, esta actividad debe realizarse previo a la extracción del material contaminado, de igual forma esta etapa incluye la preparación de un área para realizar la mezcla.
Fase VII: Lavador por inyección de agua y captura de contaminantes	Consiste inicialmente en colocar booms absorbentes para la retención de hidrocarburo sobrenadante, aplicación posterior de agua al sedimento, recolección manual de hidrocarburos con paños oleofílicos, y succión de hidrocarburo sobrenadante.
Fase VII Aplicación de solidificación y estabilización	Comprende la realización de la mezcla de suelo estabilizada y su disposición final en aislamiento con geomembrana
Fase IX: Cierre del aislamiento	Una vez colocado el material estabilizado / solidificado dentro del aislamiento, se procederá al cierre de la misma, inicialmente se requiere disponer de un volumen de préstamo, el cual será útil para la colocación de una primera capa de 40 cm de suelo arcilloso el cual constituye una primera impermeabilización, posterior a esto se colocará una geomembrana impermeabilizante, sobre la cual se colocarán 60 cm de suelo para revegetar y por último se procederá a revegetar
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

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.

A. Residuos sólidos

Durante el proceso de remediación del sitio S0113 (Sitio 13) 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 considera 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 46 trabajadores durante el proceso de remediación.

Cuadro 5-22 Generación de residuos sólidos domésticos

Técnica	Producción por persona de RR.SS. (kg/hab/día)	N° de trabajadores	Generación diaria (kg)	Generación mensual (kg)	Densidad (kg/m³)	Volumen (m³) mensual	Generación Total (kg)	Volumen (m³) total
Estabilización Solidificación-Suelos	0,57*	28	15,96	478,8	250,0	1,9	3950	15,8
Lavado de Sedimentos y Bioestimulación Aeróbica en Sedimentos de la cocha		18	10,26	307,8		1,23	1385	5,54
Total		46	16,22	786,6		3,13	4335	21,34

* Generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios para la región de Loreto (MINAM).

** Generación total durante los seis 4,5 meses de duración de la remediación de sedimentos y 8,25 para la remediación de suelos.
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 46 trabajadores y que el 80 % se convertirá en efluente doméstico, conforme a lo especificado en la Norma Técnica Peruana

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 5-23 Generación de efluentes domésticos

Dotación de agua (l/hab/día)	N° de trabajadores	Demanda de agua diaria (m ³ /día) *	Efluentes domésticos (m ³ /día) **
80 *	46	3,7	2,96

* Dotación de agua para selva (MVCS, 2011).

** Se considera que el 80 % del agua consumida se convertirá en efluente doméstico (NORMA TÉCNICA OS.100).

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

• Aguas residuales industriales (lixiviados)

En la técnica de biodegradación aeróbica no se generará efluentes industriales. En la técnica de lavado de sedimentos, el agua de lavado será tratada colocando una barrera antiderrame y recuperando el sobrenadante con una bomba y llevando el mismo hacia una piscina de arena de 1,5 m x 2,30 m x 0,3 m, donde se deja secar el hidrocarburo, y el sólido será llevado hacia el área de aislamiento. El sobrenadante que no pueda ser recuperado mediante bomba, será recuperado con unos paños a un tambor y los paños serán tratados como residuos sólidos peligrosos.

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) y las asociadas a emisiones de gases de combustión (CO, NO₂ y SO₂) serían por el tránsito de vehículos y el funcionamiento de maquinaria pesada (excavadora, retroexcavadora, trompo mezclador, entre otros).

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

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 5-24 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

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

5.7 Plan de Manejo Ambiental.

5.7.1 Permisos ambientales

Es importante mencionar que antes de la ejecución efectiva de las actividades de remediación, se debe tramitar los siguientes permisos adicionales ante las autoridades competentes:

- Permiso de Desbosque: MINISTERIO DE AGRICULTURA;
- Reconocimiento Arqueológico: MINISTERIO DE CULTURA;
- Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos (CIRA)- MINISTERIO DE CULTURA (en caso aplique) y;
- Permiso de extracción de materiales de construcción: MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS (DGM). (en caso aplique).

5.7.2 Identificación de impactos ambientales

Preliminarmente, es importante identificar las actividades y en consecuencias los aspectos ambientales del proceso de remediación "Solidificación/Estabilización, Lavado de Sedimentos y Biorremediación estimulada" a aplicarse en el sitio S0113 (Sitio 13) 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 5-25 Actividades durante la etapa de construcción

Etapa de Remediación	Actividades de la etapa
Construcción	Actividades Generales: - Movilización de equipos y materiales. - Armado de campamento temporal. Para el area de aislamiento: - Excavación y conformación de taludes del aislamiento. - Compactación del aislamiento. - Colocación de geotextil permanente, drenajes y sistemas de control de agua. Para el lavado de sedimentos: - Colocación de estacas y geotextil tejido en la cocha. Para la biorremediación estimulada: - Instalación de las bombas para la biorremediación estimulada.

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

Cuadro 5-26 Actividades durante la etapa de operación

Etapa de Remediación	Actividades de la etapa
Operación	Para el espacio de aislamiento: - Preparación de la mezcla suelo cemento. - Colocación del material dentro del espacio de aislamiento y vibración del concreto. Para la biorremediación estimulada: - Inyección de aire en la cocha. Lavado de suelos - Colocación de booms absorbentes y aplicación de materiales de recolección de hidrocarburos. - Inyección de agua en los sedimentos. Actividades Generales Post - Recolección de efluentes y residuos.

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

Cuadro 5-27 Actividades durante la etapa de abandono

Etapa de Remediación	Actividades de la etapa
Abandono	Para el aislamiento con geomembrana: - Recubrimiento del aislamiento. - Revegetación. - Desinstalación de campamento temporal y desmovilización de equipos y maquinaria pesada.

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

B. Identificación de componentes ambientales

En el Cuadro 5-29 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 S0113 (Sitio 13).

Cuadro 5-28 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
Biológico	Suelo	Calidad del Suelo
		Uso de Suelo
	Flora Terrestre	Abundancia y diversidad
	Fauna Terrestre	Abundancia y diversidad
Socio-económico	Flora y Fauna Acuática	Abundancia y diversidad
		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 5-30 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 S0113 (Sitio 13).

