INDICE GENERAL

No.	Capitulo	Pagina
1.	ANTECEDENTES	1
1.1	Descripción del Accidente y Áreas Afectadas	1
1.2	Trabajos de Atención a la Emergencia	4
1.3	Características de la Gasolina	5
2.	MARCO LEGAL APLICABLE	6
3.	ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN	7
4.	OBJETIVO	9
4.1	Objetivo General	9
4.2	Objetivos específicos	9
5.	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SITIO CONTAMINADO	11
5.1	Localización del sitio	11
5.2	Características ambientales de la zona	14
5.2.1	Orografía	14
5.2.2	Hidrografía	14
5.2.3	Clima	14
5.2.4	Flora	15
5.2.5	Fauna	15
5.2.6	Clasificación y Uso del Suelo	15
5.3	Población e Infraestructura	16
5.3.1	Cultura indígena en Villa de Allende	16
5.3.2	Desempleo y economía en Villa de Allende	16
5.3.3	Viviendas e infraestructuras en Villa de Allende	16
5.3.4	Escuelas en Villa de Allende	17
5.3.5	Vías de Comunicación	17
5.3.6	Vía de acceso al sitio de estudio	17
6.	METODOLOGÍA Y TRABAJOS DE CAMPO	18
6.1	Aviso a la ASEA	18
6.2	Etapa de Planeación	18
6.3	Etapa de Trabajos de Campo	19
6.4	Etapa de Gabinete	19
6.5	Recopilación de información	19
6.6	Localización del sitio	20
6.7	Determinación del área afectada	20
6.8	Levantamiento topográfico	20
6.9	Planeación de la Toma de Muestras	21
6.9.1	Plan para la toma de Muestras	21
6.9.2	Parámetros a Analizar	23
6.10	Laboratorio para toma de Muestras y Análisis	25
6.11	Toma de Muestras	25
6.12	Aspectos Técnicos	27

No.	Capitulo	Pagina
7.	RESULTADOS	29
7.1	Trabajos de campo realizados y análisis de resultados	29
7.2	Ubicación de los puntos de muestreo	29
7.3	Perforación de pozos de muestreo con extracción de núcleos para determinar perfil estratigráfico	29
7.4	Toma de muestras de suelo dentro y fuera de la zona identificada como afectada y resultados de análisis de laboratorio de la determinación de HFL y BTEX's	30
7.4.1	Resultados de laboratorio para determinar Hidrocarburos Fracción Ligera	36
7.4.1.1	Resultados de análisis a muestras tomadas a 0.20 m de profundidad	36
7.4.1.2	Resultados de análisis a muestras tomadas a 0.25 m de profundidad	37
7.4.1.3	Resultados de análisis a muestras tomadas a 0.30 m de profundidad	39
7.4.1.4	Resultados de análisis a muestras tomadas a 0.40 m de profundidad	41
7.4.1.5	Resultados de análisis a muestras tomadas a 0.60 m de profundidad	43
7.4.1.6	Resultados de análisis a muestras tomadas a 0.70 m de profundidad	45
7.4.1.7	Resultados de análisis a muestras tomadas a 1.40 m de profundidad	45
7.4.2	Resultados de Laboratorio para determinar Tolueno, Benceno, Etilbenceno y Xilenos (BTEX)	46
7.5	Determinación de pH y Humedad	51
7.6	Integración y análisis de los resultados de laboratorio	53
8.	IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA PLUMA CONTAMINANTE	56
8.1	Modelo de Simulación	56
8.2	Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) a 0.20 m de profundidad	57
8.3	Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) a 0.25 m de profundidad	59
8.4	Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) a 0.30 m de profundidad	61
8.5	Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) a 0.40 m de profundidad	63
8.6	Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) a 0.60 m de profundidad	65
8.7	Determinación del área y volumen total de contaminación	67
9	IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE DAÑOS AL AMBIENTE	70
9.1	Estimación de Daños al Ambiente	70
9.2	Estimación de Daños Materiales	72
10	EVALUACIÓN DEL RIESGO ECOLÓGICO Y A LA SALUD HUMANA	73
10.1	Riesgo a la Salud Humana	73
10.2	Evaluación de Riesgo Ecológico	73
11	ANÁLISIS Y CONCLUSIONES	75

No.	Capitulo	Pagina
12	PLAN DE SANEAMIENTO	77
12.1.	Propuesta de Saneamiento para suelo contaminado con HFL y BTEX	78
12.1.1	Diseño de la retícula de pozos	79
12.1.2	Equipos para la inyección de aire, sustancias y la extracción de gases generados durante el proceso de tratamiento	85
12.1.3	Bacterias para una bioaumentación	86
12.1.4	Tratamiento de gases generados por el proceso de tratamiento	86
12.1.5	Listado de materiales y equipo a emplear	87
12.1.6	Procedimiento para Instalación y Operación del Sistema de Tratamiento	90
12.1.6.1	Instalación del Sistema de Tratamiento	90
12.1.6.2	Operación del Sistema de Tratamiento	91
12.1.7	Evaluaciones de seguimiento	93
12.1.8	Evaluación final	93
12.1.9	Informe final y reintegración de material a su lugar de origen	94
12.1.10	Tiempo requerido para el tratamiento	94

INDICE DE FIGURAS

Figura	Titulo	Pagina
1	Retorno de la autopista donde se originó el siniestro	2
2	Esquematización de las áreas afectadas por el siniestro	3
3	Ubicación a nivel estatal del sitio afectado por el derrame de Gasolina	12
4	Ubicación regional del sitio afectado por el derrame de Gasolina	12
5	Ubicación local del sitio afectado por el derrame de Gasolina	13
6	Ubicación local del sitio afectado por el derrame de Gasolina	13
7	Ubicación de los puntos de muestreo en las áreas afectadas por el derrame de Gasolina Sección 1.	22
8	Ubicación de los puntos de muestreo en las áreas afectadas por el derrame de Gasolina Sección 2.	22
9	Perfil estratigráfico de las zonas de estudio	30
10	Ubicación de los puntos de muestreo que presentan concentraciones mayores al LMP establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para HFL a 0.20 m de profundidad	37
11	Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo que presentan concentraciones que sobrepasan los LMP establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para HFL a 0.25 m de profundidad	39
12	Ubicación de los puntos de muestreo que presentan concentraciones mayores al LMP establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para HFL a 0.30 m de profundidad	41
13	Ubicación de los puntos de muestreo que presentan concentraciones mayores al LMP establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para HFL a 0.40 m de profundidad	43
14	Ubicación de los puntos de muestreo que presentan concentraciones mayores al LMP establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para HFL a 0.60 m de profundidad.	45
15	Simulación de la pluma contaminante de Hidrocarburos Fracción Ligera a 0.20 m. Zonas 7 y 8.	58
16	Simulación de la pluma contaminante de Hidrocarburos Fracción Ligera a 0.25 m. Zona 4, 5 y 6.	60
17	Simulación de la pluma contaminante de Hidrocarburos Fracción Ligera a 0.30 m. Zona 2.	62
18	Simulación de la pluma contaminante de Hidrocarburos Fracción Ligera a 0.40 m. Zona 1.	64
19	Simulación de la pluma contaminante de Hidrocarburos Fracción Ligera a 0.60 m. Zona 3.	66
20	Integración de las Plumas Contaminantes determinadas por el modelo de simulación para Hidrocarburos Fracción Ligera (Sección 1).	67
21	Integración de las Plumas Contaminantes determinadas por el modelo de simulación para Hidrocarburos Fracción Ligera (Sección 2).	68

Figura	Titulo	Pagina
22	Modelo 3D de la pluma contaminante total	68
23	Zona afectada por derrame de Gasolina Magna	71
24	Cuneta de suelo natural por donde escurrió la gasolina	71
25	Vegetación en la zona del derecho de vía	72
26	Distribución de los pozos en las Zona 7 y Zona 8 para la restauración de suelo contaminado con HFL.	82
27	Distribución de los pozos en las Zona 4, Zona 5 y Zona 6 para la restauración de suelo contaminado con HFL	83
28	Distribución de los pozos en las Zona 1 y Zona 2 para la restauración de suelo contaminado con HFL.	84
29	. Distribución de los pozos en la Zona 3 para la restauración de suelo contaminado con HFL.	84
30	Esquema de construcción de los pozos de tratamiento	85
31	Cronograma para realización del Tratamiento de "Bioventeo Aerobio en el Sitio Contaminado"	95

INDICE DE TABLAS

Tabla	Titulo	Pagina
1	Dimensiones resultantes de la visita inicial de las zonas identificadas como afectadas por el derrame de gasolina.	3
2	Parámetros a analizar y Límites Máximos Permisibles establecidos en la NOM 138 SEMARNAT/SSA1-2012	6
3	Límites máximos permisibles de Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX para Uso de Suelo Agrícola, Forestal, Pecuario y de Conservación (NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012)	9
4	Puntos de Muestreo, profundidad de las muestras y parámetros a analizar	23
5	Ubicación de los puntos de muestreo en coordenadas UTM.	25
6	Resultados de los análisis de laboratorio de HFL y BTEX en muestras de suelo tomadas a 0.20, 0.25, 0.30, 0.40, 0.60, 0.70 y a 1.40 m.	32
7	Resultados de análisis de laboratorio de Hidrocarburos Fracción Ligera a muestras de suelo tomadas a 0.20 m de profundidad.	36
8	Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera a muestras de suelo tomadas a 0.25 m de profundidad.	38
9	Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera a muestras de suelo tomadas a 0.30 m de profundidad.	40
10	Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera a muestras de suelo tomadas a 0.40 m de profundidad.	42
11	Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera a muestras de suelo tomadas a 0.60 m de profundidad.	44
12	Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera a 0.60 m de profundidad	45
13	Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera a muestras de suelo tomadas a 1.40 m de profundidad.	46
14	Resultados de análisis de laboratorio para BTEX a 0.20 m, 0.25 m, 0.30 m, 0.40 m, 0.60 m 0.70 m y a 1.40 m de profundidad.	47
15	Resultados de análisis de laboratorio para pH y Humedad para las muestras de suelo.	51
16	Resultados de análisis de laboratorio de Hidrocarburos Fracción Ligera a 0.20 m de profundidad.	58
17	Área y volumen de suelo contaminado HFL 0.20 m	59
18	Resultados de análisis de laboratorio de Hidrocarburos Fracción Ligera a 0.25 m de profundidad.	59
19	Área y volumen de suelo contaminado HFL 0.25 m	61
20	Resultados de análisis de laboratorio de Hidrocarburos Fracción Ligera a 0.30 m de profundidad.	61
21	Área y volumen de suelo contaminado HFL 0.30 m	62

Tabla	Titulo	Pagina
22	Resultados de análisis de laboratorio de Hidrocarburos Fracción Ligera a 0.40 m de profundidad.	63
23	Área y volumen de suelo contaminado HFL 0.40 m	64
24	Resultados de análisis de laboratorio de Hidrocarburos Fracción Ligera a 0.60 m de profundidad.	65
25	Área y volumen de suelo contaminado HFL 0.60 m	66
26	Área y volumen total de suelo contaminado obtenido de las plumas contaminantes.	69
27	Resumen de las zonas contaminadas con HFL por estrato.	77
28	Número de pozos a instalar en cada una de las zonas afectadas para el tratamiento de bioventeo para la remoción de HFL.	80
29	Productos para Tratamiento	87
30	Material a Utilizar para Construcción de Pozos.	87
31	Equipo a Utilizar.	87
32	Límites máximos permisibles de Hidrocarburos Fracción Ligera para Uso de Suelo Agrícola, Forestal, Pecuario y de Conservación (NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012)	92

ANEXOS

No.	Titulo
A	Memoria Fotográfica
B	Informe del siniestro. Copia de acuse de recibido de notificación a la ASEA. Formatos P-ASEA-USIVI-004 y P-ASEA-USIVI-005
C	Carta Porte
D	Protocolo de muestreo
E	Plano "Levantamiento topográfico (L1)"
F	Plano "Ubicación Puntos de Muestreo (M1)"
G	Plano "Plumas de Contaminación (M2, M3, M4, M5, M6 y M7)"
H	Resultados de Análisis de Laboratorio
I	Acreditación del Laboratorio
J	Medidas de Atención para Control de Emisiones al Ambiente

INFORME FINAL

ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN PARA EVALUAR CONTAMINACIÓN DE SUELO POR DERRAME DE GASOLINA POR VOLCADURA DE UN AUTOTANQUE EN LA CARRETERA TOLUCA-ZITACUARO EN EL KM 40+500, MUNICIPIO VILLA DE ALLENDE, ESTADO DE MÉXICO.

Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.

1.- ANTECEDENTES

1.1.- Descripción del Accidente y Áreas Afectadas

El 29 de enero del 2020, un autotanque perteneciente al Nombre de persona física. [redacted] sufrió un accidente mientras transitaba por la autopista Toluca-Zitácuaro en el Km 40+ 500 dirección a Zitácuaro, Municipio de Villa de Allende, Estado de México, provocando que se derramaran 30,000 litros de Gasolina Magna.

Bajo la política de cumplir con lo dispuesto por la Ley ambiental del país, el [redacted] de persona física. [redacted] realizó los trámites pertinentes para dar aviso a la autoridad ambiental implicada, Agencia de Seguridad Energía y Ambiente (ASEA), estableciendo el compromiso de realizar los trabajos necesarios para reparar los daños a la salud de la población, al ambiente y los bienes materiales que se hubieren afectado. Lo anterior lo realiza con la participación de Quálitas Seguros S.A. con quien tiene contratada la Póliza 8990108683/0001 para dar seguimiento al trámite conducente para la reparación de los daños.

Por ese motivo, se designó a la empresa Consultoría Ambiental Estudios y Proyectos S.A. de C.V. (CAEPSA), para realizar los trabajos de evaluación de los daños ambientales que se pudieron ocasionar, así como de todos aquellos trámites ambientales que se generen con la autoridad competente.

Para evaluar los daños ambientales ocasionados por el derrame de Gasolina Magna en la zona, el personal de Consultoría Ambiental Estudios y Proyectos S.A. de C.V. realizó una visita inicial al sitio del siniestro el día 13 de febrero de 2020, en donde se observó lo siguiente:

En la Autopista Toluca-Zitácuaro, a la altura del km 40+500, en dirección hacia Zitácuaro, se ubica un retorno el cual corresponde a un puente elevado para regresar hacia dirección a Toluca y tomar la carretera libre hacia Valle de Bravo (*Figura 1*). Este fue tomado por el operador del Autotanque, que manifiesto que en la parte alta del retorno las llantas delanteras saltaron con un escalón que presenta la carretera a causa de un desnivel, y al pasar por el mismo punto los ejes de tracción, comenzó a ladearse la carga hacia el costado izquierdo, enderezando el volante hacia el lado derecho para recuperar la vertical, y al pasar sobre el escalón los 2 ejes del remolque, el camión se fue sobre su lado derecho prácticamente parado, volcándose sobre la barrera de contención.

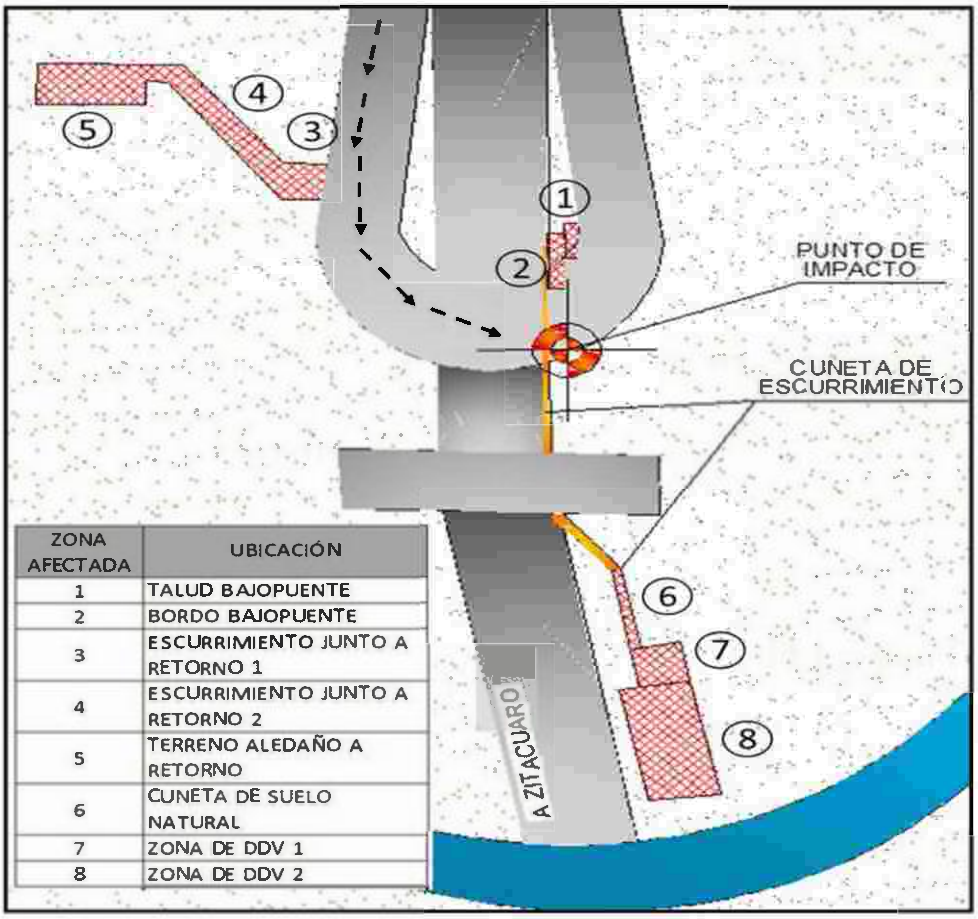
En el siniestro se derramaron 30,000 L de gasolina aproximadamente, la cual primero escurrió de la parte alta del puente por el Talud y hacia un Bordo de tierra ubicados bajo el puente, para posteriormente escurrir hacia el drenaje pluvial de la Autopista, desplazándose por cunetas de concreto (tanto en dirección hacia Zitácuaro como hacia Toluca) y posteriormente escurrió por fuera de la carretera hacia cunetas de tierra natural, afectando también suelo del Derecho de Vía.



Figura 1. Retorno de la autopista donde se originó el siniestro

En la siguiente figura se muestra una esquematización de las ocho áreas identificadas como afectadas por el derrame de gasolina, derivado del siniestro descrito anteriormente.

Del sondeo realizado el día de la visita inicial, se identificó la profundidad y las dimensiones en cada una de las zonas identificadas como afectadas. Lo anterior se presenta en la siguiente tabla.



ZONA AFECTADA	UBICACIÓN
1	TALUD BAJOPUENTE
2	BORDO BAJOPUENTE
3	ESCURRIMIENTO JUNTO A RETORNO 1
4	ESCURRIMIENTO JUNTO A RETORNO 2
5	TERRENO ALEDAÑO A RETORNO
6	CUNETA DE SUELO NATURAL
7	ZONA DE DDV 1
8	ZONA DE DDV 2

Figura 2. Esquematización de las áreas afectadas por el siniestro

Tabla 1. Dimensiones resultantes de la visita inicial de las zonas identificadas como afectadas por el derrame de gasolina.

ZONA	DIMENSIONES (m)		PROFUNDIDAD (m)
	LARGO	ANCHO	
1.- TALUD BAJOPUENTE	5	7	0.55
2.- BORDO BAJOPUENTE	13	8.5	0.60
3.- ESCURRIMIENTO RETORNO 1	6	3	1.30
4.- ESCURRIMIENTO	46	0.5	0.50

ZONA	DIMENSIONES (m)		PROFUNDIDAD (m)
	LARGO	ANCHO	
RETORNO 2			
5.- TERRENO ALEDAÑO	20	2.5	0.50
6.- CUNETA DE SUELO NATURAL	175	1.2	0.40
7.- ZONA DDV1	12	12	0.30
8.- ZONA DDV2	100	17	0.30

1.2.- Trabajos de Atención a la Emergencia

Como parte de los trabajos de atención a la emergencia y debido al riesgo que representaba la gasolina derramada en la autopista, Protección Civil lavó la zona en la que se había derramado la gasolina. El agua de lavado arrastró el hidrocarburo alcanzando una distancia aproximada de 750 m; aumentando la superficie de suelo afectada.

- **Medidas de Atención para Control de Emisiones al Ambiente**

Se manifiesta que derivado del siniestro que origino se derramarán 30,000 litros de gasolina, los cuales Protección Civil del Municipio y Bomberos del municipio, con la finalidad de evitar que el producto se concentrara en la zona de la carretera y se incendiara, aplicaron agua, lo que dio lugar a que la mezcla corriera en dirección hacia unas parcelas agrícolas pertenecientes al Ejido Francisco Santiago del Mpio. Villa de Allende. Esta situación genero condiciones que dificultaron la realización de cualquier acción, tal como se explica a continuación:

1. Que con la finalidad de tomar acciones inmediatas para controlar el daño generado por el derrame de la Gasolina, el 2 de febrero del 2020 se contrató a la compañía "Servicios Especializados para Gasolineras", quien traía como plan de trabajo retirar la tierra contaminada en tambos de 200 litros para confinarla y agregar bacteria para degradar la gasolina remanente.
2. Sin embargo, los ejidatarios impidieron que se realizara ningún tipo de acción, ya que con actitudes violentas los desalojaron del sitio, reteniendo los vehículos por varias horas.
3. De tal forma, se manifiesta que debido a las actitudes hostiles y de amenaza al personal, se impidió se realizarán los trabajos de control después del derrame para

evitar que los compuestos volátiles presentes en la gasolina se incorporarán a la atmósfera.

En Anexos se presenta el soporte documental sobre el presente tema.

1.3.- Características de la Gasolina

La Gasolina Magna es un líquido inflamable no corrosivo, de color rojo y con olor característico, y resulta reactiva con materiales que son fuertes oxidantes y con fuentes de ignición.

- Usos

La gasolina es un hidrocarburo que se utiliza principalmente como combustible en motores de combustión interna; aunque también tiene otros usos como son: combustible en lámparas o estufas, limpiador y solvente.

- Riesgo

Vías de entrada: Inhalación de vapor, ingestión y absorción cutánea del líquido.

- Efectos Nocivos

La gasolina tiene efectos tóxicos agudos como son: irritación e hiperemia conjuntival, cefalea, mareo, nauseas, vértigo, nistagmos, falta de coordinación, desorientación, confusión, ataxia, miosis, delirio, depresión del sistema nervioso central, arritmias, coma, hemorragia aguda temprana del páncreas y degeneración grasa del páncreas. Así mismo puede causar otros efectos como bronquitis o neumonía. Es un agente mutagénico y cancerígeno en animales.

La toxicidad sistémica por exposiciones repetidas se presentan en la piel como la xerosis dérmica; en el sistema digestivo: vómito y diarrea, en el sistema nervioso central: insomnio, mareos, dolor de cabeza, ataxia, delirio y coma; y por último en el sistema hematológico provocando enfermedades como la anemia.

- Medidas De Protección Personal

No se debe de ingerir alimentos, beber o fumar durante el manejo de la sustancia. No usar lentes de contacto. Emplear anteojos de seguridad con protección lateral, respirador con filtro para vapores orgánicos y en caso de atención de fugas o derrames usar careta facial, y equipo de respiración autónomo. Cuando exista contacto prolongado con la piel usar botas y guantes de hule.

2.- MARCO LEGAL APLICABLE

La legislación actualmente en México para la evaluación de la contaminación de los suelos por hidrocarburos es la *"Norma Oficial Mexicana NOM 138 SEMARNAT/SSA1-2012 que establece los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación"*.

En esta norma se establecen las concentraciones máximas de hidrocarburos y sus componentes principales que se deberán presentar en los suelos afectados, para que éstos se consideren contaminados. En la *Tabla 2*, se describen los parámetros a evaluar correspondientes al presente siniestro de derrame de Gasolina Magna, marcando la concentración máxima permisible (en mg/kg) de acuerdo al uso del suelo y el método analítico reconocido definidos en la *NOM 138 SEMARNAT/SSA1-2012*.

Tabla 2. Parámetros a analizar y Límites Máximos Permisibles establecidos en la NOM 138 SEMARNAT/SSA1-2012

Contaminante	Concentración Máxima Permitida (mg/kg)	Método Analítico
HFL	200	NMX-AA-105-SCFI-2008
Benceno	6	NMX-AA-141-SCFI-2007
Tolueno	40	NMX-AA-141-SCFI-2007
Etilbenceno	10	NMX-AA-141-SCFI-2007
Xilenos	40	NMX-AA-141-SCFI-2007

En México, el marco legal ambiental referente al manejo de la contaminación de los suelos que se tiene, además de la Norma Oficial Mexicana NOM 138 SEMARNAT/SSA1-2012, Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación, se cuenta con:

- La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente,
- La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos
- El Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

3.- ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN

Una vez que se han realizado los trabajos de identificación del área afectada, delimitando la superficie y la posible ruta por donde se desplazó el contaminante, se procedió a planear la realización del Estudio de Caracterización.

Derivado de que se presenta contaminación por Gasolina Magna y tratándose de la Fracción Ligera del Hidrocarburo se considera en el presente estudio la presencia de otros contaminantes como son: Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos (BTEX); y se tomó como referencia para su evaluación lo establecido en la *NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, "Límites Máximos Permisibles de Hidrocarburos en Suelo y Lineamientos para el Muestreo y Especificaciones para la Remediación"*, bajo el concepto de Uso de Suelo Agrícola, Forestal, Pecuario y de Conservación.

Tal como se establece en la *Ley General de Prevención y Gestión Integral de Residuos* (LGPGIR) se define la caracterización de sitios contaminados como "la determinación cualitativa y cuantitativa de los contaminantes químicos o biológicos presentes, provenientes de materiales o residuos peligrosos, para identificar y estimar la magnitud y tipo de riesgos que conlleva dicha contaminación".

La realización del Estudio de Caracterización en el área afectada por contaminación de Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX, permitió identificar con certeza la existencia de los contaminantes y sus concentraciones a fin de poder determinar, si es el caso, si existen concentraciones que sobrepasen los Límites Máximos Permisibles establecidos en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, determinando superficies afectadas y profundidad de penetración, reportándose el volumen de suelo contaminado, expresado en metros cúbicos.

Para realizar el estudio de caracterización de sitio, se requiere trabajar en una "evaluación integral", la cual comprende de la recopilación de toda la información referente al sitio, tal como los antecedentes del accidente ocurrido, características del sitio y del entorno ecológico (su ubicación), actividad desarrollada en el lugar, sustancia derramada, posibles fuentes externas de contaminación, etc.

Una vez recopilada esta información se elabora un "plan de caracterización" donde se señalan las posibles áreas críticas y los métodos para determinar la distribución del o los contaminantes en el sitio en cuestión. De lo anterior se obtiene una evaluación cuantitativa del grado de contaminación en el sitio afectado, justificada mediante el análisis del contaminante por métodos y técnicas de instrumentación y control de laboratorios acreditados. La evaluación final se presenta con la obtención de una pluma contaminante, identificando su localización dentro del sitio contaminante.

Con todo lo anterior, se busca la mejor alternativa para la remediación del sitio mediante técnicas probadas y admitidas por la autoridad ambiental. Esta actividad es el punto concluyente del proceso técnico que se sigue para rehabilitar un sitio, con lo que se pretende devolver al suelo (si es factible) su uso potencial de acuerdo a su vocación natural, así como su uso correspondiente de acuerdo a los planes y programas de ordenamiento territorial, estatal y municipal.

En México, la dependencia que se encarga de establecer las metodologías e instrumentos normativos que deben seguirse para realizar los trabajos de caracterización y remediación de sitios contaminados con hidrocarburos es la: Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) por medio de la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA). Esta última es quien tiene la obligación de vigilar que esto se lleve a cabo.

4.- OBJETIVO

4.1.- Objetivo General

Realizar el Estudio de Caracterización del siniestro identificado como: *"Derrame de Gasolina Magna por volcadura de un autotanque en la autopista Toluca-Zitácuaro en el km 40+500, Municipio de Villa de Allende, Estado de México"*, para determinar el nivel de contaminación por Gasolina Magna (Hidrocarburos Fracción Ligera) y/o BTEX, dimensionando la superficie y el volumen de suelo afectado.

El estudio se realizó con base en la actual Normatividad Mexicana, bajo los criterios de la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 la cual indica los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación mostrados en la *Tabla 3*.

Tabla 3. Límites máximos permisibles de Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX para Uso de Suelo Agrícola, Forestal, Pecuario y de Conservación (NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012)

PARAMETRO	Límite Máximo Permisible (mg/kg base seca)
Hidrocarburos Fracción Ligera	200
Benceno	6
Tolueno	40
Etilbenceno	10
Xilenos	40

4.2.- Objetivos específicos

- Localizar el sitio de estudio mediante coordenadas geográficas y UTM, elaborando croquis y planos.
- Realizar la búsqueda documental para la caracterización general del sitio.
- Realizar un levantamiento topográfico del sitio de estudio.
- Conocer las características fisicoquímicas, riesgos a la salud por exposición y medidas de seguridad del contaminante.
- Conocer las características del área afectada, así como también del área libre de hidrocarburo.

- Realizar la perforación vertical de pozos de muestreo manualmente, extrayendo núcleos inalterados de suelo en la zona contaminada.
- Tomar muestras de suelo para su análisis en laboratorio, de acuerdo a los lineamientos establecidos en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.
- Determinar de las características específicas del área contaminada mediante una simulación de los resultados obtenidos del análisis de laboratorio, identificando la superficie afectada y el volumen de suelo contaminado y la probable migración del contaminante en el suelo.
- Realizar el informe final del estudio de caracterización y la propuesta de remediación de acuerdo a los resultados obtenidos.

5.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SITIO CONTAMINADO

Como elemento importante del Estudio de Caracterización es necesario saber las características ambientales y sociales del área donde se originó el siniestro a fin de proyectar los alcances de la afectación por la contaminación. A continuación se presenta una descripción de las características de la zona de estudio. Se anexa memoria fotográfica de las visitas realizadas (ANEXO A).

