INFORME FINAL

ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN PARA EVALUAR CONTAMINACIÓN DE SUELO POR DERRAME DE GASOLINA POR VOLCADURA DE UN AUTOTANQUE EN LA CARRETERA PACHUCA-TULANCINGO EN EL KM 17+700, MUNICIPIO DE EPAZOYUCAN, ESTADO DE HIDALGO.

CDMX, MAYO 2021

Orión 44 Col. Prado Churubusco C.P. 04230 Delegación Coyoacán Hidalgo D.F.
TEL: 55818876 Fax: 55818871 correo electrónico: caepsa@yahoo.com.mx

Contenido

1 ANTECEDENTES 1
1.1 Descripción del Accidente y Áreas Afectadas 1
1.2 Trabajos de Atención a la Emergencia 5
1.3 Características de la Gasolina 5
2 MARCO LEGAL APLICABLE 7
3 ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN 8
4 OBJETIVO 10
4.1 Objetivo General 10
4.2 Objetivos específicos 10
5 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SITIO CONTAMINADO 12
5.1 Localización del sitio 12
5.2 Características ambientales de la zona 14
5.2.1 Orografía 14
5.2.2 Hidrografía 14
5.2.3 Clima 15
5.2.4 Flora 15
5.2.5 Fauna 15
5.2.6 Clasificación y Uso del Suelo 16
5.3 Población e Infraestructura 16
5.3.1 Cultura indígena en Epazoyucan 16
5.3.2 Desempleo y economía en Epazoyucan 16
5.3.3 Viviendas e infraestructuras en Epazoyucan 17
5.3.4 Vías de Comunicación 17
5.3.5 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 22
6.10 Laboratorio para toma de Muestras y Análisis 24
6.11 Toma de Muestras 24
6.12 Aspectos Técnicos 26
7 RESULTADOS 28
7.1 Trabajos de campo realizados y análisis de resultados 28
7.2 Ubicación de los puntos de muestreo 28
7.3 Perforación de pozos de muestreo con extracción de núcleos para determinar perfil estratigráfico 28
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 29

7.4.1 Resultados de laboratorio para determinar Hidrocarburos Fracción Ligera 33
7.4.1.1 Resultados de análisis a muestras tomadas a 0.30 m de profundidad 33
7.4.1.2 Resultados de análisis a muestras tomadas a 0.50 m de profundidad 35
7.4.1.3 Resultados de análisis a muestras tomadas a 1.00 m de profundidad 36
7.4.1.4 Resultados de análisis a muestras tomadas a 1.50 m de profundidad 37
7.4.1.5 Resultados de análisis a muestras tomadas a 1.60 m de profundidad 39
7.4.1.6 Resultados de análisis a muestras tomadas a 2.00 m de profundidad 40
7.4.1.7 Resultados de análisis a muestras tomadas a 2.20 m de profundidad 40
7.4.1.8 Resultados de análisis a muestras tomadas a 3.00 m de profundidad 41
7.4.1.9 Resultados de análisis a muestras tomadas a 3.15 m de profundidad 42
7.4.1.10 Resultados de análisis a muestras tomadas a 3.90 m de profundidad 43
7.4.2 Resultados de Laboratorio para determinar Tolueno, Benceno, Etilbenceno y Xilenos (BTEX) 43
7.5 Integración y análisis de los resultados de laboratorio 46
8 IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA PLUMA CONTAMINANTE 48
8.1 Modelo de Simulación 48
8.2 Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) a 0.50 m de profundidad 49
8.3 Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) a 1.00 m de profundidad 51
8.4 Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) a 1.50 m de profundidad 53
8.5 Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) a 1.60 m de profundidad 55
8.6 Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) a 2.20 m de profundidad 56
8.7 Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) a 3.00 m de profundidad 58
8.8 Determinación del área y volumen total de contaminación 60
9 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE DAÑOS AL AMBIENTE 64
9.1 Estimación de Daños al Ambiente 64
9.2 Estimación de Daños Materiales 67
10 EVALUACIÓN DEL RIESGO ECOLÓGICO Y A LA SALUD HUMANA 68
10.1 Riesgo a la Salud Humana 68
10.2 Evaluación de Riesgo Ecológico 68
11 ANÁLISIS Y CONCLUSIONES 70
12 PLAN DE SANEAMIENTO 72
12.1 Propuesta de Saneamiento para suelo contaminado con HFL y BTEX 73
12.1.1 Diseño de la retícula de pozos 74
12.1.2 Equipos para la inyección de aire, sustancias y la extracción de gases generados durante el proceso de tratamiento 77
12.1.3 Bacterias para una bioaumentación 78
12.1.4 Tratamiento de gases generados por el proceso de tratamiento 78
12.1.5 Listado de materiales y equipo a emplear 81
12.1.6 Procedimiento para Instalación y Operación del Sistema de Tratamiento 82
12.1.6.1 Instalación del Sistema de Tratamiento 82
12.1.6.2 Operación del Sistema de Tratamiento 83
12.1.7 Evaluaciones de seguimiento 85

12.1.8 Evaluación final 89
12.1.9 Informe final y reintegración de material a su lugar de origen 91
12.1.10 Tiempo requerido para el tratamiento 92

Índice de Figuras

Figura 1. Dimensiones de las áreas afectadas por el siniestro 4
Figura 2. Ubicación a nivel nacional del sitio afectado por el derrame de Gasolina 13
Figura 3. Ubicación regional del sitio afectado por el derrame de Gasolina 13
Figura 4. Ubicación local del sitio afectado por el derrame de Gasolina 14
Figura 5. Ubicación de los puntos de muestreo en las áreas afectadas por el derrame de Gasolina 22
Figura 6. Perfil estratigráfico de las zonas de estudio 29
Figura 7. Ubicación de los puntos de muestreo que presentan concentraciones menores al LMP establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para HFL a 0.30 m de profundidad 34
Figura 8. Ubicación de los puntos de muestreo que presentan concentraciones que sobrepasan los LMP establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para HFL a 0.50 m de profundidad 36
Figura 9. Ubicación de los puntos de muestreo que presentan concentraciones mayores al LMP establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para HFL a 1.00 m de profundidad 37
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 1.50 m de profundidad 38
Figura 11. Ubicación de los puntos de muestreo que presentan concentraciones mayores al LMP establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para HFL a 1.60 m de profundidad 39
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 2.20 m de profundidad 41

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 3.00 m de profundidad.....42
Figura 14. Simulación de la pluma contaminante de Hidrocarburos Fracción Ligera a 0.50 m. 50
Figura 15. Simulación de la pluma contaminante de Hidrocarburos Fracción Ligera a 1.00 m. 52
Figura 16. Simulación de la pluma contaminante de Hidrocarburos Fracción Ligera a 1.50 m. 54
Figura 17. Simulación de la pluma contaminante de Hidrocarburos Fracción Ligera a 1.60 m. 55
Figura 18. Simulación de la pluma contaminante de Hidrocarburos Fracción Ligera a 2.20 m. 57
Figura 19. Simulación de la pluma contaminante de Hidrocarburos Fracción Ligera a 3.00 m. 59
Figura 20. Integración de las Plumas Contaminantes determinadas por el modelo de simulación para Hidrocarburos Fracción Ligera 60
Figura 21. Modelo corte lateral de pluma contaminante por área afectada 61
Figura 22. Pluma de contaminación por estrato y área afectada. 62
Figura 23. Vista de la vegetación afectada por derrame de Gasolina Magna a 1 semana del siniestro 65
Figura 24. Estado de la vegetación en la zona afectada por el derrame de gasolina, a 3 y a 60 días después del derrame 66
Figura 25. Distribución de los pozos en las Áreas 1, 2, 3 y 4 para la restauración de suelo contaminado con HFL. 76
Figura 26. Esquema de construcción de los pozos de tratamiento 77
Figura 27. Esquema para ubicación puntos de muestreo de suelo y de lectura de COV´s en el Sistema de Pozos Interconectados para las zonas afectadas. 88
Figura 28. Esquema para ubicación de los Puntos de Muestreo 91
Figura 29. Cronograma para realización del Tratamiento de "Bioventeo Aerobio en el Sitio Contaminado" 92

Índice de Tablas

Tabla 1. Profundidades resultantes de la visita inicial de las zonas identificadas como afectadas por el derrame de gasolina 4
Tabla 2. Parámetros a analizar y Límites Máximos Permisibles establecidos en la NOM 138 SEMARNAT/SSA1-2012 para Uso de Suelo Agrícola y Forestal. 7
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) 10
Tabla 4. Puntos de Muestreo, profundidad de las muestras y parámetros a analizar 23
Tabla 5. Ubicación de los puntos de muestreo en coordenadas UTM. 25
Tabla 6. Resultados de los análisis de laboratorio de HFL y BTEX en muestras de suelo tomadas a 0.30, 0.50, 1.00, 1.50, 1.60, 2.00, 2.20, 3.00, 3.15 y 3.90 m 30
Tabla 7. Resultados de análisis de laboratorio para pH y Humedad para las muestras de suelo 32
Tabla 8. Resultados de análisis de laboratorio de Hidrocarburos Fracción Ligera a muestras de suelo tomadas a 0.30 m de profundidad 33
Tabla 9. Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera a muestras de suelo tomadas a 0.50 m de profundidad 35
Tabla 10. Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera a muestras de suelo tomadas a 1.00 m de profundidad 36
Tabla 11. Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera a muestras de suelo tomadas a 1.50 m de profundidad 37
Tabla 12. Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera a muestras de suelo tomadas a 1.60 m de profundidad 39
Tabla 13. Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera a 2.00 m de profundidad 40
Tabla 14. Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera a muestras de suelo tomadas a 2.20 m de profundidad 40
Tabla 15. Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera a muestras de suelo tomadas a 3.00 m de profundidad 41

Tabla 16. Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera a muestras de suelo tomadas a 3.15 m de profundidad.....43
Tabla 17. Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera a muestras de suelo tomadas a 3.90 m de profundidad.....43
Tabla 18. Resultados de análisis de laboratorio para BTEX a 0.30 m, 0.50 m, 1.00 m, 1.50 m, 1.60 m, 2.00 m, 2.20 m, 3.00 m y a 3.90 m de profundidad. 44
Tabla 19. Resultados de análisis de laboratorio de Hidrocarburos Fracción Ligera a 0.50 m de profundidad. 50
Tabla 20. Área y volumen de suelo contaminado HFL 0.50 m.....51
Tabla 21. Resultados de análisis de laboratorio de Hidrocarburos Fracción Ligera a 1.00 m de profundidad. 51
Tabla 22. Área y volumen de suelo contaminado HFL 1.00 m.....52
Tabla 23. Resultados de análisis de laboratorio de Hidrocarburos Fracción Ligera a 1.50 m de profundidad. 53
Tabla 24. Área y volumen de suelo contaminado HFL 1.50 m.....54
Tabla 25. Resultados de análisis de laboratorio de Hidrocarburos Fracción Ligera a 1.60 m de profundidad. 55
Tabla 26. Área y volumen de suelo contaminado HFL 1.60 m.....56
Tabla 27. Resultados de análisis de laboratorio de Hidrocarburos Fracción Ligera a 2.20 m de profundidad. 56
Tabla 28. Área y volumen de suelo contaminado HFL 2.20 m.....57
Tabla 29. Resultados de análisis de laboratorio de Hidrocarburos Fracción Ligera a 3.00 m de profundidad. 58
Tabla 30. Área y volumen de suelo contaminado HFL m 59
Tabla 31. Estrato adicional considerado para el cálculo del volumen en cada una de las áreas. 61
Tabla 32. Área y volumen total de suelo contaminado obtenido de las plumas contaminantes. 63
Tabla 33. Resumen de las zonas contaminadas con HFL por estrato. 72
Tabla 34. Número de pozos a instalar en cada una de las zonas afectadas para el tratamiento de bioventeo para la remoción de HFL. 75
Tabla 35. Productos para Tratamiento 81

Tabla 36. Material a Utilizar para Construcción de Pozos.....81
Tabla 37. Equipo a Utilizar.....82
Tabla 38. Límites máximos permisibles de Hidrocarburos Fracción Ligera para Uso de Suelo Agrícola, Forestal, Pecuario y de Conservación (NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012) 84
Tabla 39. Relación de muestras a tomar para el Programa de Muestreo de Seguimiento. 86
Tabla 40. Puntos de Muestreo, Profundidad de las Muestras y Parámetros a Analizar 90

Anexos

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 (T1)"
F. Plano "Ubicación Puntos de Muestreo (M1)"
G. Plano "Plumas de Contaminación (M2, M3, M4, M5, M6, M7 y M8)"
H. Resultados de Análisis de Laboratorio
I. Acreditación del Laboratorio
J. Designación del responsable técnico

INFORME FINAL

ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN PARA EVALUAR CONTAMINACIÓN DE SUELO POR DERRAME DE GASOLINA POR VOLCADURA DE UN AUTOTANQUE EN LA CARRETERA PACHUCA-TULANCINGO EN EL KM 17+700, MUNICIPIO DE EPAZOYUCAN, ESTADO DE HIDALGO.

1 ANTECEDENTES

1.1 Descripción del Accidente y Áreas Afectadas

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

El 11 de julio del 2020, un autotanque perteneciente al [redacted] sufrió un accidente mientras transitaba por la carretera Pachuca-Tulancingo en el Km 17+700 dirección a Tulancingo, Municipio de Epazoyucan, Estado de Hidalgo, provocando que se derramaran 20,003 litros de Gasolina Magna.

Bajo la política de cumplir con lo dispuesto por la Ley ambiental del país, se realizaron los trámites pertinentes para dar aviso a la autoridad ambiental implicada, Agencia de Seguridad Energía y Ambiente (ASEA).

Pero debido al cierre de las instalaciones que tuvo el año pasado la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos (ASEA) a todo al público en general, por motivo de la declaración del inicio de la Fase 2 por Coronavirus (COVID-19), publicado el comunicado del día 26 de marzo de 2020; y coincidiendo que el siniestro se originó dentro del periodo, el 11 de junio del 2020, en el que la ASEA mantuvo sus instalaciones cerradas, no fue posible realizar la entrega de los formatos correspondientes a los avisos de la emergencia y formalización de manera presencial en la oficialía de partes de la ASEA, aunque se asistió la dependencia, está se encontraba cerrada. Sin embargo, se dio notificación del siniestro a la ASEA vía electrónica, a través del cual, se notificó del siniestro y se anexaron los formatos P-ASEA-USIVI-004 y P-ASEA-USIVI-005 correspondientes al aviso, y formalización, así como un oficio por parte del REGULADO dirigido a la ASEA (Ver Anexo B). Así mismo el día 13 de octubre de 2020, se notificó a la ASEA, a través del área de atención al regulado, que por

motivo de la pandemia no fue posible ingresar en Oficialía de Partes los formatos de aviso y formalización del siniestro; y que en este caso se notificó vía electrónica (Se adjunta en el Anexo B, copia del Oficio CAE-43/2020 con sello de Acuse de Recibido). Cabe mencionar que no se tuvo ninguna respuesta y/o comunicado hacia nosotros, con relación al Oficio.