Cuadro 5-29 Matriz de identificación de impactos y riesgos ambientales del plan de remediación - Etapa de construcción, operación y abandono

ETAPA	COMPONENTE AMBIENTAL		FÍSICO										BIOLÓGICO			SOCIO-		
	FACTOR AMBIENTAL		Topografía y Paisaje		Calidad de Aire		Ruido	Recurso Hídrico Superficial		Recurso Hídrico Subterráneo		Suelo		Flora Terrestre	Fauna Terrestre	Flora y Fauna Acuática	ECONÓMICO	
	SITIO S0113 (Sitio 13)		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
	TÉCNICA DE REMEDIACIÓN: SOLIDIFICACIÓN / ESTABILIZACIÓN-Y AISLAMIENTO CON GEOMEMBRANA, LAVADO DE SEDIMENTOS Y BIORREMEDIACIÓN ESTIMULADA																	
	ACTIVIDADES																	
CONSTRUCCIÓN	Actividades Generales	Movilización de equipos y materiales		-	-	-	-		-						-		+	+
		Armado de campamento temporal		-	-		-	-							-		+	+
	Almacenamiento con Geomembrana	Excavación y conformación de taludes en el aislamiento	-	-	-	-	-	-	-			+	-		-		+	+
		Compactación del aislamiento	-	-	-	-	-	-							-		+	+
		Colocación de geotextil permanente, drenajes y sistemas de control de agua					-						-		-		+	+
	Lavado de sedimentos	Colocación de estacas y geotextil tejido en la cocha		-			-						-		-	-	+	+
	Biorremediación estimulada	Instalación de las bombas para la biorremediación estimulada		-			-						-		-	-	+	+
OPERACIÓN	Aislamiento con geomembrana	Colocación de geomembrana para el pretratamiento de suelo		-			-						-		-		+	+
		Preparación de la mezcla suelo cemento			-	-	-	-							-		+	+
		Colocación del material en el área de aislamiento y vibración del concreto			-	-	-								-			
		Recubrimiento del aislamiento	+	+	-	-	-	+			+				+		+	+
	Lavado de sedimentos	Colocación de booms absorbentes y aplicación de materiales de recolección de hidrocarburos		-					-							-	+	+
		Inyección de agua en los sedimentos						-	-						-		+	
	Actividades generales post	Recolección de efluentes y residuos							+		+						+	+
ABANDONO	Espacio de aislamiento con geomembrana	Revegetación	+	+				+		+		+		+	+		+	+
		Desinstalación de campamento temporal y desmovilización de equipos y maquinaria pesada	+	+	-	-	-						+		-		+	+
		Traslado de residuos	+	+	-	-	-										+	+

+	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

A partir del Cuadro 5-30, se detalla los impactos ambientales en las etapas de construcción, operación y abandono del proceso de remediación del sitio S0113 (Sitio 13) 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 superficial (+ / -)
- Alteración de la calidad del agua subterránea (+ / -)
- 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 (+ / -)

Componente social

- Contratación de mano de obra local (+)
- Mejora de la percepción de los grupos de interés (+)

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 excavación de material contaminado y la conformación de taludes del aislamiento con geomembrana en la etapa de construcción y el funcionamiento de maquinaria pesada en la etapa de operación.

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, post recubrimiento del aislamiento con geomembrana con geomembrana y revegetación, que conlleva asimismo un impacto positivo en el componente biológico flora.

5.7.2.1 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.

5.7.2.2 Programa de manejo de instalaciones auxiliares

Durante la operación de las técnicas de remediación, se demandará habilitar un campamento, que será utilizado durante las actividades de remediación en el sitio S0113 (Sitio 13), 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, los cuales deberán ser suficientes para la cantidad de trabajadores.
- El campamento deberá establecerse preferentemente en una zona despejada sin cobertura vegetal para evitar el desbroce 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).

5.7.2.3 Programa de manejo de paisaje visual

- Los suelos contaminados extraídos serán sustituidos de los sitios impactados por material de relleno, que será traído de la zona más recomendable previos estudios realizados para no afectar el medio ambiente.
- El suelo contaminado excavado dispuesto en un lugar cercano al sitio impactado para su estabilización.
- El área final excavada será cubierta con geomembrana y será revegetada con especies autóctonas.

5.7.2.4 Programa de manejo de ruido ambiental y calidad de aire

- Durante la fase de construcción, operación y abandono se prevé la emisión de material particulado producto del traslado del equipo y maquinaria pesada, asimismo durante las labores de excavación.
- Para mitigar estos impactos, se contempla algunas medidas: los caminos serán rociados con agua (cerca a las comunidades nativas y áreas de trabajo) para evitar la dispersión de material particulado.
- Se aplicarán límites máximos de velocidad en trochas carrozables que crucen cerca a las comunidades nativas.
- Las actividades de mezclado del suelo contaminado y del cemento serán realizadas (100 % del volumen total) en un camión mezclador.

- Se utilizará vehículos y maquinaria pesada que cuente inspección técnica vigente.
- Durante el manejo de vehículos se reducirá el uso de claxon.
- Los grupos electrógenos y compresores serán ubicados lejos de las comunidades nativas o cercanas a áreas de recreación y alimentación.
- Los vehículos y maquinaria pesada utilizada 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.

5.7.2.5 Programa de manejo del recurso suelo

- El *topsoil* de encontrarse en condiciones aceptables podría 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 si no presenta ningún tipo de impacto.

5.7.2.6 Programa de manejo del recurso hídrico

- 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 efluente o agua de contacto será tratada como agua contaminada y será llevada a una EO-RS.
- Se colocará una piscina de arena, para el tratamiento del efluente proveniente del proceso de lavado de sedimentos.
- Se gestionará permiso de uso de agua para el abastecimiento de agua con fines de uso industrial.

5.7.2.7 Programa de manejo de flora y fauna terrestre

La revegetación del área contaminada tendrá un impacto positivo en la abundancia de especies de flora y fauna terrestre.

- Se dispondrá de un vivero temporal para la siembra y propagación de especies.
- Se realizará un monitoreo hidrobiológico en la cocha y en la quebrada antes y después de operar la técnica.

5.7.2.8 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 S0113 (Sitio 13).

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.
 - o Deberá contar con un kit de emergencia que incluya por lo menos paños absorbentes, bolsas plásticas y palas.
 - o 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.

5.7.2.9 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 S0113 (Sitio 13):

- 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.

5.7.2.10 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 en el Cuadro 5-30 (Matriz de identificación de impactos y riesgos ambientales), los cuales son:

- Fuga o derrame de sustancias peligrosas (hidrocarburos).
- Accidentes de tránsito.
- Lesiones personales.

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 S0113 (Sitio 13), 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 5-30 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 5-31 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 5-32 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**

Similarmente, se ha preparado un listado de los posibles residuos peligrosos a generarse durante las etapas de construcción, operación y abandono.

Cuadro 5-33 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 5-34 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 5-35 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 S0113 (Sitio 13), 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 5-37.

Cuadro 5-36 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 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 S0113 (Sitio 13) 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 (1100 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:
 - o 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.
 - o 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.
 - o Contará con extintores contra incendios.
 - o Deberá contar con un kit de emergencia que incluya por lo menos paños absorbentes, bolsas plásticas y palas.
 - o 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 S0113 (Sitio 13), 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 S0113 (Sitio 13), las fuentes de generación de aguas residuales domésticas^{zzz} se detallan en el siguiente cuadro:

Cuadro 5-37 Fuentes y medidas de manejo de afluentes

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).

B. Lixiviados

El aislamiento con geomembrana, donde se dispondrá el suelo solidificado y estabilizado, contará con un sistema de captación de lixiviados y su respectivo tanque de lixiviado, el cual será monitoreado de acuerdo al Plan de Monitoreo de Lixiviados.

El aislamiento tendrá un sistema de captación de lixiviados, que constará de una tubería de PVC de 4" y será colocada en el punto más bajo de la misma, con una pendiente a los lados que asegure que toda el agua de filtración sea drenada hacia la tubería.

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.

