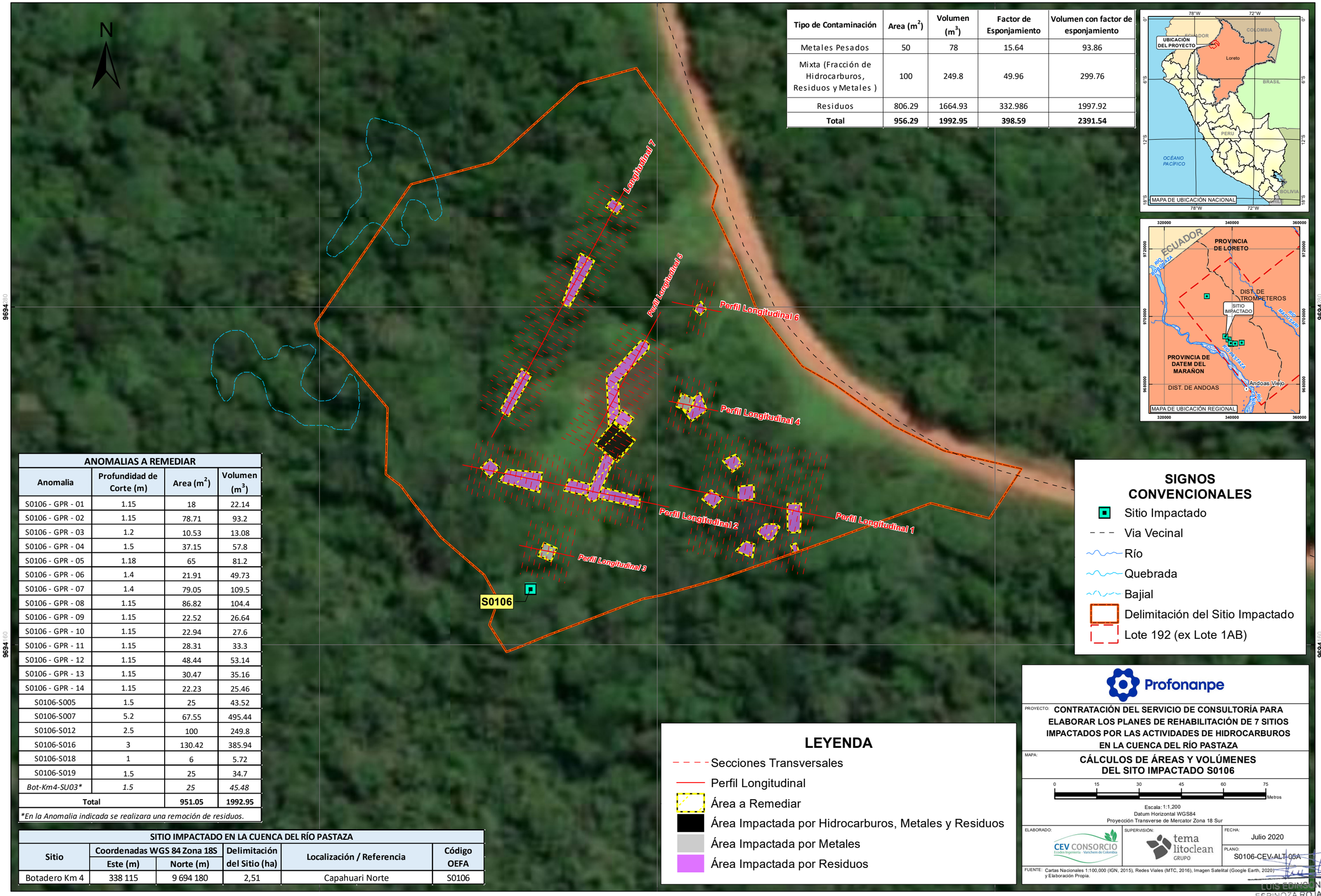
Anexo MINEM
Observación N° 40

SITIO IMPACTADO EN LA CUENCA DEL RÍO PASTAZA					
Sitio	Coordenadas WGS 84 Zona 18S		Delimitación del Sitio (ha)	Localización / Referencia	Código OEFA
	Este (m)	Norte (m)			
Botadero Km 4	338 115	9 694 180	2,51	Capahuari Norte	S0106

SITIO IMPACTADO EN LA CUENCA DEL RÍO PASTAZA					
Sitio	Coordenadas WGS 84 Zona 18S		Delimitación del Sitio (ha)	Localización / Referencia	Código OEFA
	Este (m)	Norte (m)			
Botadero Km 4	338 115	9 694 180	2,51	Capahuari Norte	S0106

ELIAS CASTAÑEDA SANTA CRUZ
INGENIERO AMBIENTAL
Reg. CIP Nº 189969



Tipo de Contaminación	Area (m^2)	Volumen (m^3)	Factor de Esponjamiento	Volumen con factor de esponjamiento
Metales Pesados	50	78	15.64	93.86
Mixta (Fracción de Hidrocarburos, Residuos y Metales)	100	249.8	49.96	299.76
Residuos	806.29	1664.93	332.986	1997.92
Total	**956.29**	**1992.95**	**398.59**	**2391.54**

ANOMALIAS A REMEDIAR

Anomalia	Profundidad de Corte (m)	Area (m^2)	Volumen (m^3)
S0106 - GPR - 01	1.15	18	22.14
S0106 - GPR - 02	1.15	78.71	93.2
S0106 - GPR - 03	1.2	10.53	13.08
S0106 - GPR - 04	1.5	37.15	57.8
S0106 - GPR - 05	1.18	65	81.2
S0106 - GPR - 06	1.4	21.91	49.73
S0106 - GPR - 07	1.4	79.05	109.5
S0106 - GPR - 08	1.15	86.82	104.4
S0106 - GPR - 09	1.15	22.52	26.64
S0106 - GPR - 10	1.15	22.94	27.6
S0106 - GPR - 11	1.15	28.31	33.3
S0106 - GPR - 12	1.15	48.44	53.14
S0106 - GPR - 13	1.15	30.47	35.16
S0106 - GPR - 14	1.15	22.23	25.46
S0106-S005	1.5	25	43.52
S0106-S007	5.2	67.55	495.44
S0106-S012	2.5	100	249.8
S0106-S016	3	130.42	385.94
S0106-S018	1	6	5.72
S0106-S019	1.5	25	34.7
*Bot-Km4-SU03**	*1.5*	*25*	*45.48*
Total		**951.05**	**1992.95**

***En la Anomalia indicada se realizara una remoción de residuos.*

SITIO IMPACTADO EN LA CUENCA DEL RÍO PASTAZA

Sitio	Coordenadas WGS 84 Zona 18S		Delimitación del Sitio (ha)	Localización / Referencia	Código OEFA
	Este (m)	Norte (m)			
Botadero Km 4	338 115	9 694 180	2,51	Capahuari Norte	S0106

S0106-S018			
Area		6	m²
ABSCISA	AREA. CORTE	VOL. CORTE	VOL. CORTE ACUMULADO
0+02	0.00	0.00	0
0+04	2.07	2.07	2
0+06	0.79	2.86	5
0+08	0.00	0.79	5.72

S0106-GPR-09			
Area		22.52	m²
ABSCISA	AREA. CORTE	VOL. CORTE	VOL. CORTE ACUMULADO
0+28	0.00	0.00	0
0+30	2.73	2.73	3
0+32	7.09	9.82	13
0+34	3.50	10.59	23
0+36	0.00	3.50	26.64

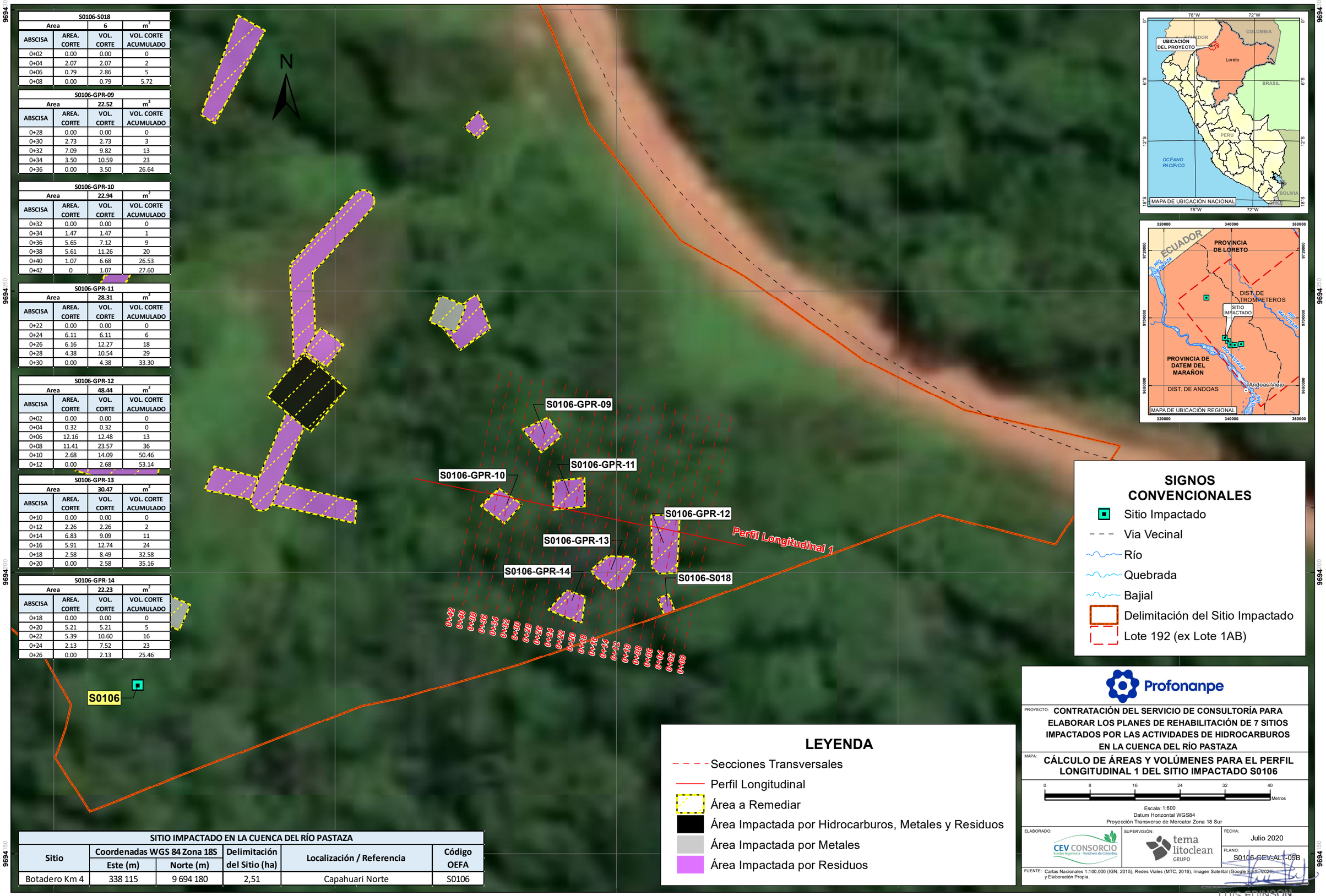
S0106-GPR-10			
Area		22.94	m²
ABSCISA	AREA. CORTE	VOL. CORTE	VOL. CORTE ACUMULADO
0+32	0.00	0.00	0
0+34	1.47	1.47	1
0+36	5.65	7.12	9
0+38	5.61	11.26	20
0+40	1.07	6.68	26.53
0+42	0	1.07	27.60

S0106-GPR-11			
Area		28.31	m²
ABSCISA	AREA. CORTE	VOL. CORTE	VOL. CORTE ACUMULADO
0+22	0.00	0.00	0
0+24	6.11	6.11	6
0+26	6.16	12.27	18
0+28	4.38	10.54	29
0+30	0.00	4.38	33.30