Pero la empresa responsable, estableciendo el compromiso que tiene para realizar los trabajos necesarios para reparar los daños a la salud de la población, al ambiente y los bienes materiales que se hubieren afectado, se coordina con la participación de Quálitas Seguros S.A. con quien tiene contratada la Póliza 1170057152/0001 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) (Anexo J), 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 14 de julio de 2020, en la que se observó que la zona donde ocurrió el siniestro presenta una topografía semiplana y corresponde a una zona rural donde el Uso del Suelo es Agrícola y Forestal.

El siniestro ocurrido en la carretera Pachuca-Tulancingo, a la altura del km 17+700 dirección Tulancingo, se originó cuando el autotanque se salió de la carretera hacia el acotamiento, sin embargo, en el punto del siniestro, el talud de la carretera tiene un desnivel mayor a 2.0 m por lo que la unidad no se pudo detener y se volcó en la zona del Derecho de Vía. Durante la volcadura, el autotanque se recargó sobre un árbol y a causa del impacto se rompió el tanque, derramando el hidrocarburo (gasolina) el cual se empezó a dispersar en el área, donde el suelo tiene una topografía semiplana, lo que impidió que escurriera afectando mayor superficie.

De acuerdo a la Remisión 745958 de fecha 10 de julio del 2020, emitida por la TAD Pachuca de Pemex Transformación Industrial, el Autotanque accidentado transportaba 20,003 litros, los cuales se derramaron en el punto del accidente.

En el sondeo inicial realizado en la visita del 14 de julio del 2020, se estimó una superficie afectada de 473.86 $m^{2,}$ identificándose 4 áreas contaminadas donde se tiene penetración de la gasolina en profundidades que van desde 1.95 m hasta 3.82 m en el punto del derrame, que corresponde a lo manifestado en el Protocolo de Muestreo ingresado el 13 de agosto del 2020 y para el 19 de agosto del 2020 previo a iniciar la toma de muestras, se observó que el área afectada tuvo probablemente un aumento a 517.23 $m^{2,}$ ya que se observó que la superficie afectada se había extendido en una de las zonas y se encontraba dañado la vegetación superficial que originalmente se apreciaba sin daños, lo cual fue corroborado con sondeos que se realizaron antes del muestreo de caracterización. Por tal motivo el 27 de agosto del 2020, se ingresó a la Dirección de Supervisión; inspección y Vigilancia Industrial de la Agencia, como Actualización de Información solicitada, la adecuación que se realizó al Protocolo de Muestreo original, por los cambios en cuanto al área afectada. En el Anexo D, se anexa los siguientes documentos: Oficio CAE-43/2020, Oficio Sin Número ingresado el 27 de Agosto del 2020, Protocolo de Muestreo Inicial, Protocolo de Muestreo Modificado.

Como una medida de atención inmediata, sobre la superficie identificada como afectada, se colocó linner y filtros de carbón activado para evitar emisiones a la atmósfera de los vapores de gasolina.

Sin embargo, el día que se acudió al sitio para la realización del muestreo de caracterización se observó que la contaminación se había extendido, probablemente a causa de las lluvias en la zona por lo que se delimitó un nuevo polígono, teniendo un aumento de la superficie inicial estimada de 473.86 m^2 a 517.23 m^2. En la siguiente figura se muestran las áreas identificadas como afectadas.

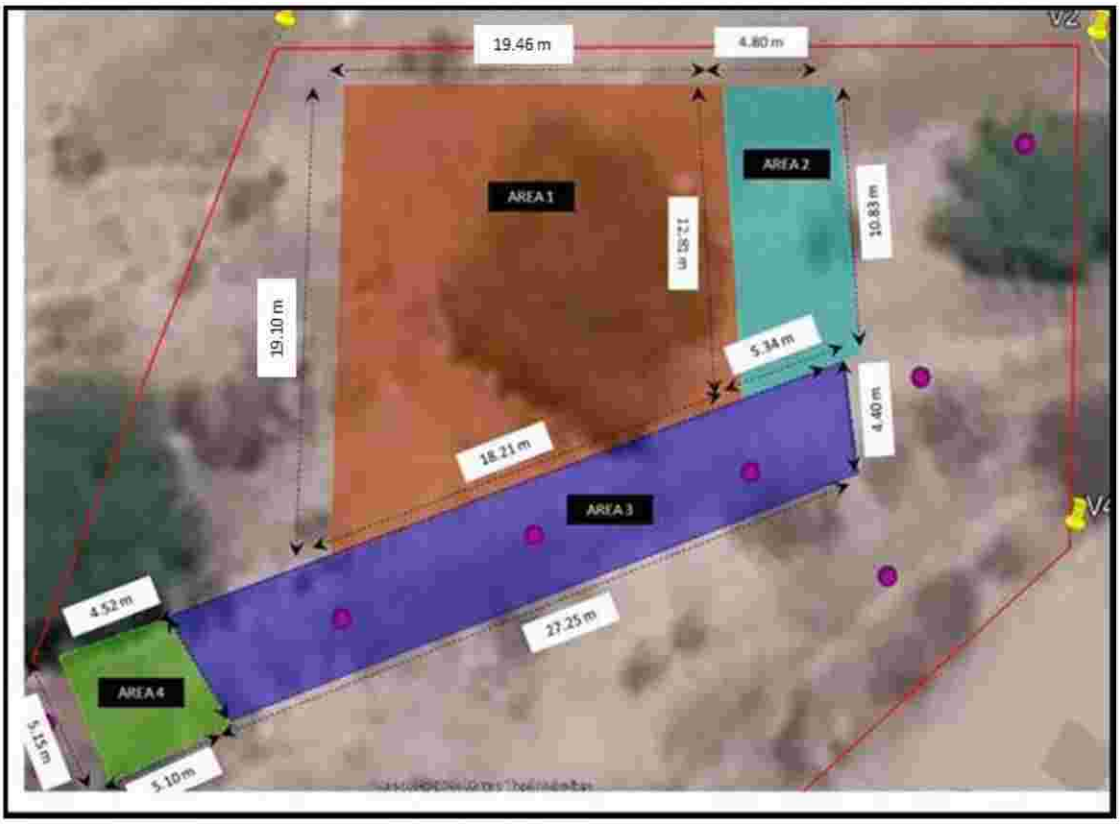


Figura 1. Dimensiones de las áreas afectadas por el siniestro

En la siguiente tabla se muestra la profundidad de penetración del hidrocarburo identificada en el sondeo inicial en cada una de las áreas afectadas.

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

ZONA	PROFUNDIDAD (m)
Área 1	3.82
Área 2	1.95
Área 3	3.10
Área 4	2.60

1.2 Trabajos de Atención a la Emergencia

Como parte de los trabajos de atención a la emergencia y debido al riesgo de incendio que representaba la gasolina derramada, personal de Protección Civil del municipio aplico agua en la zona en la que se había derramado la gasolina. El agua mantuvo húmedo la capa superficial del suelo, lo cual funcionó como un sello hidráulico y evitó que el producto se volatilizara.

Adicionalmente, el día 22 de julio de 2020, personal de CAEPSA realizó la colocación de un linner para cubrir la zona del derrame, y así evitar que con las lluvias el hidrocarburo alcanzara una penetración mayor. Se colocó también tubos con filtro de carbón activado.

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 a la Salud.

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, náuseas, 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 presenta 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, Agrícola y Forestal, 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 para Uso de Suelo Agrícola y Forestal.

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 como función 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 carretera Pachuca-Tulancingo en el km 17+700, Municipio de Epazoyucan, Estado de Hidalgo"*, 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 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 considerando la migración del contaminante ya identificada 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 Epazoyucan en el Estado de Hidalgo. El municipio se localiza entre los paralelos 19°57' y 20°08' de latitud norte y los meridianos 98°34' y 98°44' de longitud oeste; con una altitud entre 2,300 y 3,100 m. El municipio se encuentra localizado en la parte central del estado de Hidalgo y colinda al norte con Mineral del Monte y Omitlán de Juárez, al sur con el municipio de Zempoala, al este con Singuilucan y al oeste con el municipio de Mineral de Reforma; ocupa el 0.67% de la superficie del estado y cuenta con 58 localidades.

La zona donde ocurrió el derrame de Gasolina Magna fue en la carretera Pachuca-Tulancingo en el Km 17+700 en el Municipio de Epazoyucan, Estado de Hidalgo. Las coordenadas UTM del punto de impacto son: 14 Q 540,716.06 mE – 2,216,595.99 mN; y las coordenadas UTM del punto donde se originó el derrame son:14 Q 540,707.93 mE – 2,216,570.29 mN. La altitud es de 2,560 msm. En las siguientes figuras se muestra la ubicación de la zona a nivel nacional, regional y local.



Figura 2. Ubicación a nivel nacional del sitio afectado por el derrame de Gasolina



Figura 3. Ubicación regional del sitio afectado por el derrame de Gasolina



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

5.2 Características ambientales de la zona

5.2.1 Orografía

El municipio Epazoyucan cuenta con un gran número de elevaciones alrededor de este, entre las que se pueden mencionar el cerro "La Mesa" con una altitud de 2,860 m, el cerro "El Balcón" con 2,780 m, "Cerro Alto" con 2,720 m y por último el cerro "El Castillo" con 2,700 m.

En la zona donde se originó el siniestro se observan tres desniveles diferentes. El primero es de la carretera al punto de impacto y se tienen 3 m aproximadamente de diferencia. Del punto del impacto se pueden observan los otros dos desniveles (0.60 y 0.30 m), y posteriormente se encuentra una planicie que corresponde a un área de cultivo.

5.2.2 Hidrografía

El municipio de Epazoyucan se encuentra en la región hidrológica del Pánuco, en la cuenca del río Moctezuma. A su vez se encuentran dos subcuencas, río Tezontepec y el río Meztitlán. En el municipio se pueden encontrar 8 corrientes de agua; las cuales lo cruzan

en su mayor parte. Existen tres corrientes de agua intermitentes las cuales son Corrales, El Salto y Salazar. En la zona de estudio, no se observaron cuerpos de agua que pudieran resultar afectados 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 Epazoyucan, Hidalgo con clave geoestadística 13022; el municipio se caracteriza por tener en un 81.0% un clima semiseco templado, templado subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (10.0%) y semifrío subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (9.0%). Este cuenta con un rango de precipitación pluvial de 400 a 900 mm. La temperatura promedio anual que se reporta es de 10° a 16°C.

5.2.4 Flora

El municipio de Epazoyucan aún conserva restos de la vegetación que anteriormente la cubrió como bosque de pino, similar a la parte alta. Existen algunos matorrales, magueyes, cimarrón, yucas, palmas y nopal.

En la zona del siniestro se observan algunos matorrales, árboles como el pirul, nopales, magueyes y arbustos. A 30 metros aproximadamente del punto del impacto se encuentran distintas parcelas agrícolas de cultivo.

5.2.5 Fauna

Dado a las características de la región, en el municipio se pueden encontrar conejos, roedores silvestres, armadillos, zorrillos, tlacuaches, tuzas, y diversas especies de aves como cenzontles, palomas, cuervos y lechuzas.

En la zona del siniestro no se observó ningún tipo de fauna que se viera afectada por el siniestro.

5.2.6 Clasificación y Uso del Suelo

En el municipio de Epazoyucan, el tipo de suelo dominante es el Phaeozem (69%) el cual tiene como característica principal un elevado contenido de materia orgánica, la cual le da una estabilidad estructural elevada. Otro tipo de suelo que se puede encontrar en el municipio es el Leptosol (17.5%) el cual es un suelo de escasa profundidad y con mucha pedregosidad por lo que la capacidad de retención de agua y nutrientes es escasa; también se puede encontrar suelo de tipo Regosol (10.5%) y por último el Luvisol (1.38%), 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 (69.5%), seguido del uso forestal que corresponde a los bosques con un 13.38%, matorral 10.5% y pastizal 5.0%. La zona urbana en del municipio es del 1.53%.

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

5.3 Población e Infraestructura

De acuerdo con el censo nacional, INEGI 2010, el municipio de Epazoyucan tiene una población total de 13,830 habitantes de los cuales el 48.73% (6,739 habitantes) son hombres y el 51.27% restante (7,091 habitantes) son mujeres. La densidad de población del municipio es de 103.2 habitantes/ km^2. El 93.6% de la población mayor a 25 años es analfabeta; y el grado de escolaridad promedio es de 8.6.

5.3.1 Cultura indígena en Epazoyucan

De acuerdo al Sistema de Apoyo para la Planeación del PDZP, en el municipio de Epazoyucan la población total hablante de lengua indígena de 5 años y más de acuerdo al registro del 2010 son 92 personas.

5.3.2 Desempleo y economía en Epazoyucan

El 50.0% de la población mayor de 12 años del municipio se encuentra económicamente activa (35.1% de la población femenina y 64.9% de la población masculina).

5.3.3 Viviendas e infraestructuras en Epazoyucan

En el municipio existen un total de 4,147 viviendas particulares habitadas, de las cuales el 99.1% cuentan con electricidad, el 97.3% tienen agua entubada, el 95.8% cuentan con sanitario, el 30.1% tienen servicio de televisión de paga, el 21.2% cuenta con computadora personal, el 27.2% tiene teléfono fijo y el 78.3% cuenta con teléfono celular, únicamente el 17.0% cuentan con internet.

5.3.4 Vías de Comunicación

La principal vía de comunicación para llegar al municipio de Epazoyucan es a través de la carretera Pachuca-Tulancingo.

5.3.5 Vía de acceso al sitio de estudio

Para llegar al sitio de estudio se puede accesar a través de la carretera a Pachuca-Tulancingo.

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 17 julio 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 17 de julio 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).