^{zzz} Aguas negras domésticas

5.9.1 Programa de monitoreo de la calidad de aire y ruido

No se tiene previsto realizar un monitoreo de la calidad de aire y ruido para el sitio S0113 (Sitio 13), debido a que la magnitud de la excavación no generaría impactos significativos, solo leves.

5.9.2 Programa de monitoreo de agua y sedimentos en la cocha

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 Guidelines.

- **Estaciones**

Durante la aplicación de la tecnología de bioestimulación se tomará muestras de calidad de agua y sedimentos en 3 puntos de muestreo ubicados a lo largo de la cocha (aguas arriba, aguas abajo, y aguas en medio), maximizando el muestreo (2 puntos de muestreo) adicionales en el sitio que presentó excedencias.

- **Parámetros a evaluar**

Cuadro 5-38 Parámetros a evaluar en agua

Grupo	Parámetro
Parámetros in situ	pH, OD, Temperatura, Conductividad
Orgánicos	HAP's, HTP
Inorgánicos	Metales totales

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

Cuadro 5-39 Parámetros a evaluar en sedimentos

Grupo	Parámetro
Orgánicos	HAP's, HTP F1, HTP F2
Inorgánicos	Metales totales

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

- **Frecuencia**

La frecuencia de muestreo será semanal durante el primer mes, posteriormente podrá espaciarse el muestreo de acuerdo con los resultados que se vayan obteniendo, hasta completar los 4 meses.

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 5-41, el cual ha sido elaborado en base a la guía de restauración de ecosistemas forestales y otros ecosistemas de vegetación silvestre.

Cuadro 5-40 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	6 meses/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.

5.9.4 Programa de monitoreo hidrobiológico en la cocha y en la quebrada

Se utilizará como base los procedimientos de colecta de la Guía: “Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos y neoton en aguas continentales del Perú”- MINAM.

- Estaciones**

Dados los impactos que podrían darse a la fauna acuática se tiene previsto realizar un monitoreo hidrobiológico en la cocha y en la quebrada, antes y después de aplicadas las tecnologías de remediación. Se tiene previsto realizar 3 estaciones (aguas arriba, aguas abajo y aguas en medio de la cocha) y 2 estaciones en la quebrada (aguas arriba y aguas abajo del área a remediar).

- Parámetros para evaluar**

Cuadro 5-41 Parámetros a evaluar

Parámetro
Bentos, Plancton, Zooplancton, Perifiton
Peces

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

- Frecuencia**

La frecuencia de muestreo será antes y después de aplicar la técnica de remediación.

5.10 Plan de muestreo de comprobación o verificación.

La Guía de muestreo de suelos contempla que, en el caso del uso de técnicas de asilameinto, se pueda utilizar un número mínimo de puntos, como en el caso de muestreo de identificación.

Cuadro 5-42 Cálculo del número de sondeos total

Código OEFA	Volúmenes para remediar (m3)	Área a remediar (m2)	Número sondeos	Consideraciones Técnicas
S0113 (Sitio 13)	1092,25	1820,41	4 sondeos	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.

Dado que en el sitio S0113, todo el suelo contaminado será removido, se propone un porcentaje de muestras para análisis del material de préstamo (aproximadamente 5 muestras adicionales a las consideradas), las cuales deberán ser tomadas y analizadas antes de proceder a rellenar el sitio.

Los parámetros a monitorear en suelos son:

Grupo	Parámetro
Orgánicos	TPH, HAP's
Inorgánicos	Metales

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.

5.11.1 Cronograma

Cuadro 5-43 Cronograma propuesto para la remediación de suelos

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	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38		
	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					6																																			
3	Desmovilización de equipos y materiales al sitio																																							6	
	Fase II: Preparación del material in situ																																								
4	Excavación del material con maquinaria						15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15			
5	Trazo, niveles y replanteo durante el proceso constructivo						2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
6	Carguio del material						8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8		
	Fase III: Almacenamiento provisional del material contaminado																																								
7	Construcción de techo tipo galpon					8																																			
8	Impermeabilización y sistema de drenaje						7																																		
	Fase IV: Acondicionamiento del sitio de almacenamiento final																																								
9	Excavación y conformación de taludes																																			4	4				
10	Compactación																																				4				
11	Trazo, niveles y replanteo durante el proceso constructivo																																			2	2				
12	Colocación Geomembrana HDPE impermeabilizante																																				7	7			
13	Colocación de tubería ranurada																																			3	3				
	Fase V: Aplicación del Tratamiento de Solidificación y estabilización y Disposición final del material tratado																																								
14	Construcción de techo tipo galpon																																					5			
15	Impermeabilización y sistema de drenaje																																				8				
16	Preparación de la mezcla suelo cemento con maquinaria y disposición final del material tratado																																					10	10		
	Fase VI: Cierre del aislamiento																																								
17	Colocación y compactacion de 0,40 m de suelo arcilloso																																							8	
18	Colocación Geomembrana HDPE impermeabilizante																																							8	
19	Colocación de 0,60 m de suelo para revegetar																																							6	
20	Trazo, niveles y replanteo durante el proceso constructivo																																							2	
21	Revegetación																																							5	
	Fase VII: Reposición de material en el sitio																																								
22	Carguío del material de préstamo																																					1	1		
23	Traslado del Material hasta el sitio																																				4	4			
24	Colocación y compactación del material en el sitio																																				4	4			
25	Trazo, niveles y replanteo durante el proceso constructivo																																				2	2			
	Seguridad																																								
27	Personal	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
TOTAL DE TRABAJADORES POR SEMANA		5	5	5	5	16	34	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	33	58	71	12	37	

Leyenda:

Trabajo de gabinete

Trabajo de campo

N Número de trabajadores por semana, por actividad

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

Cuadro 5-44 Cronograma propuesto para la remediación de sedimentos

N°	Actividad	Tiempo de Ejecución (Semanas)																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	Fase I: Movilización de equipos y materiales al sitio																	
1	Puesta en marcha	3	3	3	3													
1	Movilización de equipos y materiales al sitio					8												
2	Desmovilización de equipos y materiales al sitio																	8
3	Apertura de trochas						1											
	Fase II: Retención de finos a la salida de la cocha / laguna																	
5	Colocación de estacas						3											
6	Colocación de geotextil tejido						3											
	Fase III: Bioestimulación aeróbica																	
7	Instalación de las bombas con sistema tipo venturi para la bioestimulación aeróbica						6											
8	Aplicación de la bioestimulación aeróbica							7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	Fase IV: Construcción de piscina de evaporación																	
9	Excavación y conformación de taludes					4												
10	Compactación					4												
11	Trazo, niveles y replanteo durante el proceso constructivo					2												
12	Colocación Geomembrana HDPE impermeabilizante para piscina de evaporación					8												
13	Construcción de filtro de arena						6											
	Fase V: Construcción del aislamiento																	
14	Excavación y conformación de taludes					4												
15	Compactación					4												
16	Trazo, niveles y replanteo durante el proceso constructivo					2												
17	Impermeabilización y sistema de drenaje para aislamiento					8												
	Fase VI: Construcción de almacenamiento provisional y sitio de tratado																	
18	Construcción de almacenamiento provisional y sitio de tratado						8											
	Fase VII: Lavador por inyección de agua y captura de contaminantes																	
19	Colocación de booms absorbentes y aplicación de materiales de recolección de hidrocarburos															3		
20	Lavado de sedimentos															7	7	
21	Recolección manual de hidrocarburos y almacenamiento de residuos solidos en cilindros de plástico															3	3	
22	Succión de fluidos con bomba															7	7	
	Fase VIII Aplicación de solidificación y estabilización																	
23	Preparación de la mezcla suelo cemento con maquinaria y disposición final del material tratado																	8
	Fase IX: Cierre del aislamiento																	
24	Estudio de préstamo					4												
25	Colocación y compactación de 0,40 m de suelo arcilloso																	7
26	Colocación Geomembrana HDPE impermeabilizante																	8
27	Colocación de 0,60 m de suelo para revegetar																	5
28	Trazo, niveles y replanteo durante el proceso constructivo																	2
29	Revegetación																	1
	Seguridad																	
30	Personal						2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	TOTAL DE TRABAJADORES POR SEMANA	3	3	3	3	50	29	9	9	9	9	9	9	9	9	9	22	58