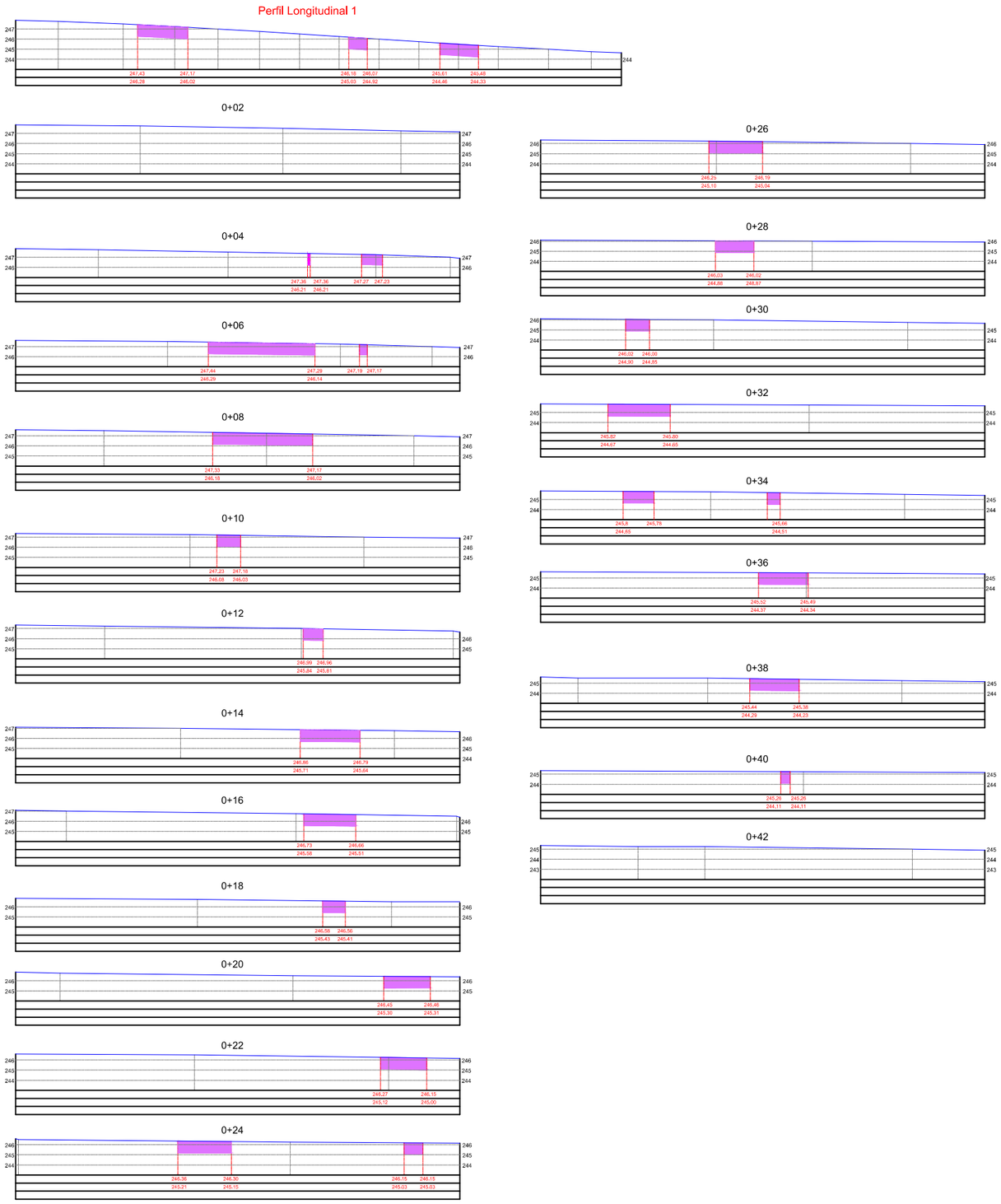
S0106-GPR-12			
Area		48.44	m²
ABSCISA	AREA. CORTE	VOL. CORTE	VOL. CORTE ACUMULADO
0+02	0.00	0.00	0
0+04	0.32	0.32	0
0+06	12.16	12.48	13
0+08	11.41	23.57	36
0+10	2.68	14.09	50.46
0+12	0.00	2.68	53.14

S0106-GPR-13			
Area		30.47	m²
ABSCISA	AREA. CORTE	VOL. CORTE	VOL. CORTE ACUMULADO
0+10	0.00	0.00	0
0+12	2.26	2.26	2
0+14	6.83	9.09	11
0+16	5.91	12.74	24
0+18	2.58	8.49	32.58
0+20	0.00	2.58	35.16

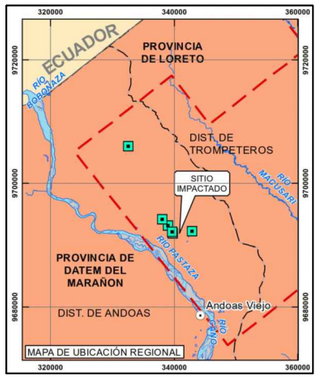
S0106-GPR-14			
Area		22.23	m²
ABSCISA	AREA. CORTE	VOL. CORTE	VOL. CORTE ACUMULADO
0+18	0.00	0.00	0
0+20	5.21	5.21	5
0+22	5.39	10.60	16
0+24	2.13	7.52	23
0+26	0.00	2.13	25.46



SITIO IMPACTADO EN LA CUENCA DEL RÍO PASTAZA					
Sitio	Coordenadas WGS 84 Zona 18S		Delimitación del Sitio (ha)	Localización / Referencia	Código OEFA
	Este (m)	Norte (m)			
Botadero Km 4	338 115	9 694 180	2,51	Capahuari Norte	S0106



SITIO IMPACTADO EN LA CUENCA DEL RÍO PASTAZA					
Sitio	Coordenadas WGS 84 Zona 18S		Delimitación del Sitio (ha)	Localización / Referencia	Código OEFA
	Este (m)	Norte (m)			
Botadero Km 4	338 115	9 694 180	2,51	Capahuari Norte	S0106



LEYENDA

- Sitio Impactado
- Rio Principal
- Quebrada
- Área a Remediar con Residuos.
- Área a Remediar con Metales.
- Área a Remediar con Hidrocarburos, Metales y Residuos.
- Área a Remediar con Hidrocarburos.

Profonanpe

PROYECTO: CONTRATACIÓN DEL SERVICIO DE CONSULTORÍA PARA ELABORAR LOS PLANES DE REHABILITACIÓN DE 7 SITIOS IMPACTADOS POR LAS ACTIVIDADES DE HIDROCARBUROS EN LA CUENCA DEL RÍO PASTAZA

MAPA: CÁLCULOS DE ÁREAS Y VOLÚMENES DEL SITO IMPACTADO S0106 PARA LA SECCIÓN TRANSVERSAL 1

0 5 10 15 20 25 Metros

ESCALA: 1:500
DATUM HORIZONTAL WGS84
Proyección Transverse de Mercator Zona 18 Sur

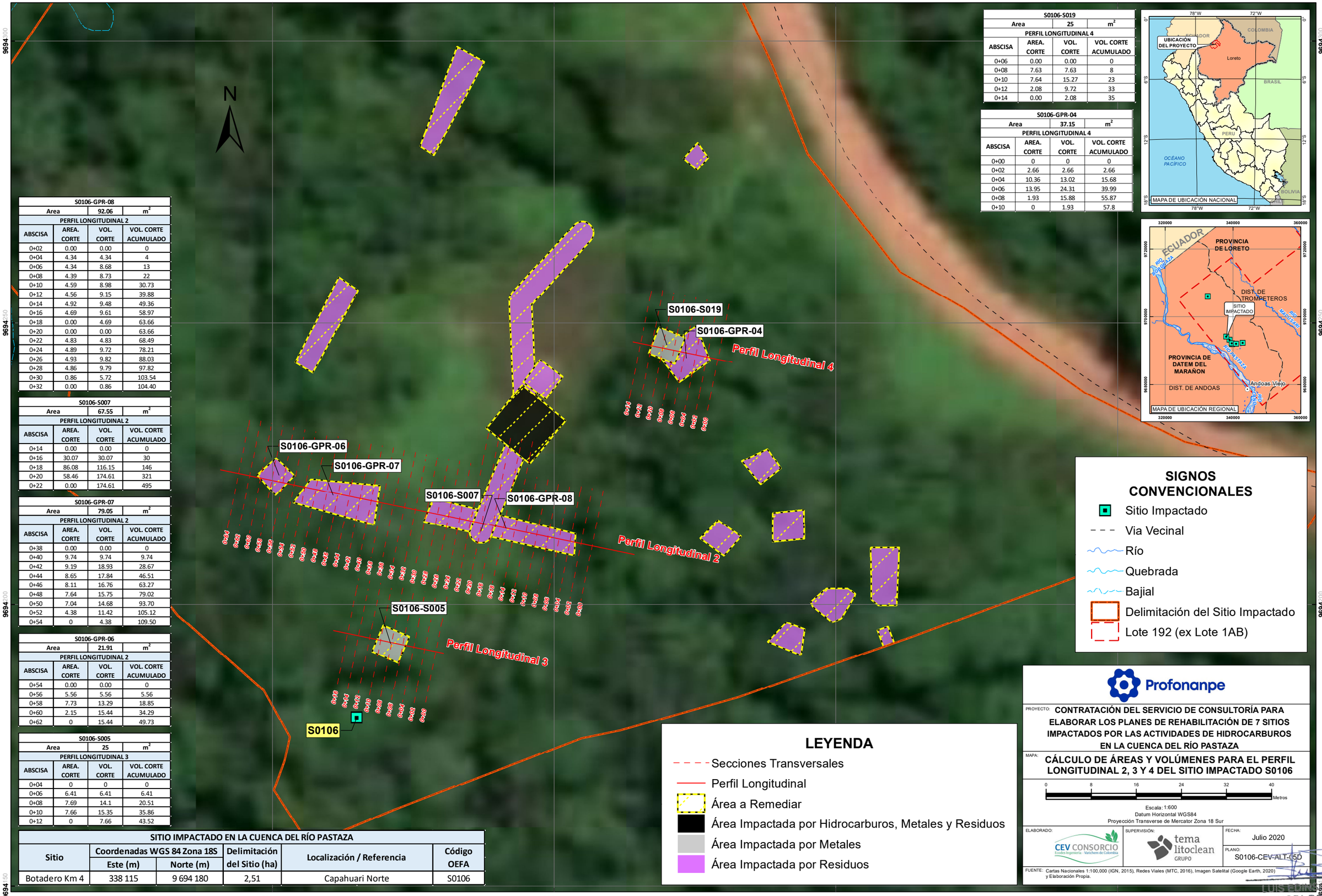
ELABORADO: CEV CONSORCIO
SUPERVISIÓN: tema litoclean

FECHA: Julio 2020

PLANO: S0106-CEV-ALT-05C

FUENTE: Cartas Nacionales 1 : 1000,000 (IGN, 2015) , Centros Poblados (INEI, 2017),Redes Viales (MTC, 2016) y Elaboración Propia.