Debido a circunstancias administrativas originadas por la pandemia, CAEPSA notificó a la ASEA (Agencia de Seguridad Energía y Ambiente) hasta el 13 de agosto de 2020 a través del Oficio CAE-34/2020 de fecha 21 de julio 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. El día 19 de agosto del 2020 se realizó el muestreo en el sitio, sin embargo, se observó que la pluma de contaminación había migrado, por lo que se hicieron adecuaciones al protocolo de muestreo inicial. Dichas adecuaciones se hicieron del conocimiento de la ASEA el día 27 de agosto de 2020 mediante el documento "Actualización de Información Solicitada por el oficio ASEA/USIVI/DGSIVC-TC/SS2.1/2250/2020 de fecha 24 de agosto de 2020. 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 Epazoyucan, Sistema Meteorológico Nacional (SMN); así como instituciones de educación superior:

Universidad Nacional Autónoma de Hidalgo (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 UTM del punto del siniestro son: 14 Q 540716.06 mE – 2,216,595.99 mN. El uso del suelo en la zona afectada es agrícola y 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

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 5,941.076 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".
- Tripie de 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 517.23 m^2, la que corresponde a las cuatro áreas afectadas identificadas. En total se propuso ubicar 10 puntos de muestreo dentro de la zona identificada como afectada, donde se tomarán en total 40 muestras de suelo para analizar en el laboratorio (4 muestras por punto). Más 12 puntos para delimitar el área perimetral para la toma de 1 muestra en cada punto, para un total de 12 muestras. Adicionalmente se tomarán 6 muestras duplicadas. El número total de muestras a tomar será de 58.

En la siguiente figura, se presenta el croquis donde se ubican los puntos para la toma de muestras de suelo para analizar en el laboratorio.

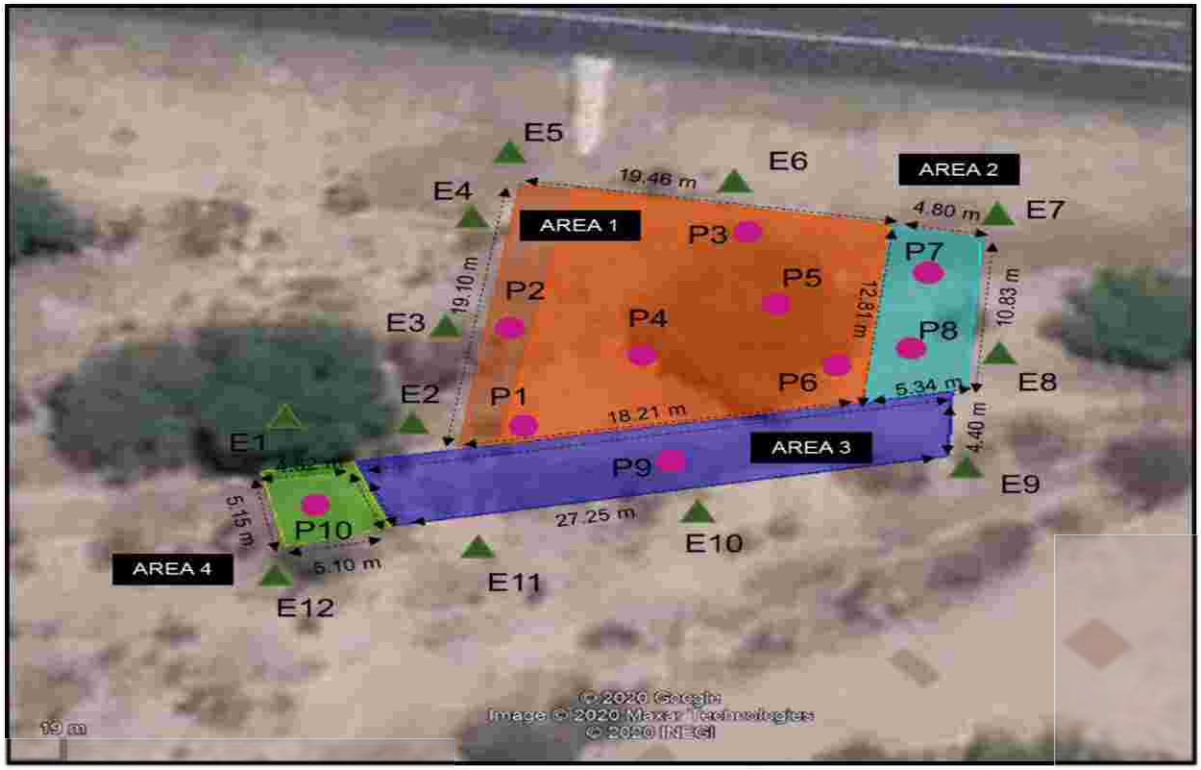


Figura 5. Ubicación de los puntos de muestreo en las áreas afectadas por el derrame de Gasolina

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 diferentes profundidades Considerando la profundidad detectada hasta donde llego el contaminante en cada área afectada identificada, tal como en el Área 1 de 3.82 m; Área 2 de 1.95 m; Área 3 3.10 m y Área 4 de 2.60 m.

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)	HTPFRACC. LIGERA	BTEX
ÁREA 1	P1	1	0.50	√	√
		1	1.50	√	√
		1	3.00	√	√
		1	3.90	√	√
	P2	1	0.50	√	√
		1	1.50	√	√
		1	3.00	√	√
		1	3.90	√	√
	P3	1	0.50	√	√
		1	1.50	√	√
		1	3.00	√	√
		1	3.90	√	√
	P4	1	0.50	√	√
		1	1.50	√	√
		1	3.00	√	√
		1	3.90	√	√
	P5	1	0.50	√	√
		1	1.50	√	√
		1	3.00	√	√
		1	3.90	√	√
	P6	1	0.50	√	√
		1	1.50	√	√
		1	3.00	√	√
		1	3.90	√	√
ÁREA 2	P7	1	0.50	√	√
		1	1.00	√	√
		1	1.50	√	√
		1	2.00	√	√
	P8	1	0.50	√	√
		1	1.00	√	√
		1	1.50	√	√
		1	2.00	√	√
ÁREA 3	P9	1	0.50	√	√
		1	1.00	√	√
		1	1.50	√	√
		1	2.00	√	√

UBICACIÓN	No.	MUESTRAS	PROFUNDIDAD (m)	HTPFRACC. LIGERA	BTEX
ÁREA 4	P10	1	0.50	√	√
		1	1.60	√	√
		1	2.20	√	√
		1	3.15	√	√
DELIMITACIÓN DE LA PLUMA CONTAMINANTE	E1	1	0.30	√	√
	E2	1	0.30	√	√
	E3	1	0.30	√	√
	E4	1	0.30	√	√
	E5	1	0.30	√	√
	E6	1	0.30	√	√
	E7	1	0.30	√	√
	E8	1	0.30	√	√
	E9	1	0.30	√	√
	E10	1	0.30	√	√
	E11	1	0.30	√	√
	E12	1	0.30	√	√
TOTAL		**52**		√	√
DUPLICADAS		**6**		√	√
TOTAL FINAL		**58**		√	√

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

Por parte del Laboratorio:

Nombre de persona física.

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		
		ZONA	X	Y
Delimitación	E1	14 Q	540689.71	2216582.47
	E2	14 Q	540695.39	2216579.86
	E3	14 Q	540699.98	2216583.05
	E4	14 Q	540699.78	2216580.73
	E5	14 Q	540708.32	2216585.05
	E6	14 Q	540718.05	2216579.11
	E7	14 Q	540726.78	2216565.88
	E8	14 Q	540719.92	2216557.42
	E9	14 Q	540717.25	2216551.14
	E10	14 Q	540708.09	2216557.76
	E11	14 Q	540694.45	2216566.85
	E12	14 Q	540681.68	2216575.37
Área 1	P1	14 Q	540700.04	2216572.54
	P2	14 Q	540701.79	2216578.30
	P3	14 Q	540715.38	2216576.40
	P4	14 Q	540706.50	2216572.56
	P5	14 Q	540713.95	2216569.83
	P6	14 Q	540717.00	2216566.97
Área 2	P7	14 Q	540722.97	2216567.39

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	COORDENADAS UTM		
		ZONA	X	Y
	P8	14 Q	540718.41	2216562.42
Área 3	P9	14 Q	540705.43	2216566.15
Área 4	P10	14 Q	540687.81	2216578.79

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, de acuerdo a 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 permite identificar y 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 0.30 m, 0.50 m, 1.00 m, 1.50 m, 1.60 m 2.00 m, 2.20 m, 3.00 m, 3.15 m y 3.90 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 cuatro zonas afectadas por el derrame, se propuso ubicar 10 puntos de muestreo dentro de las áreas afectadas (con la toma de 4 muestras en cada punto) y 12 puntos de muestreo (con la toma de 1 muestra en cada punto) fuera de estas, con el objetivo de delimitar las zonas de contaminación. Se ubicaron en total 22 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 los pozos, se observó el tipo de suelo que presentaba cada uno de ellos según la profundidad de penetración. Los estratos que se identificaron en las áreas de estudio fueron: de 0.00 m a 2.80 m limo arcilloso, de 2.80 m a 4.00 m arcillo arenoso y a partir de los 4.00 m arcilla compacta.

Como se puede observar el perfil estratigráfico de la zona, es homogéneo en cada una de las zonas afectadas. En la siguiente figura se muestra la estratigrafía general de la zona afectada.

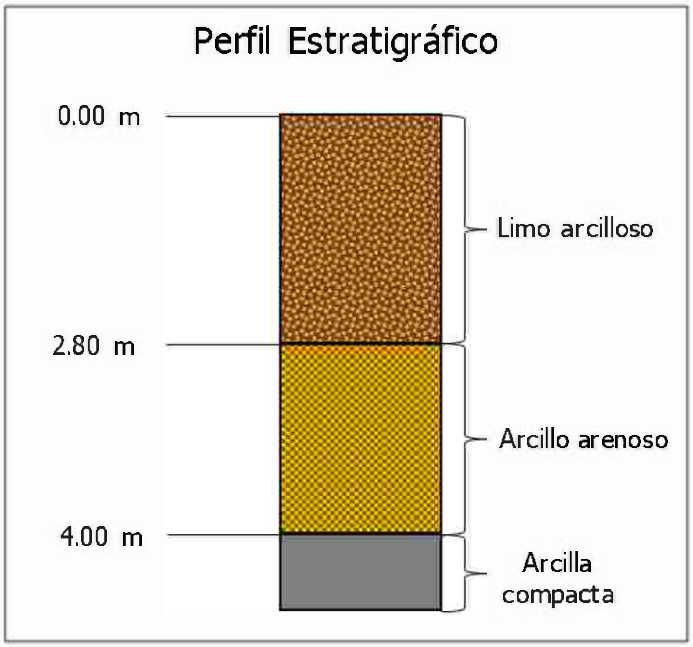


Figura 6. Perfil estratigráfico de las zonas de estudio.

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

Del muestreo realizado a las 58 muestras de suelo (52 simples y 6 duplicadas) en los 22 puntos de muestreo (10 dentro de la zona afectada y 12 fuera de ella), se determinó Hidrocarburos de Fracción Ligera y BTEX´s por los métodos NMX-AA-105-SCFI-2008 y NMX-AA-141-SCFI-2007 respectivamente.

De las 58 muestras de suelo analizadas (52 simples y 6 duplicadas), 44 (40 simples y 4 duplicadas, se ubicaron dentro del área identificada como afectada) y 14 (12 simples y 2 duplicadas) se ubicaron para delimitar las áreas afectadas.

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 0.30, 0.50, 1.00, 1.50, 1.60, 2.00, 2.20,

3.00, 3.15 y 3.90 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 0.30, 0.50, 1.00, 1.50, 1.60, 2.00, 2.20, 3.00, 3.15 y 3.90 m

Zona	Punto de Muestreo	Profundidad (m)	HFL (kg/mg)	Benceno (mg/kg)	Tolueno (mg/kg)	Etilbenceno (mg/kg)	Xilenos (mg/kg)
			LMP200 mg/kg	LMP6 mg/kg	LMP40 mg/kg	LMP10 mg/kg	LMP40 mg/kg
Delimitación del área	E1	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	E2	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	E3	0.30	< L.C.	< L.C.	0.17	< L.C.	< L.C.
	E4	0.30	< L.C.	< L.C.	0.22	< L.C.	< L.C.
	E5	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	E6	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	E7	0.30	< L.C.	< L.C.	1.91	< L.C.	< L.C.
	E8	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	E9	0.30	< L.C.	< L.C.	0.24	< L.C.	< L.C.
	E10	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
		0.3 Dup	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	E11	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	E12	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
		0.3 Dup	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
ÁREA 1	P1	0.50	2901.31	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
		1.50	4073.98	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
		3.00	715.20	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
		3.90	116.30	< L.C.	< L.C.	1.82	3.72
	P2	0.50	4406.16	< L.C.	< L.C.	3.22	11.46
		1.50	2161.66	< L.C.	3.18	2.92	4.81
		3.00	315.70	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
		3.90	182.50	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P3	0.50	1561.23	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
		1.50	4216.94	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
		1.50 Dup	3711.78	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
		3.00	859.65	< L.C.	< L.C.	1.74	3.23
		3.90	90.98	< L.C.	4.62	1.77	13.72
	P4	0.50	1319.60	< L.C.	< L.C.	< L.C.	4.76
		1.50	735.89	< L.C.	3.36	2.56	10.08
		3.00	296.65	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
		3.90	156.00	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P5	0.50	1956.05	< L.C.	4.87	4.96	4.40
		1.50	1176.40	< L.C.	4.10	3.81	8.84

Zona	Punto de Muestreo	Profundidad (m)	HFL (kg/mg)	Benceno (mg/kg)	Tolueno (mg/kg)	Etilbenceno (mg/kg)	Xilenos (mg/kg)
			LMP200 mg/kg	LMP6 mg/kg	LMP40 mg/kg	LMP10 mg/kg	LMP40 mg/kg
		3.00	731.33	< L.C.	4.19	5.58	6.70
		3.90	118.35	< L.C.	7.11	5.26	27.81
		3.90 Dup	54.84	< L.C.	2.87	0.89	10.78
	P6	0.50	1179.00	< L.C.	4.92	4.83	19.65
		1.50	655.80	< L.C.	1.55	0.55	8.27
		3.00	21.06	< L.C.	0.30	< L.C.	4.44
		3.90	8.67	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
ÁREA 2	P7	0.50	715.83	< L.C.	< L.C.	< L.C.	4.86
		1.00	422.19	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
		1.50	278.20	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
		2.00	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P8	0.50	695.73	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
		1.00	481.30	< L.C.	0.37	< L.C.	3.71
		1.00 Dup	476.11	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
		1.50	266.90	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
		2.00	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
ÁREA 3	P9	0.50	729.79	< L.C.	< L.C.	5.47	11.06
		1.00	614.7	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
		1.50	298.4	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
		2.00	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
ÁREA 4	P10	0.50	1456.57	< L.C.	5.03	4.57	3.56
		1.60	654.73	< L.C.	5.02	3.01	15.02
		2.20	558.83	< L.C.	2.26	< L.C.	10.87
		3.15	165.10	< L.C.	3.70	4.71	7.48
		3.15 Dup	178.00	< L.C.	2.99	3.23	7.75

Como parte de los análisis realizados a las muestras de suelo, se analizó también pH y Humedad, presentándose a continuación:

Tabla 7. Resultados de análisis de laboratorio para pH y Humedad para las muestras de suelo.