5.1.- Localización del sitio

La zona afectada se encuentra ubicada en el municipio de Villa de Allende en el Estado de México. El municipio se localiza entre los paralelos 19°17' y 19°30' latitud norte y los meridianos 99°60 y 100°15' longitud oeste; a una altitud de entre 1,900 y 3,600 m. Colinda al norte con el Estado de Michoacán de Ocampo y los municipios de San José del Rincón y Villa Victoria; al este con los municipios de Villa Victoria y Amanalco; al sur con los municipios de Amanalco y Donato Guerra, al oeste con el municipio de Donato Guerra y el Estado de Michoacán de Ocampo. El municipio se conforma de 71 localidades y ocupa el 1.38% de la superficie del Estado.

La zona donde ocurrió el derrame de Gasolina Magna fue en la autopista Toluca-Zitácuaro en el Km 40+500 en el Municipio de Villa de Allende, Estado de México. Las coordenadas geográficas del punto del siniestro son: Long 19°23'46" y Lat. 100°04'30" y Coordenadas UTM 14Q 387121.33mE – 2145006.21 mN. En las siguientes figuras se muestra la ubicación de la zona.



Figura 3. Ubicación a nivel estatal del sitio afectado por el derrame de Gasolina



Figura 4. Ubicación regional del sitio afectado por el derrame de Gasolina



Figura 5. Ubicación local del sitio afectado por el derrame de Gasolina



Figura 6. Ubicación local del sitio afectado por el derrame de Gasolina

5.2.- Características ambientales de la zona

5.2.1.- Orografía

El municipio Villa de Allende presenta dos formaciones geográficas bien definidas; la primera es la zona baja de llanuras, las cuales suelen estar interrumpidas por pequeñas lomas, y la segunda formación es la zona montañosa que se ubica al sur y al poniente del municipio. Los cerros más importantes que se encuentran son: el cerro del Pelón o también conocido como el cerro del Zapatero, el cual se localiza entre los municipios Donato Guerra y Villa de Allende. En cuanto a los cerros ubicados en la zona sur del municipio se pueden mencionar Los Cántaros, El Piloncillo, La Calera y la Palma. El cerro de la Sabana se localiza en el oriente del municipio.

5.2.2.- Hidrografía

El municipio de Villa de Allende se encuentra en la región hidrológica del Balsas, en la cuenca del río Cutzamala. Esta se compone de cuatro ríos principales: La Asunción, San José, Los Berros y El Salitre. Estos a su vez cuentan con afluencia de 18 arroyos, entre los que destacan: Las Palomas, Cuando Suena la Guitarra, San Miguel, Ojo de Agua y El Jacal.

Existen también otros elementos hídricos en el municipio los cuales son: 27 manantiales, 3 pozos, 5 bordos y 6 acueductos. Los manantiales más importantes en la zona son los de Almoloyita y Agua Escondida; los cuales se ubican en el poniente del municipio. Los manantiales de Las Pilas y Las Laderas son los que se encargan principalmente de suministrar de agua potable a la cabecera municipal.

A 770 m aproximadamente de donde se originó el siniestro se encuentra un río; el cual no resultó afectado por el derrame de gasolina.

5.2.3.- Clima

De acuerdo con el "Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos" del municipio de Villa de Allende, México con clave geoestadística 15111; el municipio se caracteriza por tener en un 88.78% un clima templado subhúmedo con lluvias en verano. Este cuenta con una precipitación pluvial promedio de 1,000 mm, principalmente en los meses de junio a agosto. La temperatura promedio anual que se

reporta es de 16° a 18°C. El otro 11.22%, que se encuentra en la zona norte y poniente del municipio, corresponde a un clima semifrío, subhúmedo con lluvias en verano. Cuenta con una precipitación pluvial mayor a los 1,000 mm. La dirección general de los vientos es de sur a oeste.

5.2.4.- Flora

En la zona los arboles más comunes son: pino, cedro, fresno, eucalipto, sauce llorón y roble. También se pueden encontrar otros ejemplares como la jacaranda y la casuarina. Los árboles frutales que hay en la zona son: capulín, durazno, perales, ciruelo amarillo, manzano, nuez, membrillo, higuera, chabacano, aguacate y tejocote.

Los tipos de plantas silvestres que existen en el municipio son: el agave, alfilerillo, berro, cardo, capulín, cactáceas, carretillas, carrizo, malmezquite, toloache, trébol, tule, verdolaga, entre otras. En cuanto a las plantas medicinales podemos mencionar el árnica, yerbabuena, gordolobo, tabaquillo, jocotera, ruda e iztafiate. Existe una amplia variedad de flores de ornato entre las que se encuentran: las rosas, clavel, dalias, alcatraz, hortensia, flor de nube, margarita, geranio, cempasúchil y violeta.

5.2.5.- Fauna

Ya que en el municipio existen diversos cuerpos de agua, la diversidad de peces y aves acuáticas es muy variada. También se pueden observar venados, conejos, armadillos, tuzas, zorras, coyotes, cacomiztles y hurones. Las aves que existen en la zona son: golondrinas, pájaros carpinteros, y jilgueros; también se pueden observar algunas aves de rapiña como las águilas, zopilotes, cuervos, halcones y gavilanes.

5.2.6.- Clasificación y Uso del Suelo

En el municipio de Villa de Allende, existen dos tipos de suelos dominantes. El primero, Andosol (79.29%), es un suelo que se forma sobre cenizas, rocas y otros materiales de origen volcánico; este es de color negro y pese un alto contenido de materia orgánica y tiene una gran capacidad de retención de agua así como de intercambio catiónico. El segundo es el Luvisol (19.45%) el cual se desarrolla en zonas llanas o con suave

pendiente el cual se produce de una acumulación de arcillas y óxidos de hierro que se favorece por la sequía estival.

El uso de suelo en el municipio corresponde principalmente a la agricultura (58.34%), seguido del uso forestal que corresponde a los bosques con un 39.03%. La zona urbana en del municipio es del 1.66%.

En el sitio de estudio el uso de suelo es forestal y la vegetación presente corresponde a pastos y algunos arbustos.

5.3.- Población e Infraestructura

De acuerdo con el censo nacional, INEGI 2010, el municipio de Villa de Allende tiene una población total de 47,709 habitantes de los cuales el 49.07% (23,413 habitantes) son hombres y el 50.93% restante (24,296 habitantes) son mujeres. La densidad de población del municipio es de 154.37 habitantes/ km^2. El 41.72% de la población mayor a 15 años es analfabeta; y el grado de escolaridad promedio es de 6.41.

5.3.1.- Cultura indígena en Villa de Allende

Los pueblos originarios se concentran básicamente en el medio rural. En el municipio de Villa de Allende se encuentra el pueblo mazahua, los cuales se dedican principalmente a la agricultura y la crianza de ganado.

5.3.2.- Desempleo y economía en Villa de Allende

El 42.1% de la población mayor de 12 años del municipio se encuentra económicamente activa (25.7% de la población femenina y 74.3% de la población masculina).

5.3.3.- Viviendas e infraestructuras en Villa de Allende

En el municipio existen un total de 11,688 viviendas de las cuales el 95.0% cuentan con electricidad, el 89.0% tienen agua entubada, el 87.0% cuentan con sanitario, el 12.4% tienen servicio de televisión de paga, el 4.8% cuenta con computadora personal, el 3.1% tiene teléfono fijo y el 59.4% cuenta con teléfono celular, únicamente el 2.1% cuentan con internet.

5.3.4.- Escuelas en Villa de Allende

De acuerdo con los registros del 2010, el municipio cuenta con 64 escuelas preescolares, 70 primarias, con 23 secundarias y 3 bachilleratos. El municipio también cuenta con dos instituciones de educación especial.

5.3.5.- Vías de Comunicación

La principal vía de comunicación para llegar al municipio de Villa de Allende es a través de la autopista a Zitácuaro, Monumento-Lengua de Vaca (7D).

5.3.6.- Vía de acceso al sitio de estudio

Para llegar al sitio de estudio se puede accesar a través de la autopista a Zitácuaro, Monumento-Lengua de Vaca (7D).

6.- METODOLOGÍA Y TRABAJOS DE CAMPO

Para los trabajos de Caracterización de Sitios Contaminados con Hidrocarburos, se considera como primera instancia el aviso a la autoridad ambiental ASEA, seguido de una etapa de planeación, una de trabajos de campo y finalmente una de trabajos en gabinete.

6.1.- Aviso a la ASEA

Se dio la notificación del siniestro a la ASEA (Agencia de Seguridad Energía y Ambiente) vía Oficialía de Partes el 18 febrero del 2020 mediante los Formatos P-ASEA-USIVI-004 de Aviso Inmediato y P-ASEA-USIVI-005 Formalización de Aviso para la ASEA (ANEXO B). En el mismo Oficio del 18 de febrero del 2020, se notifica que será la empresa Consultoría Ambiental Estudios y Proyectos S.A. de C.V. (CAEPSA), la responsable de realizar los trabajos de evaluación de los daños ambientales que se pudieron ocasionar, así como de todos aquellos trámites ambientales que se generen con la autoridad competente. De igual forma, también se dio el aviso correspondiente a la ASEA con ambos formatos, mediante correo electrónico. Adicionalmente se anexa copia de la Factura de adquisición del hidrocarburo y su Remisión. (ANEXO C).

CAEPSA notificó a la ASEA (Agencia de Seguridad Energía y Ambiente) el 05 de marzo de 2020 a través del Oficio CAE-015/2020 de fecha 28 de febrero de 2020 de la propuesta de la toma de muestras en la zona de estudio para conocer las condiciones ambientales del sitio de acuerdo a lo dispuesto en la Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, lo anterior contenido en el Protocolo de Muestreo (ANEXO D).

6.2.- Etapa de Planeación

En esta etapa, se recabó la información y datos acerca del siniestro, producto y volumen derramado y también se visitó el sitio recabando información importante tal como el uso del suelo, superficie afectada, topografía, etc.

Con esta información se tiene los elementos para considerar el tipo de trabajo a realizar, se estima el volumen de obra y la forma de realizar los trabajos.

6.3.- Etapa de Trabajos de Campo

En esta etapa, se realizó en campo los diversos trabajos necesarios para hacer un reconocimiento detallado, para determinar si existe presencia de contaminante en el suelo y subsuelo, se pudo identificar el área afectada y de forma indirecta y directa a través de las perforaciones, así como realizar la toma de muestras de suelo e identificar la presencia o ausencia de contaminante.

La realización de los trabajos de campo, consideró las actividades de delimitación del área de estudio, levantamiento topográfico, realización de trabajos de evaluación, perforación de pozos y toma de muestras de suelo, las cuales se remitieron al laboratorio acreditado para su análisis.

6.4.- Etapa de Gabinete

En esta etapa, se realizaron los trabajos para la elaboración del informe, y en ella se integró toda la información recabada, la descripción de los trabajos realizados, el análisis de resultados de los estudios de gasometrías y análisis de laboratorio. Se realizó una modelación con un software que permitió dimensionar y cuantificar el área que se encuentra contaminada.

Con las conclusiones generadas de los resultados obtenidos, se realizó la propuesta de la técnica autorizada por las autoridades ambientales para llevar a cabo el saneamiento del suelo contaminado.

6.5.- Recopilación de información

Con la finalidad de conocer un panorama sobre el marco físico, biológico y socioeconómico del sitio y previo a los trabajos de campo, se realizó el acopio de información del medio físico, tal como hidrología, climatología, etc. del área de estudio y de su entorno; en dependencias gubernamentales tales como Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Municipio Villa de Allende, Sistema Meteorológico Nacional (SMN); así como instituciones de educación superior: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Instituto Politécnico Nacional (IPN), Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), entre otras.

6.6.- Localización del sitio

Durante el desarrollo de los trabajos en campo, como primera actividad se realizó la ubicación del sitio, utilizando un posicionador geográfico Garmin con una precisión de ±5 m, para obtener una referencia satelital en los límites del área de estudio. Las coordenadas del punto del siniestro son: Longitud 19°23'46" Latitud 100°04'30" y Coordenadas UTM 14Q 387121.33 mE – 2145006.21 mN. El uso del suelo en la zona afectada es forestal.

Se determinó el área afectada, con base en la topografía del terreno, la distribución del escurrimiento de la Gasolina; y se consideraron las observaciones de campo tales como impregnación del hidrocarburo en el suelo, vegetación afectada, características organolépticas, condiciones climáticas y barreras físicas. Obteniendo como resultado un área preliminar a estudiar correspondiente al área delimitada por el levantamiento realizado.

6.7.- Determinación del área afectada

De común acuerdo con la supervisión por parte de la aseguradora, se marcaron los límites que se consideran para el área de estudio, para lo cual se usaron estacas y se marcaron las líneas de la poligonal determinada.

6.8.- Levantamiento topográfico

Como parte de los trabajos del estudio de caracterización, se realizó un levantamiento topográfico, con lo que se pudo determinar la pendiente del terreno y por lo tanto, tener en planta y a escala todas las características físicas del sitio, para poder determinar con mayor exactitud la pluma de contaminación.

La superficie del levantamiento topográfico fue de 87,752 m^2, estando dentro de su perímetro el área de estudio y las zonas circunvecinas que servirán como referencia para las siguientes etapas (ANEXO E). El equipo utilizado para el levantamiento fue el siguiente:

- Estación total FOCUS 8 SPECTRA PRECISION precisión ±1".

- Triple aluminio con plomada.
- Bastón con prisma de -0.30 OFFSET.
- GPS Garmin Precisión ±5".
- Brújula 1" Ø c/ OFFSET simple.

6.9.- Planeación de la Toma de Muestras

Con la información de campo ya recabada se generó un Protocolo de Muestreo donde se propuso la toma de muestras de suelo, considerando la superficie afectada.

6.9.1.- Plan para la toma de Muestras

El Plan de Muestreo consideró la delimitación del área de estudio la que para el presente sitio se consideró una superficie total afectada de 2,290.50 m^2, la cual corresponde a las ocho áreas afectadas identificadas. En total *se propone ubicar 28 puntos de muestreo dentro de las áreas afectadas para la toma de 2 muestras de suelo en cada pozo a diferentes profundidades, para analizar en el laboratorio. Para delimitar la pluma contaminante se propone colocar 32 puntos de muestreo. Adicionalmente se tomarán 9 muestras duplicadas. En total se tomarán 93 muestras (84 simples y 9 duplicadas).*

En las siguientes figuras (*Plano Sección 1 y Plano Sección 2*), se presenta el croquis donde se ubican los puntos para la toma de muestras de suelo para analizar en el laboratorio.



Figura 7. Ubicación de los puntos de muestreo en las áreas afectadas por el derrame de Gasolina Sección 1.

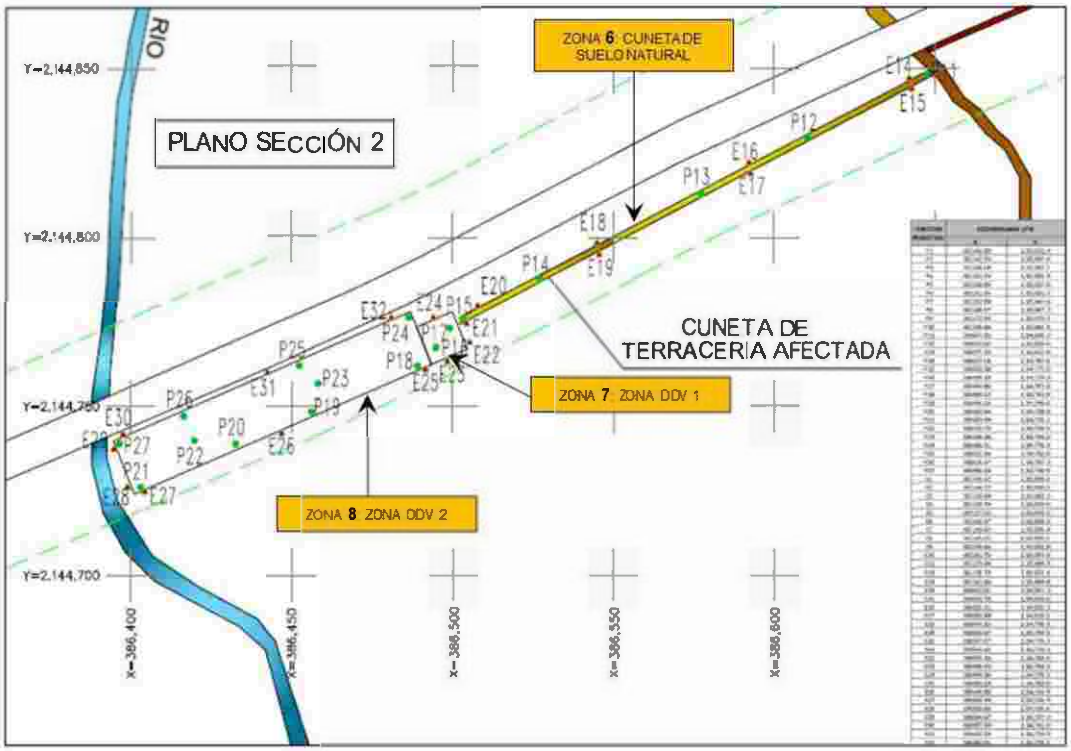


Figura 8. Ubicación de los puntos de muestreo en las áreas afectadas por el derrame de Gasolina Sección 2.

6.9.2.- Parámetros a Analizar

Los parámetros a analizar, considerando que el contaminante es Gasolina, de acuerdo a lo establecido en la Norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 fueron: Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) y BTEX.

De acuerdo a los sondeos realizados en el levantamiento de campo inicial, se propuso que en los puntos de muestreo se tomaran muestras de suelo a las profundidades de 0.25, 0.30, 0.40, 0.60, 0.70 y a 1.00 m de acuerdo a lo establecido en el protocolo de muestreo para cada una de las zonas ubicadas.

En la siguiente tabla se resume la cantidad de pozos a perforar, profundidad del pozo, las muestras a tomar, las profundidades para toma de muestras y los parámetros a analizar, de acuerdo a lo marcado en la NOM 138 SEMARNAT/SSA1-2012.

Tabla 4. Puntos de Muestreo, profundidad de las muestras y parámetros a analizar

UBICACIÓN	No.	MUESTRAS	PROFUNDIDAD (m)	HFL	BTEX
1.- TALUD BAJOPUENTE	P 1	1	0.4	√	√
	P 2	1	0.4	√	√
2.- BORDO BAJOPUENTE	P 3	2	0.30 Y 0.70	√	√
	P 4	2	0.30 Y 0.70	√	√
3.- ESCURRIMIENTO JUNTO A RETORNO 1	P-5	2	0.60 Y 1.40	√	√
4.- ESCURRIMIENTO JUNTO A RETORNO 2	P 6	2	0.25 Y 0.60	√	√
	P 7	2	0.25 Y 0.60	√	√
	P 8	2	0.25 Y 0.60	√	√
5.- TERRENO ALEDAÑO A RETORNO	P 9	2	0.25 Y 0.60	√	√
	P 10	2	0.25 Y 0.60	√	√
6.- CUNETA DE SUELO NATURAL	P 11	2	0.25 Y 0.60	√	√
	P 12	2	0.25 Y 0.60	√	√
	P 13	2	0.25 Y 0.60	√	√
	P 14	2	0.25 Y 0.60	√	√
	P 15	2	0.25 Y 0.60	√	√
7.- ZONA DDV 1	P 16	2	0.20 Y 0.40	√	√
	P 17	2	0.20 Y 0.40	√	√
8.- ZONA DDV 2	P 18	2	0.20 Y 0.40	√	√
	P 19	2	0.20 Y 0.40	√	√
	P 20	2	0.20 Y 0.40	√	√
	P 21	2	0.20 Y 0.40	√	√

UBICACIÓN	No.	MUESTRAS	PROFUNDIDAD (m)	HFL	BTEX
	P 22	2	0.20 Y 0.40	√	√
	P 23	2	0.20 Y 0.40	√	√
	P 24	2	0.20 Y 0.40	√	√
	P 25	2	0.20 Y 0.40	√	√
	P 26	2	0.20 Y 0.40	√	√
	P 27	2	0.20 Y 0.40	√	√
1.- TALUDBAJOPUENTE	E 1	1	0.3	√	√
2.- BORDO BAJOPUENTE	E 2	1	0.3	√	√
	E 3	1	0.3	√	√
	E 4	1	0.3	√	√
3.- ESCURRIMIENTO JUNTO A RETORNO 1	E 5	1	0.3	√	√
	E 6	1	0.3	√	√
4.- ESCURRIMIENTO JUNTO A RETORNO 2	E 7	1	0.3	√	√
	E 8	1	0.3	√	√
	E 9	1	0.3	√	√
	E 10	1	0.3	√	√
5.- TERRENO ALEDAÑO A RETORNO	E 11	1	0.3	√	√
	E 12	1	0.3	√	√
	E 13	1	0.3	√	√
6.- CUNETA DE SUELO NATURAL	E 14	1	0.3	√	√
	E 15	1	0.3	√	√
	E 16	1	0.3	√	√
	E 17	1	0.3	√	√
	E 18	1	0.3	√	√
	E 19	1	0.3	√	√
	E 20	1	0.3	√	√
	E 21	1	0.3	√	√
7.- ZONA DDV 1	E 22	1	0.3	√	√
	E 23	1	0.3	√	√
	E 24	1	0.3	√	√
8.- ZONA DDV 2	E 25	1	0.3	√	√
	E 26	1	0.3	√	√
	E 27	1	0.3	√	√
	E 28	1	0.3	√	√
	E 29	1	0.3	√	√
	E 30	1	0.3	√	√
	E 31	1	0.3	√	√
	E 32	1	0.3	√	√
TOTAL MUESTRAS		**84**			

6.10.- Laboratorio para toma de Muestras y Análisis

El laboratorio acreditado ante la EMA y la PROFEPA que realizó la toma de muestras de suelo y los análisis fue: Laboratorios y Suministros Ambientales e Industriales S.A. de C.V. (LABSA), del cual se anexa copia de sus acreditaciones. (ANEXO I)

6.11.- Toma de Muestras

El laboratorio acreditado ante la EMA y la PROFEPA, realizó la toma de muestras el día 19 de marzo del 2020 iniciando a las 10:00 am, terminando actividades a las 17:00 pm.

El muestreo se realizó con la presencia del siguiente personal:

Por CAEPSA:

Nombre de persona fisica. y 3 Peones como personal de apoyo

Por parte del Laboratorio: Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y

Nombre de persona fisica. Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.

Por parte del Propietario del Autotanque:

Nombre de persona fisica.

La toma de muestras se realizó con la herramienta manual denominada "Hand Auger". Los procedimientos para la toma de muestras, su conservación, etiquetado y análisis se apegaron a lo establecido por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, donde también se menciona que por cada 10 muestras tomadas se deberá colectar una muestra duplicada. De igual forma los materiales y equipos que se utilizaron fueron de acuerdo a lo establecido en dicha norma. En la siguiente tabla se presenta la ubicación en coordenadas UTM de los puntos de muestreo.

Tabla 5. Ubicación de los puntos de muestreo en coordenadas UTM.

ZONA	PUNTO DE MUESTREO.	COORDENADAS UTM	
		X	Y
1.- TALUD BAJOPUENTE	P1	387,142.00	2,145,012.14
	P2	387,142.55	2,145,007.49
2.- BORDO BAJOPUENTE	P3	387,136.18	2,145,007.71
	P4	387,131.55	2,145,005.73
3.- ESCURRIMIENTO JUNTO A RETORNO 1	P5	387,138.95	2,145,027.45
4.- ESCURRIMIENTO JUNTO A RETORNO 2	P6	387,141.95	2,145,031.53
	P7	387,153.99	2,145,047.63
	P8	387,168.57	2,145,067.10
5.- TERRENO ALEDAÑO A RETORNO	P9	387,175.94	2,145,070.71

ZONA	PUNTO DE MUESTREO.	COORDENADAS UTM	
		X	Y
	P10	387,159.66	2,145,067.34
6.- CUNETA DE SUELO NATURAL	P11	386,647.45	2,144,848.20
	P12	386,610.42	2,144,829.64
	P13	386,577.33	2,144,812.98
	P14	386,527.18	2,144,787.81
	P15	386,503.38	2,144,775.90
7.- ZONA DDV 1	P16	386,499.20	2,144,773.18
	P17	386,494.86	2,144,767.40
8.- ZONA DDV 2	P18	386,489.12	2,144,761.98
	P19	386,456.16	2,144,748.42
	P20	386,432.64	2,144,738.89
	P21	386,403.09	2,144,726.12
	P22	386,419.74	2,144,739.90
	P23	386,458.26	2,144,756.80
	P24	386,486.51	2,144,776.33
	P25	386,452.34	2,144,762.00
	P26	386,416.47	2,144,747.16
	P27	386,396.43	2,144,738.93
1.- TALUD BAJOPUENTE	E1	387,143.12	2,145,005.51
2.- BORDO BAJOPUENTE	E2	387,134.77	2,145,000.55
	E3	387,126.49	2,145,003.26
	E4	387,132.79	2,145,010.05
3.- ESCURRIMIENTO JUNTO A RETORNO 1	E5	387,137.02	2,145,030.52
	E6	387,142.47	2,145,028.86
4.- ESCURRIMIENTO JUNTO A RETORNO 2	E7	387,143.42	2,145,034.48
	E8	387,145.25	2,145,035.07
	E9	387,159.64	2,145,055.88
	E10	387,161.75	2,145,057.40
5.- TERRENO ALEDAÑO A RETORNO	E11	387,173.04	2,145,068.28
	E12	387,178.72	2,145,071.21
	E13	387,162.83	2,145,069.88
6.- CUNETA DE SUELO NATURAL	E14	386,642.01	2,144,847.10
	E15	386,642.73	2,144,843.96
	E16	386,592.21	2,144,822.13
	E17	386,592.80	2,144,818.82
	E18	386,544.92	2,144,798.43
	E19	386,545.67	2,144,794.92
	E20	386,507.87	2,144,779.75
	E21	386,504.42	2,144,774.54
7.- ZONA DDV 1	E22	386,505.35	2,144,768.93
	E23	386,498.43	2,144,763.23
	E24	386,494.06	2,144,776.31
8.- ZONA DDV 2	E25	386,491.63	2,144,760.90
	E26	386,446.86	2,144,741.98

ZONA	PUNTO DE MUESTREO.	COORDENADAS UTM	
		X	Y
	E27	386,404.34	2,144,724.74
	E28	386,398.96	2,144,726.06
	E29	386,394.67	2,144,737.30
	E30	386,397.50	2,144,741.69
	E31	386,442.50	2,144,759.99
	E32	386,480.95	2,144,776.31

Para asegurar la calidad de las muestras tomadas y evitar el cruzamiento de información, toda herramienta utilizada para la toma y preparación de una muestra fue lavada, siguiendo los siguientes pasos:

- Enjuague con agua y cepillo para eliminar los residuos mayores.
- Lavado con detergente sin fosfatos y cepillo.
- Enjuague con agua corriente.
- Enjuague final con agua destilada.

Las muestras enviadas al laboratorio fueron conservadas a una temperatura inferior a los 4° C, para la determinación de Hidrocarburos Totales del Petróleo Fracción Ligera y BTEX utilizando las técnicas analíticas establecidas en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

6.12.- Aspectos Técnicos

Durante los trabajos de la toma de muestras, se realizó un levantamiento con detalle de las características organolépticas de la pluma contaminante, a fin de tener información a detalle, ya que una vez que se tuvo los resultados de los análisis de laboratorio y con los datos de levantamiento de campo se generaron diferentes representaciones gráficas con el Software Surface Mapping System (SURFER), versión 12.0, de Golden Software Inc.

Este paquete facilita la realización de diagramas de isoconcentraciones, que se generan, a partir de información analítica de muestras de suelo. Los datos de todas las muestras, que incluyen las coordenadas de los puntos de evaluación y la profundidad de cada una, conforman una base de datos que alimenta a los diferentes métodos geo estadísticos de interpolación del SURFER, los cuales pueden presentar diferentes interpretaciones

dependiendo del método utilizado. Para estas simulaciones se utilizó el método modificado de Shepard.

La importancia del levantamiento de la información de campo, es que nos permitirá identificar y en un momento delimitar la extensión de la pluma contaminante obtenida del modelo de simulación, a fin de que sea representativa del nivel de afectación del sitio.

7.- RESULTADOS

7.1.- Trabajos de campo realizados y análisis de resultados

Los trabajos de campo realizados fueron:

1. Ubicación de los puntos de muestreo
2. Perforación en los pozos de muestreo con extracción de núcleos para determinar perfil estratigráfico.
3. Toma de muestras de suelo a 0.20 m, 0.25 m, 0.30 m, 0.40 m, 0.60 m 0.70 m y a 1.40 m de profundidad para su análisis en laboratorio para determinar Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX mediante los métodos NMX-AA-105-SCFI-2008 y NMX-AA-141-SCFI-2014 respectivamente.

7.2.- Ubicación de los puntos de muestreo

La ubicación de los puntos de muestreo correspondió a zonas representativas y bien definidas como afectadas por el derrame de Gasolina Magna. Considerando ocho zonas afectadas por el derrame, se propuso ubicar 27 puntos de muestreo dentro de las áreas afectadas y 32 puntos de muestreo fuera de estas, con el objetivo de delimitar las zonas de contaminación. Se ubicaron en total 59 puntos de muestreo en la zona de estudio. Se anexa plano de ubicación de los puntos de muestreo (ANEXO F).

7.3.- Perforación de pozos de muestreo con extracción de núcleos para determinar perfil estratigráfico

Una vez ubicados los puntos de muestreo, se procedió a la perforación de los pozos utilizando herramienta manual (Hand Auger) para la extracción de núcleos inalterados de suelo, obteniendo muestras cada 0.20 m de profundidad en cada pozo, a fin de determinar sus características y estratigrafía.