LUIS EDINSON ESPINOZA ROJAS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 113231



S0106-S019		
Area	25	m²
PERFIL LONGITUDINAL 4		
ABSCISA	AREA. CORTE	VOL. CORTE	VOL. CORTE ACUMULADO
0+06	0.00	0.00	0
0+08	7.63	7.63	8
0+10	7.64	15.27	23
0+12	2.08	9.72	33
0+14	0.00	2.08	35

S0106-GPR-04		
Area	37.15	m²
PERFIL LONGITUDINAL 4		
ABSCISA	AREA. CORTE	VOL. CORTE	VOL. CORTE ACUMULADO
0+00	0	0	0
0+02	2.66	2.66	2.66
0+04	10.36	13.02	15.68
0+06	13.95	24.31	39.99
0+08	1.93	15.88	55.87
0+10	0	1.93	57.8

S0106-GPR-08		
Area	92.06	m²
PERFIL LONGITUDINAL 2		
ABSCISA	AREA. CORTE	VOL. CORTE	VOL. CORTE ACUMULADO
0+02	0.00	0.00	0
0+04	4.34	4.34	4
0+06	4.34	8.68	13
0+08	4.39	8.73	22
0+10	4.59	8.98	30.73
0+12	4.56	9.15	39.88
0+14	4.92	9.48	49.36
0+16	4.69	9.61	58.97
0+18	0.00	4.69	63.66
0+20	0.00	0.00	63.66
0+22	4.83	4.83	68.49
0+24	4.89	9.72	78.21
0+26	4.93	9.82	88.03
0+28	4.86	9.79	97.82
0+30	0.86	5.72	103.54
0+32	0.00	0.86	104.40

S0106-S007		
Area	67.55	m²
PERFIL LONGITUDINAL 2		
ABSCISA	AREA. CORTE	VOL. CORTE	VOL. CORTE ACUMULADO
0+14	0.00	0.00	0
0+16	30.07	30.07	30
0+18	86.08	116.15	146
0+20	58.46	174.61	321
0+22	0.00	174.61	495

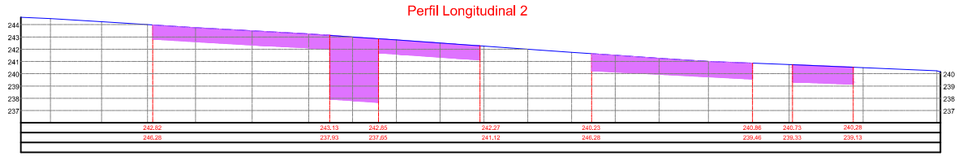
S0106-GPR-07		
Area	79.05	m²
PERFIL LONGITUDINAL 2		
ABSCISA	AREA. CORTE	VOL. CORTE	VOL. CORTE ACUMULADO
0+38	0.00	0.00	0
0+40	9.74	9.74	9.74
0+42	9.19	18.93	28.67
0+44	8.65	17.84	46.51
0+46	8.11	16.76	63.27
0+48	7.64	15.75	79.02
0+50	7.04	14.68	93.70
0+52	4.38	11.42	105.12
0+54	0	4.38	109.50

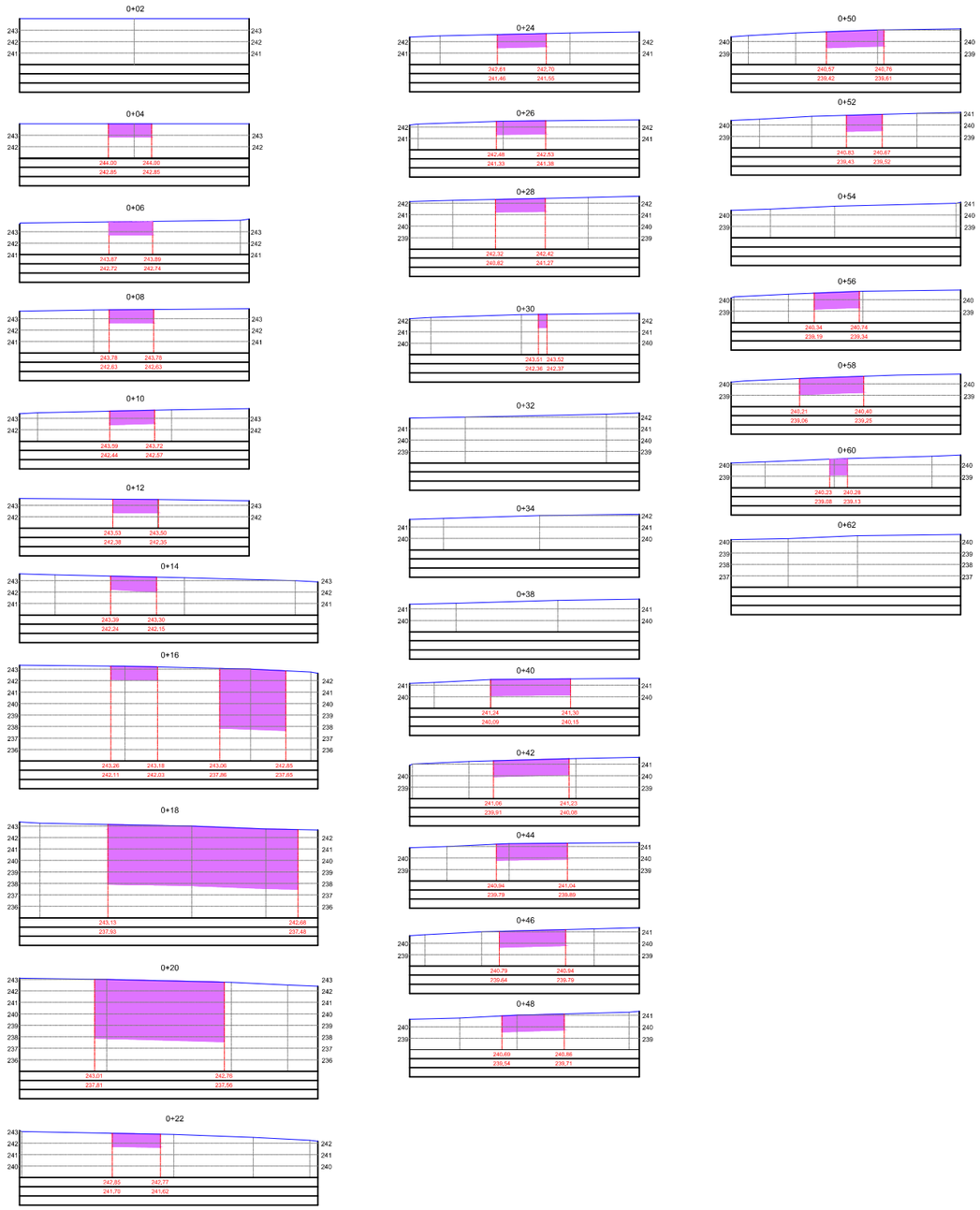
S0106-GPR-06		
Area	21.91	m²
PERFIL LONGITUDINAL 2		
ABSCISA	AREA. CORTE	VOL. CORTE	VOL. CORTE ACUMULADO
0+54	0.00	0.00	0
0+56	5.56	5.56	5.56
0+58	7.73	13.29	18.85
0+60	2.15	15.44	34.29
0+62	0	15.44	49.73

S0106-S005		
Area	25	m²
PERFIL LONGITUDINAL 3		
ABSCISA	AREA. CORTE	VOL. CORTE	VOL. CORTE ACUMULADO
0+04	0	0	0
0+06	6.41	6.41	6.41
0+08	7.69	14.1	20.51
0+10	7.66	15.35	35.86
0+12	0	7.66	43.52

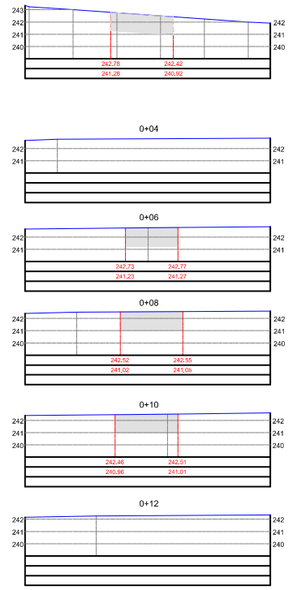
SITIO IMPACTADO EN LA CUENCA DEL RÍO PASTAZA					
Sitio	Coordenadas WGS 84 Zona 18S		Delimitación del Sitio (ha)	Localización / Referencia	Código OEFA
	Este (m)	Norte (m)			
Botadero Km 4	338 115	9 694 180	2,51	Capahuari Norte	S0106

Perfil Longitudinal 2

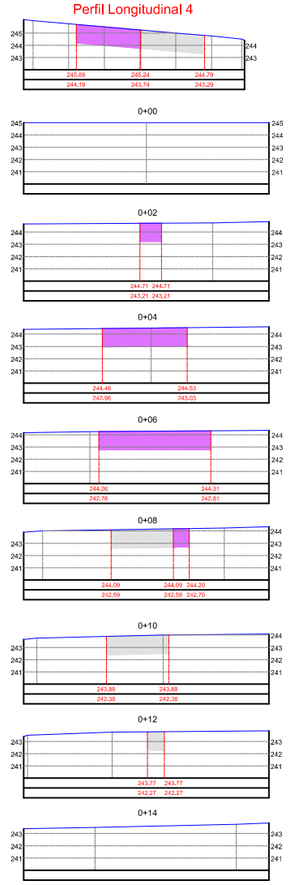


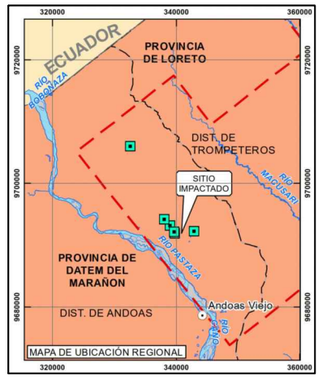


Perfil Longitudinal 3



Perfil Longitudinal 4





SITIO IMPACTADO EN LA CUENCA DEL RÍO PASTAZA					
Sitio	Coordenadas WGS 84 Zona 18S		Delimitación del Sitio (ha)	Localización / Referencia	Código OEFA
	Este (m)	Norte (m)			
Botadero Km 4	338 115	9 694 180	2,51	Capahuari Norte	S0106

LEYENDA

- Sitio Impactado
- Rio Principal
- Quebrada
- Área a Remediar con Residuos.
- Área a Remediar con Metales.
- Área a Remediar con Hidrocarburos, Metales y Residuos.
- Área a Remediar con Hidrocarburos.

Profonanpe

PROYECTO: CONTRATACIÓN DEL SERVICIO DE CONSULTORÍA PARA ELABORAR LOS PLANES DE REHABILITACIÓN DE 7 SITIOS IMPACTADOS POR LAS ACTIVIDADES DE HIDROCARBUROS EN LA CUENCA DEL RÍO PASTAZA

MAPA: CÁLCULOS DE ÁREAS Y VOLÚMENES DEL SITO IMPACTADO S0106 PARA LAS SÉCCIONES TRANSVERSALES 2, 3 y 4.