Legenda:

- 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 38 semanas para suelos y 17 semanas para sedimentos, estor deben realizarse de manera simultanea lo que significaría 38 semanas de ejecución (9,5 meses).

5.11.2 Presupuesto general (estimado de costos)

Cuadro 5-45 Estimado general de costos para la implantación de la tecnología

Actividades	Costo Estimado (US\$)	Observaciones
Suelos		
Movilización y desmovilización de equipos y materiales al sitio	47 581,82	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 material in situ	272 601,64	Incluye la extracción manual de las evidencias en la superficie del suelo, así como el traslado del material recolectado hasta el área de almacenamiento provisional. (también contempla la construcción de un sistema de poleas para el traslado del material en sitios con grandes desniveles.
Almacenamiento provisional del material contaminado	31 335,80	Construcción del almacén provisional para evitar la propagación del contaminante hallado en el suelo, este almacén consta de una impermeabilización del suelo y un techo adaptado al volumen a tratar (techo tipo galpón).
Acondicionamiento del sitio de almacenamiento final	18 646,98	Construcción del espacio de almacenamiento final, lo que incluye las actividades de excavación y compactación de este según el volumen de suelo a almacenar y colocación de geomembrana.
Aplicación del Tratamiento de Solidificación y estabilización y Disposición final del material tratado	108 576,35	Consiste en la preparación de la mezcla suelo cemento por medio de maquinaria pesada (excavadora sobre orugas cap. 1,3 YD3), para la disposición final del material tratado dentro del espacio de almacenamiento, se utilizará igualmente maquinaria pesada (cargador sobre orugas 2 YD), una vez en el espacio el material debe ser vibrado.
Cierre del aislamiento	23 023,14	Incluye estudio de préstamo, colocación de capa de suelo arcilloso (impermeabilización natural) colocación de geomembrana impermeabilizante, suelo para revegetar, nivelación, replanteo y finalmente la revegetación, considerando una planta cada dos m2
Reposición de material en el sitio	448 407,23	Comprende el carguío del material, la colocación y compactación del mismo en el área de extracción
Permisología	39 871,48	Incluye autorizaciones y estudios necesarios para la aprobación de los mismos.
Seguridad	43 969,33	Supervisión, señalización y equipos de EPPs.
Logística	540 569,72	Traslados, alojamiento comida y costos de contingencias
Plan de manejo ambiental	107 519,01	Comprende labores de monitoreo ambiental durante y una vez completada la obra
Ensayos / pruebas a materiales	750 ,00	TCLP: 75/muestra (se estima un aproximado de 10 pruebas de TCLP)

Cuadro 5-45 Estimado general de costos para la implantación de la tecnología

Actividades	Costo Estimado (US\$)	Observaciones
SCTR, vacunas y exámenes médicos del personal	16 408,00	Se toma en cuenta 160 trabajadores por un costo de trámite de 103 por trabajador
Capacitación del personal de la comunidad	65 300,00	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 160 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 (Suelos)	1 764 560,50	Incluye el costo de las partidas anteriores concernientes a la alternativa A
Sedimento		
Movilización y desmovilización de equipos y materiales al sitio	55 794,73	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
Retención de finos a la salida de la cocha / laguna	474,15	Esta actividad se hace necesaria dado que durante la bioestimulación el agua y los sedimentos estarán en movimiento y podrían migrar fuera del área de concentración natural, por lo que es necesario contener los sedimento durante su limpieza, por ello se colocará una barrera permeable aguas abajo de la cocha, para ello se contempla la colocación de un geotextil tejido que será fijado por medio de dos estacas de madera, hincadas a los extremos de flujo de agua.
Bioestimulación aeróbica	26 807,19	En esta etapa se realizará la instalación de las bombas y el sistema Venturi, así como la aplicación de la bioestimulación a los sedimentos a través de aire y minerales como fosforo
Construcción de piscina de evaporación	5 346,09	En esta fase se realizará un espacio para la evaporación del agua mezclada con hidrocarburo, proveniente del lavado de los sedimentos, para esto se realizará una excavación y compactación, posteriormente se colocará una geomembrana impermeabilizante, para evitar el filtrado del agua la suelo, sobre la piscina se realizará el armado de un filtro de arena, la cual logrará atrapar el hidrocarburo y filtrará el agua.
Construcción del aislamiento	16 660,83	Construcción del area de aislamiento final, lo que incluye las actividades de excavación y compactación del area según el volumen de suelo a almacenar y colocación de geomembrana.

Cuadro 5-45 Estimado general de costos para la implantación de la tecnología

Actividades	Costo Estimado (US\$)	Observaciones
Construcción de almacenamiento provisional y sitio de tratado	2 388,80	Construcción del almacén provisional para evitar la propagación del contaminante hallado en el suelo, este almacén consta de una impermeabilización del suelo y un techo adaptado al volumen a tratar (toldos de lona).
Lavador por inyección de agua y captura de contaminantes	15 175,75	Consiste inicialmente en colocar booms absorbentes para la retención de hidrocarburo sobrenadante, aplicación posterior de agua al sedimento, recolección manual de hidrocarburos con paños oleofilicos, y succión de hidrocarburo sobrenadante.
Aplicación de solidificación y estabilización	1 698,54	Consiste en la preparación de la mezcla suelo cemento por medio de maquinaria pesada (excavadora sobre orugas cap. 1,3 YD3), para la disposición final del material tratado dentro del espacio de almacenamiento se utilizará igualmente maquinaria pesada (cargador sobre orugas 2 YD), una vez dentro el material debe ser vibrado.
Cierre del aislamiento	14 298,11	Incluye estudio de préstamo, colocación de capa de suelo arcilloso (impermeabilización natural) colocación de geomembrana impermeabilizante, suelo para revegetar, nivelación, replanteo y finalmente la revegetación, considerando una planta cada dos m2
Permisología	14 871,48	Incluye autorizaciones y estudios necesarios para la aprobación de los mismos.
Seguridad	19 774,28	Supervisión, señalización y equipos de EPPs.
Logística	115 209,47	Traslados, alojamiento comida y costos de contingencias
SCTR, vacunas y exámenes médicos del personal	14 317,00	Se toma en cuenta 139 trabajadores por un costo de trámite de 103 por trabajador
Capacitación del personal de la comunidad	56 900,00	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 139 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 (Sedimento)	359 716,42	Incluye el costo de las partidas anteriores concernientes a la alternativa B
Sub total 1	2 124 276,92	Sub total 1 (Suelos) + Sub total 1 (Sedimento)