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	pH (UpH)	HUMEDAD (%)
Delimitación del área	E1	0.30	8.12	14.15
	E2	0.30	8.15	15.12
	E3	0.30	8.31	10.07
	E4	0.30	8.14	9.68
	E5	0.30	8.12	20.59
	E6	0.30	8.13	14.58
	E7	0.30	8.36	10.58
	E8	0.30	8.15	17.61
	E9	0.30	8.13	13.24
	E10	0.30	8.15	16.25
		0.3 Dup	8.23	15.64
	E11	0.30	8.37	24.78
	E12	0.30	8.25	17.39
		0.3 Dup	8.28	17.62
ÁREA 1	P1	0.50	8.21	18.00
		1.50	8.19	25.09
		3.00	8.17	24.15
		3.90	8.16	22.66
	P2	0.50	8.17	26.02
		1.50	8.16	25.39
		3.00	8.16	22.13
		3.90	8.17	23.08
	P3	0.50	8.14	16.28
		1.50	8.21	14.25
		1.50 Dup	8.19	13.47
		3.00	8.13	10.52
		3.90	8.12	15.38
	P4	0.50	8.11	32.07
		1.50	8.09	31.55
		3.00	8.07	33.62
		3.90	8.09	25.26
	P5	0.50	8.09	22.77
		1.50	8.04	24.67
		3.00	8.04	18.15
		3.90	8.12	12.76
		3.90 Dup	8.17	13.00
	P6	0.50	8.16	11.74
		1.50	8.17	11.11
		3.00	8.14	11.41
		3.90	8.17	11.63
ÁREA 2	P7	0.50	8.13	16.40
		1.00	8.14	18.17
		1.50	8.16	12.20
		2.00	8.17	13.07

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	pH (UpH)	HUMEDAD (%)
	P8	0.50	8.16	12.54
		1.00	8.15	12.84
		1.00 Dup	8.14	12.92
		1.50	8.16	12.97
		2.00	8.16	12.06
ÁREA 3	P9	0.50	8.14	22.36
		1.00	8.14	12.52
		1.50	8.13	15.45
		2.00	8.12	16.74
ÁREA 4	P10	0.50	8.19	27.06
		1.60	8.17	25.36
		2.20	8.16	25.38
		3.15	8.19	26.16
		3.15 Dup	8.11	26.97

7.4.1 Resultados de laboratorio para determinar Hidrocarburos Fracción Ligera

De los resultados de análisis de laboratorio que se realizó a las 58 muestras de suelo obtenidas de los 22 puntos de muestreo a las profundidades de 0.30, 0.50, 1.00, 1.50, 1.60, 2.00, 2.20, 3.00, 3.15 y 3.90 m de profundidad, se presenta lo siguiente:

7.4.1.1 Resultados de análisis a muestras tomadas a 0.30 m de profundidad

Se tomaron 12 muestras de suelo que se analizaron a 0.30 m, las cuales fueron ubicadas en el área perimetral de la zona de estudio como delimitantes. Para las muestras de las áreas de delimitación, los resultados reportados por el laboratorio es que no detectaron presencia de Hidrocarburos Fracción Ligera, por lo cual se establece que son menores 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.

Tabla 8. Resultados de análisis de laboratorio de Hidrocarburos Fracción Ligera a muestras de suelo tomadas a 0.30 m de profundidad.

Zona	Punto de Muestreo	Profundidad (m)	HFL (kg/mg)
			LMP 200 mg/kg
Delimitación del área	E1	0.30	< L.C.
	E2	0.30	< L.C.
	E3	0.30	< L.C.
	E4	0.30	< L.C.

Zona	Punto de Muestreo	Profundidad (m)	HFL (kg/mg) LMP 200 mg/kg
	E5	0.30	< L.C.
	E6	0.30	< L.C.
	E7	0.30	< L.C.
	E8	0.30	< L.C.
	E9	0.30	< L.C.
	E10	0.30	< L.C.
		0.3 Dup	< L.C.
	E11	0.30	< L.C.
	E12	0.30	< L.C.
		0.3 Dup	< L.C.

En la siguiente figura se muestra la ubicación de los puntos de muestreo donde se tomaron muestras de suelo a 0.30 m de profundidad, y que los resultados de los análisis de laboratorio reportaron concentraciones menores a los 200 mg/kg de Hidrocarburos Fracción Ligera (establecidos como el Límite Máximo Permisible en la NOM-138-SEMARANT/SSA1-2012).

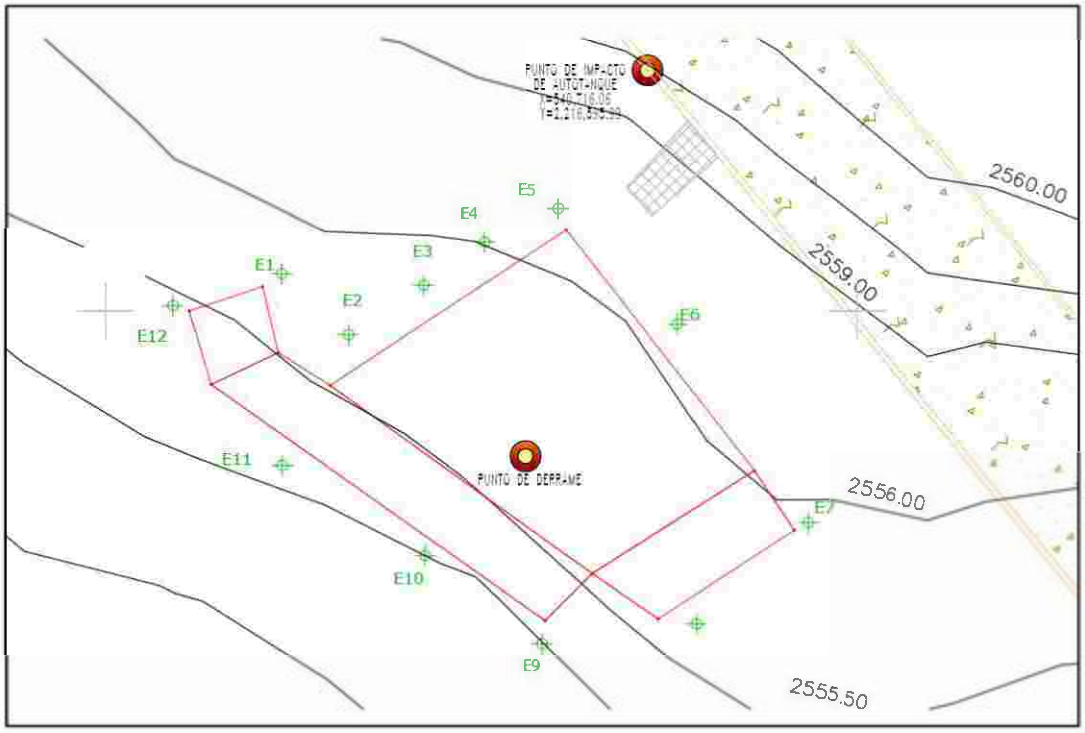


Figura 7. Ubicación de los puntos de muestreo que presentan concentraciones menores al LMP establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para HFL a 0.30 m de profundidad

7.4.1.2 Resultados de análisis a muestras tomadas a 0.50 m de profundidad

Dentro de las áreas afectadas denominadas "Área 1", "Área 2", "Área 3" y "Área 4", se tomaron 10 muestras de suelo a la profundidad de 0.50 m, las cuales 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 695.73 mg/kg y los 4,406.16 mg/kg, tal como se puede apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 9. Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera a muestras de suelo tomadas a 0.50 m de profundidad.

Zona	Punto de Muestreo	Profundidad (m)	HFL (kg/mg)
			LMP 200 mg/kg
ÁREA 1	P1	0.50	2901.31
	P2	0.50	4406.16
	P3	0.50	1561.23
	P4	0.50	1319.60
	P5	0.50	1956.05
	P6	0.50	1179.00
ÁREA 2	P7	0.50	715.83
	P8	0.50	695.73
ÁREA 3	P9	0.50	729.79
ÁREA 4	P10	0.50	1456.57

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 0.50 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.

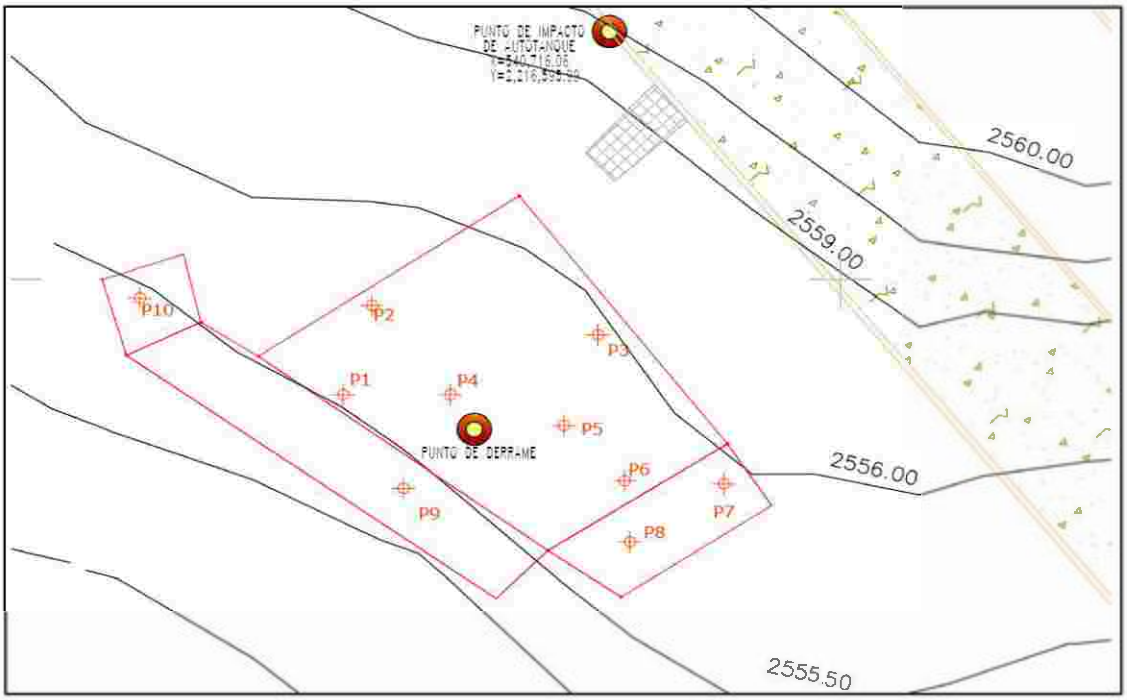


Figura 8. Ubicación de los puntos de muestreo que presentan concentraciones que sobrepasan los LMP establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para HFL a 0.50 m de profundidad

7.4.1.3 Resultados de análisis a muestras tomadas a 1.00 m de profundidad

A la profundidad de 1.00 m, se tomaron para su análisis 4 muestras de suelo (3 simples y 1 duplicada), de las cuales 2 se ubicaron dentro del área afectada de nominada "Área 2" y una en la denominada "Área 3", las cuales reportan concentraciones mayores al LMP con valores entre 422.19 mg/kg y 614.7 mg/kg; tal como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 10. Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera a muestras de suelo tomadas a 1.00 m de profundidad.

Zona	Punto de Muestreo	Profundidad (m)	HFL (kg/mg)
			LMP 200 mg/kg
ÁREA 2	P7	1.00	422.19
	P8	1.00	481.30
		1.00 Dup	476.11
ÁREA 3	P9	1.00	614.70

La siguiente figura muestra la ubicación de los puntos de muestreo a 1.00 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.

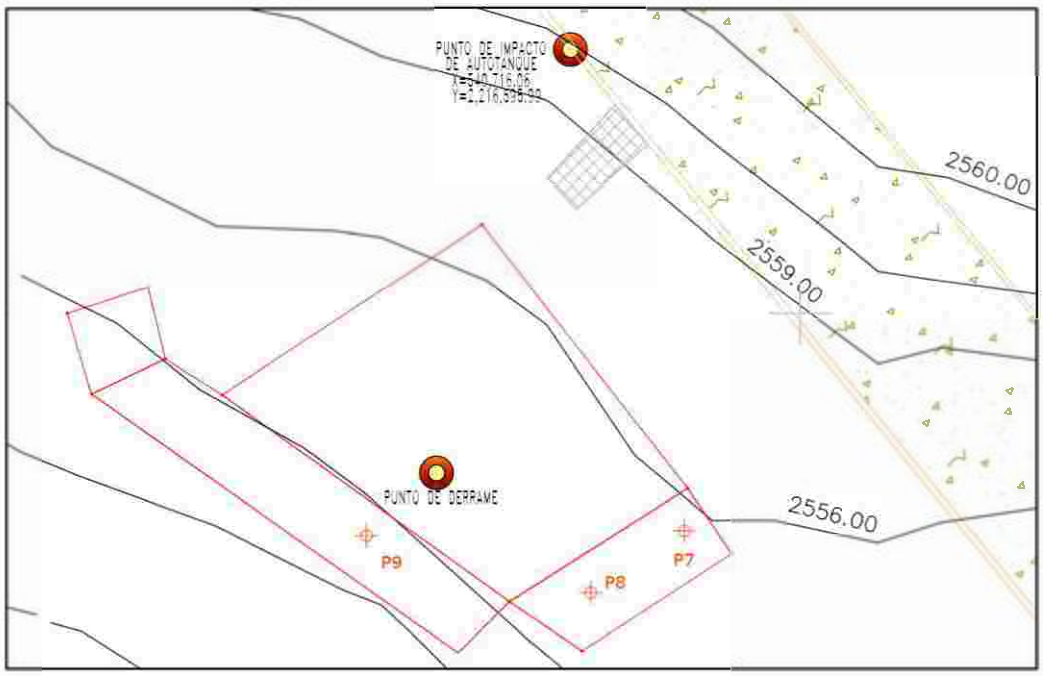


Figura 9. Ubicación de los puntos de muestreo que presentan concentraciones mayores al LMP establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para HFL a 1.00 m de profundidad

7.4.1.4 Resultados de análisis a muestras tomadas a 1.50 m de profundidad

De las 10 muestras analizadas a la profundidad de 1.50 m (9 simples y 1 duplicadas), las cuales se ubican en las áreas identificadas como "Área 1, 2 y 3", todas 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 de 266.90 mg/kg a 4,216.94 mg/kg, tal como se puede apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 11. Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera a muestras de suelo tomadas a 1.50 m de profundidad.