Al momento de realizar la perforación de cada uno de los pozos, se observó el tipo de suelo que presentaba cada uno de ellos, teniendo un perfil estratigráfico distinto para cada una de las zonas. Los estratos que se identificaron en las zonas fueron: arena y boleo, arcilla semicompacta, arcilla y boleo (material de relleno), y limo-arcilloso.

Como se puede observar el perfil estratigráfico de la zona es distinto en cada una de las zonas, esto debido a que existen diferentes rellenos por la obra de la autopista, por lo anterior en algunas zonas las profundidades de perforación para la toma de muestra no fue la misma. En la siguiente figura se muestra la estratigrafía general de la zona.

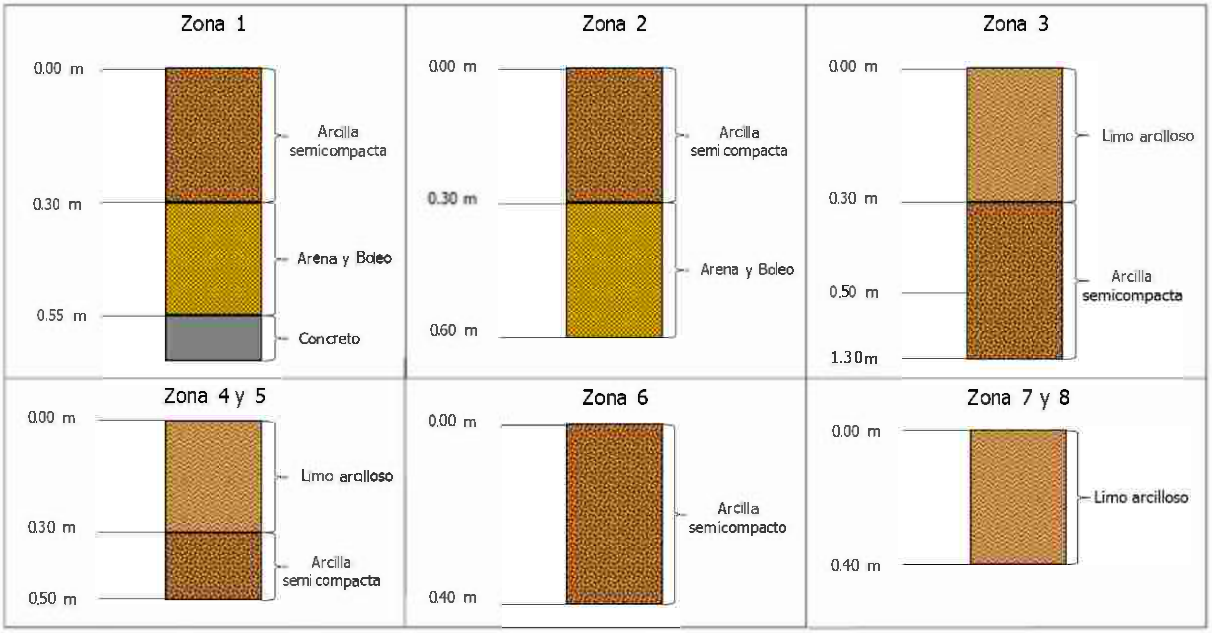


Figura 9. Perfil estratigráfico de las zonas de estudio.

7.4.- Toma de muestras de suelo dentro y fuera de la zona identificada como afectada y resultados de análisis de laboratorio de la determinación de HFL y BTEX's

Distribuido en los 59 Puntos de Muestreo (27 dentro de la zona afectada y 32 fuera de ella), se realizó la toma de 93 muestras de suelo (84 simples y 9 duplicadas) para realizar los análisis de laboratorio, para determinar Hidrocarburos de Fracción Ligera y BTEX´s por los métodos NMX-AA-105-SCFI-2008 y NMX-AA-141-SCFI-2007 respectivamente.

En la siguiente tabla se muestra de forma resumida los resultados de los análisis de laboratorio de HFL y BTEX en muestras de suelo a 0.20, 0.25, 0.30, 0.40, 0.60, 0.70 y 1.30 m de profundidad. Se anexa el reporte de los análisis del laboratorio acreditado (ANEXO H). Cabe aclarar que el contaminante principal es Gasolina (HFL) pero también se

realizó el análisis de BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno) ya que son componentes presentes en los hidrocarburos fracción ligera.

Tabla 6. Resultados de los análisis de laboratorio de HFL y BTEX en muestras de suelo tomadas a 0.20, 0.25, 0.30, 0.40, 0.60, 0.70 y a 1.40 m.

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	HFL (kg/mg)	BENCENO (mg/kg)	TOLUENO (mg/kg)	ETILBENCENO (mg/kg)	XILENOS (mg/kg)
			LMP 200 mg/kg	LMP6 mg/kg	LMP40 mg/kg	LMP 10 mg/kg	LMP40 mg/kg
1.- TALUD BAJOPUENTE	P1	0.40	318.40	<L.C.	<L.C.	<L.C.	6.15
	P2	0.40	328.48	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
2.- BORDO BAJOPUENTE	P3	0.30	216.58	<L.C.	9.17	9.81	9.97
	P3	0.70	110.63	<L.C.	<L.C.	<L.C.	9.97
	P4	0.30	343.91	<L.C.	10.2	9.71	20.64
	P4	0.70	98.63	3.78	<L.C.	<L.C.	6.47
3.- ESCURRIMIENTO JUNTO A RETORNO 1	P5	0.60	299.50	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P5	1.40	40.74	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
4.- ESCURRIMIENTO JUNTO A RETORNO 2	P6	0.25	333.03	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P6	0.60	98.50	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P6-DUP	0.60	97.98	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P7	0.25	343.14	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P7	0.60	78.51	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P8	0.25	341.37	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P8	0.60	81.93	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
5.-TERRENO ALEDAÑO A RETORNO	P9	0.25	93.26	<L.C.	6.85	7.44	8.24
	P9	0.60	81.44	<L.C.	<L.C.	9.75	9.37
	P10	0.25	363.50	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P10	0.60	93.34	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
6.- CUNETA DE SUELO NATURAL	P11	0.25	369.07	<L.C.	32.23	9.51	7.57
	P11	0.60	76.66	<L.C.	13.91	3.14	2.31
	P11-DUP	0.60	79.55	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P12	0.25	356.75	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P12	0.60	75.60	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P13	0.25	340.41	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P13	0.60	62.68	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	HFL (kg/mg)	BENCENO (mg/kg)	TOLUENO (mg/kg)	ETILBENCENO (mg/kg)	XILENOS (mg/kg)
			LMP 200 mg/kg	LMP6 mg/kg	LMP40 mg/kg	LMP 10 mg/kg	LMP40 mg/kg
6.- CUNETA DE SUELO NATURAL	P14	0.25	354.49	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P14	0.60	74.43	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P15	0.25	245.15	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P15	0.60	83.60	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
7.- ZONA DDV 1	P16	0.20	346.00	3.9	6.28	9.79	10.33
	P16	0.40	94.35	2.73	6.63	9.58	11.14
	P16-DUP	0.40	92.89	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P17	0.20	350.38	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P17	0.40	89.06	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
8.- ZONA DDV 2	P18	0.20	323.08	<L.C.	8.39	9.79	20.98
	P18	0.40	75.71	<L.C.	1.64	1.32	30.03
	P19	0.20	287.29	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P19	0.40	77.80	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P20	0.20	287.30	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P20	0.40	48.67	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P21	0.20	270.11	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P21	0.40	47.84	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P21-DUP	0.40	47.56	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P22	0.20	314.14	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P22	0.40	74.60	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P23	0.20	281.27	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P23	0.40	70.72	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P24	0.20	330.60	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P24	0.40	80.27	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P25	0.20	347.69	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P25	0.40	65.24	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P26	0.20	323.44	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P26	0.40	74.10	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P27	0.20	296.02	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P27	0.40	70.47	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	HFL (kg/mg)	BENCENO (mg/kg)	TOLUENO (mg/kg)	ETILBENCENO (mg/kg)	XILENOS (mg/kg)
			LMP 200 mg/kg	LMP 6 mg/kg	LMP 40 mg/kg	LMP 10 mg/kg	LMP 40 mg/kg
8.- ZONA DDV 2	P27-DUP	0.4	68.54	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
1.- TALUD BAJOPUENTE	E1	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
2.- BORDO BAJOPUENTE	E2	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E3	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E4	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
3.- ESCURRIMIENTO JUNTO A RETORNO 1	E5	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E6	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
4.- ESCURRIMIENTO JUNTO A RETORNO 2	E7	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E8	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E8-DUP	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E9	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E10	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
5.-TERRENO ALEDAÑO A RETORNO	E11	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E12	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E13	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
6.- CUNETA DE SUELO NATURAL	E14	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E15	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E16	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E17	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E18	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E18-DUP	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E19	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E20	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E21	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
7.- ZONA DDV 1	E22	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E23	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E24	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
8.- ZONA DDV 2	E25	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E26	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	HFL (kg/mg)	BENCENO (mg/kg)	TOLUENO (mg/kg)	ETILBENCENO (mg/kg)	XILENOS (mg/kg)
			LMP 200 mg/kg	LMP 6 mg/kg	LMP 40 mg/kg	LMP 10 mg/kg	LMP 40 mg/kg
8.- ZONA DDV 2	E27	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E28	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E28-DUP	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E29	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E30	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E31	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E32	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E32-DUP	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.

De las 93 muestras de suelo analizadas (84 simples y 9 duplicadas), 57 (52 simples y 5 duplicadas, se ubicaron dentro del área identificada como afectada) y 36 (32 simples y 4 duplicadas) se ubicaron para delimitar las áreas afectadas.

7.4.1.- Resultados de laboratorio para determinar Hidrocarburos Fracción Ligera

De los resultados de análisis de laboratorio que se realizó a las 93 muestras de suelo obtenidas de los 59 puntos de muestreo a las profundidades de 0.20 m, 0.25 m, 0.30 m, 0.40 m, 0.60 m 0.70 m y a 1.40 m de profundidad, se presenta lo siguiente:

7.4.1.1.- Resultados de análisis a muestras tomadas a 0.20 m de profundidad

Dentro de las áreas afectadas denominadas "7.- Zona DDV 1" y "8.- Zona DDV 2", se tomaron 12 muestras de suelo que se analizaron a 0.20 m, las cuales reportaron concentraciones de Hidrocarburos Fracción Ligera mayores al LMP (Límite Máximo Permisible) establecido en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, de 200 mg/kg, tal como se puede apreciar en la siguiente tabla, los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio reportan concentraciones con valores que van desde los 270.11 mg/kg hasta los 350.38 mg/kg.

Tabla 7. Resultados de análisis de laboratorio de Hidrocarburos Fracción Ligera a muestras de suelo tomadas a 0.20 m de profundidad.

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	HFL
			LMP 200 mg/kg
7.- ZONA DDV 1	P16	0.2	346.00
	P17	0.2	350.38
8.- ZONA DDV 2	P18	0.2	323.08
	P19	0.2	287.29
	P20	0.2	287.30
	P21	0.2	270.11
	P22	0.2	314.14
	P23	0.2	281.27
	P24	0.2	330.60
	P25	0.2	347.69
	P26	0.2	323.44
	P27	0.2	296.02

En la siguiente figura se muestra la ubicación de los puntos de muestreo donde se tomaron muestras de suelo a 0.20 m de profundidad, y que los resultados de los análisis de laboratorio reportaron concentraciones mayores a los 200 mg/kg de Hidrocarburos Fracción Ligera (establecidos como el Límite Máximo Permisible en la NOM-138-SEMARANT/SSA1-2012).

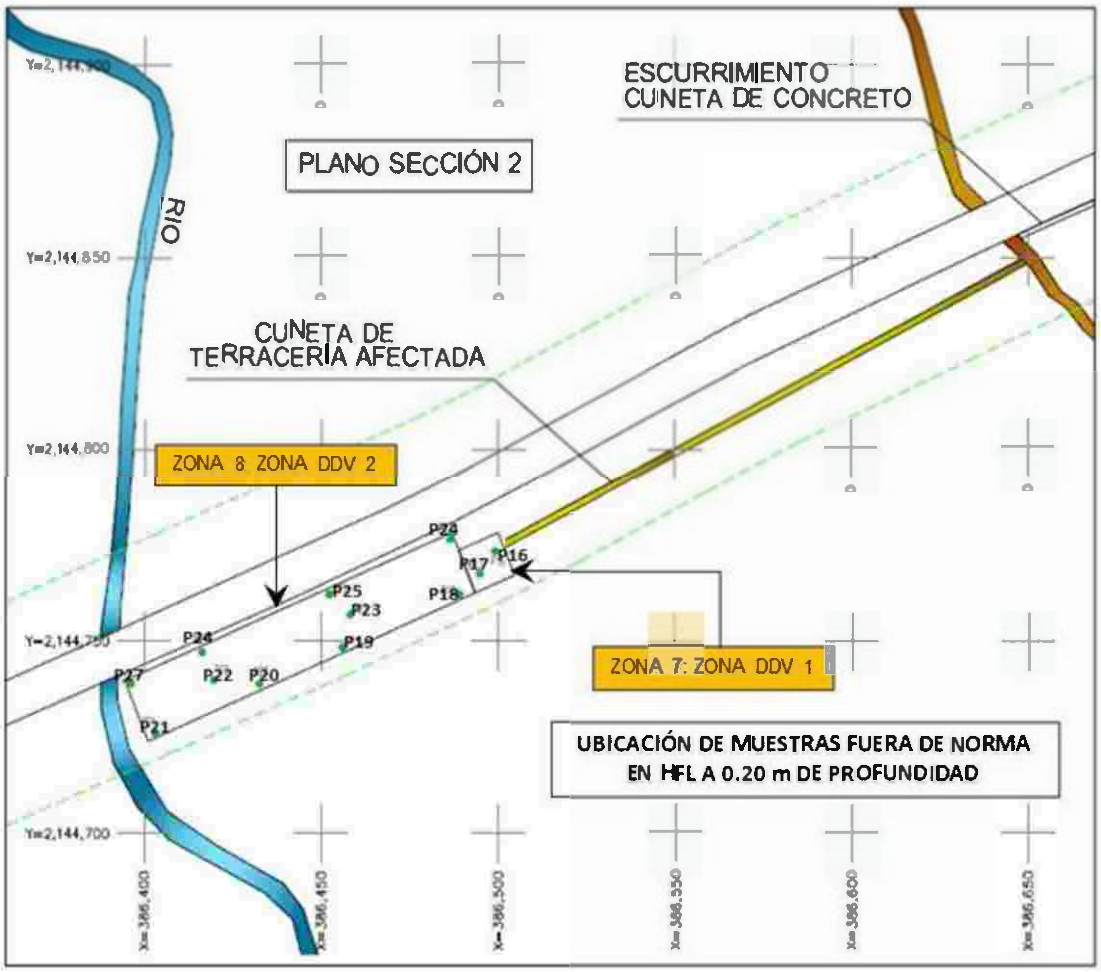


Figura 10. Ubicación de los puntos de muestreo que presentan concentraciones mayores al LMP establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para HFL a 0.20 m de profundidad

7.4.1.2.- Resultados de análisis a muestras tomadas a 0.25 m de profundidad

Dentro de las áreas afectadas denominadas "4.- Escurrimiento Junto a Retorno 2", "5.- Terreno Aledaño a Retorno" y "6.- Cuneta de Suelo Natural", se tomaron 10 muestras simples de suelo a la profundidad de 0.25 m, de las cuales 9 de ellas reportan concentraciones de Hidrocarburos Fracción Ligera que sobrepasan los 200 mg/kg, el cual corresponde al LMP establecido en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, con valores que oscilan entre los 245.15 mg/kg y los 369.07 mg/kg, tal como se puede apreciar en la siguiente tabla. Solo 1 muestra reporto concentración menor al LMP, con 93.26 mg/kg.

Tabla 8. Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera a muestras de suelo tomadas a 0.25 m de profundidad.

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	HFL
			LMP200 mg/kg
4.- ESCURRIMIENTO JUNTO A RETORNO 2	P6	0.25	333.03
	P7	0.25	343.14
	P8	0.25	341.37
5.-TERRENO ALEDAÑO A RETORNO	P9	0.25	93.26
	P10	0.25	363.50
6.- CUNETA DE SUELO NATURAL	P11	0.25	369.07
	P12	0.25	356.75
	P13	0.25	340.41
	P14	0.25	354.49
	P15	0.25	245.15

En la siguiente figura (Plano Sección 1 y Plano Sección 2), se muestra la ubicación de los puntos de muestreo en los cuales se detectó la presencia de Hidrocarburos Fracción Ligera a 0.25 m de profundidad con concentraciones superiores a los 200 mg/kg establecidos como el Límite Máximo Permisible en la NOM-138-SEMARANT/SSA1-2012 para un Uso de Suelo Agrícola y Forestal.

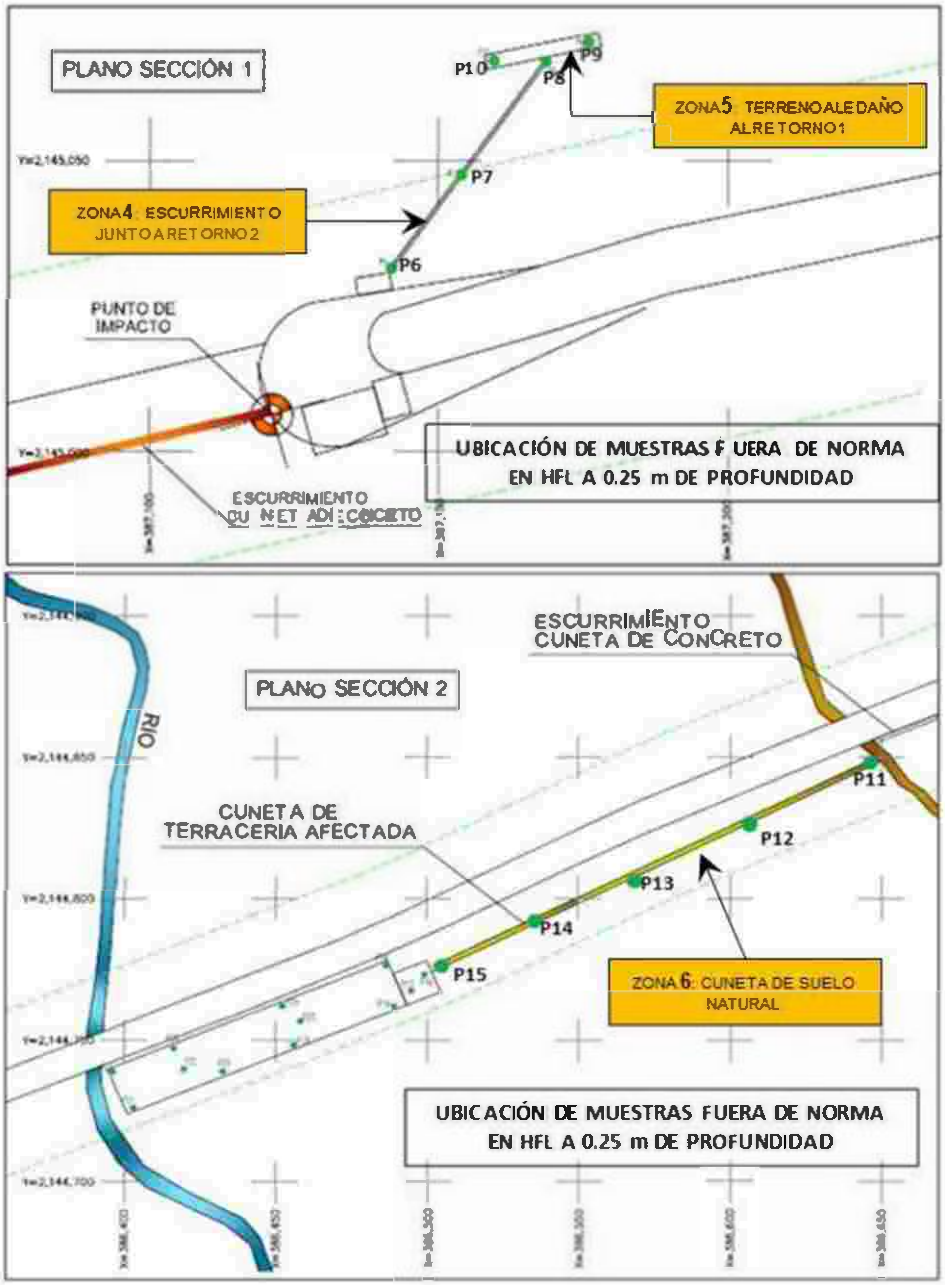


Figura 11. Ubicación de los puntos de muestreo que presentan concentraciones que sobrepasan los LMP establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para HFL a 0.25 m de profundidad

7.4.1.3.- Resultados de análisis a muestras tomadas a 0.30 m de profundidad

A la profundidad de 0.30 m, se tomaron para su análisis 38 muestras de suelo (34 simples y 4 duplicadas), de las cuales 2 se ubicaron dentro del área afectada de nominada "2.- Bordo Bajo Puente", las cuales reportan concentraciones mayores al LMP con 216.58 y 343.91 mg/kg; tal como se observa en la tabla. Las 36 muestras restantes (32 simples y 4

duplicadas) corresponden a los puntos de muestreo delimitantes de las zonas establecidas como contaminadas, y en ninguna se reportó presencia de Hidrocarburos Fracción Ligera.

Tabla 9. Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera a muestras de suelo tomadas a 0.30 m de profundidad.

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	HFL
			LMP 200 mg/kg
2.- BORDO BAJOPUENTE	P3	0.3	216.58
	P4	0.3	343.91
1.- TALUD BAJOPUENTE	E1	0.3	<L.C.
2.- BORDO BAJOPUENTE	E2	0.3	<L.C.
	E3	0.3	<L.C.
	E4	0.3	<L.C.
3.- ESCURRIMIENTO JUNTO A RETORNO 1	E5	0.3	<L.C.
4.- ESCURRIMIENTO JUNTO A RETORNO 2	E6	0.3	<L.C.
	E7	0.3	<L.C.
	E8	0.3	<L.C.
	E8-DUP	0.3	<L.C.
	E9	0.3	<L.C.
	E10	0.3	<L.C.
5.- TERRENO ALEDAÑO A RETORNO	E11	0.3	<L.C.
	E12	0.3	<L.C.
	E13	0.3	<L.C.
6.- CUNETA DE SUELO NATURAL	E14	0.3	<L.C.
	E15	0.3	<L.C.
	E16	0.3	<L.C.
	E17	0.3	<L.C.
	E18	0.3	<L.C.
	E18-DUP	0.3	<L.C.
	E19	0.3	<L.C.
	E20	0.3	<L.C.
	E21	0.3	<L.C.
7.- ZONA DDV 1	E22	0.3	<L.C.
	E23	0.3	<L.C.
	E24	0.3	<L.C.
	E25	0.3	<L.C.
	E26	0.3	<L.C.
	E27	0.3	<L.C.
	E28	0.3	<L.C.
	E28-DUP	0.3	<L.C.
	E29	0.3	<L.C.
	E30	0.3	<L.C.
	E31	0.3	<L.C.
	E32	0.3	<L.C.
	E32-DUP	0.3	<L.C.

La siguiente figura muestra la ubicación de los puntos de muestreo a 0.30 m de profundidad que reportan concentraciones mayores a los 200 mg/kg establecidos como el Límite Máximo Permisible en la NOM-138-SEMARANT/SSA1-2012 para un Uso de Suelo Agrícola y Forestal.

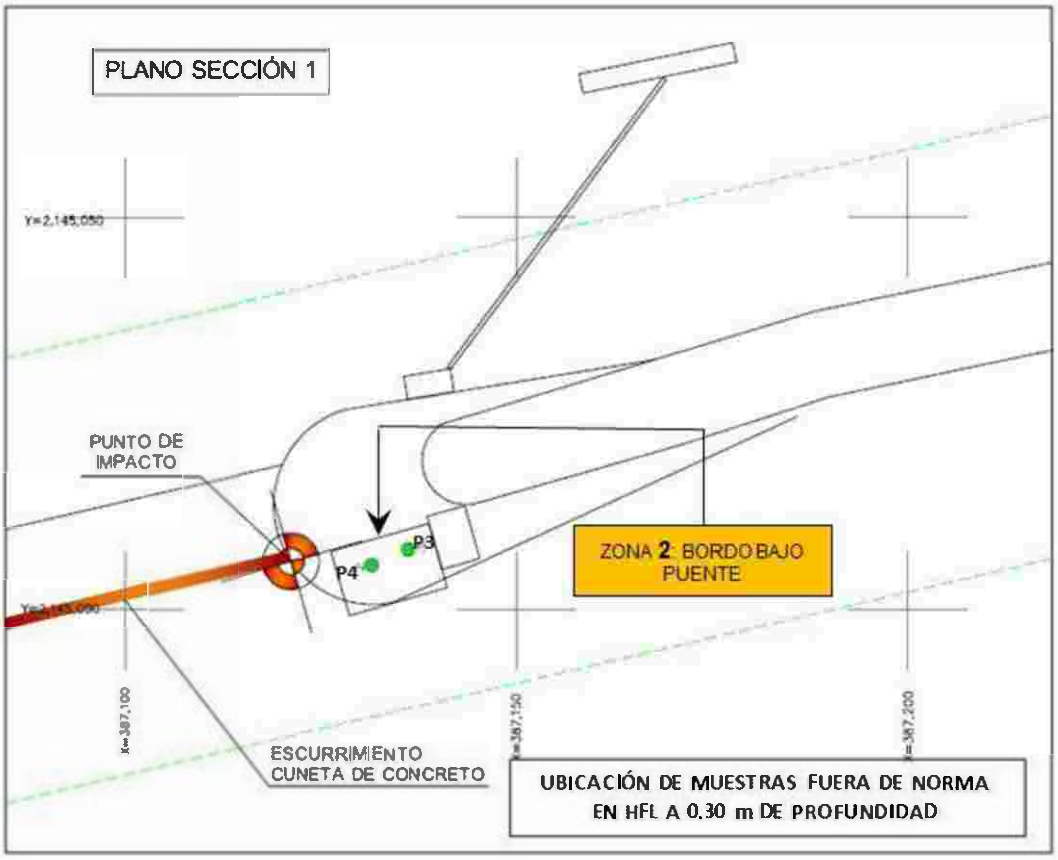


Figura 12. Ubicación de los puntos de muestreo que presentan concentraciones mayores al LMP establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para HFL a 0.30 m de profundidad

7.4.1.4.- Resultados de análisis a muestras tomadas a 0.40 m de profundidad

De las 17 muestras analizadas a la profundidad de 0.40 m (14 simples y 3 duplicadas), donde todas ellas se ubican dentro de las áreas identificadas como afectadas, solo 2 reportan concentraciones de Hidrocarburos Fracción Ligera que sobrepasan los 200 mg/kg, el cual corresponde al LMP establecido en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, con valores de 318.40 mg/kg y 328.48 mg/kg, tal como se puede apreciar en la *Tabla 10*, dichas muestras se localizan dentro de la zona denominada "1.- Talud Bajo Puente", considerada como afectada por el derrame.

Las 15 muestras restantes (12 simples y 3 duplicadas), que fueron analizadas, en todas ellas se reportó presencia de Hidrocarburos Fracción Ligera, pero en concentraciones que van de 47.84 hasta 94.35 mg/kg, lo que es considerado por debajo de los LMP (200 mg/kg).

Tabla 10. Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera a muestras de suelo tomadas a 0.40 m de profundidad.

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	HFL
			LMP 200 mg/kg
1.- TALUD BAJOPUENTE	P1	0.4	318.40
	P2	0.4	328.48
7.- ZONA DDV 1	P16	0.4	94.35
	P16-DUP	0.4	92.89
	P17	0.4	89.06
8.- ZONA DDV 2	P18	0.4	75.71
	P19	0.4	77.80
	P20	0.4	48.67
	P21	0.4	47.84
	P21-DUP	0.4	47.56
	P22	0.4	74.60
	P23	0.4	70.72
	P24	0.4	80.27
	P25	0.4	65.24
	P26	0.4	74.10
	P27	0.4	70.47
	P27-DUP	0.4	68.54

En la siguiente figura se muestra la ubicación de los puntos de muestreo en los cuales se detectó la presencia de Hidrocarburos Fracción Ligera a 0.40 m de profundidad con concentraciones superiores a los 200 mg/kg establecidos como el Límite Máximo Permisible en la NOM-138-SEMARANT/SSA1-2012 para un Uso de Suelo Agrícola y Forestal.