0 5 10 15 20 25 Metros

ESCALA: 1:500
DATUM HORIZONTAL WGS84
Proyección Transverse de Mercator Zona 18 Sur

ELABORADO: CEV CONSORCIO

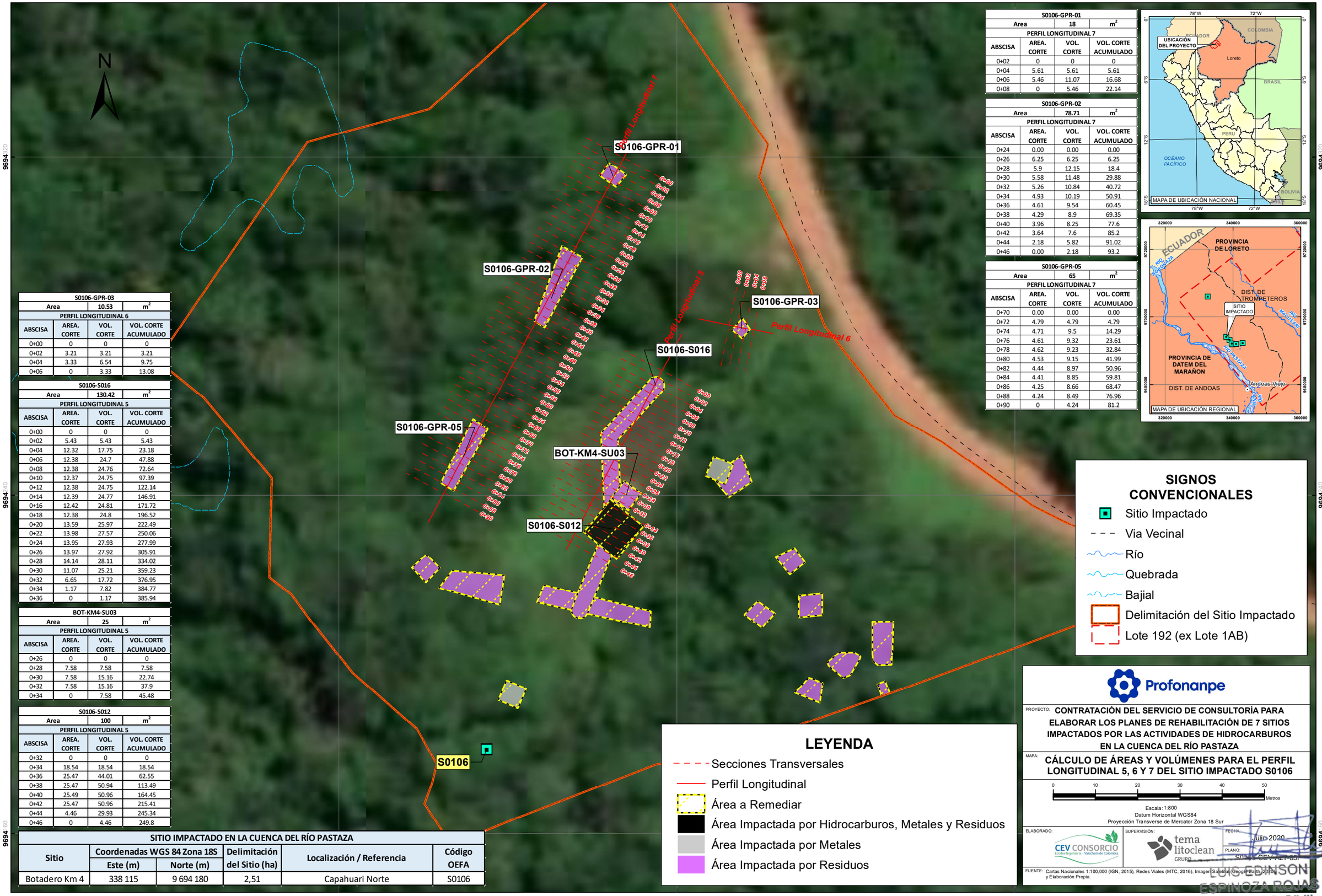
SUPERVISIÓN: tema litoclean

FECHA: Julio 2020

PLANO: S0106-CEV-ALT-05E

FUENTE: Cartas Nacionales 1 : 1000,000 (IGN, 2015) , Centros Poblados (INEI, 2017),Redes Viales (MTC, 2016) y Elaboración Propia.

LUIS EDINSON ESPINOZA ROJAS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 113231



S0106-GPR-01		
Area	18	m²
PERFIL LONGITUDINAL 7		
ABSCISA	AREA. CORTE	VOL. CORTE	VOL. CORTE ACUMULADO
0+02	0	0	0
0+04	5.61	5.61	5.61
0+06	5.46	11.07	16.68
0+08	0	5.46	22.14

S0106-GPR-02		
Area	78.71	m²
PERFIL LONGITUDINAL 7		
ABSCISA	AREA. CORTE	VOL. CORTE	VOL. CORTE ACUMULADO
0+24	0.00	0.00	0.00
0+26	6.25	6.25	6.25
0+28	5.9	12.15	18.4
0+30	5.58	11.48	29.88
0+32	5.26	10.84	40.72
0+34	4.93	10.19	50.91
0+36	4.61	9.54	60.45
0+38	4.29	8.9	69.35
0+40	3.96	8.25	77.6
0+42	3.64	7.6	85.2
0+44	2.18	5.82	91.02
0+46	0.00	2.18	93.2

S0106-GPR-05		
Area	65	m²
PERFIL LONGITUDINAL 7		
ABSCISA	AREA. CORTE	VOL. CORTE	VOL. CORTE ACUMULADO
0+70	0.00	0.00	0.00
0+72	4.79	4.79	4.79
0+74	4.71	9.5	14.29
0+76	4.61	9.32	23.61
0+78	4.62	9.23	32.84
0+80	4.53	9.15	41.99
0+82	4.44	8.97	50.96
0+84	4.41	8.85	59.81
0+86	4.25	8.66	68.47
0+88	4.24	8.49	76.96
0+90	0	4.24	81.2

S0106-GPR-03		
Area	10.53	m²
PERFIL LONGITUDINAL 6		
ABSCISA	AREA. CORTE	VOL. CORTE	VOL. CORTE ACUMULADO
0+00	0	0	0
0+02	3.21	3.21	3.21
0+04	3.33	6.54	9.75
0+06	0	3.33	13.08

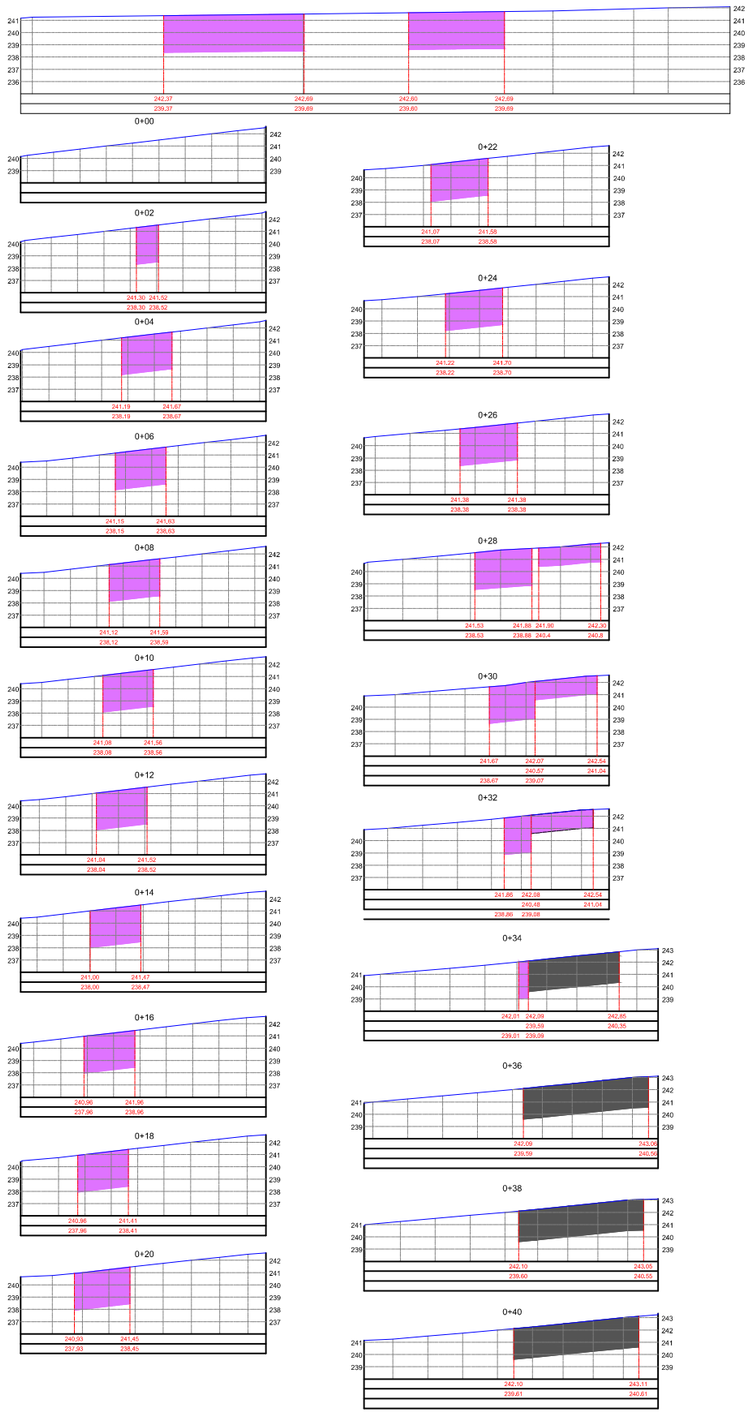
S0106-S016		
Area	130.42	m²
PERFIL LONGITUDINAL 5		
ABSCISA	AREA. CORTE	VOL. CORTE	VOL. CORTE ACUMULADO
0+00	0	0	0
0+02	5.43	5.43	5.43
0+04	12.32	17.75	23.18
0+06	12.38	24.7	47.88
0+08	12.38	24.76	72.64
0+10	12.37	24.75	97.39
0+12	12.38	24.75	122.14
0+14	12.39	24.77	146.91
0+16	12.42	24.81	171.72
0+18	12.38	24.8	196.52
0+20	13.59	25.97	222.49
0+22	13.98	27.57	250.06
0+24	13.95	27.93	277.99
0+26	13.97	27.92	305.91
0+28	14.14	28.11	334.02
0+30	11.07	25.21	359.23
0+32	6.65	17.72	376.95
0+34	1.17	7.82	384.77
0+36	0	1.17	385.94

BOT-KM4-SU03		
Area	25	m²
PERFIL LONGITUDINAL 5		
ABSCISA	AREA. CORTE	VOL. CORTE	VOL. CORTE ACUMULADO
0+26	0	0	0
0+28	7.58	7.58	7.58
0+30	7.58	15.16	22.74
0+32	7.58	15.16	37.9
0+34	0	7.58	45.48

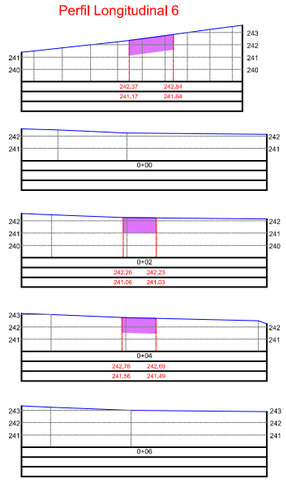
S0106-S012		
Area	100	m²
PERFIL LONGITUDINAL 5		
ABSCISA	AREA. CORTE	VOL. CORTE	VOL. CORTE ACUMULADO
0+32	0	0	0
0+34	18.54	18.54	18.54
0+36	25.47	44.01	62.55
0+38	25.47	50.94	113.49
0+40	25.49	50.96	164.45
0+42	25.47	50.96	215.41
0+44	4.46	29.93	245.34
0+46	0	4.46	249.8

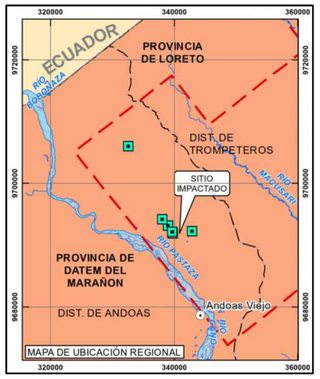
SITIO IMPACTADO EN LA CUENCA DEL RÍO PASTAZA					
Sitio	Coordenadas WGS 84 Zona 18S		Delimitación del Sitio (ha)	Localización / Referencia	Código OEFA
	Este (m)	Norte (m)			
Botadero Km 4	338 115	9 694 180	2,51	Capahuari Norte	S0106

Perfil Longitudinal 5



Perfil Longitudinal 6





SITIO IMPACTADO EN LA CUENCA DEL RÍO PASTAZA					
Sitio	Coordenadas WGS 84 Zona 18S		Delimitación del Sitio (ha)	Localización / Referencia	Código OEFA
	Este (m)	Norte (m)			
Botadero Km 4	338 115	9 694 180	2,51	Capahuari Norte	S0106

LEYENDA

- Sitio Impactado
- Rio Principal
- Quebrada
- Área a Remediar con Residuos.
- Área a Remediar con Metales.
- Área a Remediar con Hidrocarburos, Metales y Residuos.
- Área a Remediar con Hidrocarburos.