Zona	Punto de Muestreo	Profundidad (m)	HFL (kg/mg)
			LMP 200 mg/kg
ÁREA 1	P1	1.50	4073.98
	P2	1.50	2161.66
	P3	1.50	4216.94
		1.50 Dup	3711.78
	P4	1.50	735.89

Zona	Punto de Muestreo	Profundidad (m)	HFL (kg/mg)
			LMP 200 mg/kg
	P5	1.50	1176.40
	P6	1.50	655.80
ÁREA 2	P7	1.50	278.20
	P8	1.50	266.90
ÁREA 3	P9	1.50	298.40

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 1.50 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.

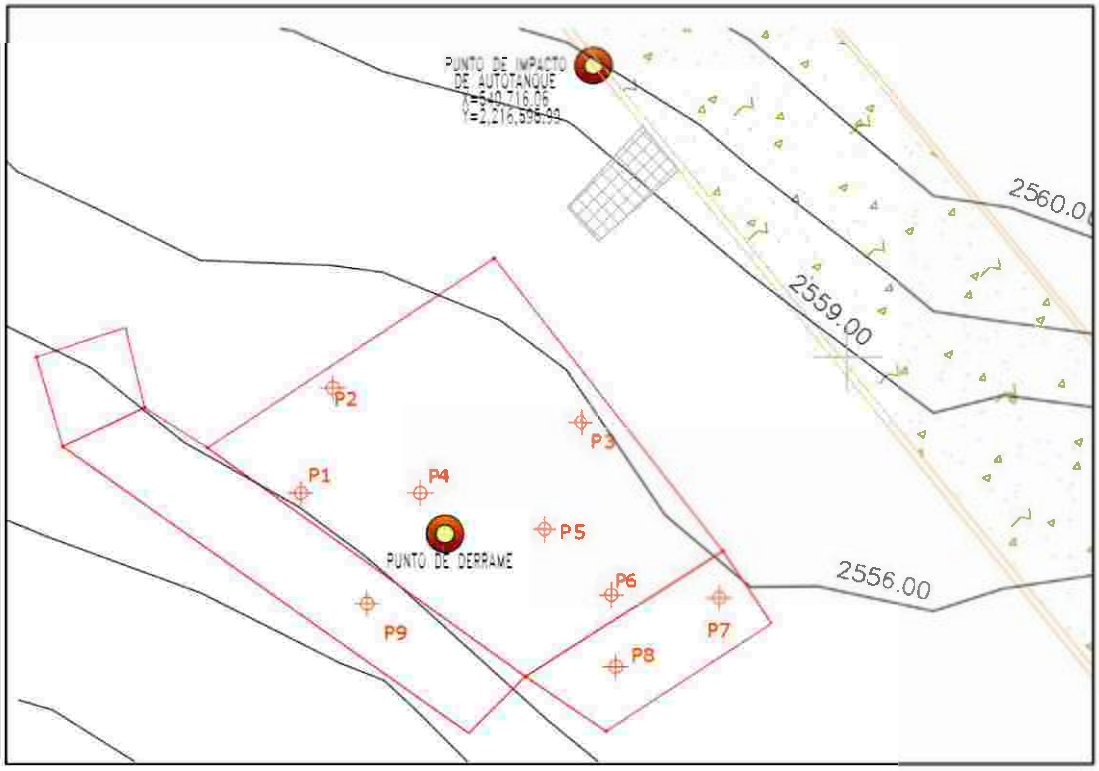


Figura 10. Ubicación de los puntos de muestreo que presentan concentraciones mayores al LMP establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para HFL a 1.50 m de profundidad

7.4.1.5 Resultados de análisis a muestras tomadas a 1.60 m de profundidad

De los análisis realizados a la muestra tomada a los 1.60 m de profundidad y ubicada en la zona identificada como "Área 4", reporta 654.73 mg/kg, concentración que sobrepasa los 200 mg/kg de Hidrocarburos Fracción Ligera. En la siguiente tabla se presenta el resultado del análisis arriba mencionado.

Tabla 12. Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera a muestras de suelo tomadas a 1.60 m de profundidad.

Zona	Punto de Muestreo	Profundidad (m)	HFL (kg/mg)
			LMP 200 mg/kg
ÁREA 4	P10	1.60	654.73

En la siguiente figura se muestra la ubicación del punto de muestreo en el cual se detectó la presencia de Hidrocarburos Fracción Ligera a 1.60 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.

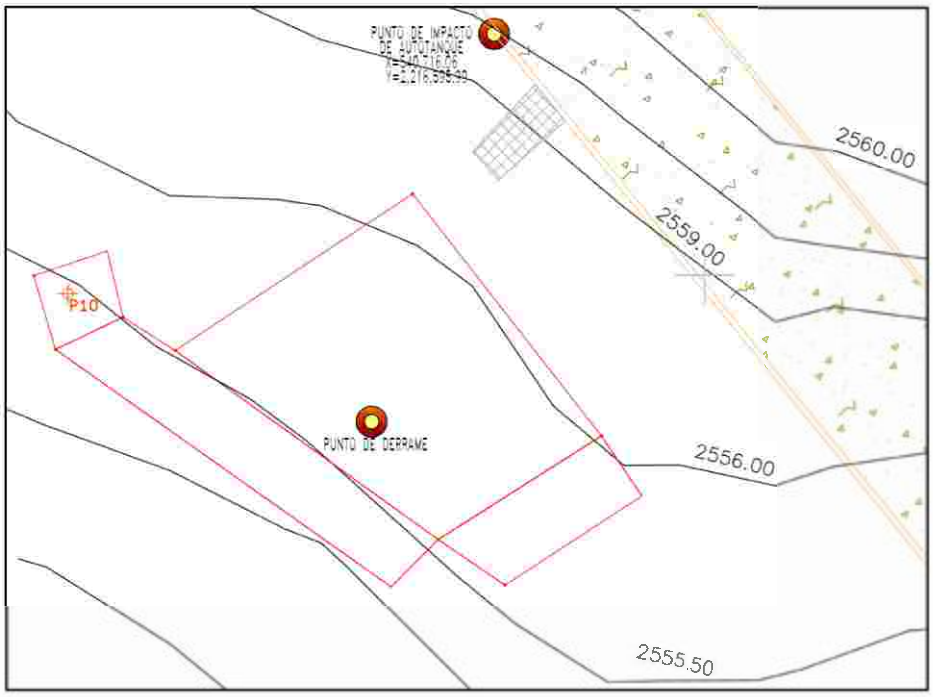


Figura 11. Ubicación de los puntos de muestreo que presentan concentraciones mayores al LMP establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para HFL a 1.60 m de profundidad.

7.4.1.6 Resultados de análisis a muestras tomadas a 2.00 m de profundidad

En las 3 muestras analizadas, tomadas en los puntos de muestreo P7, P8 y P9 a 2.00 m de profundidad, en la zona definida "Área 2 y 3", se reportaron concentraciones de Hidrocarburos Fracción Ligera menores al límite de cuantificación (<L.C.), el cual es menor al LMP (200 mg/kg); como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 13. Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera a 2.00 m de profundidad

Zona	Punto de Muestreo	Profundidad (m)	HFL (kg/mg)
			LMP 200 mg/kg
ÁREA 2	P7	2.00	< L.C.
	P8	2.00	< L.C.
ÁREA 3	P9	2.00	< L.C.

7.4.1.7 Resultados de análisis a muestras tomadas a 2.20 m de profundidad

De la muestra tomada en el punto de muestreo P10 (Área 4), a la profundidad de 2.20 m, el análisis en el laboratorio reportó 558.83 mg/kg, valor mayor al LMP de 200 mg/kg de Hidrocarburos Fracción Ligera. En la siguiente tabla se presenta el resultado reportado para esta muestra.

Tabla 14. Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera a muestras de suelo tomadas a 2.20 m de profundidad.

Zona	Punto de Muestreo	Profundidad (m)	HFL (kg/mg)
			LMP 200 mg/kg
ÁREA 4	P10	2.20	558.83

En la siguiente figura se muestra la ubicación del punto de muestreo en el cual se detectó la presencia de Hidrocarburos Fracción Ligera a 2.20 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.

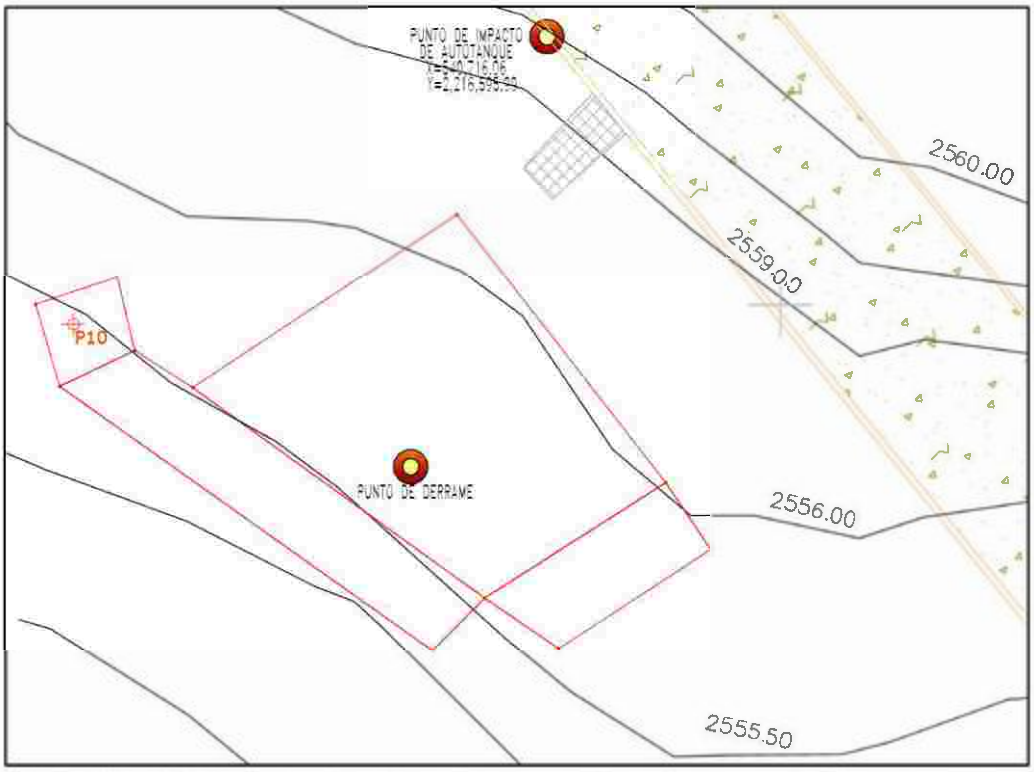


Figura 12. Ubicación de los puntos de muestreo que presentan concentraciones mayores al LMP establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para HFL a 2.20 m de profundidad.

7.4.1.8 Resultados de análisis a muestras tomadas a 3.00 m de profundidad

De las muestras tomadas en el "Área 1" el punto de muestreo P6, a la profundidad de 3.00 m reportó 21.06 mg/kg, valor menor al LMP de 200 mg/kg de Hidrocarburos Fracción Ligera. Las demás muestras tomadas en los puntos P1 a P5 dentro de esta área sobrepasan dicho LMP con valores que oscilan entre los 296.65 mg/kg a 859.65 mg/kg. En la siguiente tabla se presenta el resultado reportado para esta muestra.

Tabla 15. Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera a muestras de suelo tomadas a 3.00 m de profundidad.

Zona	Punto de Muestreo	Profundidad (m)	HFL (kg/mg)
			LMP 200 mg/kg
ÁREA 1	P1	3.00	715.20
	P2	3.00	315.70
	P3	3.00	859.65
	P4	3.00	296.65
	P5	3.00	731.33
	P6	3.00	21.06

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 3.00 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.

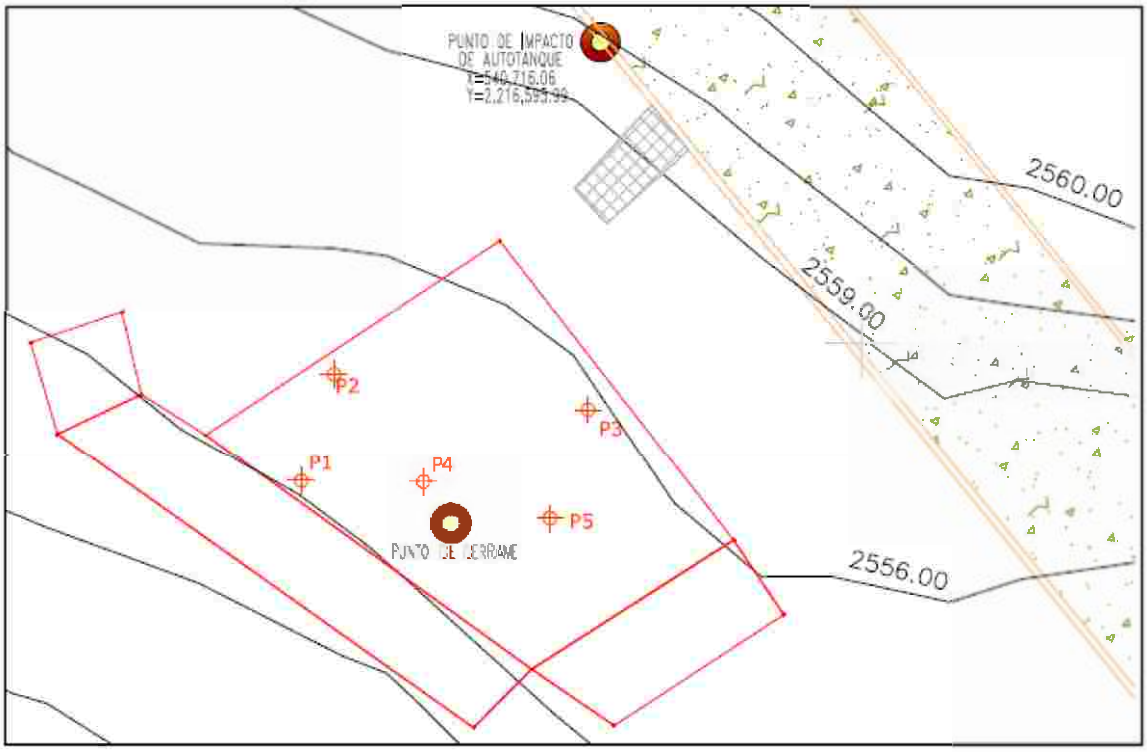


Figura 13. Ubicación de los puntos de muestreo que presentan concentraciones mayores al LMP establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para HFL a 3.00 m de profundidad.

7.4.1.9 Resultados de análisis a muestras tomadas a 3.15 m de profundidad

De las muestras tomadas en el punto de muestreo P10 en el Área 4 (1 simple y 1 duplicada), a la profundidad de 3.15 m, el análisis en el laboratorio reportó valores de 165.10 mg/kg y 178.00 mg/kg, los cuales son menores al LMP de 200 mg/kg de Hidrocarburos Fracción Ligera. En la siguiente tabla se presenta el resultado reportado para esta muestra.