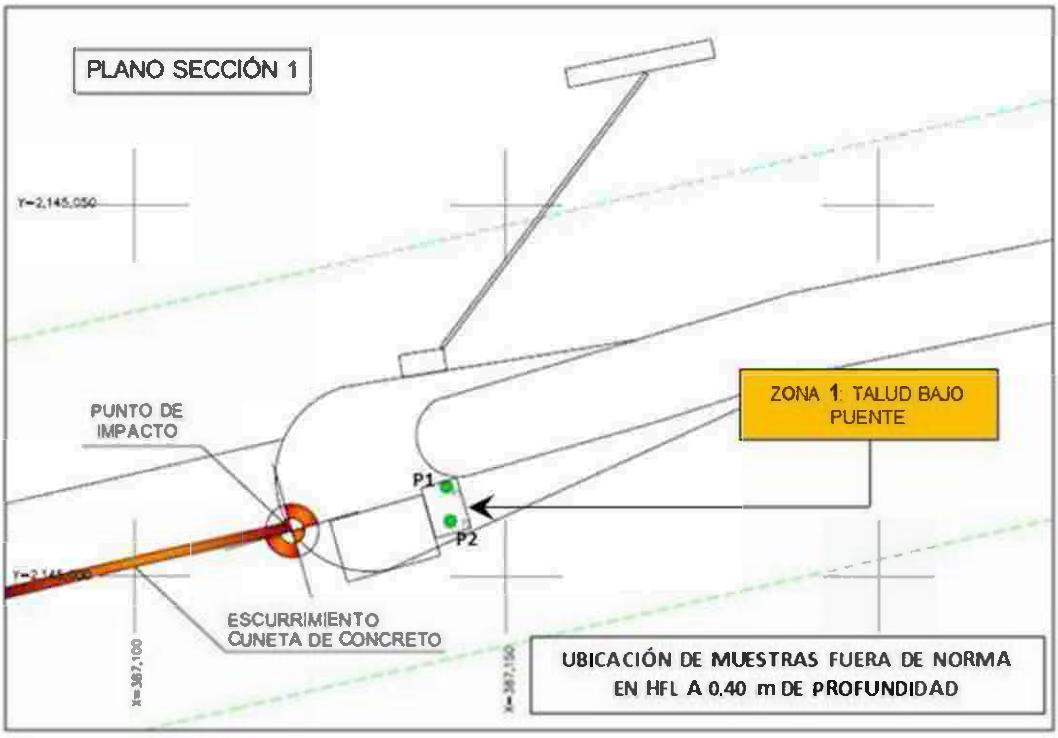


Figura 13. Ubicación de los puntos de muestreo que presentan concentraciones mayores al LMP establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para HFL a 0.40 m de profundidad

7.4.1.5.- Resultados de análisis a muestras tomadas a 0.60 m de profundidad

De los análisis realizados a las 13 muestras (11 simples y 2 duplicadas) tomadas a los 0.60 m de profundidad y ubicadas en las zonas identificadas como contaminadas "3.- Escurrimiento Junto A Retorno 1", "4.- Escurrimiento Junto A Retorno 2", "5.- Terreno Aledaño A Retorno" y "6.- Cuneta De Suelo Natural"; solamente la muestra del punto P5 ubicado en la zona "3.- Escurrimiento Junto A Retorno 1" reporta 299.50 mg/kg, concentración que se encuentra por arriba de los 200 mg/kg de Hidrocarburos Fracción Ligera. De las 12 muestras restantes, todas ellas presentan concentraciones de Hidrocarburos Fracción Ligera entre los 62.68 mg/kg y los 98.50 mg/kg, lo que está por debajo de los 200 mg/kg de los LMP. En la tabla 11 se presenta los resultados de los análisis arriba mencionados.

Tabla 11. Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera a muestras de suelo tomadas a 0.60 m de profundidad.

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	HFL
			LMP 200 mg/kg
3.- ESCURRIMIENTO JUNTO A RETORNO 1	P5	0.6	299.50
4.- ESCURRIMIENTO JUNTO A RETORNO 2	P6	0.6	98.50
	P6-DUP	0.6	97.98
	P7	0.6	78.51
	P8	0.6	81.93
5.- TERRENO ALEDAÑO A RETORNO	P9	0.6	81.44
	P10	0.6	93.34
6.- CUNETA DE SUELO NATURAL	P11	0.6	76.66
	P11-DUP	0.6	79.55
	P12	0.6	75.60
	P13	0.6	62.68
	P14	0.6	74.43
	P15	0.6	83.60

En la siguiente figura se muestra la ubicación del punto de muestreo en el cual se detectó la presencia de Hidrocarburos Fracción Ligera a 0.60 m de profundidad con concentraciones superiores a los 200 mg/kg establecidos como el Límite Máximo Permisible en la NOM-138-SEMARANT/SSA1-2012 para un Uso de Suelo Agrícola y Forestal.

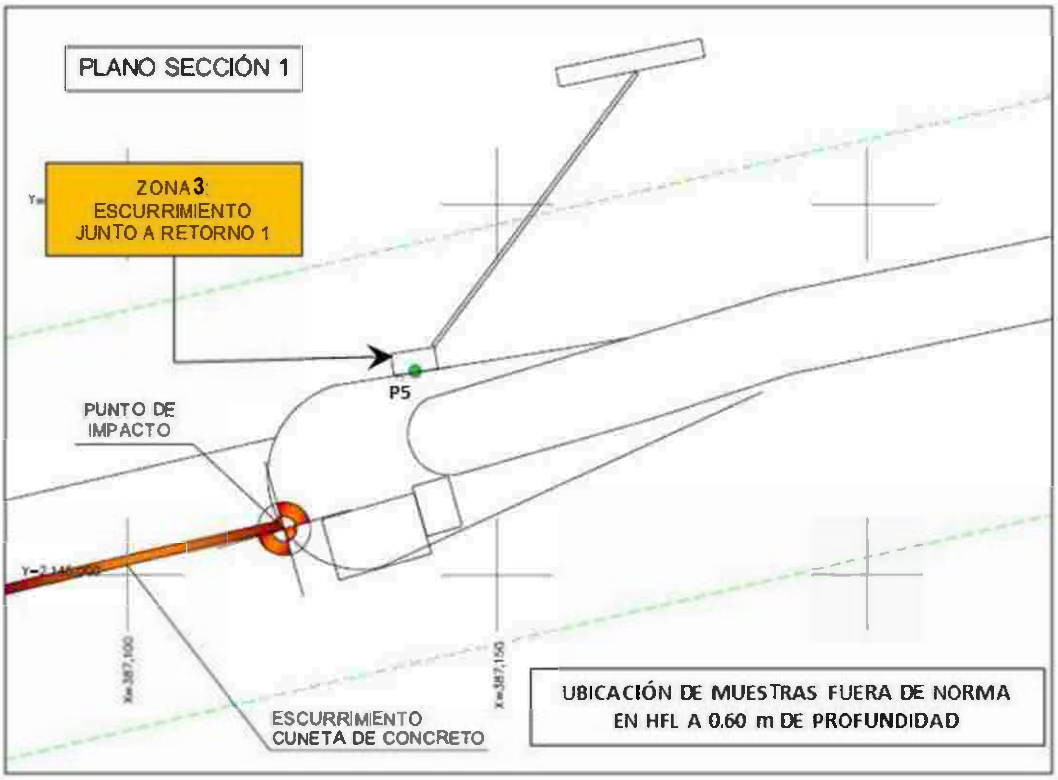


Figura 14. Ubicación de los puntos de muestreo que presentan concentraciones mayores al LMP establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para HFL a 0.60 m de profundidad.

7.4.1.6.- Resultados de análisis a muestras tomadas a 0.70 m de profundidad

En las 2 muestras analizadas, tomadas en los puntos de muestreo P3 y P4 a 0.70 m de profundidad, en la zona definida como contaminada "2.- Bordo Bajo Puente", se reportaron concentraciones de Hidrocarburos Fracción Ligera menores a los LMP (200 mg/kg); como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 12. Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera a 0.60 m de profundidad

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	HFL
			LMP 200 mg/kg
2.- BORDO BAJOPUENTE	P3	0.7	110.63
	P4	0.7	98.63

7.4.1.7.- Resultados de análisis a muestras tomadas a 1.40 m de profundidad

De la muestra tomada en el Punto de Muestreo PS (Zona 3: Escurrimiento junto a retorno 1), a la profundidad de 1.40 m, el análisis en el laboratorio reportó 40.74 mg/kg, valor

menor a los LMP de 200 mg/kg de Hidrocarburos Fracción Ligera. En la siguiente tabla se presenta el resultado reportado para esta muestra.

Tabla 13. Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera a muestras de suelo tomadas a 1.40 m de profundidad.

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	HFL
			LMP 200 mg/kg
3.- ESCURRIMIENTO JUNTO A RETORNO 1	P5	1.4	40.74

7.4.2.- Resultados de Laboratorio para determinar Tolueno, Benceno, Etilbenceno y Xilenos (BTEX)

Los resultados de los análisis realizados a las 93 muestras de suelo (84 simples y 9 duplicadas) para determinar BTEX y que fueron tomadas a las profundidades de 0.20 m, 0.25 m, 0.30 m, 0.40 m, 0.60 m 0.70 m y a 1.40 m (*Tabla 14*), reportan que solo en 9 se detectó presencia de alguno de los compuestos (Benceno, Etilbenceno, Tolueno y Xilenos), pero en todos los casos por debajo de los LMP establecidos en la NOM-138-SEMARANT/SSA1-2012 para un Uso de Suelo Agrícola y Forestal.

De las 84 muestras restantes, en todas ellas los análisis de laboratorio reporto que no se detectó presencia de alguno de los compuestos de BTEX, reportándose como <L.C. (Menor al Límite de Cuantificación).

Tabla 14. Resultados de análisis de laboratorio para BTEX a 0.20 m, 0.25 m, 0.30 m, 0.40 m, 0.60 m 0.70 m y a 1.40 m de profundidad.

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	BENCENO (mg/kg)	TOLUENO (mg/kg)	ETILBENCENO (mg/kg)	XILENOS (mg/kg)
			LMP6 mg/kg	LMP40 mg/kg	LMP 10 mg/kg	LMP40 mg/kg
1.- TALUD BAJOPUENTE	P1	0.4	<L.C.	<L.C.	<L.C.	6.15
	P2	0.4	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
2.- BORDO BAJOPUENTE	P3	0.4	<L.C.	9.17	9.81	9.97
	P3	0.7	<L.C.	<L.C.	<L.C.	9.97
	P4	0.3	<L.C.	10.2	9.71	20.64
	P4	0.7	3.78	<L.C.	<L.C.	6.47
3.- ESCURRIMIENTO JUNTO A RETORNO 1	P5	0.6	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P5	1.4	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
3.- ESCURRIMIENTO JUNTO A RETORNO 2	P6	0.25	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P6	0.6	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P6-DUP	0.6	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P7	0.25	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P7	0.6	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P8	0.25	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P8	0.6	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
5.- TERRENO ALEDAÑO A RETORNO	P9	0.25	<L.C.	6.85	7.44	8.24
	P9	0.6	<L.C.	<L.C.	9.75	9.37
	P10	0.25	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P10	0.6	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
6.- CUNETA DE SUELO NATURAL	P11	0.25	<L.C.	32.23	9.51	7.57
	P11	0.6	<L.C.	13.91	3.14	2.31
	P11-DUP	0.6	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P12	0.25	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P12	0.6	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P13	0.25	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P13	0.6	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	BENCENO (mg/kg)	TOLUENO (mg/kg)	ETILBENCENO (mg/kg)	XILENOS (mg/kg)
			LMP6 mg/kg	LMP40 mg/kg	LMP 10 mg/kg	LMP40 mg/kg
6.- CUNETA DE SUELO NATURAL	P14	0.25	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P14	0.6	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P15	0.25	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P15	0.6	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
7.- ZONA DDV 1	P16	0.2	3.9	6.28	9.79	10.33
	P16	0.4	2.73	6.63	9.58	11.14
	P16-DUP	0.4	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P17	0.2	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P17	0.4	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
8.- ZONA DDV 2	P18	0.2	<L.C.	8.39	9.79	20.98
	P18	0.4	<L.C.	1.64	1.32	30.03
	P19	0.2	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P19	0.4	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P20	0.2	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P20	0.4	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P21	0.2	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P21	0.4	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P21-DUP	0.4	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P22	0.2	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P22	0.4	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P23	0.2	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P23	0.4	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P24	0.2	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P24	0.4	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P25	0.2	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P25	0.4	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P26	0.2	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P26	0.4	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P27	0.2	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	BENCENO (mg/kg)	TOLUENO (mg/kg)	ETILBENCENO (mg/kg)	XILENOS (mg/kg)
			LMP6 mg/kg	LMP40 mg/kg	LMP 10 mg/kg	LMP40 mg/kg
8.- ZONA DDV 2	P27	0.4	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	P27-DUP	0.4	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
1.- TALUD BAJOPUENTE	E1	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
2.- BORDO BAJOPUENTE	E2	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E3	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E4	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
3.- ESCURRIMIENTO JUNTO A RETORNO 1	E5	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E6	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
4.- ESCURRIMIENTO JUNTO A RETORNO 2	E7	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E8	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E8-DUP	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E9	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E10	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
5.- TERRENO ALEDAÑO A RETORNO	E11	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E12	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E13	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
6.- CUNETA DE SUELO NATURAL	E14	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E15	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E16	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E17	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E18	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E18-DUP	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E19	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E20	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E21	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
7.- ZONA DDV 1	E22	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E23	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E24	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
8.- ZONA DDV 2	E25	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	BENCENO (mg/kg)	TOLUENO (mg/kg)	ETILBENCENO (mg/kg)	XILENOS (mg/kg)
			LMP6 mg/kg	LMP40 mg/kg	LMP 10 mg/kg	LMP40 mg/kg
8.- ZONA DDV 2	E26	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E27	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E28	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E28-DUP	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E29	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E30	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E31	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E32	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	E32-DUP	0.3	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.

7.5.- Determinación de pH y Humedad

Como parte de los análisis realizados a las muestras de suelo, adicionales de Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX,

Tabla 15. Resultados de análisis de laboratorio para pH y Humedad para las muestras de suelo.

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	pH (UpH)	HUMEDAD (%)
1.- TALUD BAJOPUENTE	P1	0.4	6.42	55.95
	P2	0.4	6.49	57.53
2.- BORDO BAJOPUENTE	P3	0.4	6.45	37.61
	P3	0.7	6.44	36.62
	P4	0.3	6.41	37.07
	P4	0.7	6.47	91.81
3.- ESCURRIMIENTO JUNTO A RETORNO 1	P5	0.6	6.53	40.15
	P5	1.4	6.58	50.39
3.- ESCURRIMIENTO JUNTO A RETORNO 2	P6	0.25	6.51	30.57
	P6	0.6	6.59	44.03
	P6-DUP	0.6	6.57	43.90
	P7	0.25	6.53	42.08
	P7	0.6	6.57	48.06
	P8	0.25	6.51	41.05
	P8	0.6	6.58	49.68
5.- TERRENO ALEDAÑO A RETORNO	P9	0.25	6.53	31.19
	P9	0.6	6.52	57.97
	P10	0.25	6.77	34.64
	P10	0.6	6.75	45.67
6.- CUNETA DE SUELO NATURAL	P11	0.25	6.69	56.69
	P11	0.6	6.62	59.25
	P11-DUP	0.6	6.65	51.67
	P12	0.25	6.68	48.88
	P12	0.6	6.61	58.49
	P13	0.25	6.63	42.33
	P13	0.6	6.64	36.39
6.- CUNETA DE SUELO NATURAL	P14	0.25	6.66	41.04
	P14	0.6	6.70	54.31
	P15	0.25	6.69	33.01
	P15	0.6	6.78	25.87
7.- ZONA DDV 1	P16	0.2	6.72	36.96
	P16	0.4	6.73	35.89
	P16-DUP	0.4	6.76	32.88
	P17	0.2	6.69	24.61
	P17	0.4	6.75	25.02
8.- ZONA DDV 2	P18	0.2	6.49	95.00
	P18	0.4	6.53	84.14

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	pH (UpH)	HUMEDAD (%)
	P19	0.2	6.47	88.77
	P19	0.4	6,58	87.13
	P20	0.2	6.52	87.73
	P20	0.4	6.61	85.14
	P21	0.2	6.67	89.91
	P21	0.4	6.49	87.10
	P21-DUP	0.4	6.58	89.15
	P22	0.2	6.74	90.08
	P22	0.4	6.63	88.79
	P23	0.2	6.58	86.28
	P23	0.4	6.63	89.24
	P24	0.2	6.57	88.07
	P24	0.4	6.46	80.75
	P25	0.2	6.58	81.16
	P25	0.4	6.64	89.35
	P26	0.2	6.57	83.22
	P26	0.4	6.68	80.03
	P27	0.2	6.71	87.24
8.- ZONA DDV 2	P27	0.4	6.45	84.76
	P27-DUP	0.4	6.43	84.59
1.-TALUD BAJOPUENTE	E1	0.3	6.52	32.46
2.- BORDO BAJOPUENTE	E2	0.3	6.58	27.51
	E3	0.3	6.54	40.40
	E4	0.3	6.59	38.03
3.- ESCURRIMIENTO JUNTO A RETORNO 1	E5	0.3	6.51	30.47
	E6	0.3	6.56	41.61
4.- ESCURRIMIENTO JUNTO A RETORNO 2	E7	0.3	6.48	21.63
	E8	0.3	6.55	44.92
	E8-DUP	0.3	6.57	44.17
	E9	0.3	6.54	49.83
	E10	0.3	6.49	38.60
5.- TERRENO ALEDAÑO A RETORNO	E11	0.3	6.62	24.71
	E12	0.3	6.45	45.21
	E13	0.3	6.43	58.86
6.- CUNETA DE SUELO NATURAL	E14	0.3	6.47	16.05
	E15	0.3	6.60	50.50
	E16	0.3	6.54	57.39
	E17	0.3	6.58	41.81
	E18	0.3	6.53	37.35
	E18-DUP	0.3	6.45	38.56
	E19	0.3	6.47	37.24
	E20	0.3	6.63	37.17
	E21	0.3	6.56	20.83
7.- ZONA DDV 1	E22	0.3	6.52	16.04
	E23	0.3	6.47	20.77

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	pH (UpH)	HUMEDAD (%)
	E24	0.3	6.48	25.21
8.- ZONA DDV 2	E25	0.3	6.61	65.54
8.- ZONA DDV 2	E26	0.3	6.45	89.85
	E27	0.3	6.65	87.89
	E28	0.3	6.64	88.54
	E28-DUP	0.3	6.45	86.70
	E29	0.3	6.57	89.13
	E30	0.3	6.53	87.40
	E31	0.3	6.59	87.04
	E32	0.3	6.52	85.64
	E32-DUP	0.3	6.54	81.45

7.6.- Integración y análisis de los resultados de laboratorio

De los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio realizados para determinar Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX a las 93 muestras de suelo (84 simples y 9 duplicadas) obtenidas a diferentes profundidades en el área de estudio, se resume lo siguiente:

- De los 59 puntos de muestreo establecidos en la zona, 27 fueron ubicados dentro de las áreas identificadas como afectadas (P1-P27) y los 32 restantes (E1-E32) se ubicaron para la delimitación de estas zonas.
- En los 27 puntos de muestreo correspondientes a las ocho áreas contaminadas, se analizaron 57 muestras de suelo (52 simples y 5 duplicadas), observándose que en todas las áreas identificadas, en la muestra de primer nivel los análisis reportan Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) por arriba de los Límites Máximos Permisibles (LMP) de 200 mg/kg y en la muestra de fondo, en todos los casos se reportan concentraciones de HFL por debajo de los LMP. De forma particular por cada zona se observa lo siguiente:
  a) Zona 1.- Talud bajo puente, Puntos de Muestreo 1 y 2 tienen HFL fuera de norma lo que confirma que todo el material que descansa sobre la carpeta asfáltica está contaminado.
  b) Zona 2.- Bordo bajo puente. Puntos de Muestreo 3 y 4 tienen HFL fuera de norma en las muestras a 0.30 m, pero en la profundidad de 0.7 m los valores de HFL están por debajo de los LMP.

c) Zona 3.- Escurrimiento junto a retorno 1, Punto de Muestreo 5 tiene HFL fuera de norma en la muestra a 0.60 m, pero en la profundidad de 1.40 m los valores de HFL están por debajo de los LMP.

d) Zona 4.- Escurrimiento junto a retorno 2, Puntos de Muestreo 6, 7 y 8, tiene HFL fuera de norma en la muestra a 0.25 m, pero en la profundidad de 0.60 m los valores de HFL están por debajo de los LMP.

e) Zona 5.- Terreno aledaño a retorno, Puntos de Muestreo 9 y 10, solo en el punto 10 tiene HFL fuera de norma en la muestra a 0.25 m, pero en la profundidad de 0.60 m los valores de HFL están por debajo de los LMP.

f) Zona 6.- Cuneta de suelo natural, Puntos de Muestreo 11, 12, 12 y 14, tiene HFL fuera de norma en la muestra a 0.25 m, pero en la profundidad de 0.60 m los valores de HFL están por debajo de los LMP.

g) Zona 7.- Zona DDV 1, Puntos de Muestreo 16 y 17, tiene HFL fuera de norma en las muestras a 0.20 m, pero en la profundidad de 0.40 m los valores de HFL están por debajo de los LMP.

h) Zona 8.- Zona DDV 2, Puntos de Muestreo 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26 y 27, tiene HFL fuera de norma en la muestra a 0.20 m, pero en la profundidad de 0.40 m los valores de HFL están por debajo de los LMP.

- En ninguno de los puntos de muestreo establecidos para delimitar el área afectada, E1 al E32, se reportaron concentraciones de HFL y BTEX que sobrepasaran los LMP establecidos por la normatividad.
- En los 32 Puntos de Muestreo ubicados para la delimitación de las áreas contaminadas, se tomaron 36 muestras de suelo (32 simples y 4 duplicadas), a las cuales también se les realizo el análisis para determinar Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL), y en ninguna de ellas se detectó presencia del hidrocarburo.
- En los resultados de los análisis para determinación de BTEX en las 93 muestras analizadas (57 en la zona contaminada y 36 para delimitación), se reporta que solo en 9 muestras (ubicadas dentro del área afectada) se detectó presencia de alguno de los compuestos de BTEX (Benceno, Etilbenceno, Tolueno y Xilenos), pero en todos los casos por debajo de los LMP establecidos en la NOM-138-SEMARANT/SSA1-2012 para un Uso de Suelo Agrícola y Forestal. En las restantes 84 muestras analizadas, no se

detectó presencia de los contaminantes, reportándose como menor al límite de cuantificación (<L.C.).

- De acuerdo a los resultados de los análisis realizados a las 93 muestras de suelo (84 simples y 9 duplicadas), el pH del suelo del área evaluada se encuentra en el rango de 6.41 a 6.77, y el porcentaje de humedad va de 16.04 hasta 95%, lo cual estuvo en función del agua aplicada en el lavado de la carretera y que se incorporó al suelo afectado.

8.- IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA PLUMA CONTAMINANTE

8.1.- Modelo de Simulación

Con los datos analizados de los resultados de laboratorio, se realizó la pluma de contaminación, con ayuda de la modelación Surface Mapping System (SURFER), versión 12.0, de Golden Software Inc. La pluma de contaminación generada con el software se exportó al plano del levantamiento topográfico para conocer la ubicación, el área y por consiguiente el volumen de suelo contaminado de la pluma contaminante. Se anexan los planos con la modelación obtenida (ANEXO G).

Para el cálculo de las Plumas de Contaminación se consideró las 8 Áreas que se identificaron como afectadas y a donde se realizó la toma de muestras de suelo para su análisis en laboratorio y las cuales fueron:

- Zona Afectada 1 Talud Bajo Puente.
- Zona Afectada 2 Bordo Bajo Puente.
- Zona Afectada 3 Escurrimiento Junto a Retorno 1.
- Zona Afectada 4 Escurrimiento Junto a Retorno 2.
- Zona Afectada 5 Terreno Aledaño a Retorno.
- Zona Afectada 6 Cuneta de Suelo Natural.
- Zona Afectada 7 Zona de Derecho de Vía 1.
- Zona Afectada 8 Zona de Derecho de Vía 2.

En la elaboración de la pluma de contaminación, además de basarse en los resultados de los análisis de laboratorio, también se considera usar los datos obtenidos en campo, tales como:

- La estratigrafía del suelo
- Las características físicas del sitio
- La infraestructura
- La zona visible de contaminación
- La topografía del lugar
- Las pruebas de campo y sondeos realizados

Para la cuantificación de la superficie afectada y del volumen de suelo contaminado se consideró lo siguiente:

1. La superficie corresponde al área calculada de la Pluma Contaminante obtenida de las modelaciones y realizando la sobre posición de estas en el software AutoCAD.
2. Para la consideración de la profundidad máxima de cada una de las área afectadas se tomó en cuenta los sondeos realizados en campo y los resultados de los análisis de laboratorio donde no reportaron concentraciones que sobrepasen los límites máximos permisibles en las muestras tomadas a mayor profundidad.
3. En cada zona la profundidad tuvo variación de acuerdo al nivel de penetración que presentó el hidrocarburo.
4. La simulación para el contaminante identificado (HFL) se realizó únicamente para las profundidades de muestras tomadas a las profundidades de 0.20, 0.25, 0.30, 0.40 y 0.60 m, ya estas fueron las que reportaron concentraciones mayores al LPM establecido por la normatividad

8.2.- Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) a 0.20 m de profundidad

En la siguiente figura se presenta la pluma contaminante obtenida de la modelación, donde se identificó el área contaminada con Hidrocarburos Fracción Ligera con concentraciones que sobrepasan el valor establecido en la normatividad (200 mg/kg), en las muestras tomadas a 0.20 m de profundidad. En la figura se puede apreciar que la pluma contaminante se presenta en la totalidad de las zonas 7 y 8 delimitadas; con concentraciones que van desde los 270.11 mg/kg a los 350.38 mg/kg en los 12 pozos muestreados a esta profundidad, siendo los puntos P16, P17 y P25 los que presentan las mayores concentraciones de 346.00 a 350.38 mg/kg (Ver Tabla 15).

Tabla 16. Resultados de análisis de laboratorio de Hidrocarburos Fracción Ligera a 0.20 m de profundidad.

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	HFL
			LMP 200 mg/kg
7.- ZONA DDV 1	P16	0.2	346.00
	P17	0.2	350.38
8.- ZONA DDV 2	P18	0.2	323.08
	P19	0.2	287.29
	P20	0.2	287.30
	P21	0.2	270.11
	P22	0.2	314.14
	P23	0.2	281.27
	P24	0.2	330.60
	P25	0.2	347.69
	P26	0.2	323.44
	P27	0.2	296.02

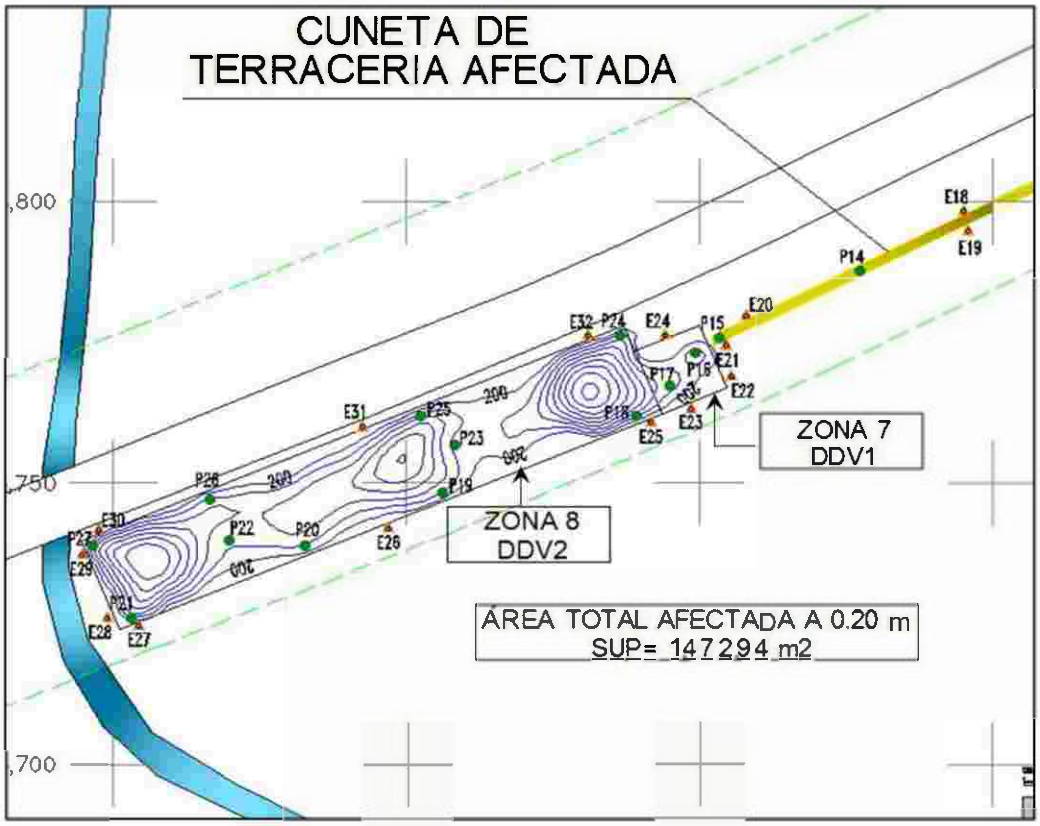


Figura 15. Simulación de la pluma contaminante de Hidrocarburos Fracción Ligera a 0.20 m. Zonas 7 y 8.

Para conocer el volumen de suelo contaminado, se tomó en cuenta la superficie obtenida del modelo de simulación y se consideró como guía la profundidad máxima en la zona a la que se realizó el sondeo inicial; de lo que se obtuvo lo siguiente:

Tabla 17. Área y volumen de suelo contaminado HFL 0.20 m

Área afectada (m^2)	1,472.94
Profundidad toma muestra (m)	0.20
Espesor del estrato afectado por HFL (m)	0.35
Volumen afectado (m^3)	(1,472i94)(0i35)=
Volumen total de suelo contaminado con HFL Zonas 7 y 8	**515.53 m3**

8.3.- Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) a 0.25 m de profundidad

En la siguiente figura se presenta la pluma contaminante obtenida de la modelación, donde se identificó el área contaminada con Hidrocarburos Fracción Ligera con concentraciones que sobrepasan el valor establecido en la normatividad (200 mg/kg), en las muestras tomadas a 0i25 m de profundidadi En la figura se puede apreciar que la pluma contaminante se presenta en las zonas 4, 5 y 6 delimitadas; con concentraciones que van desde los 93i26 mg/kg a los 369.07 mg/kg en 9 los 10 pozos muestreados a esta profundidad, siendo los puntos P10, P11 y P12 los que presentan las mayores concentraciones de 356i75 a 369i07 mg/kg (Ver Tabla 17)i

Tabla 18. Resultados de análisis de laboratorio de Hidrocarburos Fracción Ligera a 0i25 m de profundidad.