Profonanpe

PROYECTO: CONTRATACIÓN DEL SERVICIO DE CONSULTORÍA PARA ELABORAR LOS PLANES DE REHABILITACIÓN DE 7 SITIOS IMPACTADOS POR LAS ACTIVIDADES DE HIDROCARBUROS EN LA CUENCA DEL RÍO PASTAZA

MAPA: CÁLCULOS DE ÁREAS Y VOLÚMENES DEL SITO IMPACTADO S0106 PARA LAS SÉCCIONES TRANSVERSALES 5 y 6.

0 5 10 15 20 25 Metros

ESCALA: 1:500
DATUM HORIZONTAL WGS84
Proyección Transverse de Mercator Zona 18 Sur

ELABORADO: CEV CONSORCIO

SUPERVISIÓN: tema litoclean

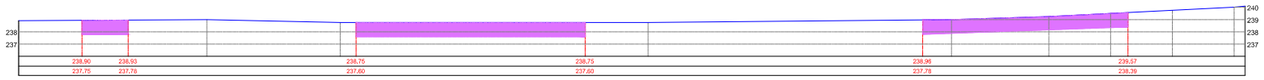
FECHA: Julio 2020

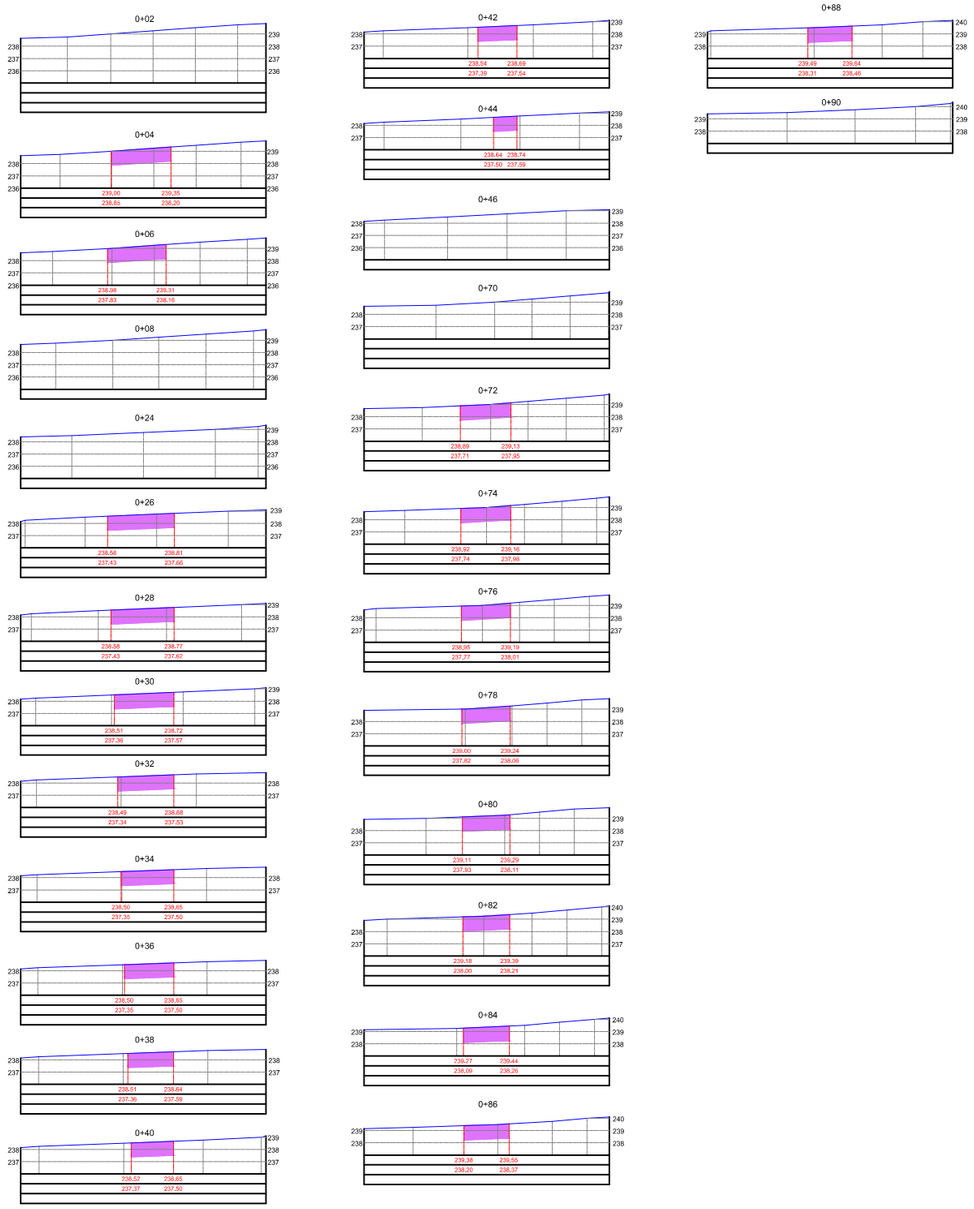
PLANO: S0106-CEV-ALT-05G

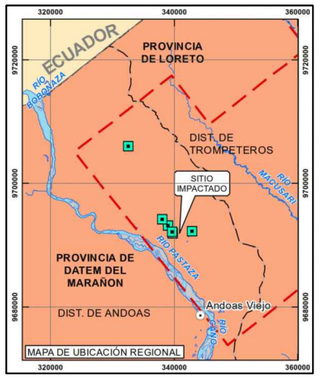
FUENTE: Cartas Nacionales 1 : 1000,000 (IGN, 2015) , Centros Poblados (INEI, 2017),Redes Viales (MTC, 2016) Elaboración Propia.

LUIS EDINSON ESPINOZA ROJAS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 113231

Perfil Longitudinal 7







SITIO IMPACTADO EN LA CUENCA DEL RÍO PASTAZA					
Sitio	Coordenadas WGS 84 Zona 18S		Delimitación del Sitio (ha)	Localización / Referencia	Código OEFA
	Este (m)	Norte (m)			
Botadero Km 4	338 115	9 694 180	2,51	Capahuari Norte	S0106

LEYENDA

- Sitio Impactado
- Rio Principal
- Quebrada
- Área a Remediar con Residuos.
- Área a Remediar con Metales.
- Área a Remediar con Hidrocarburos, Metales y Residuos.
- Área a Remediar con Hidrocarburos.

Profonanpe

PROYECTO: CONTRATACIÓN DEL SERVICIO DE CONSULTORÍA PARA ELABORAR LOS PLANES DE REHABILITACIÓN DE 7 SITIOS IMPACTADOS POR LAS ACTIVIDADES DE HIDROCARBUROS EN LA CUENCA DEL RÍO PASTAZA

MAPA: CÁLCULOS DE ÁREAS Y VOLÚMENES DEL SITO IMPACTADO S0106 PARA LAS SÉCCIONES TRANSVERSALES 7.

0 5 10 15 20 25 Metros

ESCALA: 1:500
DATUM HORIZONTAL WGS84
Proyección Transverse de Mercator Zona 18 Sur

ELABORADO: CEV CONSORCIO Expertos Ingeniería - Varicham de Colombia

SUPERVISIÓN: tema litoclean

FECHA: Julio 2020

PLANO: S0106-CEV-ALT-05H

FUENTE: Cartas Nacionales 1 : 1000,000 (IGN, 2015) , Centros Poblados (INEI, 2017),Redes Viales (MTC, 2016) y Elaboración Propia.

LUIS EDINSON ESPINOZA ROJAS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 113231

Procedimiento Operativo para la Medición en Campo de Hidrocarburos Totales de Petróleo

1. INTRODUCCIÓN

La dinámica de dispersión de los hidrocarburos depende de propiedades fisicoquímicas como la viscosidad, °API, coeficiente de reparto octanol-agua (Kow) de las fracciones de hidrocarburos; de las propiedades físicas del medio a través del cual se dispersan los hidrocarburos como la granulometría; de las condiciones locativas y específicas del sitio donde se produjo el vertimiento, como la topografía; de condiciones medioambientales como la lluvia.

La movilización de los metales pesados depende de factores como potencial REDOX, grado de especiación del metal, pH, solubilidad de las sustancias, materia orgánica presente en el suelo.

Ante esta multiplicidad de factores que condicionan el grado de movilidad de un contaminante y su potencial impacto sobre las personas y los ecosistemas, es fundamental y de gran importancia realizar mediciones y análisis cuantitativos en campo para determinar la concentración de los contaminantes de potencial preocupación.

Este procedimiento, tiene como finalidad describir tecnologías que permitan realiza la medición en campo de hidrocarburos totales de petróleo (TPH).

Los dispositivos de medición de campo de TPH, realizan la extracción de hidrocarburos de petróleo usando un solvente apropiado seguido de la medición de la concentración de TPH en el extracto mediante un método óptico.
El solvente de extracción se selecciona de forma tal que no interfiera con la medición óptica de TPH en el extracto. Algunos de los dispositivos usan luz en el rango de longitud de onda visible, y otros usan luz fuera del rango de longitud de onda visible (por ejemplo, infrarrojo). (US EPA).

Los dispositivos que usan la luz en el rango de longitud de onda visible, requieren el desarrollo de un color cuya intensidad es una medida de la concentración de TPH. (US EPA).

Los dispositivos realizan las mediciones ópticas mediante absorbancia, para lo cual se determina la cantidad de luz que es absorbida por una solución; reflectancia, para lo cual se determina el grado en que la luz es reflejada; o fluorescencia, definida como la propiedad de algunos átomos de absorber la luz de una determinada longitud de onda, luego de lo cual, generalmente la medición óptica de un extracto de suelo se compara con una curva de calibración para determinar la concentración de TPH.

Existen tres tecnologías ampliamente difundidas para determinar la concentración de hidrocarburos totales de petróleo.

Tecnología	Parámetros que se pueden determinar	Parámetros que no se pueden determinar
Gravimetría.	Todos los analitos eliminados de la muestra por el disolvente de extracción que no se volatilizan.	Compuestos volátiles, sustancias orgánicas polares.
Infrarrojo.	Todos los analitos eliminados de la muestra por el disolvente de extracción que contienen una cadena alifática compuesta por CH2.	Benceno, naftaleno y otros compuestos aromáticos sin grupos alquílicos de sustitución, sustancias orgánicas muy polares.
Cromatógrafo de gases/ionización de llama Detector.	Todos los analitos eliminados de la muestra por el solvente de extracción que pueden ser	Compuestos orgánicos muy polares, sustancias de elevado

	analizados por el cromatógrafo y que responden al detector.	peso molecular o de elevado punto de ebullición.

Fuente: US EPA/600/R-01/060

2. OBJETIVOS

Este documento tiene como Objetivo presentar los fundamentos teóricos para realizar la medición en campo de hidrocarburos totales de petróleo (TPH) en suelo y describir la secuencia de pasos para realizar la medición de la concentración de TPH de una manera efectiva y confiable.
Cabe indicar que el procedimiento para cada equipo referenciado en este documento, puede estar sujeto a variaciones y modificaciones dependiendo de la marca del fabricante de los equipos de medición de TPH, del modelo y actualizaciones de cada uno de los equipos.