Tabla 16. Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera a muestras de suelo tomadas a 3.15 m de profundidad.

Zona	Punto de Muestreo	Profundidad (m)	HFL (kg/mg)
			LMP 200 mg/kg
ÁREA 4	P10	3.15	165.10
		3.15 Dup	178.00

7.4.1.10 Resultados de análisis a muestras tomadas a 3.90 m de profundidad

Las 7 muestras de suelo tomadas en el "Área 1" (6 simples y 1 duplicada) a la profundidad de 3.90 m reportan concentraciones menores al LMP de 200 mg/kg de Hidrocarburos Fracción Ligera. En la siguiente tabla se presenta el resultado reportado para estas muestras.

Tabla 17. Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera a muestras de suelo tomadas a 3.90 m de profundidad.

Zona	Punto de Muestreo	Profundidad (m)	HFL (kg/mg)
			LMP 200 mg/kg
ÁREA 1	P1	3.90	116.30
	P2	3.90	182.50
	P3	3.90	90.98
	P4	3.90	156.00
	P5	3.90	118.35
		3.90 Dup	54.84
	P6	3.90	8.67

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

Los resultados de los análisis realizados a las 58 muestras de suelo (52 simples y 6 duplicadas) para determinar BTEX y que fueron tomadas a las profundidades de 0.30 m, 0.50 m, 1.00 m, 1.50 m, 1.60 m, 2.00 m, 2.20 m, 3.00 m y a 3.90 m (*Tabla 17*), reportan que solo en 18 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 40 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 18. Resultados de análisis de laboratorio para BTEX a 0.30 m, 0.50 m, 1.00 m, 1.50 m, 1.60 m, 2.00 m, 2.20 m, 3.00 m y a 3.90 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	LMP10 mg/kg	LMP40 mg/kg
Delimitación del área	E1	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	E2	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	E3	0.30	< L.C.	0.17	< L.C.	< L.C.
	E4	0.30	< L.C.	0.22	< L.C.	< L.C.
	E5	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	E6	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	E7	0.30	< L.C.	1.91	< L.C.	< L.C.
	E8	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	E9	0.30	< L.C.	0.24	< L.C.	< L.C.
	E10	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
		0.3 Dup	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	E11	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	E12	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
		0.3 Dup	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
ÁREA 1	P1	0.50	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
		1.50	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
		3.00	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
		3.90	< L.C.	< L.C.	1.82	3.72
	P2	0.50	< L.C.	< L.C.	3.22	11.46
		1.50	< L.C.	3.18	2.92	4.81
		3.00	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
		3.90	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P3	0.50	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
		1.50	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
		1.50 Dup	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
		3.00	< L.C.	< L.C.	1.74	3.23
		3.90	< L.C.	4.62	1.77	13.72
	P4	0.50	< L.C.	< L.C.	< L.C.	4.76
		1.50	< L.C.	3.36	2.56	10.08
		3.00	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
		3.90	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P5	0.50	< L.C.	4.87	4.96	4.40

Zona	Punto de Muestreo	Profundidad (m)	Benceno (mg/kg)	Tolueno (mg/kg)	Etilbenceno (mg/kg)	Xilenos (mg/kg)
			LMP6 mg/kg	LMP40 mg/kg	LMP10 mg/kg	LMP40 mg/kg
		1.50	< L.C.	4.10	3.81	8.84
		3.00	< L.C.	4.19	5.58	6.70
		3.90	< L.C.	7.11	5.26	27.81
		3.90 Dup	< L.C.	2.87	0.89	10.78
	P6	0.50	< L.C.	4.92	4.83	19.65
		1.50	< L.C.	1.55	0.55	8.27
		3.00	< L.C.	0.30	< L.C.	4.44
		3.90	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
ÁREA 2	P7	0.50	< L.C.	< L.C.	< L.C.	4.86
		1.00	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
		1.50	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
		2.00	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P8	0.50	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
		1.00	< L.C.	0.37	< L.C.	3.71
		1.00 Dup	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
		1.50	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
		2.00	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
ÁREA 3	P9	0.50	< L.C.	< L.C.	5.47	11.06
		1.00	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
		1.50	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
		2.00	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
ÁREA 4	P10	0.50	< L.C.	5.03	4.57	3.56
		1.60	< L.C.	5.02	3.01	15.02
		2.20	< L.C.	2.26	< L.C.	10.87
		3.15	< L.C.	3.70	4.71	7.48
		3.15 Dup	< L.C.	2.99	3.23	7.75

7.5 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 58 muestras de suelo (52 simples y 6 duplicadas) obtenidas a diferentes profundidades en el área de estudio, se resume lo siguiente:

- De los 22 puntos de muestreo establecidos en la zona, 10 fueron ubicados dentro de las áreas identificadas como afectadas (P1-P10) y los 12 restantes (E1-E12) se ubicaron para la delimitación de estas zonas.
- En los 10 puntos de muestreo correspondientes a las cuatro áreas contaminadas, se analizaron 44 muestras de suelo (40 simples y 4 duplicadas), observando que en todas las áreas identificadas como afectadas, en la muestra de primer nivel (0.50 m) los análisis reportan Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) que sobrepasan de los Límites Máximos Permisibles (LMP) de 200 mg/kg, y de la muestra de fondo, en todos los casos se reportan concentraciones de HFL menores a los LMP. De forma particular por cada zona se observa lo siguiente:
  a) Área 1.- Todos los puntos de muestreo de esta zona (P1 a P6) presentan HFL fuera de norma hasta los 3.00 m de profundidad, sin embargo, las muestras de estos puntos tomadas a 3.90 m reportan algunas concentraciones de 116.30 a 182.50 mg/kg, las cuales a pesar de ser menores al LMP son cercanas a este, por lo que se deberá considerar una profundidad mayor en esta área para el saneamiento.
  b) Área 2.- Los puntos de muestreo P7 y P8 reportan concentraciones de HFL fuera de norma hasta los 1.50 m de profundidad, pero a la profundidad de 2.00 m los valores de HFL se reportan como <L.C. y están por debajo del LMP.
  c) Área 3.- El punto de muestreo P9 reporta concentraciones de HFL fuera de norma hasta los 1.50 m de profundidad, pero a la profundidad de 2.00 m el valor de HFL se reporta como <L.C. y está por debajo del LMP.
  d) Área 4.- El punto de muestreo de esta zona (P10) presenta HFL fuera de norma hasta los 2.20 m de profundidad, sin embargo, las muestras de este punto tomada a 3.15 m reportan concentraciones de 165.10 y 178.00 mg/kg, las cuales a pesar de ser menores al LMP son cercanas a este, por lo que se deberá considerar una profundidad mayor en esta área para el saneamiento.

- En los 12 Puntos de Muestreo ubicados para la delimitación de las áreas contaminadas, se tomaron 14 muestras de suelo (12 simples y 2 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 58 muestras analizadas (44 en la zona contaminada y 14 para delimitación), se reporta que solo en 18 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 40 muestras analizadas, no se detectó presencia de los contaminantes, reportándose como menor al límite de cuantificación (<L.C.).

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 4 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:

- Área 1
- Área 2
- Área 3
- Área 4

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 de la pluma contaminante 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 0.50, 1.00, 1.50, 1.60, 2.20 y a 3.00 m, ya que 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.S0 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 0.50 m de profundidad. En la figura se puede apreciar que la pluma contaminante se presenta en la totalidad de las cuatro áreas delimitadas; con concentraciones que van de 695.73 mg/kg a los 4,406.16 mg/kg en los 10 pozos muestreados a esta profundidad, siendo los puntos P1, P2 y P5 los que presentan las mayores concentraciones de 1,956.05 a 4,406.16 mg/kg, en la siguiente tabla se muestra lo comentado.

Tabla 19. Resultados de análisis de laboratorio de Hidrocarburos Fracción Ligera a 0.50 m de profundidad.

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	HFL (kg/mg)
			LMP 200 mg/kg
ÁREA 1	P1	0.50	2901.31
	P2	0.50	4406.16
	P3	0.50	1561.23
	P4	0.50	1319.60
	P5	0.50	1956.05
	P6	0.50	1179.00
ÁREA 2	P7	0.50	715.83
	P8	0.50	695.73
ÁREA 3	P9	0.50	729.79
ÁREA 4	P10	0.50	1456.57

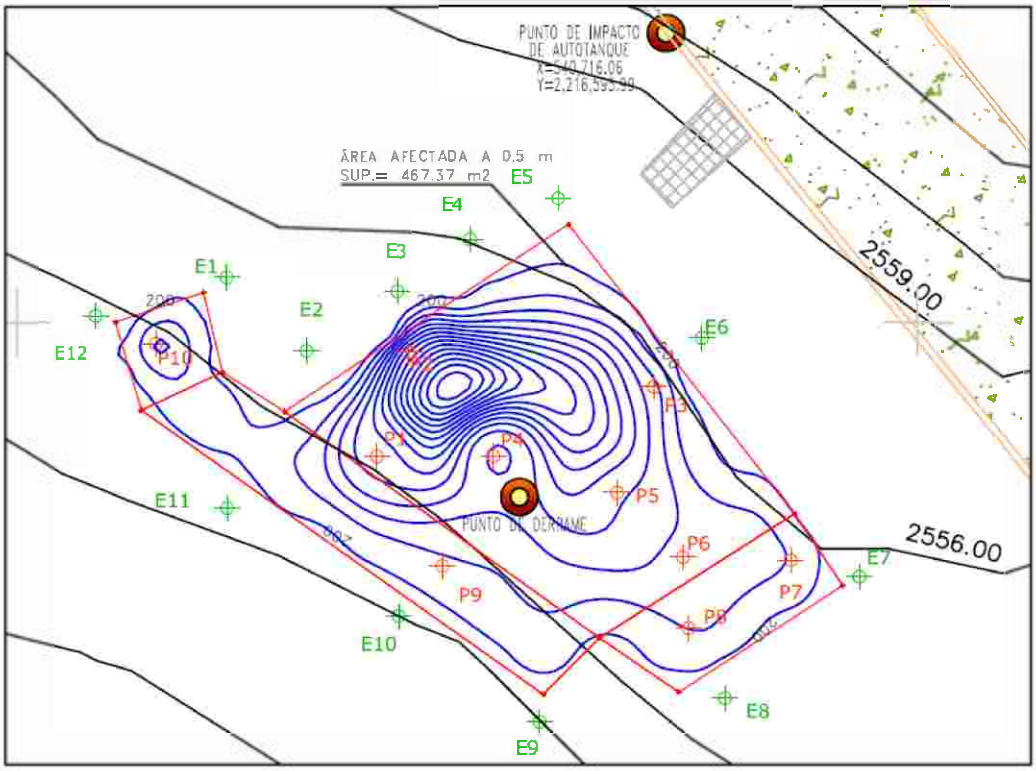


Figura 14. Simulación de la pluma contaminante de Hidrocarburos Fracción Ligera a 0.50 m.

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 20. Área y volumen de suelo contaminado HFL 0.50 m

Área afectada (m^2)	467.37
Profundidad toma muestra (m)	0.50
Espesor del estrato afectado por HFL(m)	0.50
Volumen afectado (m^3)	(467.37)(0.50)=
Volumen total de suelo contaminado con HFL	**233.69 m^3**

8.3 Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) a 1.00 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 1.00 m de profundidad. En la figura se puede apreciar que la pluma contaminante se presenta en las cuatro áreas delimitadas; con concentraciones que van desde los 422.19 mg/kg a los 614.70 mg/kg en los pozos muestreados a esta profundidad, siendo el punto P9 el que presenta la mayor concentración de 614.70 mg/kg. Se muestra la siguiente tabla.

Tabla 21. Resultados de análisis de laboratorio de Hidrocarburos Fracción Ligera a 1.00 m de profundidad.

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	HFL (kg/mg)
			LMP 200 mg/kg
ÁREA 2	P7	1.00	422.19
	P8	1.00	481.30
		1.00 Dup	476.11
ÁREA 3	P9	1.00	614.7

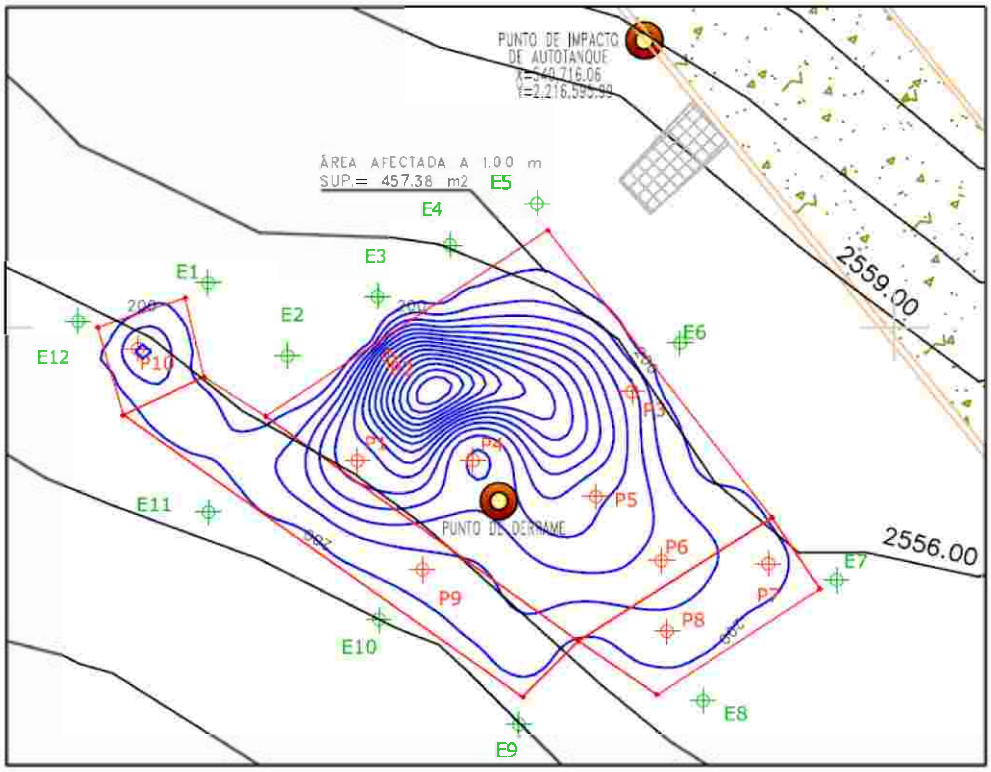


Figura 15. Simulación de la pluma contaminante de Hidrocarburos Fracción Ligera a 1.00 m.