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	HFL
			LMP 200 mg/kg
4i- ESCURRIMIENTO JUNTO A RETORNO 2	P6	0i25	333i03
	P7	0i25	343i14
	P8	0i25	341.37
5i- TERRENO ALEDAÑO A RETORNO	P9	0i25	93i26
	P10	0i25	363i50
6i- CUNETA DE SUELO NATURAL	P11	0i25	369i07
	P12	0i25	356i75
	P13	0i25	340.41
	P14	0i25	354.49
	P15	0i25	245i15

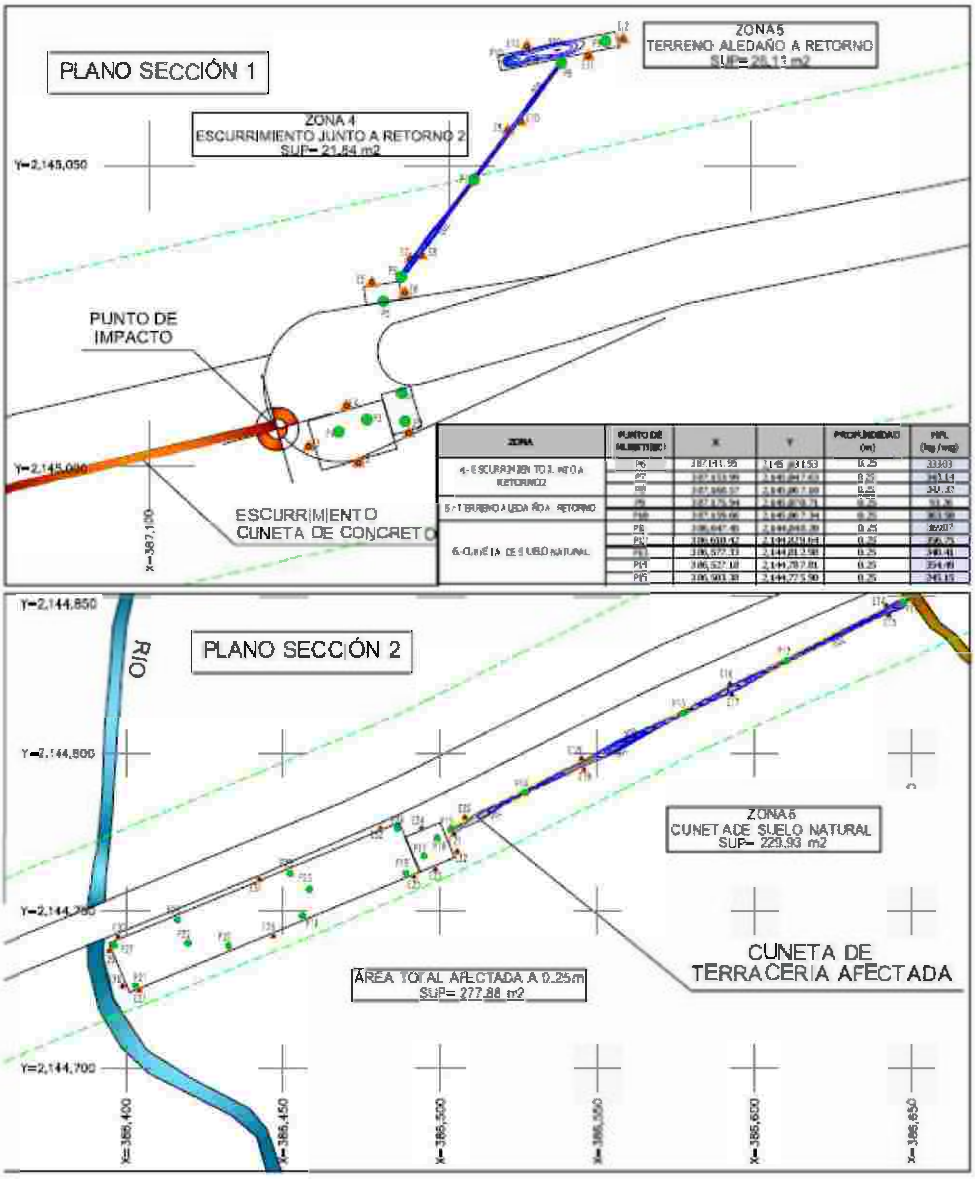


Figura 16. Simulación de la pluma contaminante de Hidrocarburos Fracción Ligera a 0.25 m. Zona 4, 5 y 6.

Para conocer el volumen de suelo contaminado, se tomó en cuenta la superficie obtenida del modelo de simulación y se consideró como guía la profundidad máxima en la zona a la que se realizó el sondeo inicial; de lo que se obtuvo lo siguiente:

Tabla 19. Área y volumen de suelo contaminado HFL 0.25 m

Zonas	4	5	6
Área afectada (m^2)	47i95		229i93
Profundidad toma muestra (m)	0i25		0i25
Espesor del estrato al que no se reporta HFL (m)	0.50		0.40
Volumen afectado (m^3)	(47i95)(0i50)=		(229i93)(0.40)=
Volumen total de suelo contaminado con HFL	**23.98**		**91.97**
Volumen Total Zonas 4,5 y 6	**115.95 m3**		

8.4.- Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) a 0.30 m de profundidad

En la siguiente figura se presenta la pluma contaminante obtenida de la modelación, donde se identificó el área contaminada con Hidrocarburos Fracción Ligera con concentraciones que sobrepasan el valor establecido en la normatividad (200 mg/kg), en las muestras tomadas a 0.30 m de profundidad. En la figura se puede apreciar que la pluma contaminante se presenta en la zona 2 delimitada; con concentraciones de 216.58 y 343.91 mg/kg reportadas en la Tabla 19.

Tabla 20. Resultados de análisis de laboratorio de Hidrocarburos Fracción Ligera a 0i30 m de profundidad.

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	HFL
			LMP 200 mg/kg
2i- BORDO BAJOPUENTE	P3	0i3	216.58
	P4	0i3	343.91

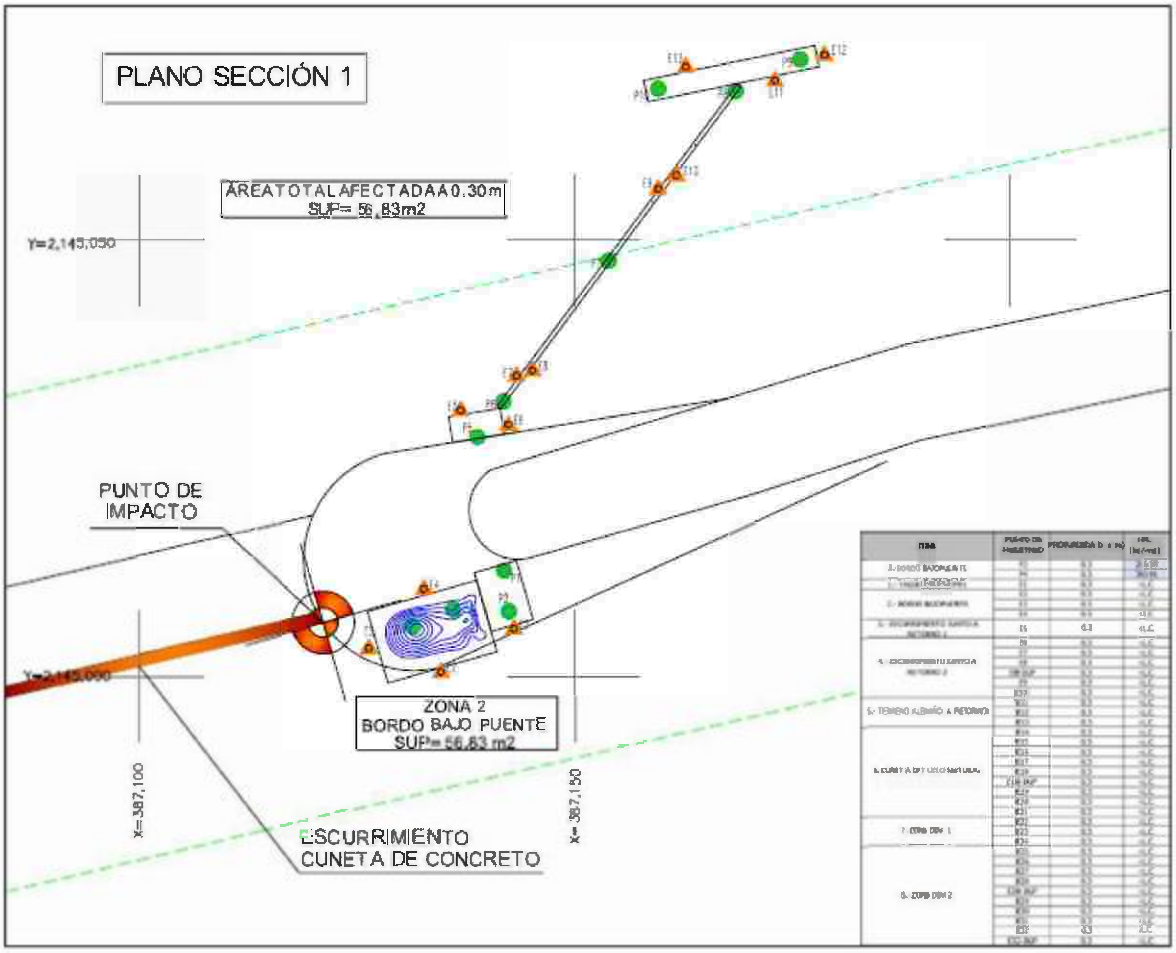


Figura 17. Simulación de la pluma contaminante de Hidrocarburos Fracción Ligera a 0.30 m. Zona 2.

Para conocer el volumen de suelo contaminado, se tomó en cuenta la superficie obtenida del modelo de simulación y se consideró como guía la profundidad máxima en la zona a la que se realizó el sondeo inicial; de lo que se obtuvo lo siguiente:

Tabla 21. Área y volumen de suelo contaminado HFL 0.30 m

Área afectada (m^2)	56.83
Profundidad toma de muestra (m)	0.30
Espesor del estrato al que no se reporta HFL (m)	0.60
Volumen afectado (m^3)	(56.83)(0.60)=
Volumen total de suelo contaminado con HFL Zona 2	**34.10 m3**

8.5.- Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) a 0.40 m de profundidad

En la siguiente figura se presenta la pluma contaminante obtenida de la modelación, donde se identificó el área contaminada con Hidrocarburos Fracción Ligera con concentraciones que sobrepasan el valor establecido en la normatividad (200 mg/kg), en las muestras tomadas a 0.40 m de profundidad. En la figura se puede apreciar que la pluma contaminante se presenta en la zona 1 delimitada; con concentraciones de 318.40 mg/kg a los 328.48 mg/kg en 2 los 18 pozos muestreados a esta profundidad (Tabla 21).

Tabla 22. Resultados de análisis de laboratorio de Hidrocarburos Fracción Ligera a 0.40 m de profundidad.

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	HFL
			LMP 200 mg/kg
1.- TALUD BAJOPUENTE	P1	0.4	318.40
	P2	0.4	328.48
7.- ZONA DDV 1	P16	0.4	94.35
	P16-DUP	0.4	92.89
	P17	0.4	89.06
8.- ZONA DDV 2	P18	0.4	75.71
	P19	0.4	77.80
	P20	0.4	48.67
	P21	0.4	47.84
	P21-DUP	0.4	47.56
	P22	0.4	74.60
	P23	0.4	70.72
	P24	0.4	80.27
	P25	0.4	65.24
	P26	0.4	74.10
	P27	0.4	70.47
	P27-DUP	0.4	68.54

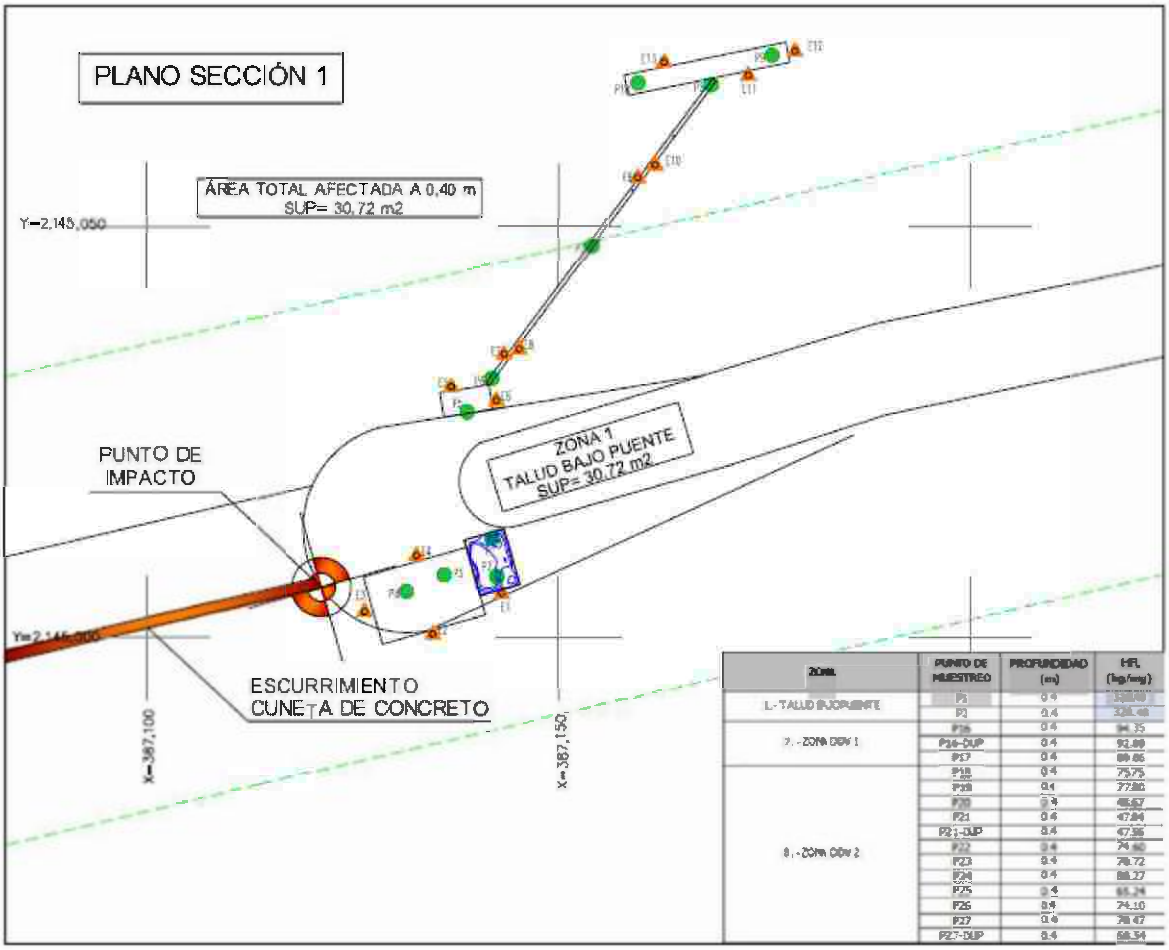


Figura 18. Simulación de la pluma contaminante de Hidrocarburos Fracción Ligera a 0.40 m. Zona 1.

Para conocer el volumen de suelo contaminado, se tomó en cuenta la superficie obtenida del modelo de simulación y se consideró como guía la profundidad máxima en la zona a la que se realizó el sondeo inicial; de lo que se obtuvo lo siguiente:

Tabla 23. Área y volumen de suelo contaminado HFL 0.40 m

Área afectada Zona 1 (m^2)	30.72
Profundidad toma de muestra (m)	0.40
Espesor del estrato al que no se reporta HFL (m)	0.55
Volumen afectado (m^3)	(30.72)(0.55)=
Volumen total de suelo contaminado con HFL Zona 1	**16.90 m3**

8.6.- Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) a 0.60 m de profundidad

En la siguiente figura se presenta la pluma contaminante obtenida de la modelación, donde se identificó el área contaminada con Hidrocarburos Fracción Ligera con concentraciones que sobrepasan el valor establecido en la normatividad (200 mg/kg), en las muestras tomadas a 0.60 m de profundidad. En la figura se puede apreciar que la pluma contaminante se presenta en un único punto localizado en la zona 3 delimitada; con una concentración de 299.50 mg/kg (Ver Tabla 23).

Tabla 24. Resultados de análisis de laboratorio de Hidrocarburos Fracción Ligera a 0.60 m de profundidad.

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	HFL
			LMP 200 mg/kg
3.- ESCURRIMIENTO JUNTO A RETORNO 1	P5	0.6	299.50
4.- ESCURRIMIENTO JUNTO A RETORNO 2	P6	0.6	98.50
	P6-DUP	0.6	97.98
	P7	0.6	78.51
	P8	0.6	81.93
5.- TERRENO ALEDAÑO A RETORNO	P9	0.6	81.44
	P10	0.6	93.34
6.- CUNETA DE SUELO NATURAL	P11	0.6	76.66
	P11-DUP	0.6	79.55
	P12	0.6	75.60
	P13	0.6	62.68
	P14	0.6	74.43
	P15	0.6	83.60

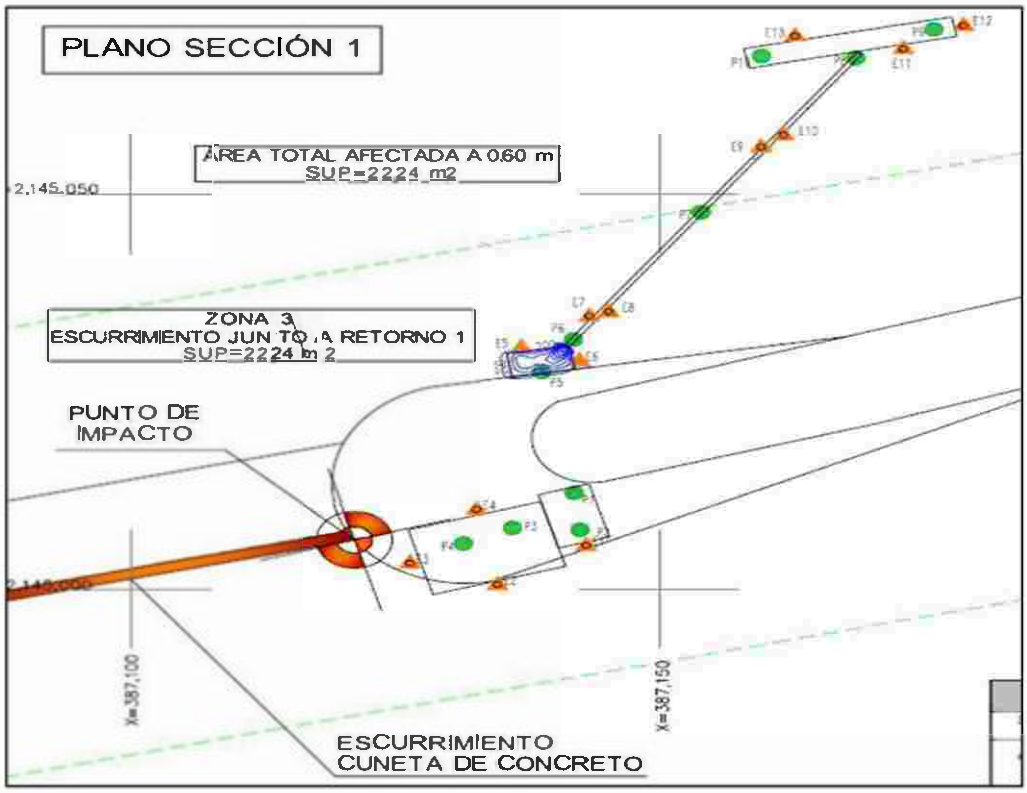


Figura 19. Simulación de la pluma contaminante de Hidrocarburos Fracción Ligera a 0.60 m. Zona 3.

Para conocer el volumen de suelo contaminado, se tomó en cuenta la superficie obtenida del modelo de simulación y se consideró como guía la profundidad máxima en la zona a la que se realizó el sondeo inicial y como se encuentra cerca del punto de impacto y siendo una de las zonas donde permaneció almacenado hasta que se consumió, el líquido de lavado utilizado en las labores de atención por Protección Civil, se determina que la profundidad de afectación es de 1.00 m, con la finalidad de asegurar que se está contemplando todo el estrato contaminado, de lo que se obtuvo lo siguiente:

Tabla 25. Área y volumen de suelo contaminado HFL 0.60 m

Área afectada Zona 3 (m^2)	22.24
Profundidad toma de muestra (m)	0.60
Espesor del estrato al que no se reporta HFL (m)	1.00
Volumen afectado (m^3)	(22.24)(1.00)=
Volumen total de suelo contaminado con HFL Zona 3	**22.24 m3**

8.7.- Determinación del área y volumen total de contaminación

Para el cálculo del área y volumen total de suelo contaminado en la zona, se realizó la integración y/o sobre posición de las plumas obtenidas para cada contaminante evaluado a las profundidades respectivas, obteniendo como consecuencia de la forma en que se desplazó el contaminante 8 plumas de contaminación total, las cuales se muestran en las siguientes figuras. Después de realizar la sobre posición de las plumas contaminantes el área total contaminada resultante fue de ***1,860.61 m²***.

Para el cálculo del volumen total de la contaminación se consideró el área contaminada en cada una de las zonas identificadas y la profundidad establecida previamente de acuerdo a los sondeos iniciales y confirmada con los resultados de los análisis de laboratorio; obteniendo que el volumen total de suelo contaminado es ***704.72 m³***. En la *Figura 22* se presenta el modelo 3D de cada una de las Plumas Contaminantes identificadas. En la *Tabla 25* se muestra un resumen de las áreas y volúmenes por estrato de suelo obtenidos de la sobre posición de las plumas contaminantes.

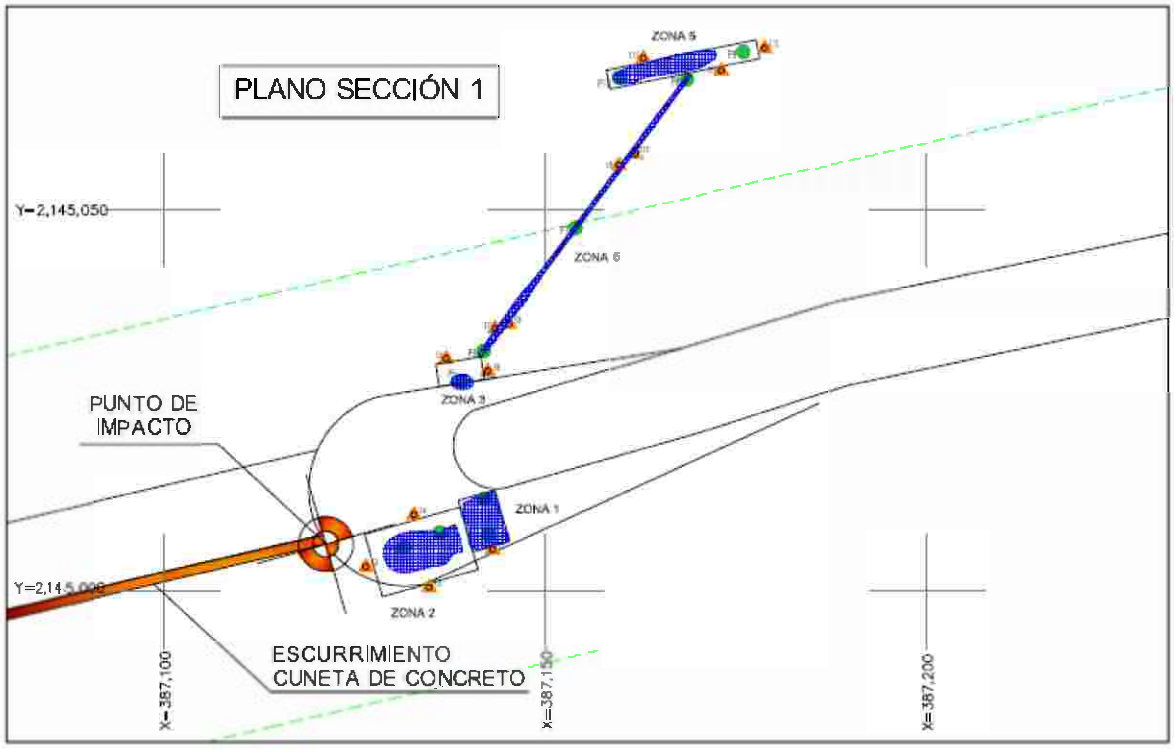


Figura 20. Integración de las Plumas Contaminantes determinadas por el modelo de simulación para Hidrocarburos Fracción Ligera (Sección 1).

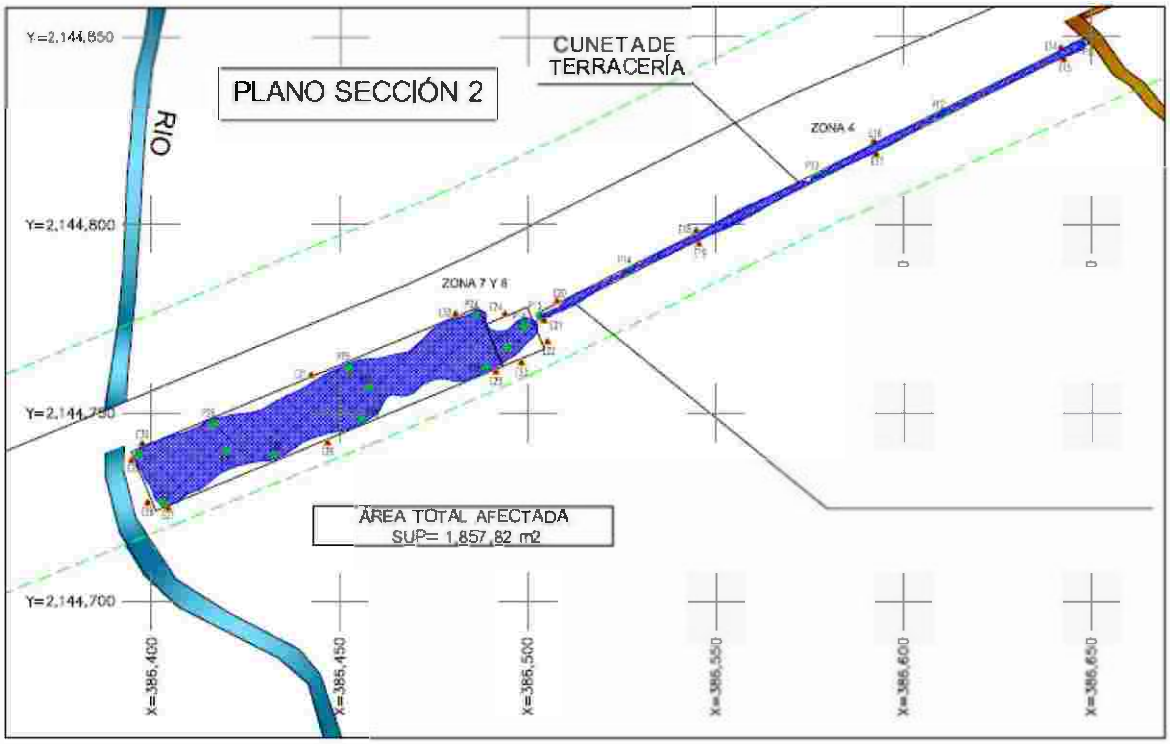


Figura 21. Integración de las Plumas Contaminantes determinadas por el modelo de simulación para Hidrocarburos Fracción Ligera (Sección 2).

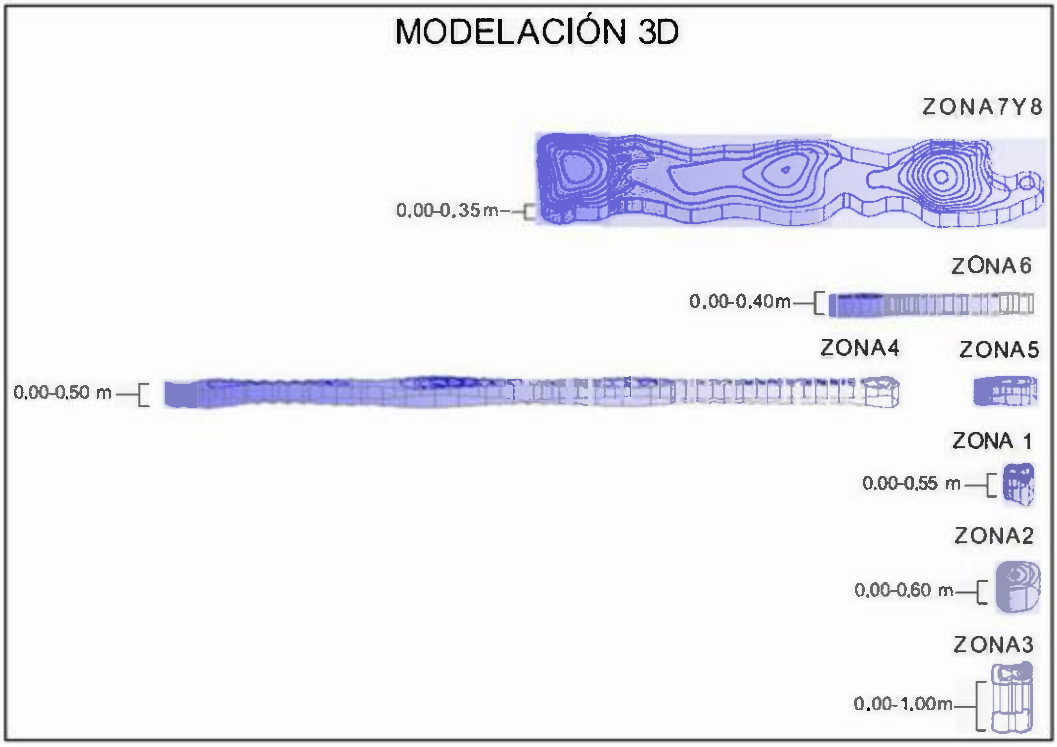


Figura 22. Modelo 3D de la pluma contaminante total

Tabla 26. Área y volumen total de suelo contaminado obtenido de las plumas contaminantes.