3. ALCANCE

Se recomienda en el marco de las funciones y responsabilidades de la empresa ejecutora de las acciones de remediación y rehabilitación de los Sitios impactados por las actividades de hidrocarburos, realizar mediciones de metales pesados in situ para determinar la concentración de hidrocarburos totales de petróleo en sustratos de suelo que organolépticamente puedan catalogarse como suelos con trazas de hidrocarburo y a partir de las concentraciones de TPH determinadas en campo definir el procedimiento de clasificación, separación y tratamiento de los sustratos de suelo analizados.

4. CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD

El uso de los equipos de medición de hidrocarburos totales de petróleo no representa un riesgo significativo para el Operador, no obstante, todos los reactivos deben estar debidamente rotulados, se deben conocer las fichas MSDS, el personal deberá usar en todo momento los elementos de protección personal.

5. FUNDAMENTOS TEÓRICOS PARA MEDIR TPH

5.1. Reacción de alquilación y colorimetría de Friedel-Crafts.

Estas dos tecnologías son adecuadas para medir compuestos aromáticos independientemente del rango de átomos de carbono.

La reacción de alquilación de Friedel-Crafts, se produce mediante la reacción de un haluro de alquilo, como el diclorometano (CH2Cl2), con un hidrocarburo aromático, como el benceno (C6H6), en presencia de un catalizador de haluro metálico en fase sólida, como cloruro de aluminio anhidro (AlCl3) (Fox 1994).

En la primera etapa de la reacción en cadena, el catalizador reacciona con el haluro de alquilo para producir un producto intermedio de carga positiva, +CH2Cl.

En la segunda etapa de la reacción el carbocatión se une al compuesto aromático.

En la tercera etapa de la reacción, se estabiliza el compuesto alquilo aromático, se regenera el catalizador (AlCl3) y se forma un producto de reacción coloreado (un derivado de hidrocarburo) que puede absorber luz en el rango visible del espectro electromagnético. La concentración del

hidrocarburo aromático en la mezcla de la reacción se determina se determina comparando la intensidad del producto de reacción coloreado con una carta de colores o utilizando un espectrofotómetro de reflectancia.

Para determinar la concentración de los compuestos orgánicos según la reacción de alquilación clásica de Friedel-Crafts, dependiendo de la tecnología empleada, se utiliza un espectrofotómetro de reflectancia o de absorbancia.

La concentración de los hidrocarburos totales de petróleo se determina comparando la lectura de la luz reflejado o absorbida para la mezcla de reacción con valores de reflectancia o absorbancia establecidos para una serie de estándares de referencia. (US EPA/600/R-01/060)

5.2. Método de Análisis por Infrarrojo.

Esta tecnología es adecuada para determinar la concentración de compuestos aromáticos y alifáticos independientemente del rango de carbonos.

Se puede emplear un dispositivo que contenga un espectrofotómetro infrarrojo no dispersivo (NDIR) equipado con una fuente de radiación infrarroja y un filtro para aislar la longitud de onda deseada, este tipo de dispositivos tienen mayor sensibilidad y estabilidad que los espectrofotómetros infrarrojos de barrido, logrando realizar una lectura estable en 5 segundos. (US EPA/600/R-01/060)

5.3. Turbidimetría de emulsión.

Esta tecnología es apropiada para determinar la concentración de compuestos aromáticos y alifáticos en el rango de C8 a C36.

La turbidimetría es una técnica analítica utilizada para determinar la forma en la que se atenúa un haz de luz cuando pasa a través de una suspensión. Esto se produce gracias a los fenómenos de absorción y dispersión de la luz por causa de las partículas.

Para realizar la medición de TPH mediante el método de turbidimetría de emulsión, se agrega un extracto de muestra a un vial que contiene una solución acuosa de revelador polar. La solución de revelador actúa como emulsionante, lo que hace que los hidrocarburos aromáticos y alifáticos en solución se precipiten y formen micelas de tamaño uniforme; el vial que contiene la emulsión se coloca en un turbidímetro para determinar la cantidad de luz dispersada por la emulsión.

La concentración de TPH se establece comparando la lectura de turbidez de la emulsión con la

de un estándar de referencia o una curva de calibración estándar. (US EPA/600/R-01/060)

5.4. Espectroscopia de fluorescencia ultravioleta.

Esta tecnología es adecuada para medir hidrocarburos aromáticos independientemente de su rango de carbono.

Cuando un extracto de muestra que contiene hidrocarburos tanto aromáticos como alifáticos se expone a la luz ultravioleta, solo los hidrocarburos aromáticos son excitados. Los hidrocarburos

aromáticos luego emiten luz en longitudes de onda específicas que son más largas que la longitud de onda de excitación. La intensidad y la longitud de onda de la luz emitida se pueden medir y correlacionar para determinar la concentración de TPH. (US EPA/600/R-01/060)

6. PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS

6.1. Kit de inicio de colorimetría Chemetrics TPH RemediAid, método Friedel Crafts

Figura 1. Kit de inicio de colorimetría Chemetrics TPH RemediAid. Método Friedel Crafts.

Fuente: Masterflex

El kit de inicio de RemediAid™ utiliza CH2Cl2 como haluro de alquilo y disolvente de extracción y utiliza AlCl3 anhidro como haluro metálico. El kit contiene un fotómetro basado en LED de absorbancia y mide la absorbancia utilizando luz visible de una longitud de onda de 430 nm.

Según los desarrolladores, el kit está diseñado para medir hidrocarburos aromáticos independientemente de su rango de carbono. Si se realiza una calibración específica del sitio, el kit puede medir hidrocarburos alifáticos en presencia

de compuestos aromáticos, pero una limitación del kit es que no mide hidrocarburos alifáticos cuando

compuestos no están presentes en la muestra.

El Kit de inicio de colorimetría Chemetrics TPH RemediAid, realiza la medición de TPH en tres etapas, a continuación, se presenta el procedimiento Operativo para cada una de ellas:

6.1.1. Extracción.

6.1.1.1. Pesar 5 gramos de muestra de suelo.

6.1.1.2. Transferir la muestra de suelo al tubo de reacción que contiene sulfato de sodio anhidro (Na_2SO_4), un agente secante para eliminar la humedad de la muestra de suelo. Tapar el tubo y agitarlo brevemente para obtener una mezcla fluida y uniforme. Si la muestra todavía parece estar húmeda o no forma una mezcla granular y uniforme, agregar más sulfato de sodio anhidro y agitar vigorosamente el tubo hasta obtener una mezcla uniforme y fluida.
Si es necesario, use una espátula para romper los grumos de tierra húmeda.

6.1.1.3. Sostener la ampolla de doble punta que contiene 20 mililitros (mL) de solvente (CH2Cl2) sobre el tubo de reacción y cortar el extremo superior de la ampolla con la herramienta para romper puntas.

6.1.1.4. Invertir con cuidado la ampolla sobre el tubo de reacción. Cortar el otro extremo de la ampolla para permitir que el solvente fluya libremente en el tubo de reacción. Tap*ar* el tubo de reacción y a*gitarlo vig*orosamente durante 3 minutos.

6.1.1.5. Dejar reposar el tubo de reacción sin tocarlo durante 2 minutos y permitir que la tierra se asiente en el fondo del tubo.

6.1.1.6. Decantar el extracto a un tubo de limpieza de extracción que contenga 2,0 gramos de Florisil, teniendo cuidado de no transferir cualquier suciedad al tubo de limpieza de extracción. El Florisil es un silicato de magnesio activado que se utiliza como adsorbente polar para minimizar la interferencia de material orgánico natural (por ejemplo, sustancias húmicas).

6.1.1.7. Tapar el tubo de reacción y agitarlo durante 1 minuto. Permitir que el Florisil se asiente durante aproximadamente 2 minutos.

6.1.1.8. Quitar la tapa del tubo de reacción y volver a colocar la tapa con el tapón/parche del tubo de reacción.

6.1.2. Desarrollo del Color.

6.1.2.1. Empujar una columna de filtración en la punta de la ampolla sellada al vacío que contiene AlCl3 anhidro hasta que la columna encaje perfectamente.

6.1.2.2. Insertar el conjunto de columna y ampolla a través del orificio en el tapón/parche del tubo de reacción hasta la línea azul en la ampolla. Mientras sujeta el tubo de reacción, tire suavemente de la ampolla hacia un lado para encajar la punta de la ampolla. Luego, la ampolla drenará el líquido lentamente del tubo de reacción.

6.1.2.3. Retirar el conjunto de columna y ampolla del tubo de reacción e invertir el conjunto. Quitar la columna.

6.1.2.4. Colocar firmemente una pequeña tapa de silicona en la punta de la ampolla e invertir la posición de la ampolla cada 2 minutos durante 10 minutos. Luego, dejar reposar la ampolla durante 10 minutos. Según la concentración y el tipo de hidrocarburo presente, el solvente en la ampolla cambiará de un color amarillo a marrón anaranjado. Si la ampolla parece estar turbia después de 10 minutos de reposo, esperar de 5 a 10 minutos adicionales para que la turbiedad desaparezca. No dejar reposar la ampolla más de 1 hora antes de colocarla en el espectrofotómetro, ya que esto puede generar un pequeño sesgo positivo.

6.1.3. Medición del Color.

6.1.3.1. Después de dejar reposar la ampolla durante 10 minutos o después de esperar que desaparezca la turbidez, insertar la ampolla de blanco de reactivo en el espectrofotómetro para poner a cero el instrumento.

6.1.3.2. Retirar el blanco de reactivo e insertar la ampolla de prueba en el espectrofotómetro y registrar la absorbancia.

6.1.3.3. Si la absorbancia es inferior a 0,700, utili*zar la siguiente ecuación* para convertir el valor de absorbancia a mg/kg TPH en la muestra de suelo sobre una base de peso húmedo.

$$TPH\ de\ la\ muestra\ de\ suelo\ (\frac{mg}{kg}) = \frac{[(A\ x\ S) - I]\ x\ V}{W}$$

Donde:

A = Absorbancia

S = Pendiente para una mezcla específica de hidrocarburos. (mg/L/A).

I = Intersección para una mezcla específica de hidrocarburos (mg/L).

V = Volumen del extracto: (20 mL).

W = Peso de la muestra de suelo: (5 gr).

6.1.3.4. Si la absorbancia es igual o superior a 0,700, realizar una dilución quíntuple colocando primero 5 mL., del extracto sobrenadante, señalado en el Ítem 5 del paso de extracción, en un tubo de reacción. Añadir el contenido de ampolla de doble punta (20 mL de CH2Cl2) al tubo de reacción, tapar el tubo y agitarlo brevemente. Luego seguir los pasos reseñados en el "Desarrollo y medición del color" descritos anteriormente. Emplear la siguiente ecuación para convertir la absorbancia valor a mg/kg TPH en la muestra de suelo sobre una base de peso húmedo. *(US EPA/600/R-01/060)*

$$TPH\ de\ la\ muestra\ de\ suelo\ (\frac{mg}{kg}) = \frac{[(A\ x\ S) - I]\ x\ V\ x\ 5}{W}$$

6.2. Analizador Infracal® TOG/TPH Analyzer, Models CVH and HATR-T.

Figura 2. Analizador InfraCal 2 ATR-SP TOG/TPH.

Fuente: Hach

El dispositivo para analizar TPH tiene dos modelos, el modelo CVH y HATR-T e incluyen un espectrofotómetro basado en filtro NDIR de haz único y longitud de onda fija con sistema de detección doble.

En el modelo CVH, la radiación infrarroja de una lámpara de tungsteno se captura utilizando un espejo de fuente elíptica y se transmite a través de una cubeta de cuarzo que contiene un extracto de muestra. La radiación que ha atravesado el extracto entra en un doble sistema detector que contiene filtros que aíslan una longitud de onda de referencia de 2.500 nm y una longitud de onda analítica de 3.400 nm. La longitud de onda de referencia estabiliza la respuesta del dispositivo y corrige automáticamente los valores de absorbancia para fluctuaciones en la temperatura ambiente y la humedad relativa.