Cuadro 5-45 Estimado general de costos para la implantación de la tecnología

Actividades	Costo Estimado (US\$)	Observaciones
Gastos Administrativos	318 641,54	Se considera un 15% del total del presupuesto
Imprevistos	42 485,54	Se considera un 2% del Sub total 1
Supervisión	169 942,15	Se considera un 8% del Sub total 1
Sub total 2	2 655 346,15	Sub total 1 + Imprevistos + Supervisión + Gastos Administrativos
IGV	477 962,31	18% del Sub total 2
Utilidad	265 534,62	10% del total sin IGV (Sub total 2)
Total USD \$		3 398 843,07

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

Para el sitio S0113 (Sitio 13) el total a invertir para la implementación de las actividades de remediación es de **3 398 843,07 USD**

5.11.3 Especificaciones técnicas

- **Solidificación/estabilización y aislamiento con geomembrana**

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

En esta fase se retirará el material por medio de la extracción manual, para ello se propone la conformación de brigadas de campo, la cual removerá el material gradualmente e irá colocándolos en pilas cercanas a la zona de intervención para asegurar un mayor rendimiento. Para ello, se usará equipos manuales (pala, pico, rastrillo, etc.) y con el uso de equipo de seguridad respectivo.

El material almacenado en pilas, posteriormente será traslado mediante un sistema de poleas para llevar el material hasta la parte más alta en el sitio destinado al almacenamiento provisional y posterior almacenamiento final.

Se estima la extracción de un volumen de 1 092,25 m³ de suelo.

En esta fase también se realizará el carguío del material con evidencia visual de hidrocarburos, para esto se ha considerado 5 brigadas de trabajo conformadas por dos (2) apoyos locales, para la extracción manual de material con una profundidad promedio de 0,60 m, para carguío manual del material se han considerado 5 apoyos locales adicionales los cuales se encargarán del proceso

con polea y el carguío manual una vez se encuentre el material en la cota superior del terreno, el sistema a instalar contará con 5 poleas que podrán trabajar en simultáneo, igualmente este sistema evitará largos recorridos del personal por lo que se tendrán buenos rendimientos.

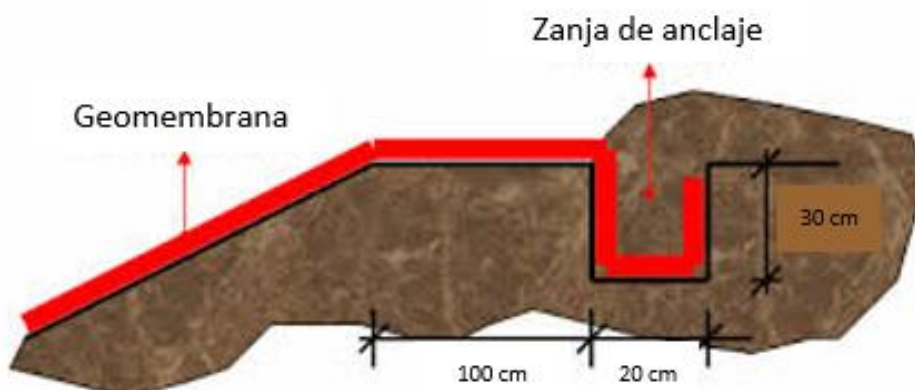
Posterior a la excavación del material contaminado, se puede rellenar con el material proveniente de la excavación para la construcción del área de almacenamiento, descrito en la Fase IV.

Fase III

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 con evidencia visual de hidrocarburos del contacto con el suelo no contaminado o con 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, 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.

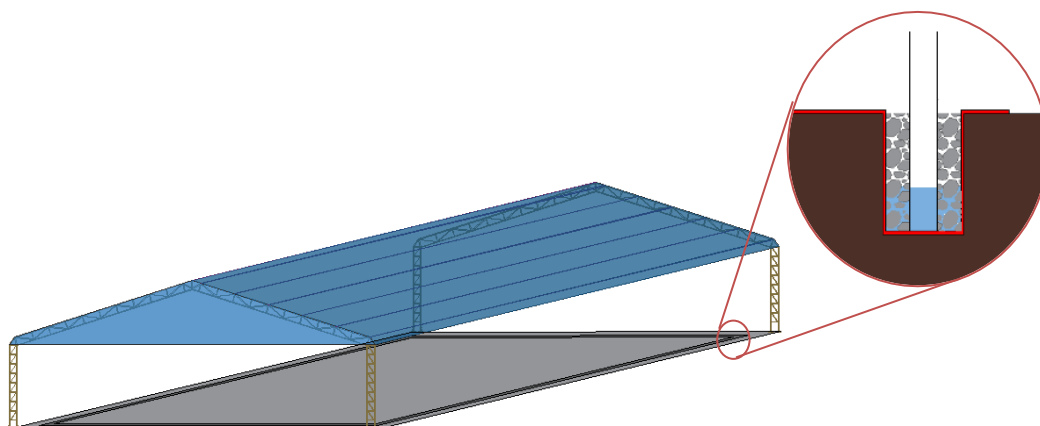
Esta área será techada por medio de la construcción de un techo tipo galpón debido al volumen de suelo a tratar. En este caso el área será de 20 x 30 m para cubrir un área de 600 m².

Figura 5-16 Configuración para la zanja de anclaje (instalación de geomembrana)



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

Figura 5-17 Área de almacenamiento provisional



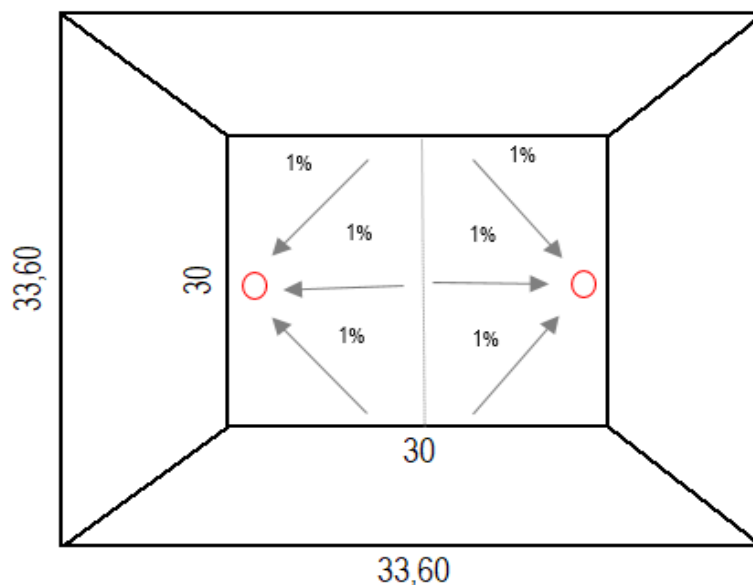
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Fase IV

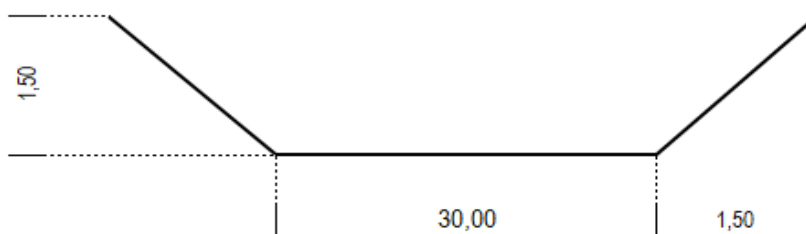
Consiste en la preparación del almacenamiento final, se trata de un área que será excavada e impermeabilizada garantizando que el suelo contaminado no se encuentre en contacto con el suelo no contaminado, para la impermeabilización se colocará una geomembrana HDPE impermeabilizante de 1,5 mm, que será anclada a través de zanjas de 0,20 x 0,30 m que serán rellenas con piedra chancada, y por último se instalará una tubería ranurada para control de gases y lixiviados después de la construcción.