Zona Contaminada		Espesor del Estrato Contaminado con HFL(m)	Contaminante	Área total (m^2)	Volumen total (m^3)
1	Talud bajo puente	0.55 m (0.0 a 0.55)	HFL	30.72	16.90
2	Bordo bajo puente	0.60 m (0.0 a 0.60)	HFL	56.83	34.10
3	Escurrimiento junto retorno 1	1.00 m (0.0 a 1.00)	HFL	22.24	22.24
4	Escurrimiento junto a retorno 2	0.50 m (0.0 a 0.50)	HFL	47.95	23.98
5	Terreno aledaño a retorno				
6	Cuneta de suelo natural	0.40 m (0.0 a 0.40)		229.93	91.97
7	Zona DDV1	0.35 m (0.0 a 0.35)	HFL	1,472.94	515.53
8	Zona DDV 2				
			TOTAL	**1,860.61**	**704.72**

9.- IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE DAÑOS AL AMBIENTE

9.1.- Estimación de Daños al Ambiente

En cuanto a los daños ambientales generados por el siniestro ocurrido en la Autopista Toluca-Zitácuaro, a la altura del km 40+500, en dirección hacia Zitácuaro, en el cual se derramaron 30,000 L de Gasolina Magna, el recurso natural afectado fue el suelo contaminando una superficie total de afectación de 1,860.61 m^2.

De las ocho zonas identificadas como afectadas por el derrame de gasolina:

- Zona 1 Talud Bajo Puente.
- Zona 2 Bordo Bajo Puente.
- Zona 3 Escurrimiento Junto a Retorno 1.
- Zona 4 Escurrimiento Junto a Retorno 2.
- Zona 5 Terreno Aledaño a Retorno.
- Zona 6 Cuneta de Suelo Natural.
- Zona 7 Zona de Derecho de Vía 1.
- Zona 8 Zona de Derecho de Vía 2.

Se observaron las siguientes afectaciones:

En las zonas1 y 2, el suelo afectado corresponde a material de relleno (tepetate), por lo que carecía de vegetación, afectándose solo en su calidad.

En las zonas 3, 4, 5, 6, 7 y 8, que corresponden al Derecho de Vía de la Autopista, se observó presencia de vegetación que corresponde básicamente a arbustos y pastos, los cuales fueron afectados por la gasolina derramada. En las siguientes figuras, se muestra la vegetación presente en la superficie afectada.



Figura 23. Zona afectada por derrame de Gasolina Magna



Figura 24. Cuneta de suelo natural por donde escurrió la gasolina



Figura 25. Vegetación en la zona del derecho de vía

Considerando la afectación al suelo, subsuelo y vegetación, también se genera la destrucción de microorganismos endémicos, al momento del derrame afectando la microbiota del lugar. Debido a la alta volatilidad que presenta la gasolina magna se consideró contaminación a la atmósfera a causa de la evaporación del producto. Sin embargo, al estar en un área abierta, el hidrocarburo se dispersó en poco tiempo.

En la zona no se observó la presencia de fauna silvestre o domestica que pudiera resultar afectada por la contaminación.

9.2.- Estimación de Daños Materiales

No se consideraron daños materiales adicionales a los causados por el siniestro, daños al autotanque y pérdida del hidrocarburo que se transportaba.

10.- EVALUACIÓN DEL RIESGO ECOLÓGICO Y A LA SALUD HUMANA

10.1.- Riesgo a la Salud Humana

La evaluación de riesgo a la salud humana consiste en conocer cuáles son los efectos nocivos a la salud que se puede presentar en una población debido a la exposición a una sustancia tóxica, en este caso es la gasolina magna.

Debido a que la población más cercana al punto donde se generó el siniestro se encuentra a más 4 km de distancia, no se consideró la existencia de una población que pudiera estar directamente expuesta al contaminante evaluado. De igual manera ya que la zona afectada no es un área de paso peatonal o donde la población pudiera estar en contacto con el suelo o inhalar vapores se descartó esta posibilidad.

10.2.- Evaluación de Riesgo Ecológico

Para llevar a cabo esta evaluación se tomaron en consideración la naturaleza, magnitud y la transitoriedad o permanencia de los efectos ecológicos potenciales, así como los siguientes puntos:

- Caracterización ecológica e identificación de la población potencialmente receptora.
- Evaluación ecológica de la toxicidad, hacia los organismos.
- Caracterización del riesgo.

Un derrame de materiales o residuos peligrosos en un ecosistema es directamente peligroso para los organismos en la reproducción, otra de las consecuencias del contaminante es que puede afectar a la estructura y función de un ecosistema o de sus componentes.

Tomando en consideración que el derrame del producto sucedió el 29 de enero del 2020, debemos establecer que el daño ecológico ya fue originado, viéndose afectados los elementos naturales correspondientes principalmente al suelo y a la microfauna de la superficie por donde escurrió el contaminante.

En lo que se refiere al agua subterránea, ésta no se encuentra expuesta a ser

contaminada con lixiviados o infiltraciones generadas por el derrame de Gasolina ya que en la zona 1 existe una capa de concreto a los 0.55 m de profundidad y la contaminación que se originó en las zonas más alejadas al punto del siniestro fue debido al escurrimiento ocasionado por lavado que el personal de protección civil realizó en la zona del siniestro. Por lo anterior la contaminación en la mayor parte de la superficie afectada no alcanzó una profundidad mayor a los 0.60 m. Y solamente en la zona 3 Escurrimiento Junto a Retorno 1, se tuvo como profundidad máxima alcanzada 1.00 m, lo cual se considera tampoco representa riesgo para el agua subterránea, ya que no se tiene saturación de hidrocarburo que pudiera infiltrarse.

De acuerdo a lo anterior, se puede establecer que el mayor riesgo ecológico se presenta en la matriz suelo por la afectación directa a su calidad, pero también porque no se han dado aún las condiciones favorables para una atenuación natural.

Al tiempo de presentarse un derrame de materiales o residuos peligrosos, es conveniente conocer sus características fisicoquímicas (determinadas en la hoja de seguridad), para conocer las vías de exposición (aire, agua, suelo y sedimentos), por las cuales se canaliza el contaminante al ecosistema dependiendo de las características y condiciones ambientales, así como de la presencia de organismos en el lugar, debiendo considerarse lo siguiente:

- Efectos laterales y sublaterales.
- Biotransformación, bioacumulación y/o transferencia en la cadena trófica.

Los factores mencionados presentan respuestas en los sistemas como la reproducción alterada o interrumpida de microorganismos, la migración de algunas especies debido a afectaciones ocurridas en su hábitat o la mortalidad de alguna especie por efectos nocivos por la presencia del contaminante.

Lo anterior puede ser revertido o favorecer su recuperación mediante las técnicas de restauración la eliminación de los contaminantes.

11.- ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

De acuerdo con la información recopilada y los resultados analíticos obtenidos del muestreo en la zona del siniestro en la cual se produjo el derrame de 30,000 L de Gasolina Magna en el Km 40+500 de la Autopista Toluca-Zitácuaro Municipio de Villa de Allende en el estado de México; se establece que:

1. La gasolina derramada en el siniestro escurrió de la parte alta del puente por el Talud y hacia un Bordo de tierra ubicados bajo el puente, para posteriormente escurrir hacia el drenaje pluvial de la Autopista, desplazándose por cunetas de concreto (tanto en dirección hacia Zitácuaro como hacia Toluca) y posteriormente escurrió por fuera de la carretera hacia cunetas de tierra natural, afectando también suelo del Derecho de Vía.
2. El área afectada por el derrame, se incrementó debido a las acciones de lavado de la zona del siniestro que realizó Protección Civil del municipio con la finalidad de evitar condiciones de riesgo, provocando que el hidrocarburo se extendiera aproximadamente a 750 m de donde se originó el siniestro.
3. Debido a las características del sitio donde ocurrió el derrame y a la forma en que se dispersó el contaminante, se identificaron 8 zonas de afectación, sobre las cuales se realizaron los trabajos de evaluación y toma de muestras.
4. El suelo sobre el cual se derramó el contaminante corresponde a un suelo con uso principalmente de tipo forestal. De acuerdo al perfil estratigráfico de las zonas de estudio, los estratos en cada una de ellas son diferentes, teniendo estratos semipermeables o impermeables como en caso de la zona 1 donde el material contaminado esta sobre una capa de concreto. En la mayor parte de las zonas se tenía una zona de arcilla semicompacta lo cual impidió en alguna de ellas que la contaminación migrara a estratos más profundos.
5. Para los trabajos de evaluación de campo, se establecieron 59 puntos de muestreo para la toma de 84 muestras simples de suelo más 9 muestras duplicadas para un total de 93 muestras para analizar en el laboratorio. Las profundidades de toma de muestras fueron a 0.20 m, 0.25 m, 0.30 m, 0.40 m, 0.60 m, 0.70 m y 1.40 m.
6. Los resultados de los análisis de laboratorio indicaron que en 26 de las 93 muestras analizadas se reportaron concentraciones de HFL mayores al LMP establecido por la

NOM-138-SEMARANT/SSA1-2012 para Uso de Suelo Agrícola y Forestal. Las muestras que reportaron contaminación, corresponden a los puntos de muestreo ubicados en las 8 zonas identificadas como afectadas por el derrame y fueron tomadas a las profundidades: 0.20, 0.25, 0.30, 0.40 y 0.60 m.

7. La contaminación en 7 de las 8 zonas afectadas se concentró principalmente en los primeros 0.60 metros de profundidad debido en primer lugar a la dispersión que se dio con el agua de lavado y por otro lado por las características semipermeables que presenta el suelo en los estratos superiores y se extendió en favor de la pendiente de la zona y de la cuneta de concreto y suelo natural.
8. Solo en la zona 3 (Escurrimiento Junto a Retorno 1), ubicada cerca del punto de derrame, se tuvo como profundidad máxima alcanzada 1.00 m, lo cual se considera tampoco representa riesgo para el agua subterránea, ya que no se tiene saturación de hidrocarburo que pudiera infiltrarse.
9. Los resultados reportados para la determinación de BTEX, muestran que ninguna de las 93 muestras analizadas a las diferentes profundidades, reportaron concentraciones superiores a los Límites Máximos Permisibles establecidos en la NOM-138-SEMARANT/SSA1-2012 para Uso de Suelo Agrícola y Forestal.
10. Con los resultados de los análisis de laboratorio y de las evaluaciones realizadas se determinó que existen 8 diferentes plumas de contaminación por HFL en las zonas identificadas como afectadas por el derrame.
11. Como resultado final del estudio se determinó la superficie total afectada por el derrame de Gasolina Magna, la cual fue de 1,860.61 m^2 generando un volumen total de 704.72 m^3 de suelo contaminado.
12. Ya que se tiene bien identificado el nivel de contaminación generado por el derrame de Gasolina Magna, y de que las condiciones así lo permiten, es necesario se considere llevar a cabo los trabajos de saneamiento que permitan al área afectada recuperar sus condiciones originales.

12.- PLAN DE SANEAMIENTO

En el Estudio de Caracterización para evaluar contaminación de suelo por derrame de gasolina por volcadura de un autotanque en la autopista Toluca-Zitácuaro en el km 40+500, Municipio Villa de Allende, Estado de México, se identificó:

- Que se tiene una superficie de 1,860.61 m^2 generando 704.72 m^3 de suelo contaminado.

- Que se tienen definidas 8 plumas de contaminación, donde el Hidrocarburo Fracción Ligera (HFL) es el contaminante predominante.

- Para las plumas de contaminación de Hidrocarburo Fracción Ligera (HFL), en 7 de las 8 Plumas Contaminantes, la profundidad de afectación máxima resultante alcanzó hasta los 0.70 m de profundidad (Zonas 1, 2, 4, 5, 6, 7 y 8) y en la zona 3 alcanzó los 1.00 m de profundidad.

En la siguiente tabla se presentan los datos generales de las Plumas Contaminantes sobre las que se realizarán los trabajos de saneamiento.

Tabla 27. Resumen de las zonas contaminadas con HFL por estrato.

Zonas	Espesor del Estrato Contaminado con HFL(m)	Contaminante	Área total (m^2)	Volumen total (m^3)
1.-Talud bajo puente	0.55 m (0.0 a 0.55)	HFL	30.72	16.90
2.-Bordo bajo puente	0.60 m (0.0 a 0.60)	HFL	56.83	34.10
3.-Escurrimiento junto retorno 1	1.00 m (0.0 a 1.00)	HFL	22.24	22.24
4.-Escurrimiento junto a retorno 2	0.50 m (0.0 a 0.50)	HFL	47.95	23.98
5.-Terreno aledaño a retorno				

6.-Cuneta de suelo natural	0.40 m (0.0 a 0.40)	HFL	229.93	91.97
7.-Zona DDV1	0.35 m (0.0 a 0.35)	HFL	1,472.94	515.53
8.-Zona DDV 2				
		TOTAL	**1,860.61**	**704.72**

Por lo anterior se establece que para realizar el saneamiento en cada Pluma Contaminante se tiene que considerar las características del producto a eliminar, en este caso Hidrocarburo Fracción Ligera (HFL), que al ser un producto de alta volatilidad el tipo de tratamiento deberá ser *"In Situ"*(en el sitio contaminado).

Las tecnologías utilizadas para el saneamiento de suelos con las características de los contaminantes de la Gasolina y BTEX son: extracción de vapores y bioventeo aerobio, bioaumentación con nutrientes en el sitio contaminado.

12.1.- Propuesta de Saneamiento para suelo contaminado con HFL y BTEX

A continuación se presenta la propuesta para realizar el saneamiento del suelo contaminado. La técnica propuesta a realizar para la remoción de HFL (Hidrocarburos Fracción Ligera) es: "Bioventeo Aerobio *In Situ*"

La técnica de remediación "*Bioventeo Aerobio In Situ*" para eliminar o disminuir la concentración de hidrocarburos presentes en el subsuelo, consiste básicamente en inyección de aire limpio y de soluciones acuosas que contengan nutrientes y/u oxígeno a través del suelo contaminado, con lo cual se estimula el metabolismo y la velocidad de crecimiento de los microorganismos endógenos, y se aceleran las tasas de biodegradación, siempre y cuando las condiciones ambientales sean favorables. A fin de favorecer la eficiencia del proceso, es factible desarrollar de forma externa un cultivo microbiano de cepas autóctonas en la solución de nutrientes a inyectar. De forma alterna periódicamente se realiza la extracción de vapores a través del mismo sistema de inyección a fin de extraer los compuestos orgánicos volátiles (COV`s) presentes en el suelo y los dirige hacia a un filtro de carbón activado, por donde pasa el aire y quedan atrapados los COV's, saliendo el aire nuevamente limpio. (Ver Diagrama 1).

El primer paso para construir un sistema de Bioventeo Aerobio *In Situ* en el suelo consiste en instalar pozos de inyección armados con tubería de PVC y una red de interconexión de tubería de PVC en la zona contaminada, los cuales a su vez, funcionarán para la extracción de COV´s. Cuando el aire que entra pasa por el suelo camino a los pozos, por acción de la fricción genera calor, los contaminantes se evaporan de los huecos existentes entre las partículas del suelo, siendo arrastrados por el aire hasta los pozos de extracción. Los vapores extraídos con éste proceso por lo general son sometidos a un tratamiento posterior de adsorción con carbón activado, incineración, oxidación catalítica o condensación. También se han usado otros métodos, como tratamiento biológico y oxidación ultravioleta. La adsorción con carbón es el tratamiento que más se usa para los vapores contaminados y se puede adaptar a una amplia gama de compuestos orgánicos volátiles. (Ver Diagrama 2).

12.1.1.- Diseño de la retícula de pozos

Para la planeación de los pozos para el tratamiento se deben de conocer las características y dimensiones del área de las plumas contaminantes. Las plumas de contaminación abarcan una superficie total de 1,860.61 m^2, la cual será considerada para el diseño de la retícula, según el caso en algunas zonas se instalará una retícula que abarque 2 zonas, tal como sería el caso de las zonas 4 y 5; y las 7 y 8.

Se propone la instalación de pozos utilizando tubería de PVC cédula 40 de 2.0" de diámetro, con tubería lisa en los primeros 15 cm y posteriormente ranurada y con una longitud en cada zona 10 cm mayor a la profundidad a la que se identificaron los estratos con contaminación fuera de norma. En el empacado de los pozos se utilizará gravilla o arena como filtro, un tapón de bentonita como sello arriba de la gravilla o arena y una base de cemento en la parte superior.

Los pozos se equiparán con válvulas y accesorios que permitan regular los flujos y estarán conectados a bombas de presión/vacío para la inyección y/o extracción de los gases generados durante el proceso de tratamiento, donde en un momento dado podrán ser recirculados. En los pozos se podrá verter las sustancias necesarias para el proceso de tratamiento e inyectar aire y se podrá monitorear su comportamiento; se deben de

interconectar entre ellos y con los equipos de inyección de aire y bombas de vacío, utilizando tubería lisa de PVC con las mismas especificaciones de la utilizada para la instalación de los pozos. En cada pozo se instalarán tapones herméticos que garanticen que no se infiltren sustancias indeseadas, y además cada pozo en la superficie del terreno contará con un registro que garantice la protección del pozo, para evitar daños por el paso de personal, maquinaria, etc.

Se considera un área de influencia de cada pozo de 2.5 m. Los pozos se colocarán a una distancia de 3.00 m entre cada uno con el fin de que se intercalen las áreas de influencia y se cubra toda el área afectada. Se propone la instalación 320 pozos en total, distribuidos en las 8 zonas contaminadas identificadas. En la siguiente tabla se muestra un resumen de la cantidad de pozos que se propone en cada una de las zonas y las profundidades a las que deberán instalarse.

Tabla 28. Número de pozos a instalar en cada una de las zonas afectadas para el tratamiento de bioventeo para la remoción de HFL.

Zona Contaminada		Profundidad de instalación de los pozos del sistema de bioventeo (m)	No. Pozos porzona	Total de pozos
1	Talud bajo puente	0.65	3	3
2	Bordo bajo puente	0.70	15	15
3	Escurrimiento junto retorno 1	1.10	3	3
4	Escurrimiento junto a retorno 2	0.60	16	77
5	Terreno aledaño a retorno		6	
6	Cuneta de suelo Natural	0.50	55	
7	Zona DDV1	0.45	18	222
8	Zona DDV 2		204	
		TOTAL		**320**

A través de estos pozos se realizará la inyección-extracción de aire y vapores y la aplicación de las soluciones utilizadas en el tratamiento. En las siguientes figuras; se muestra la retícula diseñada para cada una de las zonas a remediar.

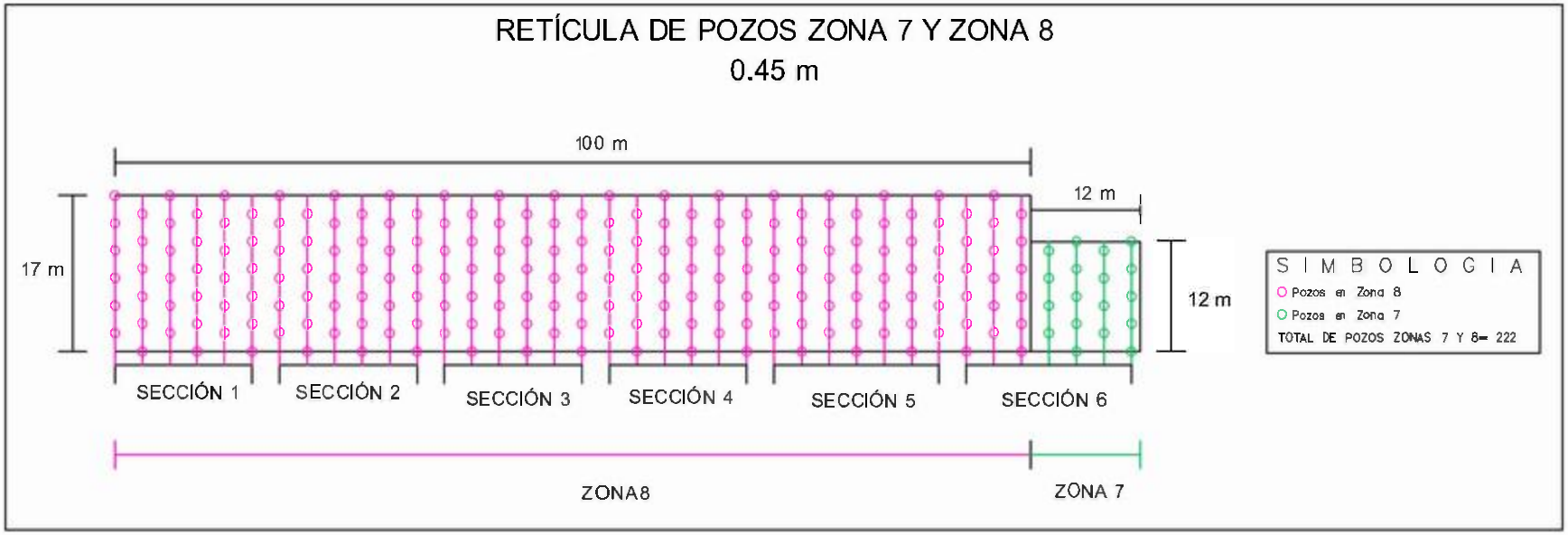


Figura 26. Distribución de los pozos en las Zona 7 y Zona 8 para la restauración de suelo contaminado con HFL.

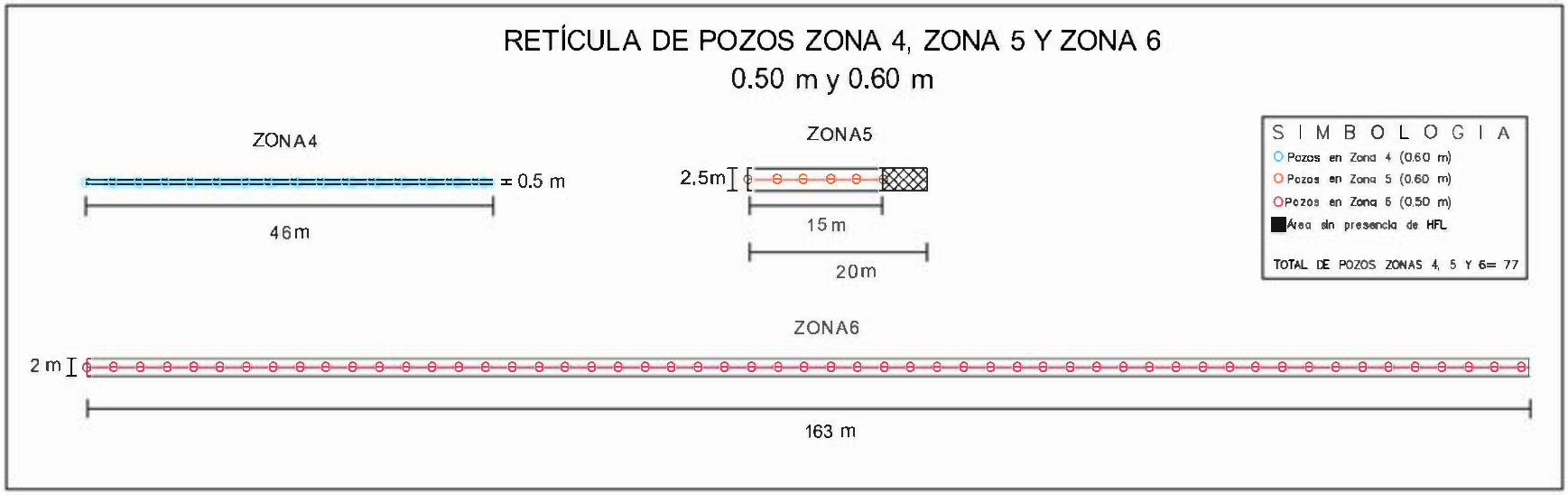


Figura 27. Distribución de los pozos en las Zona 4, Zona 5 y Zona 6 para la restauración de suelo contaminado con HFL.

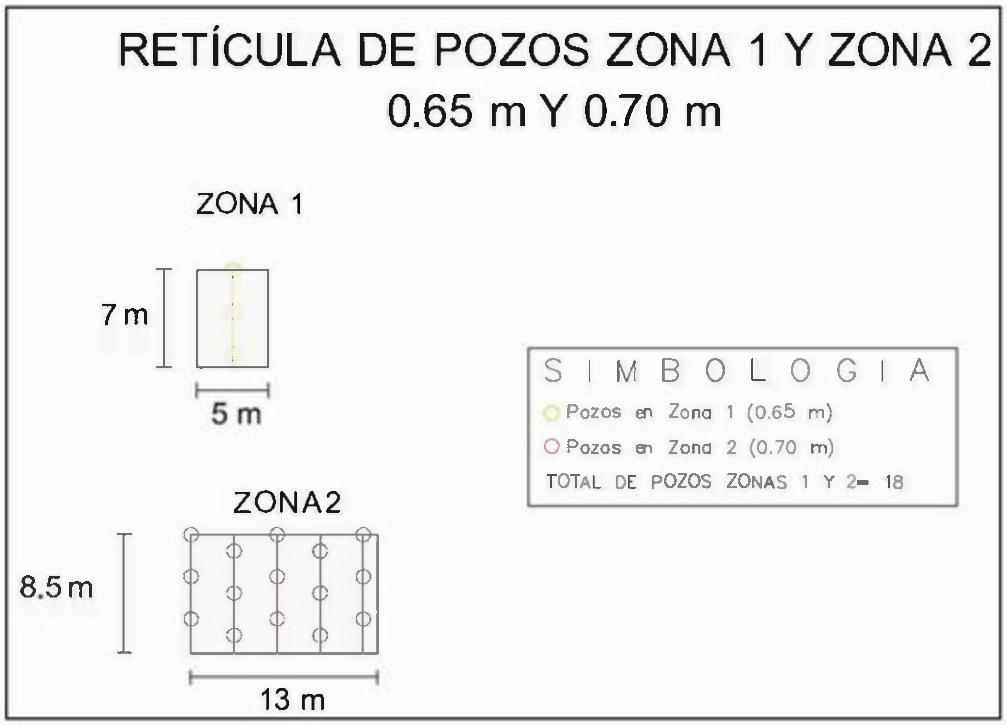


Figura 28. Distribución de los pozos en las Zona 1 y Zona 2 para la restauración de suelo contaminado con HFL.



Figura 29. Distribución de los pozos en la Zona 3 para la restauración de suelo contaminado con HFL.

Cada uno de los pozos se construirá de la siguiente manera:

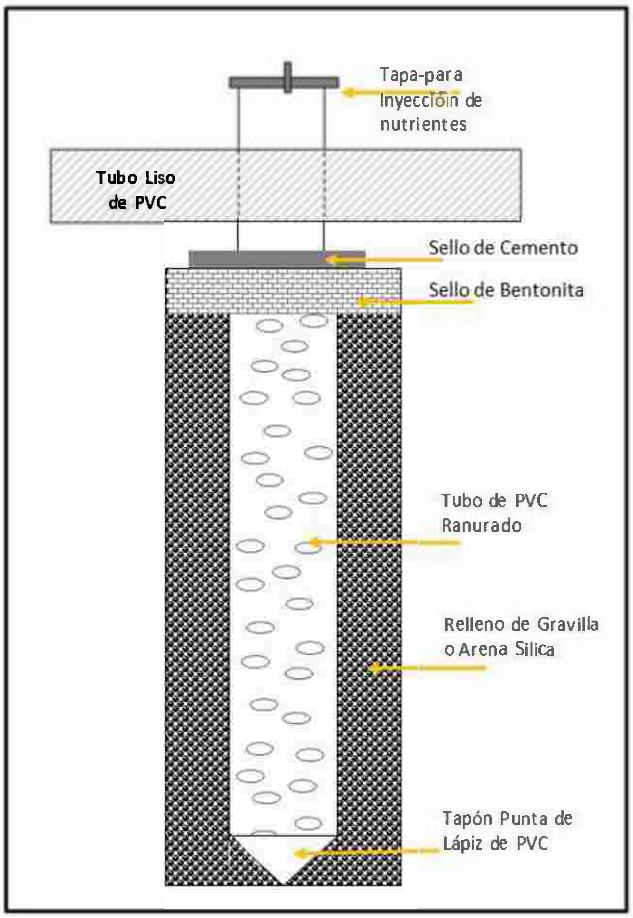


Figura 30. Esquema de construcción de los pozos de tratamiento

12.1.2.- Equipos para la inyección de aire, sustancias y la extracción de gases generados durante el proceso de tratamiento

Se propone que se utilicen sopladores que puedan funcionar como generadores de aire y bombas de vacío, de tal forma que permitan inyectar aire a presión y/o extraer los gases.

La capacidad de los equipos deberá ajustarse a la cantidad de pozos, teniendo en cuenta que cada pozo reciba del orden de 3 ft^3 por minuto de aire. Los equipos se deberán instalar en áreas estratégicas para que el aire y las sustancias se puedan distribuir en los distintos pozos y zonas. Deberán equiparse con sistemas de paro automático para protección en caso de sobrecargas de energía y colocarse en casetas techadas para su protección de la intemperie.

La aplicación de la inyección puede darse por secciones de pozos, para lo cual se deberá tener una bitácora de registro para organizar los tiempos de operación.

12.1.3.- Bacterias para una bioaumentación

Se podrá trabajar con bacterias autóctonas (endógenas). El suelo normalmente contiene un gran número de diversos microorganismos tales como bacterias, algas, hongos, protozoos y actinomicetos.

Se requiere la inyección de aire para que las bacterias se puedan desarrollar y llevar a cabo la actividad degradadora. Deberán mantenerse niveles de humedad adecuados y de ser necesario, adicionar nutrientes, sustancias químicas, etc.