El modelo CVH puede medir todo tipo de fracciones de combustibles y está diseñado para medir hidrocarburos aromáticos y alifáticos independientemente de su rango de carbono. El modelo HATR-T también puede medir hidrocarburos aromáticos y alifáticos principalmente en la gama fracciones de diesel.

A continuación, se presenta el procedimiento Operativo. El procedimiento específico del modelo CVH se identifica como (a) y para el modelo HART-T como (b).

6.2.1. Extracción

6.2.1.1. Medir 20 gramos de muestra de suelo y coloque la cantidad medida en un vial de 40 ml.
6.2.1.2. Agregar de 2 a 5 gramos de gel de sílice de malla 60-200 al vial, según el contenido de humedad del suelo. Tapar y Agitar el vial y asegurarse de que su contenido fluya libremente.
6.2.1.3. Agregar 20 mL de (a) Freon 113 o (b) Vertrel® MCA al vial.
6.2.1.4. Tapar el vial y agitarlo enérgicamente durante 2 minutos. A continuación, dejar reposar el vial durante un máximo de 2 minutos para permitir que el suelo y el extracto de muestra se separen.
6.2.1.5. Decantar el extracto de muestra en un depósito de extracción con una frita de filtro (para capturar partículas grandes) y un cartucho de gel (para capturar pequeñas partículas y eliminar los hidrocarburos naturales). Deje la mayor cantidad de tierra en el vial como sea posible.
6.2.1.6. Sellar el depósito de extracción con un sellador e insertar la punta de la jeringa de aire en el sellador.
6.2.1.7. Colocar la punta del depósito de extracción sobre el vial y presionar el émbolo de la jeringa de aire para que el extracto de la muestra gotee lentamente en el vial.
6.2.1.8. Desechar el primer 1 mL (4 o 5 gotas) de extracto de muestra en el vial.

6.2.2. Medición de TPH

6.2.2.1. *(a) Colocar la punta del depósito de extracción sobre una cubeta de cuarzo de 10 mm y deje que el resto de la muestra extracto gotee en la cubeta hasta que la cubeta esté llena.* (b) Colocar la punta del depósito de extracción sobre un vaso de precipitados y dejar que el resto del extracto de muestra gotee en el vaso de precipitados. Recoja inmediatamente 50 µL., del extracto de muestra del vaso de precipitados utilizando una pipeta.

3.2.2.2. (a) Insertar la cubeta de cuarzo en el equipo CVH y registrar la concentración del extracto de muestra en mg/L.

(b) Transferir el extracto de muestra de la pipeta al centro de la platina del equipo HATR-T, y permitir que el extracto de muestra se evapore y registrar la concentración de extracto de muestra residual en mg/L.

6.2.3. Cálculo de la concentración de TPH en el suelo.

Debido a que el espectrofotómetro infrarrojo puede medir la concentración de TPH en el suelo en mg/kg sobre la base del peso húmedo, no se requieren cálculos adicionales. Sin embargo, cualquier variación de la cantidad de muestra de suelo o reactivo.

6.3. OCMA-350.

Figura 3. Analizador OCMA 350.

Fuente: Horiba Instruments

Este dispositivo realiza la medición de TPH por el método infrarrojo. El OCMA-350 incluye un espectrofotómetro basado en filtro NDIR de haz único y longitud de onda fija, la radiación infrarroja de una lámpara de tungsteno se transmite a través de una cubeta cilíndrica de cuarzo que contiene un extracto de muestra, la radiación que ha pasado por el extracto entra en un detector que contiene un filtro que aísla las longitudes de onda analíticas en el rango de 3400 a 3500 nm.

El analizador OCMA 350, realiza la medición de compuestos aromáticos y alifáticos independientemente del rango de carbonos, realiza la medición también de todo tipo de combustibles.

El analizador OCMA 350, realiza la medición de TPH en el suelo siguiendo los siguientes tres pasos: extracción, medición de TPH en el extracto y cálculo de la concentración de TPH en el suelo. Estos pasos son descritos a continuación:

6.3.1. Extracción.

6.3.1.1. Medir 5 gramos de la muestra de suelo y colocar la cantidad medida en un vial de 40 ml.
6.3.1.2. Agregar 1 gramo de sulfato de sodio anhidro al vial para secar el suelo. Esto se hace para evitar que el agua dañe a la cubeta de cuarzo y obstruya el filtro. Mezclar el suelo y el sulfato de sodio anhidro con una espátula de acero inoxidable.
6.3.1.3. Agregar una cantidad cuidadosamente medida de solvente de extracción S-316 (nominalmente 20 ml) al vial.
6.3.1.4. Tapar el vial y mezclar la muestra durante 1 minuto.
6.3.1.5. Colocar el vial en posición vertical y espere al menos 1 minuto para permitir que las partículas de suelo se asienten.
6.3.1.6. Colocar un papel de filtro Whatman No. 40 de 11 centímetros de diámetro en un embudo de vidrio.
6.3.1.7. Verter el extracto a través del filtro y el embudo en un vaso de precipitado limpio.

6.3.2. Medición de TPH en el extracto.

6.3.2.1. Enjuagar previamente la cubeta de muestra de cuarzo con 1 a 4 mL., del extracto de muestra filtrado.
6.3.2.2. Colocar aproximadamente 6 mL., del extracto de muestra filtrado en una cubeta de cuarzo OCMA-350.
6.3.2.3. Insertar la cubeta en el espectrofotómetro infrarrojo y presione Medir.

6.3.3. Cálculo de la concentración de TPH en el suelo.

Debido a que el espectrofotómetro infrarrojo puede medir la concentración de TPH en el suelo en mg/kg sobre la base del peso húmedo, no se requieren cálculos adicionales. Sin embargo, cualquier variación de la cantidad de muestra de suelo o reactivo.

6.4. PetroFLAG™ Test Kit.

El kit de prueba PetroFLAG está basado en el principio de turbidimetría de emulsión.

El kit de prueba PetroFLAG utiliza una mezcla patentada de solventes orgánicos no polares para la extracción que se compone de alcoholes, principalmente metanol. El dispositivo también utiliza una solución del desarrollador patentada que es de naturaleza polar y que actúa como agente emulsionante. La solución reveladora también contiene agua y tensioactivos que estabilizan la emulsión.

De acuerdo con el desarrollador, el kit de prueba PetroFLAG puede medir los productos derivados del petróleo como aceite mineral, aceite de transformadores, grasas, aceites hidráulicos, aceites de motor, gasolina, diesel, aceites para engranajes, diesel de bajo contenido aromático, queroseno, gasolina degradada. El dispositivo no distingue entre hidrocarburos aromáticos y alifáticos, y responde a compuestos en el C8 a C36. El límite de detección del método está en el rango de 10 mg/kg para aceites hidráulicos hasta 1000 mg/kg para gasolinas degradadas.

La precisión y la exactitud del dispositivo se estiman en ± 10 y ± 20 por ciento.

El desarrollador Dexsil®, recomienda emplear el medidor HYDROSCOUT® para determinar el contenido de humedad en las muestras para realizar una corrección en la dilución del solvente.

El equipo PetroFLAG realiza la medición de TPH en suelo en tres pasos: extracción, filtración y desarrollo de emulsión y medición de turbidez y cálculo de la concentración de TPH.

6.4.1. Extracción.

6.4.1.1. Medir 10 gramos (± 0,1 gramos) de la muestra de suelo y colocar la cantidad medida en un tubo de polipropileno. Para ampliar el rango de cuantificación de las muestras que contienen fracciones de diesel, se puede analizar una muestra de 1 gramo o se puede analizar una muestra de 10 gramos usando el procedimiento de rango alto.
6.4.1.2. Verter el solvente de extracción del vial en el tubo y taparlo.
6.4.1.3. Ajustar el temporizador a 5 minutos y agitar el tubo durante 15 segundos o hasta que la muestra esté completamente húmeda.
6.4.1.4. Continuar agitando el tubo de forma intermitente durante un mínimo de 4 minutos, luego dejarlo reposar durante 1 minuto. Muestras que contienen contaminantes con fracciones de diesel se pueden extraer hasta por 1 hora sin pérdidas significativas.

6.4.2. Filtración y desarrollo de emulsiones.

6.4.2.1. Retirar el émbolo del conjunto filtro-jeringa y verificar que el disco del filtro de 0,2 µm esté firmemente sujeto al cilindro de la jeringa.
6.4.2.2. Retirar la tapa del vial de vidrio de 6 mL que contiene solución de revelador.
6.4.2.3. Retirar la tapa del tubo de polipropileno que contiene el suelo y el solvente de extracción, y verter el extracto sobrenadante en el cilindro de la jeringa. No permitir que, entre tierra en la jeringa, ya que demasiada tierra podría obstruir el filtro.
6.4.2.4. Desechar las primeras gotas del extracto del filtro en un contenedor de residuos y luego filtrar el extracto en el vial que contiene la solución de revelador. Agregar el extracto en el vial una gota a la vez hasta que el menisco entre en el cuello del vial.
6.4.2.5. Tapar el vial y agitarlo durante 10 segundos. Luego ajustar el temporizador a 10 minutos y dejar reposar el vial. Durante el período de 10 minutos, se desarrollará una emulsión asociada con los hidrocarburos en el extracto. No dejar reposar el vial más de 20 minutos antes de colocarlo en el turbidímetro, ya que esto podría ocasionar un sesgo en la lectura.

6.4.3. Medición de la turbidez y cálculo de la concentración de TPH.

6.4.3.1. Después del período de desarrollo de 10 minutos, colocar el vial en el turbidímetro, el cual previamente debe ser calibrado utilizando un blanco y un solo estándar de calibración. Si se conoce o sospecha cuál es el contaminante primario de una muestra, establezca el factor de respuesta apropiado definido por el desarrollador. De lo contrario, utilice un factor de respuesta de 5 como valor predeterminado.
6.4.3.2. Cuando el vial se coloca en el turbidímetro, un haz de luz a una longitud de onda de 585 nm pasa a través del vial, y se mide la intensidad de la luz dispersada en un ángulo de 90 grados con respecto al haz de luz inicial. La lectura de TPH del extracto de muestra se indica en el turbidímetro como mg/kg de TPH en el suelo en un peso húmedo base.
6.4.3.3. En determinadas circunstancias, el contenido de agua del suelo y el rango del número de carbono del analito pueden requerir un factor de corrección para tener en cuenta el contenido de agua del suelo. Para corregir la concentración de TPH en mg/kg tomando en consideración el contenido de humedad, se aplica la siguiente ecuación:

$$TPH\ después\ de\ la\ corrección\ para\ la\ dilución\ del\ solvente\ \left(\frac{mg}{kg}\right) = TPH\ antes\ de\ la\ corrección\ para\ dilución\ del\ solvente\ x\ \frac{100 + \%\ de\ humedad}{100}$$

7. REFERENCIAS

Field Measurement Technologies for Total Petroleum Hydrocarbons in Soil (US EPA/600/R-1/060).

Manual "Chemetrics TPH RemediAid Colorimetry Starter Kit, Friedel Crafts Method".

Hach - Analizador Infracal.

Dexsil – PetroFLAG Test Kit.

Procedimiento Operativo
Analizador Espectrometría XRF Portátil

CEV CONSORCIO Ecodes Ingeniería - Varichem de Colombia	***PROCEDIMIENTO ANALIZADOR ESPECTROMETRÍA XRF PORTÁTIL*** ***JUNIO, 2022***	Profonanpe

1 INTRODUCCIÓN

La dinámica de dispersión de los hidrocarburos depende de propiedades fisicoquímicas como la viscosidad, °API, coeficiente de reparto octanol-agua (Kow) de las fracciones de hidrocarburos; de las propiedades físicas del medio a través del cual se dispersan los hidrocarburos como la granulometría; de las condiciones locativas y específicas del sitio donde se produjo el vertimiento, como la topografía; de condiciones medioambientales como la lluvia.