Figura 5-18 Configuración del aislamiento

Vista en planta



Vista lateral



Area= 1129,31 m²
volumen= 1518,48 m³

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

Fase V

Consiste en la aplicación del método de solidificación por medio de la preparación de la mezcla suelo cemento y un tratamiento inicial con cal (agregando de 5 a 10 %) para estabilizar el pH del suelo, para esto se ha considerado el mezclado (suelo, cemento, cal, agua) con maquinaria (excavadora, sobre una geomembrana previamente colocada, para carguío del material se contará con un cargador sobre orugas 2 YD3 el cual trasladará el material hasta el aislamiento, así mismo la actividad será asistida por apoyos locales. La mezcla será vibrada para obtener la homogeneidad de la mezcla a través de equipos vibradores los cuales trabajaran en simultaneo, para atender el alto rendimiento generado por el mezclado con maquinaria.

En cuanto a la dosificación de la mezcla existen investigaciones realizadas donde se han encontrado distintos rangos de cemento a agregar, los cuales varían de 6 a 30 %. Estos porcentajes varían de acuerdo a un segundo agregado que puede ser, silicato de sodio^{aaaa}, bagazo de caña de azúcar^{bbbb} y escoria^{cccc}.

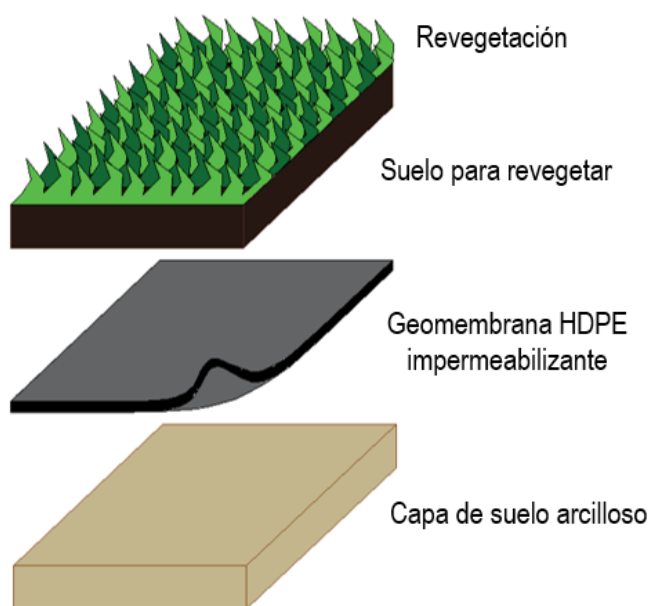
Las referencias anteriores indican dosificaciones de cemento más un compuesto adicional que permite aminorar el contenido de cemento y con ello el costo de la solidificación, sin embargo, hay registros de la aplicación del método solo agregando cemento Portland en 8 % del suelo húmedo en peso, de acuerdo con Charles M^{dddd}.

Fase VI

La clausura del aislamiento se realizará colocando una capa inicial de suelo arcilloso con espesor de 0,40 m, el cual será compactado; esta primera capa funcionará como aislante natural, sobre esta se colocará una geomembrana HDPE impermeabilizante; lo que reforzará la capa aislante de material natural, posteriormente se dispondrá una capa de 0,60 m de suelo para revegetar, la ejecución de las actividades anteriores será monitoreadas a través de mediciones topográficas para garantizar el diseño planteado.

Como última actividad se considera la revegetación a través de la plantación de especies pequeñas o medianas, en las que las raíces no ocasionen daños a las capas impermeables antes colocadas.

Figura 5-19 Estructura de cierre del aislamiento con geomembrana



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

^{aaaa} State Of Practice Report Uk Stabilization/Solidification Treatment And Remediation: Binders & Technologies – Part I Basic Principles, Cambridge University Engineering Department, Cambridge, UK

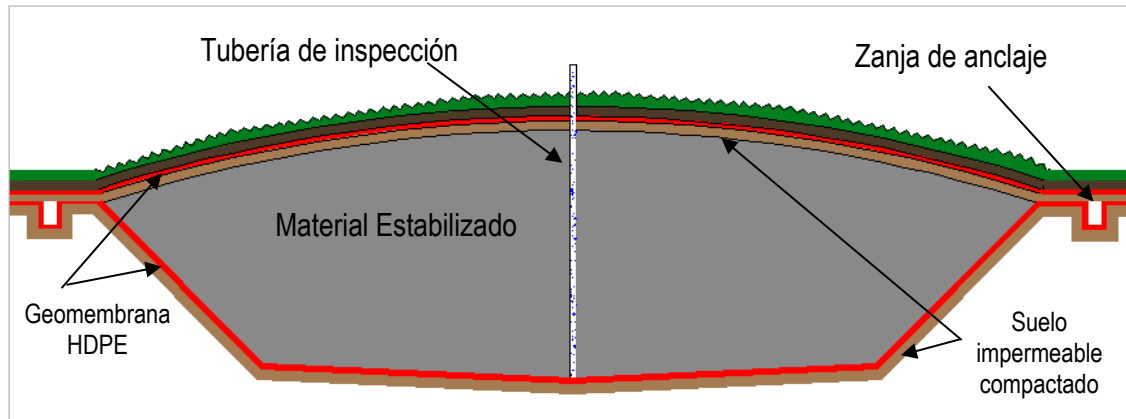
^{bbbb} Solidification–stabilization of organic and inorganic contaminants using portland cement: a literature review Santanu Paria and Pak K. Yuet

^{cccc} Development of Performance Specifications for Solidification/Stabilization, The Interstate Technology & Regulatory Council Solidification/Stabilization Team, 2011

^{dddd} Solidification/Stabilization Treatment and Examples of Use at Port Facilities, Charles M. Wilk, LEHP, QEP

Deberá garantizarse en el acabado final del aislamiento que no se produzca depresión del terreno por consolidación en la superficie; para ello se deberá tomar la previsión de nivelar la topografía final de la fosa en forma de promontorio (convexa) ver Figura 5-20.

Figura 5-20 Sección esquemática de la topografía final del area de almacenamiento después del cierre



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

Fase VI

En primer lugar, esta fase comprende un estudio de préstamo el cual debe estar direccionado a la obtención de material con baja permeabilidad, dicho material proveniente del préstamo será el que conforme la primera capa de suelo de relleno compactado, esto para obtener un aislante natural, es decir una capa impermeable o poco permeable entre el suelo limpio y el suelo subyacente.