12.1.4.- Tratamiento de gases generados por el proceso de tratamiento

Los gases que sean extraídos, deberán tratarse ya sea por recirculación o mediante filtros de carbón activado, para no emitir sustancias tóxicas al ambiente.

Los gases que sean extraídos, deberán tratarse ya sea por recirculación o mediante filtros de carbón activado, para no emitir sustancias tóxicas al ambiente.

- Material a utilizar.

– Tubería de PVC cédula 40 de diámetro de 2".
– Arena o gravilla.
– Cemento.
– Bentonita.
– Grava.
– Tapones herméticos de PVC.
– Válvulas para regular flujos.
– Pegamento para PVC.
– Filtros de carbón activado.
– Productos agroquímicos y abono.

12.1.5.- Listado de materiales y equipo a emplear

En las tablas a continuación se presenta el listado así como las Hojas de Seguridad de los Insumos y la Hoja de Especificaciones de los Equipos.

Tabla 29. Productos para Tratamiento

Producto	Cantidad (Aprox.)
Urea*	250 kg
Triple 17*	250 kg
Carbón Activado*	50 kg

*Se anexa Hojas de Seguridad.

Tabla 30. Material a Utilizar para Construcción de Pozos.

Material	Cantidad
Arena o gravilla.*	3.5 m3
Cemento.*	350 kg
Bentonita.*	175 kg
Tubería de PVC cédula 40 de diámetro de 2".	1,095 m
Tapones herméticos de PVC cédula 40 de diámetro de 2".	640 Pzas.
Tee de PVC cédula 40 de diámetro de 2".	96 Pzas.
Cruces de PVC cédula 40 de diámetro de 2".	224 Pzas.
Codos de 90 de PVC cédula 40 de diámetro de 2".	68 Pzas.
Válvulas para regular flujos.	30 Pzas.
Pegamento para PVC.	6 Lts

*Se anexa Hojas de Seguridad.

Tabla 31. Equipo a Utilizar.

Material	Cantidad
Equipo de Inyección de aire-bomba de vació	3
Generador de energía Honda EG6500-CX	3
Planta Eléctrica Honda EP2500 de 50 Hz/60 Hz	1
Equipo de Perforación	1
Equipo para toma de muestras de suelo	1
Equipo Petro Flag	1

*Se anexa Hoja de Especificaciones.

- **Especificaciones de los equipos a utilizar.**

Equipo de Inyección de aire.

Serie XVL Premium Compresores de Tornillo Rotativo

MOTOR		PRESION		DESPLAZAMIENTO	
HP	VOLTAJE	PSI	BAR	CFM	M^3/MIN
75	220/440	100 115 145	7 8 10	297 283 241	10.5 10 8.5

PUERTO DE DESCARGA		PESO	DIMENCIONES
AJUSTE	CONEXION	KG	L x H x P. (Cm)
Directa	2" NPT	2020	210* 132 * 188

❖ Bombas de Vacío

FE-1374 650 L/ min

PRESION GARANTIZADA GUARANTEED PRESSURE	0.1 MICRON (McLEOD GAUGE) 0.0001 mm Hg (1x10-4 TORR)
DESPLAZAMIENTO EN VACIO FREE AIR DISPLACEMENT	650 L /min 23 cfm
ETAPA/ STAGES 2	PESO NETO/ NET WEIGTH kg 63
MOTOR hp 2	BOMBA MONTADA/ MOUNTED PUM kg 99
BOMBA/ PUMB r.p.m 510	PESO EMBARQUE/SHIPPING WEIGHT 107 Kg
MOTOR r.p.m 1725	DIMENSIONES cm 66 x 35 x 48
MOTOR 3fases/ 3 phases v 220	FILTRO SALIDA/ MUFFLER FILTER STANDAR
TRANSIMISION/ DRIVE BV/VB 2	VALVULA VENTEO/ VENTED EXHAUST STANDAR
ACEITE/OIL L 1.2	CUBRE BANDA/ BELT GUARD STANDAR

Generador de energía

Planta de 20 Kw A 6000 Kw

- Generadores de energía eléctrica con capacidad de 20 kw a 6000 kw; motor a diésel con inyección directa de combustible, enfriada por agua en versión cerrada, acoplada a un generador eléctrico trifásico a 1800 RPM, 60 HZ en operación manual; o automático, regulador de voltaje electrónico que proporciona una variación de +/- 1.5 %.
- Interruptor termo magnético para protección contra sobrecargas a la salida del generador y tanque de combustible integrado a la base de 10 a 36 horas de operación.
- Soportes de neopreno para vibración entre motor y base.
- Equipadas con caseta acústica original de fábrica en lámina de acero al carbón a prueba de sonido e intemperie.
- Dos o cuatro puertas para acceso y servicio al motor – generador y silenciador súper crítico tipo hospital.

Perforadora

Máquina de perforación Mototaladro para perforación de suelo, marca EVANS. El equipo de perforación rotatoria EVANS cuenta con las siguientes especificaciones:

- Perforadora de tierra a gasolina 6.5 Hp B&S sin broca incluida de 2 operadores
- Modelo 9800
- Carácter´ística especial: Funciona con brocas de 2" a 14"
- Descripción Comercial: Perforadora a gasolina 6.5 Hp.
- Extención de 18"para perforadora con eje de 7/8
- Modelo EXT18
- Carácterística Especial: Extensión.
- Descripción Comercial: Extensión de 18"
- Marca EVANS
- Brocas de 2 y 4" para perforadora 8900E y 9800E
- Modelo EA4F
- Carácterística especial: Armada de acero

- Descripción Comercial: Brocas de 2" y 4"

Este equipo de perforación se encuentra montado en una plataforma específicamente para su transportación maniobras y operación.

Personal

- Superintendente de Construcción.
- Ingeniero de Seguridad.
- Técnico electricista.
- Cabo.
- Peones.

12.1.6.- Procedimiento para Instalación y Operación del Sistema de Tratamiento

12.1.6.1.- Instalación del Sistema de Tratamiento

Para llevar a cabo los trabajos para realizar la instalación del sistema de tratamiento se seguirán las siguientes actividades (ver Diagrama de Flujo):

1. Identificación y Delimitación de las Plumas Contaminantes
2. Marcado de la ubicación de los pozos y de las líneas del sistema de tratamiento.
3. Perforación de pozos
4. Armado e instalación de los pozos, incluye colocación de tubería lisa-ranurada, empacado con gravilla, sellado con bentonita y cemento.
5. Colocación de tubería de interconexión entre los pozos, armándolos por sistemas con válvulas de seccionamiento y puntos para toma de medición de COV´s y para inyección de nutrientes.
6. Instalación de Equipo de Inyección de Aire-Bomba de Vació con filtro de carbón activado en el punto de emisión.
7. Instalación de equipo generador de electricidad para la operación del equipo de Inyección-Bomba de Vació.
8. Instalación de mangueras de conexión del Equipo de Inyección de Aire-Bomba de Vació a los sistemas de pozos ya instalados.

12.1.6.2.- Operación del Sistema de Tratamiento

Para llevar a cabo los trabajos para el del sistema de tratamiento se seguirán las siguientes actividades (ver Diagrama de Flujo):

1. Se realiza la conexión del sistema de tratamiento al Equipo de Inyección de Aire-Bomba de Vació con filtro de carbón activado en el punto de emisión.
2. Se inicia el tratamiento con la inyección de aire limpio a los pozos y el tiempo de operación por sistema será de al menos 2 horas. El equipo utilizado se ajustó a la cantidad de pozos, cumpliendo que cada pozo recibiera del orden de 3 ft^3 por minuto de aire, Esa es la razón por la cual se subdividió en varios sistemas cada Zona Contaminada.
3. Una hora después del inicio de la inyección de aire, se inyecta nutrientes a cada pozo y se continúa con la aireación hasta completar el ciclo, estimulando de esta manera el metabolismo y la velocidad de crecimiento de los microorganismos autóctonos utilizados para el tratamiento.
4. Una hora después de haber iniciado la inyección de aire, paralelamente en el sistema que se ubica junto al que se está inyectando aire, se procede a la extracción de los vapores generados y que son dirigidos a un filtro de carbón activado, para atrapar los vapores y el aire expulsado salga limpio.
5. Al final del proceso de inyección en los pozos donde se agregó aire, se procede a realizar extracción de vapores por un período de 15 minutos y se inyecta aire nuevamente por 15 minutos. Con esta acción se eliminan los vapores liberados por la inyección de aire y se enriquece nuevamente la atmósfera con oxígeno para que se favorezca el crecimiento de microorganismos.
6. Este proceso se repite en cada sistema de tratamiento instalado de forma continua todos los días.
7. Cada 3 días se realiza la medición de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV´s) con un equipo Gastech, en al menos 5 pozos de cada sistema, tomando el registro de las lecturas del equipo.
8. El proceso de tratamiento, se dividió en tres fases, cada fase tuvo un periodo de 15 días, y al final de cada periodo se realizó la toma de muestras de suelo para su análisis por Hidrocarburos Fracción Ligera, para monitorear el avance del proceso de tratamiento.

9. La preparación de la solución de nutrientes a aplicar consiste en vaciar a un tanque de 4.5 m3, ¼ de costal de 50 kg de Urea (12.5 kg) y ¼ de costal de 50 kg de triple 17 (12.5 kg), se mezcla de forma homogénea y se aplica.
10. Se realiza la revisión de forma periódica del filtro de carbón activado y de ser necesario por estar saturado, se sustituye con carbón activado limpio.
11. En función de los resultados que se obtengan de los análisis de campo, se evaluara el funcionamiento y eficiencia del tratamiento, realizándose ajustes de ser necesario (p.e. tiempo de aireación, tiempo de extracción, aplicación de nutrientes).
12. Una vez que los resultados de los análisis de campo muestren valores menores a los LMP, y que un análisis en laboratorio lo haya corroborado, se considera que se ha alcanzado la meta buscada con el tratamiento de disminuir o eliminar los Hidrocarburos Fracción Ligera, por lo que se propondrá el Muestreo Final de Liberación.

El nivel propuesto a alcanzar en el sitio para la remediación del suelo, considerando que solamente se tiene Hidrocarburos Fracción Ligera fuera de norma, de acuerdo a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 para uso de Suelo Agrícola y Forestal es de 200 mg/kg de HFL; (ver Tabla 33).

Tabla 32. Límites máximos permisibles de Hidrocarburos Fracción Ligera para Uso de Suelo Agrícola, Forestal, Pecuario y de Conservación (NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012)

Parámetro	Límite Máximo Permisible (mg/kg base seca)
Hidrocarburos Fracción Ligera	200

12.1.7.- Evaluaciones de seguimiento

Deberán practicarse análisis, para el seguimiento interno del avance de la restauración y para identificar zonas en las que el sistema no esté funcionando adecuadamente, de tal forma que de manera oportuna se realicen las adecuaciones pertinentes para su optimización.

El tipo de Muestreo a realizar será Selectivo (Dirigido) Representativo, ya que se han seleccionado puntos representativos del sitio.

En cada periodo de seguimiento, se seleccionarán 2 puntos de muestreo en los cuales se colectarán 2 muestras por zona para determinar Hidrocarburos Fracción Ligera. En los muestreos correspondientes a los días 15 se evaluarán las zonas impares (1, 3, 5 y 7) y en los muestreos correspondientes a los días 30 las zonas pares (2, 4, 6 y 8). De esta manera se tendrá una evaluación completa mensual del área a restaurar.

El parámetro de control serán los Hidrocarburos Fracción Ligera, como único contaminante identificado, considerando como referencia el valor establecido como Límite Máximo Permisible en la NOM-138 SEMARNAT/SSA1-2012.

12.1.8.- Evaluación final

Una vez que se tenga la certeza de haber logrado las metas de saneamiento del suelo afectado por el derrame de Gasolina, se deberá realizar un Muestreo Final Comprobatorio, teniendo en cuenta lo establecido en la norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, elaborando el Informe Final.

Se propone que para el muestreo final, la cantidad de puntos de muestreo sea de acuerdo con lo establecido en la Tabla 4 de la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, que recomienda el número mínimo de puntos de muestreo de acuerdo con el área contaminada. Teniendo en cuenta el sitio en cuestión, se proponen 27 puntos de muestreo en las áreas restauradas, los mismos que se consideraron para el muestreo de caracterización (P1-P27). Para el muestreo final, se propone que las profundidades sean las correspondientes establecidas

para cada zona analizando HFL; teniendo 27 muestras ordinarias y 3 duplicadas para un total de 30 muestras.

Los niveles de limpieza deberán de ser los establecidos en la norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 correspondiente a 200 mg/kg para HFL, para uso de Suelo Agrícola y Forestal.

12.1.9.- Informe final y reintegración de material a su lugar de origen

Al final del proceso, previa autorización y reconocimiento por parte de la autoridad de que se ha cumplido con los objetivos de sanear el sitio, se procederá a desarmar la red de tuberías y a extraer la tubería de los pozos, se retirará las bases de concreto y se limpiara y nivelara (de ser necesario) los terrenos sobre los que se realizaron los trabajos de saneamiento.

El material de la tubería de PVC que no sea reciclable, será dispuesto como desecho en el tiradero municipal.

12.1.10.- Tiempo requerido para el tratamiento

Se estima que para la restauración del suelo mediante el sistema de "Bioventeo Aerobio en el Sitio Contaminado", el tiempo requerido es de 4 meses, para lo cual se presenta el siguiente cronograma:

Actividad	Tiempo (Meses)							
	1		2		3		4	
	15	30	15	30	15	30	15	30
Instalación de los pozos para el ratamiento, equipamiento e inicio de operación								
Tratamiento hasta la primera evaluación del avance								
Tratamiento hasta la segunda evaluación del avance								
Tratamiento hasta la tercera evaluación del avance								
Muestreo final comprobatorio								
Elaboración de Informe Final								
Limpieza del área y desarmado de pozos.								

Figura 31. Cronograma para realización del Tratamiento de "Bioventeo Aerobio en el Sitio Contaminado"

LABORATORIOS Y SUMINISTROS AMBIENTALES E INDUSTRIALES S.A. DE C.V.

CADENA DE CUSTODIA

LABSA O.T.Lab.: 12003008 | Identificación: FR-SGC-19.01 | Revisión: 7 | Fecha de última revisión: 2019-09-03 | Inicio de Vigencia: 2013-01-01

Ignacio Vázquez 144, San Pedro Totoltepec, Toluca, Estado de México, C.P. 50200
Tel.: (722) 273 1275
Email: contacto@labsa.mx

[redacted] Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.

Nombre y Firma

Datos del Cliente

Razón Social: CONSULTORÍA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.

Dirección: [redacted] Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP. Domicilio. Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y

Giro: Ambiental

Atención: [redacted]

Tel/e-mail: [redacted] Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP. Correo electrónico y teléfono.

No. de Folio

No. de Proyecto: 2000 30064

Contacto de LABSA: [redacted]

Contacto del cliente: [redacted]

Observaciones: Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo

Tipo de análisis Requerido

Identificación de la muestra	Código de la muestra	Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	Matriz	No. de Contenedores	HFL	BTEX	pH	Humedad	Tipo de muestra	Condiciones de preservación	Temperatura °C (+/- 2°C)
P1- 0.4	12003008 4	2020-03-19	09:40	Suelo	1	X	X	X	X	S	R	5°C
P2- 0.4	1085	2020-03-19	09:45	Suelo	1	X	X	X	X	S	R	4°C
P3-0.3	1086	2020-03-19	09:50	Suelo	1	X	X	X	X	S	R	4°C
P3- 0.7	1087	2020-03-19	09:55	Suelo	1	X	X	X	X	S	R	4°C
P4- 0.3	1088	2020-03-19	09:59	Suelo	1	X	X	X	X	S	R	4°C
P4-0.7	1089	2020-03-19	10:05	Suelo	1	X	X	X	X	S	R	5°C
P5-0.6	1090	2020-03-19	10:10	Suelo	1	X	X	X	X	S	R	4°C
P5- 1.4	1091	2020-03-19	10:15	Suelo	1	X	X	X	X	S	R	4°C
P6- 0.25	1092	2020-03-19	10:20	Suelo	1	X	X	X	X	S	R	6°C
P6-0.6	1093	2020-03-19	10:25	Suelo	1	X	X	X	X	S	R	4°C
P6-0.6 Dup	1094	2020-03-19	10:25	Suelo	1	X	X	X	X	S	R	4°C
P7- 0.25	1095	2020-03-19	10:30	Suelo	1	X	X	X	X	S	R	4°C
P7-0.6	1096	2020-03-19	10:35	Suelo	1	X	X	X	X	S	R	5°C
P8- 0.25	1097	2020-03-19	10:40	Suelo	1	X	X	X	X	S	R	4°C
P8-0.6	1098	2020-03-19	10:45	Suelo	1	X	X	X	X	S	R	4°C
P9- 0.25	1099	2020-03-19	10:50	Suelo	1	X	X	X	X	S	R	6°C
P9-0.6	1100	2020-03-19	10:55	Suelo	1	X	X	X	X	S	R	4°C
P10-0.25	1101	2020-03-19	11:00	Suelo	1	X	X	X	X	S	R	4°C
P10-0.6	1102	2020-03-19	11:05	Suelo	1	X	X	X	X	S	R	5°C
P11 -0.25	1103	2020-03-19	11:10	Suelo	1	X	X	X	X	S	R	4°C
(V=Vidrio) (P=Plastico) (B=Bolsa) (G= Garrafón) (L=Liner) (Vi=Vial Ambar) (VA= Vidrio Ambar)				Tipo de Contenedor:	L	L	L	L				
(h=horas) (d=días) (m=meses) (R=Refrigeración) (NA=No Aplica)				Tiempo máximo de espera:	14d	14d	15d	16d				
				Conservador:	NA	NA	NA	NA				
				(L: Litro) (g: gramo) (Kg: Kilogramo) Volumen de muestras:	250g	250g	250g	250g				

□ HCL 1:1 ◆ $Na_2S_2O_3$ ◊ H_2SO_4 4 mol/L Δ HNO_3 Concentrado ■ $K_2Cr_2O_7$ al 20% ⊕ NaOH F. Formaldehído 10% Ω: Ácido Suprapuro †:Disolución buffer$(NH_4)2SO_4$ y NH_4OH) «:H_2SO_4 1:1 ¢ HNO_3 1:1

Entrega de Muestras	Entrega de Muestras	Entrega deMuestras
[redacted]	Nombre y firma:	Nombre y firma:
	Fecha:	Fecha:
Hora: 08:05	Hora:	Hora:

Sito de Muestreo: Km. 40+ 500 de la autopista a Zitacuaro, Municipio de Villa Allende, Estado de México.

Tipo de muestra: Compuesta= C Simple= S

preservación Cumple: Si X No

Etiquetado cumple: Si X No

Recibo de muestras	Recibo de muestras	Recibo de muestras
[redacted]	Nombre y firma:	Nombre y firma:
Fecha: 2020-03-20	Fecha:	Fecha:
Hora: 08:09	Hora:	Hora:

Requerimientos especiales: NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 Suelo agrícola

Nombre del laboratorio que recibe las muestras: LABORATORIOS Y SUMINISTROS AMBIENTALES E INDUSTRIALES S.A. DE C.V.

Prioridad: Normal X | Urgente | Días

Área Confidencial exclusiva de laboratorio

Nombre de persona física. Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.

LABORATORIOS Y SUMINISTROS AMBIENTALES E INDUSTRIALES S.A. DE C.V.

CADENA DE CUSTODIA

Av. Vázquez 144, San Pedro Totolepec, Toluca, Estado de México, C.P. 50200
Tel: (722)273 1275
Email: contacto@labsa.mx
www.labsa.mx

LABSA O.T.Lab.: 12003008I Identificación: FR-SGC-19.01 Revisión: 7 Fecha de última revisión: 2019-09-03 Inicio de Vigencia: 2013-01-01

Datos del Cliente

Razón Social: CONSULTORÍA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.

Dirección: Domicilio. Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.

Giro: Ambiental

Atención: Nombre de persona física. Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.

Correo electrónico y teléfono. Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.

Tipo de análisis Requerido

Muestreador y responsable del muestreo

Nombre y firma de persona física. Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.

No. de Folio

No. de Proyecto: LGTAIP00300064

Contacto de LABSA: Nombre de persona

Contacto del cliente: física. Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.

Observaciones:

Identificación de la muestra	Código de la muestra	Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	Matriz	No. de Contenedores	HFL	BTEX	pH	Humedad	Condiciones de preservación.	Tipo de muestra	Temperatura 4°C (+/- 2°C)
P11-0.6	200320I104	2020-03-19	11:15	Suelo	1	X	X	X	X	S	R	S.C
P11 -0.6 Dup	1105	2020-03-19	11:15	Suelo	1	X	X	X	X	S	R	5°C
P12-0.25	1106	2020-03-19	11:20	Suelo	1	X	X	X	X	S	R	4°C
P12 -0.6	1107	2020-03-19	11:25	Suelo	1	X	X	X	X	S	R	4°C
P13 -0.25	1108	2020-03-19	11:30	Suelo	1	X	X	X	X	S	R	4°C
P13 - 0.6	1109	2020-03-19	11:35	Suelo	1	X	X	X	X	S	R	5°C
P14- 0.25	1110	2020-03-19	11:40	Suelo	1	X	X	X	X	S	R	4°C
P14- 0.6	1111	2020-03-19	11:45	Suelo	1	X	X	X	X	S	R	4°C
P15- 0.25	1112	2020-03-19	11:50	Suelo	1	X	X	X	X	S	R	6°C
P15- 0.6	1113	2020-03-19	11:55	Suelo	1	X	X	X	X	S	R	4°C
P16- 0.2	1114	2020-03-19	12:00	Suelo	1	X	X	X	X	S	R	4°C
P16- 0.4	1115	2020-03-19	12:05	Suelo	1	X	X	X	X	S	R	4°C
P16- 0.4 Dup	1116	2020-03-19	12:05	Suelo	1	X	X	X	X	S	R	5°C
P17-0.2	1117	2020-03-19	12:10	Suelo	1	X	X	X	X	S	R	4°C
P17- 0.4	1118	2020-03-19	12:15	Suelo	1	X	X	X	X	S	R	4°C
P18- 0.2	1119	2020-03-19	12:20	Suelo	1	X	X	X	X	S	R	6°C
P18- 0.4	1120	2020-03-19	12:25	Suelo	1	X	X	X	X	S	R	4°C
P19- 0.2	1121	2020-03-19	12:30	Suelo	1	X	X	X	X	S	R	4°C
P19-0.4	1122	2020-03-19	12:35	Suelo	1	X	X	X	X	S	R	5°C
P20- 0.2	1123	2020-03-19	12:40	Suelo	1	X	X	X	X	S	R	4°C
(V= Vidrio) (P=Plástico) (B=Bolsa) (G= Garrafón) (L=Liner) (VI=Vial Ámbar) (VA= Vidrio Ambar)				Tipode Contenedor		L	L	L	L			
(h=horas) (d=días) (m=meses) (R=Refrigeración) (NA=No Aplica)				Tiempo máximode espera		14 d	14 d	15 d	15 d			
				Conservador		NA	NA	NA	NA			
(L: Litro) (g: gramo) (Kg: Kilo gramo)				Volumen de muestras		250g	250g	250g	250g			

□: HCL 1:1
●: $Na_2S_2O_3$
0: H_2SO_4 4 mol/L
Δ: HNO_3 Concentrado
#: $K_2Cr_2O_7$ al 20%
Φ: NaOH
F: Formaldehído 10%
Ω: Ácido Suprapuro
†: Disolución
buffer($(NH_4)_2SO_4$ y NH_4OH) a pH «: H_2SO_4 1:1
¢: HNO_3 1:1

Entrega de Muestras	Entrega de Muestras	Entrega de Muestras
Nombre y firma de persona física. Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.	Nombre y firma:	Nombre y firma:
Fecha: 2020-03-20	Fecha:	Fecha:
Hora: 08:05	Hora:	Hora:
Recibo de muestras	**Recibo de muestras**	**Recibo de muestras**
Nombre y firma de persona física. Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.	Nombre y firma:	Nombre y firma:
Fecha: 2020-03-20	Fecha:	Fecha:
Hora: 08:12	Hora:	Hora:

Sitio de Muestreo: Km. 40+ 500 de la autopista a Zitacuaro, Municipio de Villa Allende, Estado de México.

Requerimientos especiales: NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 Suelo agrícola

Nombre del laboratorio que recibe las muestras: LABORATORIOS Y SUMINISTROS AMBIENTALES E INDUSTRIALES S.A. DE C.V.

Tipodemuestra: Compuesta= C Simple= S

Preservación Cumple: Si X No

Etiquetado cumple: Si X No

Prioridad

Normal	X
Urgente	
Días	

LABORATORIOS Y SUMINISTROS AMBIENTALES E INDUSTRIALES S.A. DE C.V.

CADENA DE CUSTODIA

Ing. Vázquez 144, San Pedro Totoltepec, Toluca, Estado de México, C.P. 50200
Tel.: (722) 273 1275
Email: contacto@labsa.mx
www.labsa.mx

LABSA O.T. Lab.: 1200300 81 **Identificación:** FR-SGC-19.01 **Revisión:** 7 **Fecha de última revisión:** 2019-09-03 **Inicio de Vigencia:** 2013-01-01

Datos del Cliente

Razón Social: CONSULTORÍA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.

Dirección: [redacted] Domicilio. Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.

Giro: Ambiental

Atención: [redacted] Nombre de persona física. Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.

[redacted] Correo electrónico y teléfono. Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.

Tipo de análisis Requerido

Identificación de la muestra	Código de la muestra	Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	Matriz	No. de Contenedores	HFL	BTEX	pH	Humedad
P20- 0.4	200320 1124	2020-03-19	12:45	Suelo	2	X	X	X	X
P21- 0.2	1125	2020-03-19	12:50	Suelo	2	X	X	X	X
P21- 0.4	1126	2020-03-19	12:55	Suelo	2	X	X	X	X
P21- 0.4 Dup	1127	2020-03-19	12:55	Suelo	2	X	X	X	X
P22- 0.2	1128	2020-03-19	13:00	Suelo	2	X	X	X	X
P22- 0.4	1129	2020-03-19	13:05	Suelo	2	X	X	X	X
P23- 0.2	1130	2020-03-19	13:10	Suelo	2	X	X	X	X
P23- 0.4	1131	2020-03-19	13:15	Suelo	2	X	X	X	X
P24- 0.2	1132	2020-03-19	13:20	Suelo	2	X	X	X	X
P24- 0.4	1133	2020-03-19	13:25	Suelo	2	X	X	X	X
P25- 0.2	1134	2020-03-19	13:30	Suelo	2	X	X	X	X
P25- 0.4	1135	2020-03-19	13:35	Suelo	2	X	X	X	X
P26- 0.2	1136	2020-03-19	13:40	Suelo	2	X	X	X	X
P26- 0.4	1137	2020-03-19	13:45	Suelo	2	X	X	X	X
P27- 0.2	1138	2020-03-19	13:50	Suelo	2	X	X	X	X
P27- 0.4	1139	2020-03-19	13:55	Suelo	2	X	X	X	X
P27- 0.4 Dup	1140	2020-03-19	13:55	Suelo	2	X	X	X	X
E1- 0.3	1141	2020-03-19	14:00	Suelo	2	X	X	X	X
E2- 0.3	1142	2020-03-19	14:05	Suelo	2	X	X	X	X
E3- 0.3	1143	2020-03-19	14:10	Suelo	2	X	X	X	X
(V= Vidrio) (P=Plástico) (B=Bolsa) (G= Garrafón) (L=Liner) (Vi=Vial Ámbar) (VA= Vidrio Ámbar)					Tipo de Contenedor	L	L	L	L
(h=horas) (d=días) (m=meses) (R=Refrigeración) (NA=No Aplica)					Tiempo máximo de espera	14d	14d	15d	16d
					Conservador	NA	NA	NA	NA
					(L: Litro) (g: gramo) (Kg: Kilo gramo) Volumen de muestras	250g	250g	250g	250g

Muestreador y responsable del muestreo

[redacted] Nombre y firma de persona física.

No. de Folio

No. de Proyecto 200 300 64

Contacto de LABSA: [redacted] Nombre de persona

Contacto del cliente: [redacted] física.

Observaciones [redacted] Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.

Tipo de muestra	Condiciones de preservación	Temperatura 4°C (+/- 2°C)
S	R	4°C
S	R	4°C
S	R	4°C
S	R	5°C
S	R	4°C
S	R	4°C
S	R	6°C
S	R	4°C
S	R	4°C
S	R	4°C
S	R	4°C
S	R	4°C
S	R	4°C
S	R	4°C
S	R	4°C
S	R	4°C
S	R	4°C

□: HCl 1:1 ● $Na_2S_2O_3$ ◊: H_2SO_4 4 mol/L Δ: HNO_3 Concentrado ※: $K_2Cr_2O_7$ al 20% Φ: NaOH F: Formaldehído 10% Ω: Ácido Suprapuro †: Disolución buffer($(NH_4)_2SO_4$ y NH_4OH) ◐: H_2SO_4 1:1 ⊂: HNO_3 1:1

Entrega de Muestras

Nombre y firma: [redacted] Nombre y firma de persona física. Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.

Fecha: 2020-03-20 Hora: 08:05

Recibo de muestras

Nombre y firma: [redacted] Nombre y firma de persona física. Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.

Fecha: 2020-03-20 Hora: 08:46

Área reservada exclusivamente de laboratorio

Entrega de Muestras

Nombre y firma:

Fecha: Hora:

Recibo de muestras

Nombre y firma:

Fecha: Hora:

Entrega de Muestras

Nombre y firma:

Fecha: Hora:

Recibo de muestras

Nombre y firma:

Fecha: Hora:

Sitio de Muestreo:

Km. 40+ 500 de la autopista a Zitacuaro, Municipio de Villa Allende, Estado de México.

NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012
Suelo agrícola

LABORATORIOS Y SUMINISTROS AMBIENTALES E INDUSTRIALES S.A. DE C.V.