La movilización de los metales pesados depende de factores como potencial REDOX, grado de especiación del metal, pH, solubilidad de las sustancias, materia orgánica presente en el suelo.

Ante esta multiplicidad de factores que condicionan el grado de movilidad de un contaminante y su potencial impacto sobre las personas y los ecosistemas, es fundamental y de gran importancia realizar mediciones y análisis cuantitativos en campo para determinar la concentración de los contaminantes de potencial preocupación.

Este procedimiento, tiene como finalidad describir tecnologías que permitan realiza la medición en campo de metales pesados como As, Cd, Cr, Hg, Pb, Ni y Zn.

En este procedimiento se indican los pasos para realizar mediciones en campo a través del analizador de fluorescencia por rayos X (XRF). Este dispositivo de medición es un espectrómetro de fluorescencia por rayos X de energía dispersiva que suele conocerse como analizador XRF.

El analizador brinda análisis químicos precisos para diversas áreas del campo industrial o comercial; entre ellas se encuentran:

- Identificación positiva del material
- Metales preciosos y quilate del oro
- Exploración minera
- Seguridad del consumidor
- Recolección y el procesamiento de residuos
- Análisis medioambientales

2 OBJETIVOS

El propósito de este procedimiento es brindar lineamientos para realizar las mediciones de metales pesados por medio de un analizador XFR.

3 ALCANCE

Se recomienda en el marco de las funciones y responsabilidades de la empresa ejecutora de las acciones de remediación y rehabilitación de los Sitios impactados por las actividades de hidrocarburos, realizar mediciones de metales pesados y a partir de los resultados analíticos determinados en campo definir el procedimiento de clasificación, separación y tratamiento de los sustratos de suelo analizados.

4 CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD

- Acceso limitado

Mantenga el equipo en un área controlada a la cual solo tengan acceso los usuarios capacitados y autorizados.

- Operadores capacitados

Coloque un aviso (cartel) cerca del analizador, en donde deberá indicar que están capacitados y hayan seguido los requisitos estipulados por las autoridades locales de reglamentación, podrán emplear el analizador. Al encender el analizador, la interfaz de la pantalla mostrará un mensaje. Este último indica que el equipo debe ser utilizado únicamente por el personal autorizado.

- Para prevenir la exposición excesiva a la radiación ionizante siga estas medidas:

No dirija ni oriente el analizador hacia usted o hacia otra persona durante la operación.
Nunca utilice los dedos o la palma de la mano para sostener la muestra en su posición.
Compruebe que ningún otro empleado este situado a menos de un metro (tres pies) de distancia del haz de rayos X del analizador XFR.

- Manipulación segura del analizador durante la operación

Oriente siempre el analizador XRF hacia la muestra, asegurándose de mantener las partes de su cuerpo (incluyendo las manos y los dedos) lejos de la ventana de medición.

Asegúrese de que la sonda del analizador (con ventana) esté colocada sobre el objetivo. Siempre que la ventana esté completamente cubierta, la radiación emitida en la zona alrededor de la muestra será lo más baja posible para esa muestra específica.

No intente analizar muestras mientras se encuentre sentado en una mesa o escritorio. Si la muestra está ubicada en una mesa hecha de madera o de algún material no metálico, algunas radiaciones parásitas penetrarán en la mesa exponiendo tanto sus pies como sus piernas ante éstas.

Estas medidas ayudarán a garantizar que las partes del cuerpo no quedan expuestas a la exposición radiológica.

5 ELEMENTOS DEL ANALIZADOR XRF

Los siguientes elementos están contenidos en el paquete del analizador XRF

5.1 Elementos Generales

- Analizador XRF
  - sonda
  - ventana de medición (película de polipropileno o Kapton)
  - placa de ventana abisagrada
  - conector de la estación
  - disparador
  - empuñadura
  - batería
  - cubierta de acceso del conector
  - indicador de advertencia de rayos x
  - pantalla táctil para la interfaz del usuario
  - botón atrás
  - joystick
  - botón de encendido
- Adaptador de CA
- Cable USB (USB A Captan mini USB B)
- Baterías de iones de litio (2)
- Ventanas adicionales (bolsa de 10)
- Unidad USB con documentación del producto

- Tarjeta de memoria microSD
- Verificar muestras (dependiendo del modelo)
- Estación de carga

- Cuchara de acero inoxidable y/o plástico.
- Espátula de acero inoxidable.

6 OPERACIÓN

- Botón de encendido: El botón de encendido/apagado es la única forma de encender el analizador.

- Disparador: Cada vez que el botón Start Test (Iniciar prueba) ( ) el gatillo inicia o detiene una prueba.

- Baterías del analizador XRF: El analizador XRF se entrega de serie con dos baterías de iones de litio extraíbles.
- Estación de carga: Asegúrese de que el adaptador de CA esté conectado a la estación de carga.

  Alinee los contactos de la batería con los contactos en la toma de la batería de repuesto de la estación de carga y después inserte la batería.
  La ranura de la batería tiene una muesca determinada para que solo pueda introducirse de una manera específica.

- Cambiar batería en caliente: Sostenga el analizador con el portaobjetivos mirando hacia en dirección opuesta de usted.
- Enfocar el analizador XFR a objetivos grandes y pequeños: Cuando el objetivo del ensayo es un objeto fijo grande como un conducto, una válvula, una pieza de metal, suelo, sedimento, muestra geológica, placas de circuito o productos de consumo, siga los pasos siguientes para orientar el analizador de forma correcta y segura al objetivo:
  - Observe siempre las medidas prácticas de seguridad indicadas en "características de seguridad".
  - Oriente siempre el analizador hacia la muestra, asegurándose de mantener las partes de su cuerpo (incluyendo las manos y los dedos) lejos de la ventana de medición.
  - Asegúrese de que la sonda del analizador (con ventana) esté colocada únicamente en el objetivo.
  - Para un objetivo pequeño Coloque la muestra sobre una superficie plana o utilice una pinza de apriete para mantener la muestra estática y para obtener, además, resultados de ensayos fiables y precisos de muestras pequeñas o dotadas de geometría irregular.
  - Si la muestra no cubriese completamente la ventana, asegúrese que la superficie de fondo no contenga no contenga metales (ni rastro o partículas de metales); ya que, el análisis por fluorescencia de rayos X podría registrar la presencia de metales adicionales, afectando de esta manera a los resultados del analizador XRF.

7 PRACTICAS DE ENSAYO

Al utilizar el analizador, optimice el rendimiento del analizador XRF siguiendo estas directrices de mejores prácticas:

- Compruebe que la ventana de medición del analizador esté limpia e intacta. Si está sucia o agrietada, cambie la ventana.

- Evite dañar la ventana al realizar ensayos con objetos afilados (por ejemplo, virutas metálicas) colocándolos encima de la muestra.
- Mantenga la ventana de medición del analizador XRF colocada correctamente encima o delante de la muestra durante toda la prueba.
- La muestra debería cubrir por completo la ventana de medición para obtener los mejores resultados.
- La muestra debería ser homogénea.
- La muestra debería tener un espesor suficiente para que el material adicional no afecte al resultado. Para muestras de aleación densa, este espesor es de un milímetro o menos. Para muestras de suelo o plástico, el espesor debe ser de 1,5 cm como máximo.
- Realice una prueba con una muestra en blanco o una muestra de ensayo con una composición química conocida periódicamente durante el día para verificar los resultados.

8 CONSIDERACIONES DE LA MUESTRA DE ENSAYO

8.1 Ejemplos revestidos/bañados o pintados

Si un material está revestido, cubierto o pintado, o tiene algún tipo de tratamiento en la superficie, el analizador puede inducir a errores al identificar una muestra como algo que realmente no lo es. Por ejemplo: una pieza de acero pintada de color plateado muestra altas concentraciones de titanio debido a la pintura; por lo tanto, esta será identificada incorrectamente como una aleación de titanio.

Para asegurar la identificación adecuada de los materiales revestidos, pula un área ligeramente más grande, que aquella de la ventana del analizador, para retirar
el revestimiento. Es importante seleccionar el material adecuado para efectuar el pulido y evitar interferencias con el análisis.
Nota: No utilice elementos abrasivos a base de silicona para pulverizar materiales revestidos durante un análisis de silicio.
No es necesario limpiar o pulir completamente todo el material; sin embargo, es necesario limpiarlo de todo residuo evidente.

8.2 Muestras combinadas, materiales heterogéneos

Los acabados en piezas metálicas pueden contener hasta más de un tipo de metal. Es posible que se requieran análisis de virutas combinadas o de una variedad de piezas pequeñas. En tales casos, recuerde que el analizador mide el área cubierta por la ventana de medición, e informa sobre un valor promedio de la química elemental.
Nota: Cuando analiza piezas de metales o de soldaduras, asegúrese de que solo el metal de interés cubra la ventana de medición.

8.3 Muestras pequeñas y de forma irregular

Para medir piezas más pequeñas que la de la ventana de análisis, se debe:

- Incrementar el tiempo de ensayo.
- Maximizar la proximidad del material con la ventana.

Ya que la señal de las piezas pequeñas es inferior en intensidad que aquellas provenientes de otras muestras (que cubren completamente la ventana), la precisión de los análisis en las mediciones de pequeñas piezas es reducida. De ser posible, analizar la parte más grande y plana de un objeto de forma irregular.

Asegúrese de no perforar la ventana del analizador, durante los análisis de piezas pequeñas puntiagudas; ya que, estos objetos pueden causar daños que requieren reparaciones costosas.

9 ESTANDARES DE VERIFICACIÓN

Se recomienda medir periódicamente una muestra de vacío y los estándares de verificación durante todo el día, para garantizar que los datos son lo más precisos posibles.

Los estándares que son suministrados con los analizadores XRF están contenidos en recipientes de muestra especiales de XRF. Estos recipientes están dotados de un cuerpo resistente y de películas (como ventanas), a través de las cuales pueden visualizarse y analizarse las muestras de suelos.

9.1 Presentación de la muestra

- Ensayos in situ

Un ensayo *in situ* se efectúa al orientar el analizador hacia el suelo. Despeje el área de césped o rocas grandes, coja el analizador y mantenga la punta de la sonda orientada hacia el suelo y al ras. Después de cada análisis, elimine suavemente la suciedad de la ventana de medición. Asegúrese de que la ventana de medición no esté rota ni perforada.

- Muestras empaquetadas o preparadas

Coloque las muestras preparadas en los recipientes de muestra; después, efectúe un ensayo a través de la ventana del recipiente de muestras. Coloque la ventana de medición del analizador directamente sobre el lado de la película que cubre el recipiente de muestra.

Las preparaciones de las muestras deben respetar las siguientes condiciones:

- Evite que la muestra sea muy delgada. Esto podría afectar los resultados. Prepare los recipientes con el estándar de muestra contenido en este, formando al menos 15 mm de espesor.
- Al analizar muestras empaquetadas (en bolsas), asegúrese de que la bolsa contenga una cantidad suficiente del material para cubrir completamente la ventana (un mínimo de 15 mm de espesor formado por la muestra es recomendado).
- Cuando se utilizan bolsas para contener las muestras, es mejor comprar las bolsas de plástico más económicas; es decir, aquellas de espesor delgado que permitirán un análisis más preciso.
- Al analizar a través de bolsas, se compromete el rendimiento de los elementos ligeros.

10 REFERENCIAS

- *Vanta Family—X-Ray Fluorescence Analyzer: User's Manual* (DMTA-10072-01EN – Rev. A, February 2016)