Posteriormente se deberá seguirá relleno preferiblemente con material de alto contenido organico.

Esta fase también incluye el traslado desde el sitio de préstamo hasta el sitio S0113 (Sitio 13), a través de camiones volquete y maquinaria (excavadora y cargador frontal), una vez el material en el sitio se colocara el material en el área de material extraído en cuanto a la colocación en este caso será manual y se compactará para evitar la erosión superficial del mismo con equipos liviano, de acuerdo a la profundidad de excavación el material podrá compactarse en una o dos capas, utilizando un compactador Vib. Tipo plancha 4HP.

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. Adicionalmente, son áreas ya intervenidas, dentro del perímetro operacional, lo cual facilita la acción de remediación o de intervención y el monitoreo post ejecución. 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.

• Biodegradación y lavado por inyección de agua

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

Se colocará una barrera provisional de geotextil a la salida de la cocha / laguna para evitar el escape de sedimentos durante la aplicación de oxígeno para la biodegradación.

Fase III

La fase III consiste en la instalación de las bombas y del bombeo de agua para la biodegradación, esto se realizará por medio de dos bombas las cuales serán instaladas por 2 obreros y posteriormente en operación cada equipo estará funcionando con un operario y dos obreros, se estima realizar la actividad en dos meses, esto podrá variar de acuerdo al monitoreo durante la actividad, el cual se plantea en un muestreo semanal.

Fase IV

Se construirá una piscina de secado se trata de un área que será excavada e impermeabilizada garantizando que el suelo contaminado no se encuentre en contacto con el suelo no contaminado, para la impermeabilización se colocará una geomembrana HDPE impermeabilizante de 1,0 mm, que será anclada a través de zanjas de 0,20 x 0,30 m que serán rellenas con piedra chancada, sobre la cual se dispondrá una malla que cubra el área excavada; sobre esta se colocará arena para que filtre el hidrocarburo.

Fase V

Consiste en la preparación del almacenamiento final del hidrocarburo atrapado en la arena, se trata de un área que será excavada e impermeabilizada garantizando que el contaminante no se encuentre en contacto con el suelo, para la impermeabilización se colocará una geomembrana HDPE impermeabilizante de 1,5 mm, que será anclada a través de zanjas de 0,20 x 0,30 m que serán rellenas con piedra chancada, y por último se instalará una tubería ranurada para control de gases y lixiviados después de la construcción.

El área de almacenamiento será cerrada de acuerdo con la descripción de la fase IX

Fase VI

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 con evidencia visual de hidrocarburos del contacto con el suelo no contaminado o con 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, 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 toldos de lona. (Figura 5-17 y 5-18)

Fase VII

Lavado de sedimento, inicialmente se instalarán unos booms absorbentes de hidrocarburo garantizando que estén en contacto con el agua, posteriormente se comenzará la inyección de agua, esto provocará el estancamiento delante de los booms instalados tal como se observa en la Fotografía 5-1.

Fotografía 5-1 Barreras de contención de hidrocarburos (hidrofilicas)



Al generarse dicha concentración se procederá a recoger el hidrocarburo con distintos materiales de recolección de hidrocarburos como por ejemplo Paños y Tapetes Absorbentes para Hidrocarburos, en la Fotografía 5-2 se puede detallar la acción de los mismos.

Fotografía 5-2 Material absorbente de hidrocarburos



Una vez capturado el hidrocarburo en los distintos materiales se colocarán los mismos en cilindros de PVC, para su posterior aislamiento.

Fase VIII

Consiste en la aplicación del método de solidificación por medio de la preparación de la mezcla suelo cemento y un tratamiento inicial con cal (agregando de 5 a 10 %) para estabilizar el pH del suelo, para esto se ha considerado realizar diez (10) estaciones de trabajo conformadas por dos (2) apoyos locales, para carguío manual del material (suelo, cemento, cal, agua) hasta la estación de trabajo y un (1) operario quien se encargara de la preparación de la mezcla, una vez se encuentre el material en el equipo, estos equipos serán posicionados cercanos al aislamiento con geomembrana. La mezcla se efectuará manualmente y, de acuerdo y con equipos mezcladores de baja capacidad (0,5 m³) operados manualmente. Al completar la mezcla se dispone directamente el material estabilizado en el aislamiento.

En cuanto a la dosificación de la mezcla existen investigaciones realizadas donde se han encontrado distintos rangos de cemento a agregar, los cuales varían de 6 a 30 %. Estos porcentajes varían de acuerdo a un segundo agregado que puede ser, silicato de sodio^{eeee}, bagazo de caña de azúcar^{ffff} y escoria^{gggg}.

Las referencias anteriores indican dosificaciones de cemento más un compuesto adicional que permite aminorar el contenido de cemento y con ello el costo de la solidificación, sin embargo, hay registros de la aplicación del método solo agregando cemento Portland en 8 % del suelo húmedo en peso, de acuerdo con Charles M^{hhhh}.

En esta fase también se realizará la vibración del material por medio de un equipo vibrador para estabilizar el material a fraguar y dinamizar la salida de burbujas de aire.

Fase IX

Como última fase se encuentra el cierre del area la cual se realizará con una capa inicial de suelo arcilloso con espesor de 0,40 m, el cual será compactado; esta primera capa funcionará como aislante natural, sobre esta se colocará una geomembrana HDPE impermeabilizante; lo que reforzará la capa aislante de material natural, posteriormente se dispondrá una capa de 0,60 m de suelo para revegetar, la ejecución de las actividades anteriores será monitoreadas a través de mediciones topográficas para garantizar el diseño planteado.

Como última actividad se considera la revegetación a través de la plantación de especies pequeñas o medianas, en las que las raíces no ocasionen daños a las capas impermeables antes colocadas (Figura 5-20 y 5-21).

5.12 Plan de Monitoreo post ejecución de obra.

El plan de monitoreo post-ejecución de obra tiene como objetivo permitir evaluar la eficacia de la técnica de remediación, se tiene previsto un plazo de 5 años para el monitoreo y control de lixiviados y calidad de agua subterránea un plazo de 3 años para el monitoreo hidrobiológico de la laguna.

^{eeee} State Of Practice Report Uk Stabilization/Solidification Treatment And Remediation: Binders & Technologies – Part I Basic Principles, Cambridge University Engineering Department, Cambridge, UK

^{ffff} Solidification–stabilization of organic and inorganic contaminants using portland cement: a literature review Santanu Paria and Pak K. Yuet

^{gggg} Development of Performance Specifications for Solidification/Stabilization, The Interstate Technology & Regulatory Council Solidification/Stabilization Team, 2011

^{hhhh} Solidification/Stabilization Treatment and Examples of Use at Port Facilities, Charles M. Wilk, LEHP, QEP

5.12.1 Plan de monitoreo de lixiviados

- **Estaciones de monitoreo**

Se tiene previsto realizar el monitoreo del sistema de captación de lixiviados, el cual consta de una tubería de PVC de 4" con el objeto de verificar si el sistema de solidificación no lixivia contaminantes al contacto con agua proveniente de las lluvias y por la evapotranspiración, además que el sistema sea eficaz en la contención de contaminantes en el aislamiento con geomembrana.