Tipo de muestra

Compuesta= C Simple= S

Preservación Cumple: Si X No

Etiquetado cumple: S X N

Prioridad

Normal X

Urgente

Días

LABORATORIOS Y SUMINISTROS AMBIENTALES E INDUSTRIALES S.A. DE C.V.

CADENA DE CUSTODIA

LABSA O.T.Lab.: 1200300 81 **Identificación:** FR-SGC-19.01 **Revisión:** 7 **Fecha de última revisión:** 2019-09-03 **Inicio de Vigencia:** 2013-01-01

no Vázquez 144, San Pedro
Xoltepec, Toluca, Estado de
México, C.P. 50200
Tel:(722) 2731275
Email: contacto@labsa.mx
www.labsa.mx

Datos del Cliente

Razón Social: CONSULTORÍA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.

Dirección: Domicilio. Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.

Giro: Ambiental

Atención: Nombre de persona física. Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.

Correo electrónico y teléfono. Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.

Tipo de análisis Requerido

Muestreador y responsable del muestreo: Nombre y firma de persona física.

No. de Folio

No. de Proyecto: 200300064

Contacto de LABSA: Nombre de persona

Contacto del cliente: física.

Observaciones: Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.

Identificación de la muestra	Código de la muestra	Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	Matriz	No. de Contenedores	HFL	BTEX	pH	Humedad	Tipo de muestra	Condiciones de preservación	Temperatura 4°C (+/- 2°C)
E4-0.3	200320 1144	2020-03-19	14:15	Suelo	2	X	X	X	X	S	R	5°C
E5-0.3	1145	2020-03-19	14:20	Suelo	2	X	X	X	X	S	R	5°C
E6-0.3	1146	2020-03-19	14:25	Suelo	2	X	X	X	X	S	R	4°C
E7- 0.3	1147	2020-03-19	14:30	Suelo	2	X	X	X	X	S	R	4°C
E8- 0.3	1148	2020-03-19	14:35	Suelo	2	X	X	X	X	S	R	4°C
E8- 0.3 Dup	1149	2020-03-19	14:35	Suelo	2	X	X	X	X	S	R	5°C
E9-0.3	1150	2020-03-19	14:40	Suelo	2	X	X	X	X	S	R	4°C
E10- 0.3	1151	2020-03-19	14:45	Suelo	2	X	X	X	X	S	R	4°C
E11- 0.3	1152	2020-03-19	14:55	Suelo	2	X	X	X	X	S	R	6°C
E12- 0.3	1153	2020-03-19	15:00	Suelo	2	X	X	X	X	S	R	4°C
E13- 0.3	1154	2020-03-19	15:05	Suelo	2	X	X	X	X	S	R	4°C
E14-0.3	1155	2020-03-19	15:10	Suelo	2	X	X	X	X	S	R	4°C
E15- 0.3	1156	2020-03-19	15:20	Suelo	2	X	X	X	X	S	R	5°C
E16- 0.3	1157	2020-03-19	15:25	Suelo	2	X	X	X	X	S	R	4°C
E17-0.3	1158	2020-03-19	15:30	Suelo	2	X	X	X	X	S	R	4°C
E18- 0.3	1159	2020-03-19	15:35	Suelo	2	X	X	X	X	S	R	6°C
E18- 0.3 Dup	1160	2020-03-19	15:35	Suelo	2	X	X	X	X	S	R	4°C
E19- 0.3	1161	2020-03-19	15:40	Suelo	2	X	X	X	X	S	R	4°C
E20- 0.3	1162	2020-03-19	15:45	Suelo	2	X	X	X	X	S	R	5°C
E21- 0.3	1163	2020-03-19	15:50	Suelo	2	X	X	X	X	S	R	4°C

(V= Vidrio) (P=Plástico) (B=Bolsa) (G= Garrafón) (L=Liner) (Vi=Vial Ámbar) (VA= Vidrio Ambar) — Tipo de Contenedor: L L L L

(h=horas) (d=días) (m=meses) (R=Refrigeración) (NA=No Aplica) — Tiempo máximo de espera: 14d 14d 14d 14d

Conservador: NA NA NA NA

(L:Litro)(g:gramo)(Kg: Kilogramo) — Volumen de muestras: 250g 250g 250g 250g

□: HCl 1:1
•: $Na_2S_2O_3$
◊: H_2SO_4 1 mol/L
Δ: HNO_3 Concentrado
#: $K_2Cr_2O_7$ al 20%
Φ: NaOH
F: Formaldehído 10%
Ω: Ácido Suprapuro
†: Disolución
buffer(NH_4)$_2SO_4$ y NH_4OH)
«: H_2SO_4 1:1
¢: HNO_3 1:1

Entrega de Muestras	Entrega de Muestras	Entrega de Muestras
Nombre y firma: Nombre y firma de persona física. Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.	Nombre y firma:	Nombre y firma:
Fecha: 2020-03-20	Fecha:	Fecha:
Hora: 08:05	Hora:	Hora:

Sito de Muestreo: Km. 40+ 500 de la autopista a Zitacuaro, Municipio de Villa Allende, Estado de México.

Tipo de muestra: Compuesta= C Simple= S

Recibo de muestras	Recibo de muestras	Recibo de muestras	Requerimientos especiales:	Nombre del laboratorio que recibe las muestras:
Nombre y firma: Nombre y firma de persona física. Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.	Nombre y firma:	Nombre y firma:	NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 Suelo agrícola	LABORATORIOS Y SUMINISTROS AMBIENTALES E INDUSTRIALES S.A. DE C.V.
Fecha: 2020-03-20	Fecha:	Fecha:		
Hora: 08:20	Hora:	Hora:		

Preservación Cumple: Si X No

Etiquetado cumple: Si X No

Prioridad

Normal	X
Urgente	
Días	

Área sombreada exclusiva de laboratorio.

LABORATORIOS Y SUMINISTROS AMBIENTALES E INDUSTRIALES S.A. DE C.V.

CADENA DE CUSTODIA

LABSA O.T. Lab.: 12003008I | Identificación: FR-SGC-19.01 | Revisión: 7 | Fecha de última revisión: 2019-09-03 | Inicio de Vigencia: 2013-01-01

Ignacio Vázquez 144, San Pedro Totoltepec, Toluca, Estado de México, C.P. 50200
Tel: (722) 2731275
Email: contacto@labsa.mx
www.labsa.mx

Nombre y firma de persona física. Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.

Datos del Cliente

Razón Social: CONSULTORÍA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.

Dirección: Domicilio. Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.

Giro: Ambiental

Atención: Nombre persona física. Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.

Correo electrónico y teléfono. Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.

Tipo de análisis Requerido

Identificación de la muestra	Código de la muestra	Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	Matriz	No. de Contenedores	HFL	BTEX	pH	Humedad
E22- 0.3	200320 1164	2020-03-19	15:55	Suelo	2	X	X	X	X
E23- 0.3	1165	2020-03-19	16:00	Suelo	2	X	X	X	X
E24- 0.3	1166	2020-03-19	16:05	Suelo	2	X	X	X	X
E25-0.3	1167	2020-03-19	16:10	Suelo	2	X	X	X	X
E26- 0.3	1168	2020-03-19	16:15	Suelo	2	X	X	X	X
E27- 0.3	1169	2020-03-19	16:20	Suelo	2	X	X	X	X
E28- 0.3	1170	2020-03-19	16:25	Suelo	2	X	X	X	X
E28- 0.3 Dup	1171	2020-03-19	16:25	Suelo	2	X	X	X	X
E29- 0.3	1172	2020-03-19	16:30	Suelo	2	X	X	X	X
E30- 0.3	1173	2020-03-19	16:35	Suelo	2	X	X	X	X
E31- 0.3	1174	2020-03-19	16:40	Suelo	2	X	X	X	X
E32- 0.3	1175	2020-03-19	16:45	Suelo	2	X	X	X	X
E32- 0.3 Dup	1176	2020-03-19	16:45	Suelo	2	X	X	X	X
Blanco de Campo	1177	2020-03-19	16:55	Suelo	2	X	X	X	X
Blanco de Viaje	1178	2020-03-19	16:55	Suelo	2	X	X	X	X

Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.

Condiciones de preservación	Temperatura 4°C (+/- 2°C)	Tipo de muestra	Observaciones
S	R	5°C	
S	R	5°C	
S	R	4°C	
S	R	4°C	
S	R	4°C	
S	R	5°C	
S	R	4°C	
S	R	4°C	
S	R	6°C	
S	R	4°C	
S	R	4°C	
S	R	4°C	
S	R	5°C	
S	R	4°C	
S	R	4°C	

(V= Vidrio) (P=Plástico) (B=Bolsa) (G= Garrafón) (L=Liner) (Vi=Vial Ámbar) (VA= Vidrio Ambar) — Tipo de Contenedor: L L L L

(h=horas) (d=días) (m=meses) (R=Refrigeración) (NA=No Aplica) — Tiempo máximo de espera: 14 d 14 d 14 d 14 d

Conservador: NA NA NA NA

(L: Litro) (g: gramo) (Kg: Kilo gramo) — Volumen de muestras: 250g 250g 250g 250g

□: HCL 1:1 | ⊕: NaOH | buffer(NH_4)$2SO_4$ y NH_4OH)
●: $Na_2S_2O_3$ | P: Formaldehído 10% | «: H_2SO_4 1:1
◊: H_2SO_4 4 mol/L | O: Ácido Suprapuro | ¢: HNO_3 1:1
Δ: HNO_3 Concentrado | †: Disolución
#: $K_2Cr_2O_7$ al 20%

Entrega de Muestras

Nombre y firma de persona física. Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.

Fecha: | Hora: 08:05

Recibo de muestras

Nombre y firma de persona física. Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.

Fecha: | Hora:

Entrega de Muestras

Nombre y firma: | Fecha: | Hora:

Recibo de muestras

Nombre y firma: | Fecha: | Hora:

Área sombreada exclusiva de laboratorio

Sito de Muestreo:

Km. 40+500 de la autopista a Zitacuaro, Municipio de Villa Allende, Estado de México.

Requerimientos especiales:

NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012
Suelo agrícola

Nombre del laboratorio que recibe las muestras:

LABORATORIOS Y SUMINISTROS AMBIENTALES E INDUSTRIALES S.A. DE C.V.

No. de Folio

No. de Proyecto: 200030064

Contacto de LABSA: Nombre de persona

Contacto del cliente: Nombre y firma de persona física. Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.

Tipo de muestra

Compuesta= C Simple= S

PreservaciónCumple: Si X No

Etiquetado cumple: Si X No

Prioridad

Normal	X
Urgente	
Días	

ANEXO
FOTOGRAFICO

PROPUESTA DE REMEDIACIÓN DE SUELO CONTAMINADO POR DERRAME DE GASOLINA POR VOLCADURA DE UN AUTOTANQUE EN LA CARRETERA TOLUCA-ZITACUARO EN EL KM 40+500, MUNICIPIO VILLA DE ALLENDE, ESTADO DE MÉXICO.



PUNTO DEL SINIESTRO RETORNO EN KM 40+500, CARRETERA TOLUCA-ZITACUARO EN EL MUNICIPIO VILLA DE ALLENDE, ESTADO DE MÉXICO



AREA AFECTADA POR ESCURRIMIENTO DE GASOLINA BAJO EL PUENTE DEL RETORNO



AREA AFECTADA POR ESCURRIMIENTO DE GASOLINA

ESCURRIMIENTO DE GASOLINA EN EL TALUD BAJO EL PUENTE





ESCURRIMIENTO DE GASOLINA EN TERRENO ALEDAÑO AL RETORNO



ESCURRIMIENTO DE GASOLINA EN TERRENO ALEDAÑO AL RETORNO



SONDEOS EN SUELO CONTAMINADO POR ESCURRIMIENTO DE GASOLINA



IDENTIFICACIÓN DE PENETRACIÓN DE GASOLINA EN EL SUELO



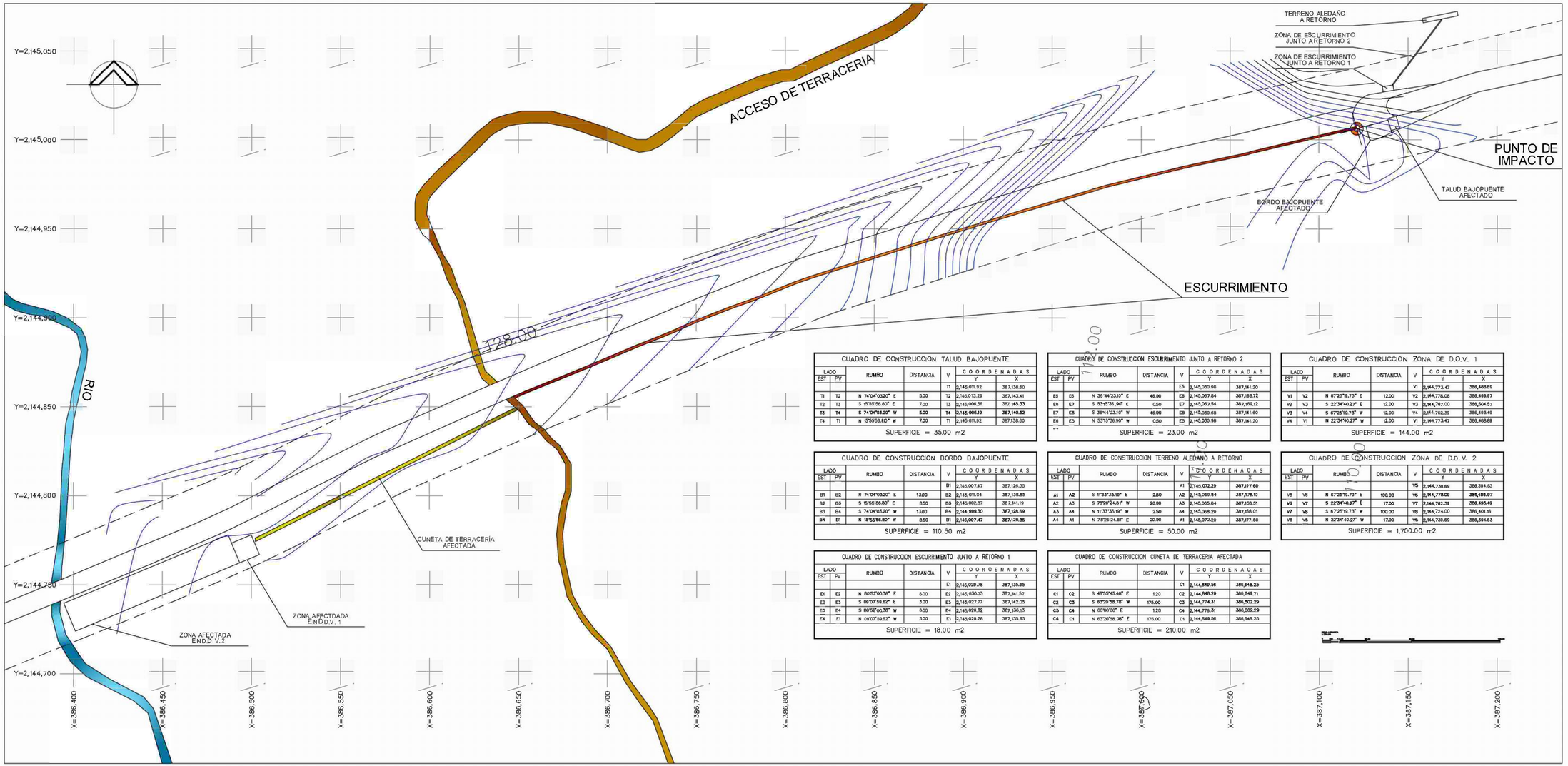
ESCURRIMIENTO DE GASOLINA EN TERRENO DEL DERECHO DE VIA

SONDEO DE TERRENOS AFECTADOS POR DERRAME DE GASOLINA





CUNETA DE TIERRA EN DERECHO DE VIA AFECTADA POR DERRAME DE GASOLINA



CUADRO DE CONSTRUCCION TALUD BAJOPUENTE

LADO EST	LADO PV	RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS Y	COORDENADAS X
				T1	2,145,011.92	387,138.60
T1	T2	N 74°04'03.20" E	5.00	T2	2,145,013.29	387,143.41
T2	T3	S 15°55'56.80" E	7.00	T3	2,145,006.58	387,145.33
T3	T4	S 74°04'03.20" W	5.00	T4	2,145,005.19	387,140.52
T4	T1	N 15°55'56.80" W	7.00	T1	2,145,011.92	387,138.60

SUPERFICIE = 35.00 m2

CUADRO DE CONSTRUCCION BORDO BAJOPUENTE

LADO EST	LADO PV	RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS Y	COORDENADAS X
				B1	2,145,007.47	387,126.35
B1	B2	N 74°04'03.20" E	13.00	B2	2,145,011.04	387,138.65
B2	B3	S 15°55'56.80" E	8.50	B3	2,145,002.87	387,141.19
B3	B4	S 74°04'03.20" W	13.00	B4	2,144,999.30	387,128.69
B4	B1	N 15°55'56.80" W	8.50	B1	2,145,007.47	387,126.35

SUPERFICIE = 110.50 m2

CUADRO DE CONSTRUCCION ESCURRIMIENTO JUNTO A RETORNO 1

LADO EST	LADO PV	RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS Y	COORDENADAS X
				E1	2,145,029.76	387,135.65
E1	E2	N 80°52'00.38" E	6.00	E2	2,145,030.93	387,141.57
E2	E3	S 09°07'59.62" E	3.00	E3	2,145,027.77	387,142.05
E3	E4	S 80°52'00.38" W	6.00	E4	2,145,026.82	387,136.13
E4	E1	N 09°07'59.62" W	3.00	E1	2,145,029.76	387,135.65

SUPERFICIE = 18.00 m2

CUADRO DE CONSTRUCCION ESCURRIMIENTO JUNTO A RETORNO 2

LADO EST	LADO PV	RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS Y	COORDENADAS X
				E5	2,145,030.98	387,141.20
E5	E6	N 36°44'23.10" E	46.00	E6	2,145,067.84	387,168.72
E6	E7	S 53°15'36.90" E	0.50	E7	2,145,067.54	387,169.12
E7	E8	S 36°44'23.10" W	46.00	E8	2,145,030.68	387,141.60
E8	E5	N 53°15'36.90" W	0.50	E5	2,145,030.98	387,141.20

SUPERFICIE = 23.00 m2

CUADRO DE CONSTRUCCION TERRENO ALEDAÑO A RETORNO

LADO EST	LADO PV	RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS Y	COORDENADAS X
				A1	2,145,072.29	387,117.60
A1	A2	S 11°33'35.15" E	2.50	A2	2,145,069.84	387,178.10
A2	A3	S 78°26'24.81" W	20.00	A3	2,145,065.84	387,158.51
A3	A4	N 11°33'35.15" W	2.50	A4	2,145,068.29	387,158.01
A4	A1	N 78°26'24.81" E	20.00	A1	2,145,072.29	387,177.60

SUPERFICIE = 50.00 m2

CUADRO DE CONSTRUCCION CUNETA DE TERRACERIA AFECTADA

LADO EST	LADO PV	RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS Y	COORDENADAS X
				C1	2,144,849.56	386,648.25
C1	C2	S 48°56'45.46" E	1.20	C2	2,144,848.29	386,649.71
C2	C3	S 63°20'58.78" W	175.00	C3	2,144,774.31	386,502.29
C3	C4	N 00°00'00" E	1.20	C4	2,144,776.31	386,502.29
C4	C1	N 63°20'58.78" E	175.00	C1	2,144,849.56	386,648.25

SUPERFICIE = 210.00 m2

CUADRO DE CONSTRUCCION Zona DE D.O.V. 1

LADO EST	LADO PV	RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS Y	COORDENADAS X
				V1	2,144,773.47	386,488.89
V1	V2	N 87°25'16.73" E	12.00	V2	2,144,778.08	386,499.97
V2	V3	S 2°34'40.27" E	12.00	V3	2,144,769.00	386,504.57
V3	V4	S 87°25'19.73" W	12.00	V4	2,144,762.39	386,493.48
V4	V1	N 2°34'40.27" W	12.00	V1	2,144,773.47	386,488.89

SUPERFICIE = 144.00 m2

CUADRO DE CONSTRUCCION Zona DE D.D.V. 2

LADO EST	LADO PV	RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS Y	COORDENADAS X
				V5	2,144,739.89	386,394.63
V5	V6	N 87°25'16.73" E	100.00	V6	2,144,778.08	386,486.87
V6	V7	S 2°34'40.27" E	17.00	V7	2,144,762.39	386,493.48
V7	V8	S 87°25'19.73" W	100.00	V8	2,144,724.00	386,401.16
V8	V5	N 2°34'40.27" W	17.00	V5	2,144,739.89	386,394.63

SUPERFICIE = 1,700.00 m2





LOCALIZACIÓN DEL SITIO

SIMBOLOGIA

- LINEA DE DDV
- PUNTO DE VOLCADURA
- LINEAS EN OPERACION (DUCTOS)
- PUNTO DE MUESTREO INTERIOR
- PUNTO DE MUESTREO EXTERIOR
- VERTICE DE INTERSECCION
- POSTE PEMEX
- ZONA DE EVALUACION
- SONDEO DE LOCALIZACION
- P1 POZO DE MUESTREO

NOTAS:

COORDENADAS DE INICIO DE LA ESTACION BASE LIGADA A LA RED GEODESICA NACIONAL ACTIVA DEL INEGI.

NORTE	GEOGRAFICO
DATUM	ITRF92
ELIPSOIDE DE REFERENCIA	GRS 80
CUADRICULA	A CADA 50.00 mts.
ZONA UTM	14Q
ESCALA	1:250.00

LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DEL AREA AFECTADA

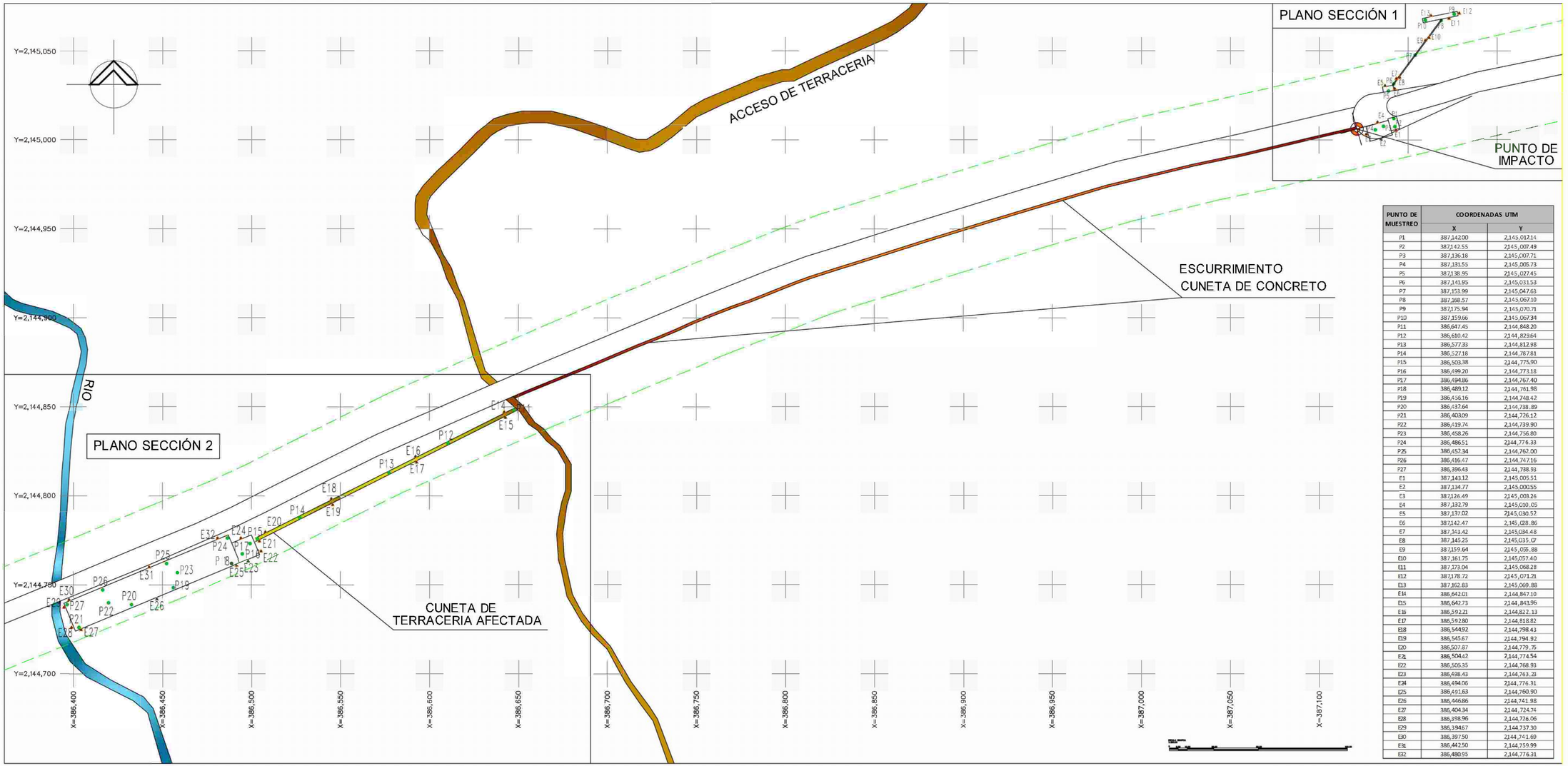
DERRAME DE GASOLINA POR SINIESTRO DE UN AUTOTANQUE EN KM. 41+500 AUTOPISTA ZITACUARO

CAEPSA Consultoría Ambiental Estudios y Proyectos

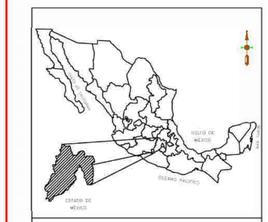
DISEÑO	CONSULTORÍA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.
DIBUJO	CONSULTORÍA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.
CONSULTOR RESPONSABLE	CONSULTORÍA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.
FECHA	MAYO DE 2021
ACOTACIONES	METROS

NÚMERO DE PLANO: L1

Nombre de persona física, Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.



PUNTO DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	
	X	Y
P1	387,142.00	2,145,012.14
P2	387,142.55	2,145,007.49
P3	387,136.18	2,145,007.71
P4	387,131.55	2,145,005.73
P5	387,138.95	2,145,027.45
P6	387,141.95	2,145,031.53
P7	387,153.99	2,145,047.63
P8	387,168.57	2,145,067.10
P9	387,175.94	2,145,070.71
P10	387,159.66	2,145,067.34
P11	386,647.45	2,144,848.20
P12	386,610.42	2,144,829.64
P13	386,577.33	2,144,812.98
P14	386,527.18	2,144,787.81
P15	386,503.38	2,144,775.90
P16	386,499.20	2,144,773.18
P17	386,494.86	2,144,767.40
P18	386,489.12	2,144,761.98
P19	386,456.16	2,144,748.42
P20	386,437.64	2,144,738.89
P21	386,403.09	2,144,726.12
P22	386,419.74	2,144,739.90
P23	386,458.26	2,144,756.80
P24	386,486.51	2,144,776.33
P25	386,452.34	2,144,767.00
P26	386,416.47	2,144,747.16
P27	386,396.43	2,144,738.93
E1	387,143.12	2,145,005.51
E2	387,134.77	2,145,000.55
E3	387,126.49	2,145,003.26
E4	387,132.79	2,145,010.05
E5	387,137.02	2,145,030.52
E6	387,142.47	2,145,028.86
E7	387,143.42	2,145,034.48
E8	387,145.25	2,145,035.07
E9	387,159.64	2,145,035.88
E10	387,161.75	2,145,057.40
E11	387,173.04	2,145,068.28
E12	387,178.72	2,145,071.21
E13	387,162.83	2,145,069.88
E14	386,642.01	2,144,847.10
E15	386,642.73	2,144,843.96
E16	386,592.21	2,144,822.13
E17	386,592.80	2,144,818.82
E18	386,544.92	2,144,798.43
E19	386,545.67	2,144,794.92
E20	386,507.87	2,144,779.75
E21	386,504.42	2,144,774.54
E22	386,505.35	2,144,768.93
E23	386,498.43	2,144,763.23
E24	386,494.06	2,144,776.31
E25	386,491.63	2,144,760.90
E26	386,446.86	2,144,741.98
E27	386,404.34	2,144,724.74
E28	386,398.96	2,144,726.06
E29	386,394.67	2,144,737.30
E30	386,397.50	2,144,741.69
E31	386,442.50	2,144,759.99
E32	386,480.95	2,144,776.31





LOCALIZACIÓN DEL SITIO

SIMBOLOGÍA

- LINEA DE DDV
- PUNTO DE VOLCADURA
- LINEAS EN OPERACION (DUCTOS)
- PUNTO DE MUESTREO INTERIOR
- PUNTO DE MUESTREO EXTERIOR
- VERTICE DE INTERSECCION
- POSTE PEMEX
- ZONA DE DV ALUVACION
- SONDEO DE LOCALIZACION
- P1 POZO DE MUESTREO

NOTAS:

COORDENADAS DE INICIO DE LA ESTACION BASE LIGADA A LA RED GEODESICA NACIONAL ACTIVA DEL INEGI.

NORTE	GEOGRAFICO
DATUM	ITRF92
ELIPSOIDE DE REFERENCIA	GRS 80
CUADRICULA	A CADA 50.00 mts.
ZONA UTM	14Q
ESCALA	1: 250.00

PLANO DE UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO

DERRAME DE GASOLINA POR SINIESTRO DE UN AUTOTANQUE EN KM. 41+500 AUTOPISTA A ZITACUARO



CONSULTORIA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.

DIBUJO
CONSULTORIA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.

Acuerdo que permite liquidar fracción V, Arts. 13 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.

CONSULTORIA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.

FECHA
JUN YO DIC 20 2 J

UNIDADES
METROS

NUMERO DE PLANO
M1