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 22. Área y volumen de suelo contaminado HFL 1.00 m

Área afectada (m^2)	457.38
Profundidad toma muestra (m)	1.00
Espesor del estrato afectado por HFL (m)	0.50
Volumen afectado (m^3)	(457.38)(0.50)=
Volumen total de suelo contaminado con HFL	**228.69 m^3**

8.4 Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) a 1.50 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 1.50 m de profundidad. En la figura se puede apreciar que la pluma contaminante se presenta en las cuatro áreas delimitadas; con concentraciones de 266.90 a 4,216.94 mg/kg reportadas en la siguiente tabla.

Tabla 23. Resultados de análisis de laboratorio de Hidrocarburos Fracción Ligera a 1.50 m de profundidad.

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	HFL (kg/mg)
			LMP 200 mg/kg
ÁREA 1	P1	1.50	4073.98
	P2	1.50	2161.66
	P3	1.50	4216.94
		1.50 Dup	3711.78
	P4	1.50	735.89
	P5	1.50	1176.40
	P6	1.50	655.80
ÁREA 2	P7	1.50	278.20
	P8	1.50	266.90
ÁREA 3	P9	1.50	298.4

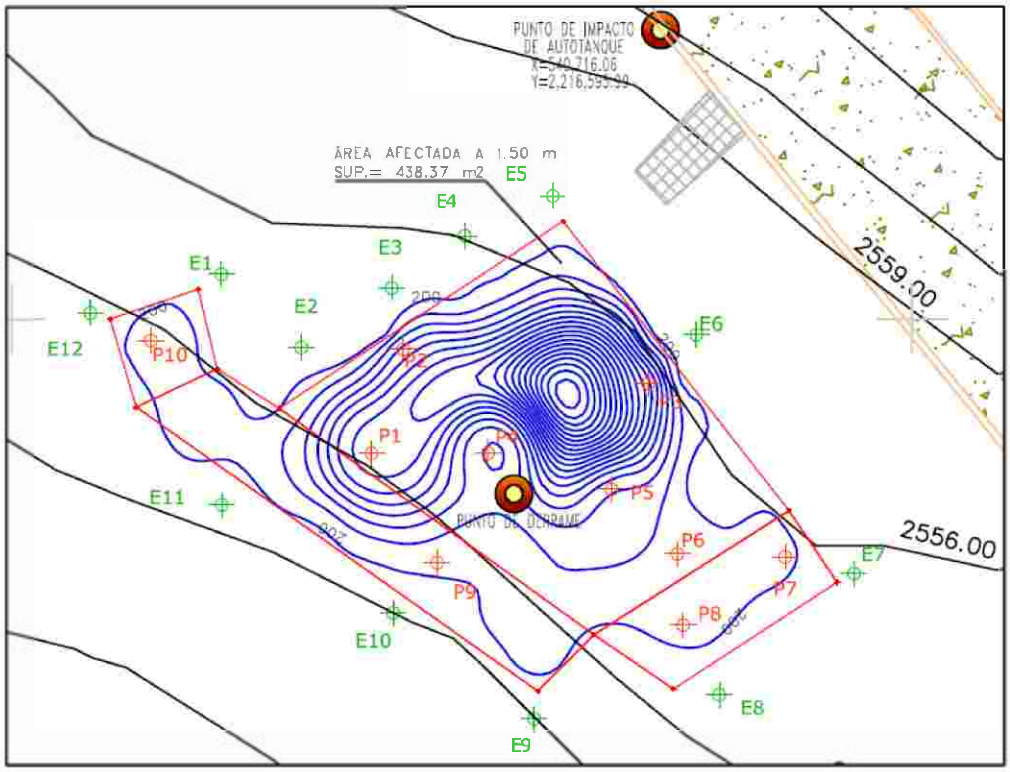


Figura 16. Simulación de la pluma contaminante de Hidrocarburos Fracción Ligera a 1.50 m.

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 24. Área y volumen de suelo contaminado HFL 1.50 m

Área afectada (m^2)	438.37
Profundidad toma de muestra (m)	1.50
Espesor del estrato afectado por HFL (m)	0.50
Volumen afectado (m^3)	(438.37)(0.50)=
Volumen total de suelo contaminado con HFL	**219.19 m^3**

8.5 Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) a 1.60 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 1.60 m de profundidad. En la figura se puede apreciar que la pluma contaminante se presenta en las áreas 1 y 4 delimitadas; con una concentración de 654.73 mg/kg en el pozo P10, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 25. Resultados de análisis de laboratorio de Hidrocarburos Fracción Ligera a 1.60 m de profundidad.

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	HFL (kg/mg)
			LMP 200 mg/kg
ÁREA 4	P10	1.60	654.73

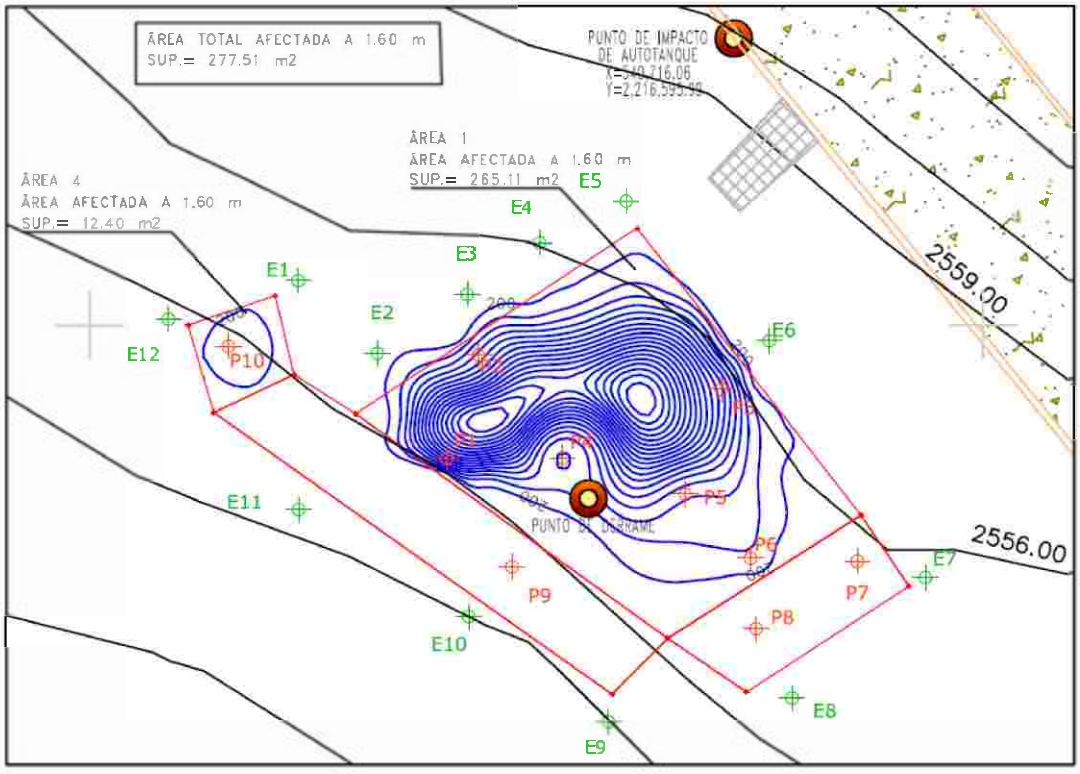


Figura 17. Simulación de la pluma contaminante de Hidrocarburos Fracción Ligera a 1.60 m.

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 26. Área y volumen de suelo contaminado HFL 1.60 m

Área afectada (m^2)	277.51
Profundidad toma de muestra (m)	1.60
Espesor del estrato afectado por HFL (m)	0.10
Volumen afectado (m^3)	(277.51)(0.10)=
Volumen total de suelo contaminado con HFL	**27.75 m^3**

8.6 Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) a 2.20 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 2.20 m de profundidad. En la figura se puede apreciar que la pluma contaminante se presenta las áreas 1 y 4, con una concentración de 558.83 mg/kg, ver la siguiente tabla.

Tabla 27. Resultados de análisis de laboratorio de Hidrocarburos Fracción Ligera a 2.20 m de profundidad.

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	HFL (kg/mg)
			LMP 200 mg/kg
ÁREA4	P10	2.20	558.83

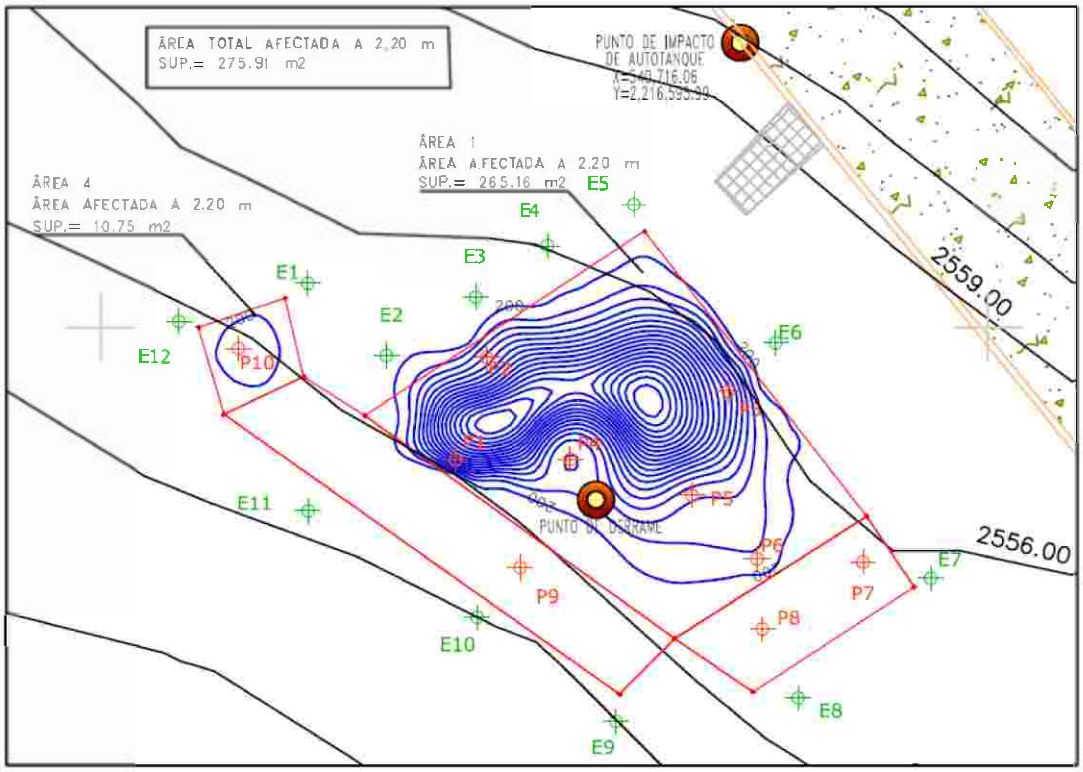


Figura 18. Simulación de la pluma contaminante de Hidrocarburos Fracción Ligera a 2.20 m.

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 28. Área y volumen de suelo contaminado HFL 2.20 m

Área afectada Zona 3 (m^2)	275.91
Profundidad toma de muestra (m)	2.20
Espesor del estrato afectado por HFL (m)	0.60
Volumen afectado (m^3)	(275.91)(0.60)=
Volumen total de suelo contaminado con HFL	**165.55 m3**

8.7 Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) a 3.00 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 3.00 m de profundidad. En la figura se puede apreciar que la pluma contaminante se presenta en el área 1 delimitada, con concentraciones de 296.65 a 859.65 mg/kg, ver la siguiente tabla.

Tabla 29. Resultados de análisis de laboratorio de Hidrocarburos Fracción Ligera a 3.00 m de profundidad.

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	HFL (kg/mg)
			LMP 200 mg/kg
ÁREA 1	P1	3.00	715.20
	P2	3.00	315.70
	P3	3.00	859.65
	P4	3.00	296.65
	P5	3.00	731.33
	P6	3.00	21.06

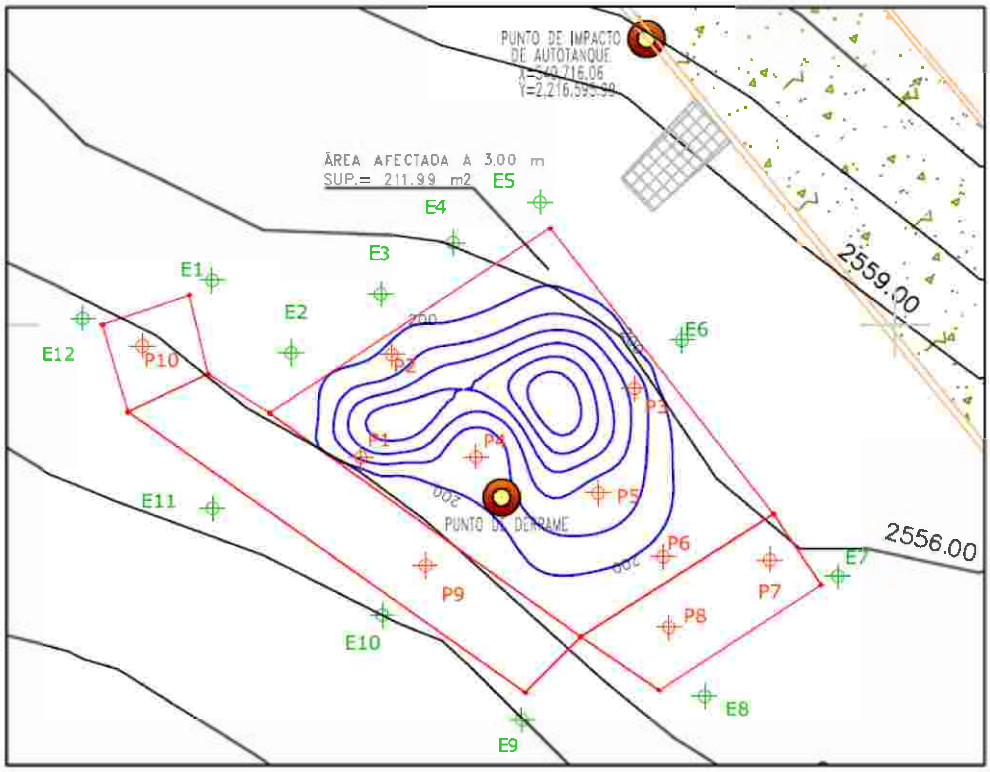


Figura 19. Simulación de la pluma contaminante de Hidrocarburos Fracción Ligera a 3.00 m.