- **Parámetros a evaluar**

Para la selección de los parámetros a considerar se tomó como referencia, los establecidos por los límites máximos permisibles LMP de efluentes líquidos para el subsector hidrocarburos DS N° 037-2008 -PCM.

Cuadro 5-46 Parámetros de evaluación

Grupo	Parámetros
Parámetros in situ	pH
Orgánicos	Hidrocarburos Totales de Petróleo
Inorgánicos	Metales totales

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

- **Frecuencia**

Se tiene previsto al culminar la remediación realizar un monitoreo post cierre, para comprobar que no existe migración de contaminantes, este monitoreo se realizará por un plazo de 5 años y anualmente, los dos primeros años será bianual y luego anual.

5.12.2 Programa de monitoreo hidrobiológico en la cocha y en la quebrada

- **Estaciones**

Se tiene previsto realizar un monitoreo

- **Parámetros para evaluar**

Cuadro 5-47 Parámetros a evaluar

Parámetro
Bentos, Plancton, Zooplancton, Perifiton
Peces

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

- **Frecuencia**

Se tiene previsto realizar el monitoreo con una frecuencia bianual, de acuerdo a la estacionalidad, por lo menos los primeros 3 años, para evaluar el estado del ecosistema post-remediación.

5.12.3 Plan de monitoreo de agua subterránea

- Estaciones de monitoreo

Cuadro 5-48 Estaciones a monitorear

Estación de Evaluación	Descripción	Coordenadas UTM [a]	
		Este	Norte
CASub-01	Arriba del sitio	365 081	9 696 597
CASub-02	Aguas abajo del sitio	365 334	9 696 514

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

Cuadro 5-49 Parámetros a evaluar

Grupo	Parámetro
Parámetros in situ	pH, OD, Temperatura, Conductividad
Inorgánicos	Metales totales

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

- Frecuencia

Se tiene previsto al culminar la remediación realizar un monitoreo post cierre, para comprobar que no existe migración de contaminantes, este monitoreo se realizará por un plazo de 5 años bianualmente los dos primeros años y anualmente hasta el quinto año.

Costos asociados a la aplicación de las medidas ambientales.

El siguiente cuadro resume los costos de la aplicación de las medidas ambientales:

Cuadro 5-50 Costo estimado de la aplicación

Actividad	Und	Cantidad	Días	Costo \$ unitario	Costo \$ por partida
Mantenimiento de Vías					
Cisterna	Und	1	4	110,30	441,2
Disposición de Residuos Sólidos y Efluentes Líquidos					
Tambores residuos sólidos	Und	50	1	50,00	2500
Tambores efluentes	Und	20	1	50,00	1000
Tubería PVC Efluentes	ml	50	1	2,30	115
Contenedores	Und	6	1	1000,00	6000
Movilización y desmovilización terrestre	Und	6	1	351,00	2106
Movilización y desmovilización fluvial	Und	6	1	4242,42	25454,52
Plan de Monitoreo					0
Calidad de Agua Superficial y Sedimentos					0
Personal	Und	2	70	60,00	8400
Análisis de Laboratorio					0

Cuadro 5-50 Costo estimado de la aplicación

Actividad	Und	Cantidad	Días	Costo \$ unitario	Costo \$ por partida
Agua					0
pH	Und	9	1	6,00	54
OD	Und	9	1	3,33	29,97
Temperatura	Und	9	1	8,00	72
Conductividad	Und	9	1	6,67	60,03
HTP	Und	9	1	260,00	2340
HAPS	Und	9	1	320,00	2880
Sedimentos					0
HTP	Und	9	1	260,00	2340
Metales	Und	9	1	252,40	2271,6
Monitoreo de Suelos					0
Personal	Und	2	10	60,00	1200
Análisis de Laboratorio	Und	9	1	700,00	6300
Monitoreo Post Cierre					0
Calidad de Agua Superficial					0
Personal	Und	3	20	3,00	180
Análisis de Laboratorio					0
Ph	Und	3	1	6,00	18
OD	Und	3	1	3,33	9,99
Temperatura	Und	3	1	8,00	24
Conductividad	Und	3	1	6,67	20,01
HTP	Und	3	1	172,00	516
Metales	Und	3	1	117,33	351,99
Sedimentos					0
HTP	Und	3	1	280,00	840
Metales	Und	3	1	126,67	380,01
Calidad de Agua Subterránea					0
HTP	Und	7	1	280,00	1960
Metales	Und	7	1	126,67	886,69
Monitoreo Hidrobiológico Durante y post Cierre					0
Personal	Und	16	10	80,00	12800
Bentos	Und	12	1	146,00	1752
Plancton	Und	12	1	146,00	1752
Perifiton	Und	12	1	146,00	1752
Zooplankton	Und	12	1	146,00	1752
Peces	Und	12	1	100,00	1200
Haps en peces	Und	12	1	600,00	7200
Metales en peces	Und	12	1	600,00	7200
Monitoreo de la Revegetación					0
Personal	Und	6	7	80,00	3360
Total					107519,01

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 Estabilización / Solidificación y aislamiento con geomembrana es percibida como positiva, considerando entre sus beneficios el empleo de mano de obra local. Se estima la contratación de 64 trabajadores locales para la ejecución del Plan de Rehabilitación.

El personal seleccionado de la comunidad será capacitado en temas referidos a: impermeabilización y sistema de drenaje para aislamiento, excavación y conformación de taludes, colocación de geomembrana impermeabilizante, revegetación, etc. Asimismo, se realizará la contratación de bienes y servicios de la comunidad.

A continuación, una matriz de valoración cualitativa contrastando la técnica de remediación propuesta con los criterios sociales expuestos:

Cuadro 5-51 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
Estabilización / Solidificación	Si	Si	Si
Aislamiento con geomembrana	Si	Si	Si

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

Desde un enfoque social, estas cuatro técnicas combinadas pueden ser percibidas como de menor complejidad por la población, requiriéndose de mano de obra local para la intervención. No se hará uso de maquinaria pesada ni equipos complejos a excepción de la técnica de aislamiento. El tiempo propuesto para la obtención de resultados es aceptable (semanas a meses) y se requerirá la contratación de bienes y servicios locales.

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 ⁱⁱⁱ. Para el caso de la CN Nueva Jerusalén, los entrevistados que manifestaron su preocupación por la presencia de elementos contaminantes en cuerpos de 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 5-52 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.

De la misma forma se indagó entre la población local respecto a sus percepciones. A diferencia

ⁱⁱⁱ Estudio cualitativo entre los meses de febrero, mayo a julio del 2018

de las comunidades nativas José Olaya y Antioquia –donde se levantó información a través de la Ficha de Percepciones– 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 Entradaⁱⁱⁱⁱ, los cuales tuvieron como temas emergentes a los siguientes:

- Afectación a los cuerpos de agua.
- Actividades económicas.
- Recomendaciones y solicitudes.

ⁱⁱⁱⁱ 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 5-53 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.
Actividades económicas	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.
	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.
Recomendaciones y solicitudes	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 al 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 Cortingencia, 2019.