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 30. Área y volumen de suelo contaminado HFL m

Área afectada Zona 3 ($m^{2)}$	211.99
Profundidad toma de muestra (m)	3.00
Espesor del estrato afectado por HFL (m)	0.80
Volumen afectado ($m^{3)}$	(211.99)(0.80)=
Volumen total de suelo contaminado con HFL	**169.59 m^3**

8.8 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 en las 6 plumas de contaminación total, las cuales se muestran en la *Figura 20*. Después de realizar la sobre posición de las plumas contaminantes el área total contaminada resultante fue de ***488.39 m²***.

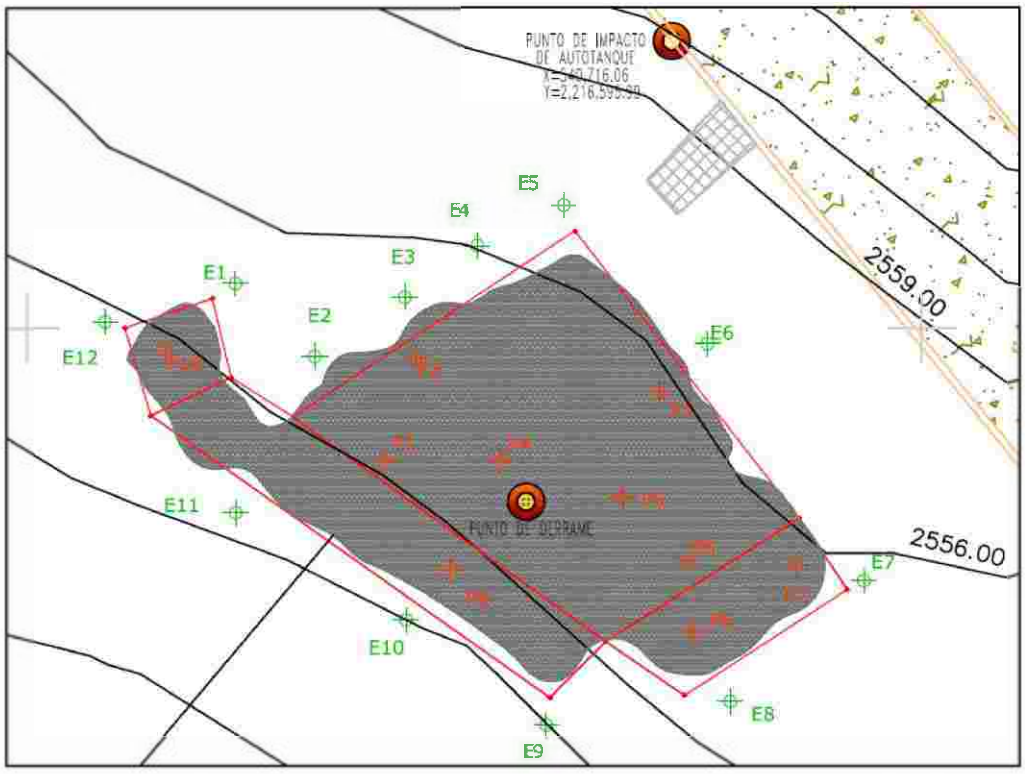


Figura 20. Integración de las Plumas Contaminantes determinadas por el modelo de simulación para Hidrocarburos Fracción Ligera

Para el cálculo del volumen total 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; sin embargo, observando los resultados de laboratorio se consideró un estrato adicional (ver siguiente tabla) al de la toma de muestra para el cálculo del volumen. Lo anterior debido a que las concentraciones reportadas en este son cercanas al LMP para HFL. Obteniendo que el volumen total de suelo contaminado es de ***1,261.29 m³***. En la siguiente figura se

presenta el modelo del corte lateral de las plumas de contaminación en cada una de las áreas.

Tabla 31. Estrato adicional considerado para el cálculo del volumen en cada una de las áreas.

Zona	Estrato adicional para el cálculo de volumen (m)
Área 1	3.00-3.80
Área 2	1.50-1.80
Área 3	1.50-1.80
Área 4	2.20-3.10

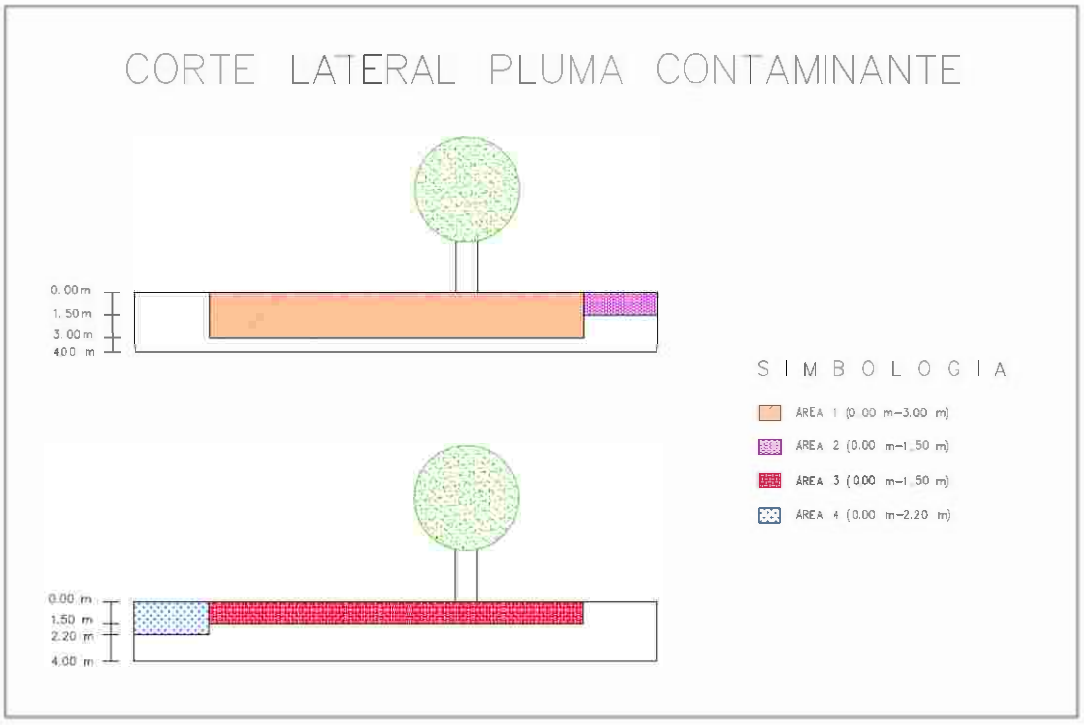


Figura 21. Modelo corte lateral de pluma contaminante por área afectada

En la siguiente figura se muestra la distribución de la pluma de contaminación por estrato y en cada área afectada.

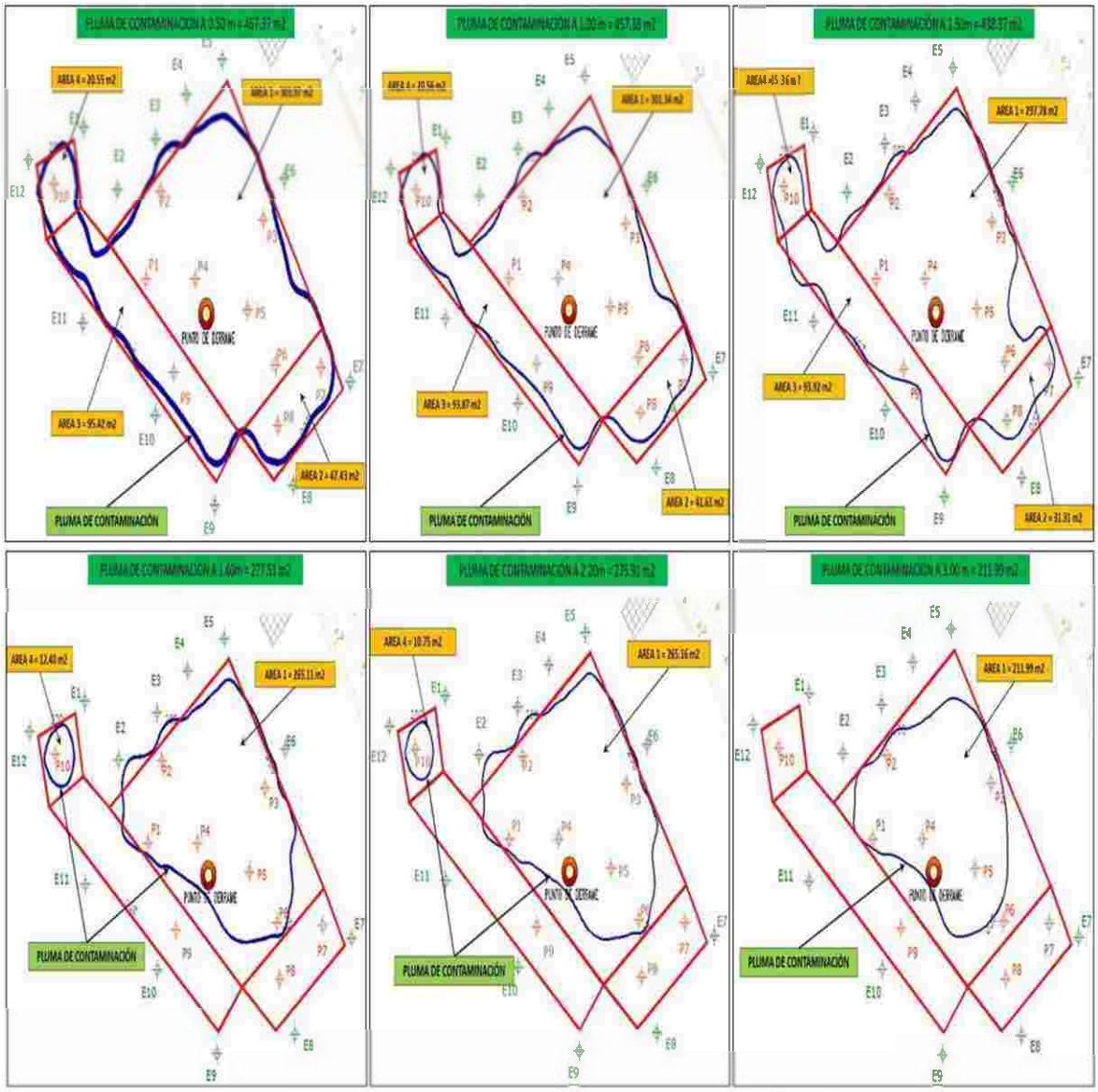


Figura 22. Pluma de contaminación por estrato y área afectada.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de las áreas y volúmenes por estrato de suelo obtenidos de la sobre posición de las plumas contaminantes para el cálculo del volumen.

Tabla 32. Área y volumen total de suelo contaminado obtenido de las plumas contaminantes.

Zona	Estrato	Profundidad del estrato afectado con HFL(m)	Área (m^2)	Volumen (m^3)	Volumen Total (m^3)
Área 1	0.00-0.50	0.50	303.97	151.98	976.33
	0.50-1.00	0.50	301.34	150.67	
	1.00-1.50	0.50	297.78	148.89	
	1.50-1.60	0.10	265.11	26.51	
	1.60-2.20	0.60	265.16	159.10	
	2.20-3.00	0.80	211.99	169.59	
	3.00-3.80*	0.80	211.99	169.59	
Área 2	0.00-0.50	0.50	47.43	23.72	69.57
	0.50-1.00	0.50	41.61	20.80	
	1.00-1.50	0.50	31.31	15.66	
	1.50-1.80*	0.30	31.31	9.39	
Área 3	0.00-0.50	0.50	95.42	47.71	169.78
	0.50-1.00	0.50	93.87	46.94	
	1.00-1.50	0.50	93.92	46.96	
	1.50-1.80*	0.30	93.92	28.17	
Área 4	0.00-0.50	0.50	20.55	10.28	45.61
	0.50-1.00	0.50	20.56	10.28	
	1.00-1.50	0.50	15.36	7.68	
	1.50-1.60	0.10	12.40	1.24	
	1.60-2.20	0.60	10.75	6.45	
	2.20-3.10*	0.90	10.75	9.68	
TOTAL			**488.39**		**1,261.29**

*Estrato adicional para el cálculo de volumen

Se hace la aclaración que el área de afectación de **488.39 m^2**, es el resultado de la sobre posición de las plumas de contaminación, en los diferentes estratos involucrados.

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 Carretera Pachuca-Tulancingo, en el Km 17+700 Municipio de Epazoyucan, Estado de Hidalgo, en dirección hacia Tulancingo, en el cual se derramaron 20,003 L de Gasolina Magna, el recurso natural afectado fue el suelo contaminando una superficie total de afectación de 488.39 m^2.

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

- Área 1
- Área 2
- Área 3
- Área 4

Se observaron las siguientes afectaciones:

En las zonas 1, 2, 3 y 4, que corresponden al Derecho de Vía de la Carretera, se observó presencia de vegetación que corresponde básicamente a 1 árbol de pirul de 5 m de altura, arbustos y pastos, además de matorrales, nopaleras y magueyes, los cuales fueron afectados por la gasolina derramada, observándose que al ser absorbido el hidrocarburo por la raíz, las plantas fueron fuertemente afectadas, al grado de que 2 meses después del siniestro, el árbol muestra signos de estar secándose, al igual que todos los matorrales que se ubicaban dentro del área afectada, el pasto, 2 magueyes y 1 planta de nopal.

En las siguientes figuras, se muestra la vegetación presente en la superficie afectada.



Figura 23. Vista de la vegetación afectada por derrame de Gasolina Magna a 1 semana del siniestro



Figura 24. Estado de la vegetación en la zona afectada por el derrame de gasolina, a 3 y a 60 días después del derrame

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 durante el accidente. 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

De los daños materiales adicionales a los causados por el siniestro, además de los daños al autotanque y pérdida del hidrocarburo que se transportaba, también se rompió la estructura de concreto por la que escurren las aguas pluviales acumuladas en la carretera; sin embargo, se realizó ya la reparación con la construcción de una estructura nueva, tal como se puede apreciar en la fotografía de la figura 24.

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 11 de julio 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 las áreas afectadas existe una capa de arcilla compacta a 4.00 m de profundidad por lo que no se considera un riesgo para el agua subterránea, ya que no se tiene saturación de hidrocarburo que pudiera infiltrarse.

De igual forma, se investigó con personas de la localidad cercanas y en la zona no existen manantiales o cuerpos de agua superficiales y no se reporta manto freático en los primeros 10 m de profundidad.

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

Derivado de los trabajos y análisis de laboratorio realizados para identificar la afectación generada por el derrame de 20,003 litros de Gasolina Magna en el Km 17+700 de la Carretera Pachuca-Tulancingo Municipio de Epazoyucan en el estado de Hidalgo; se establece que:

1. Debido a las características del sitio donde ocurrió el derrame y a la forma en que se dispersó el contaminante, se identificaron 4 zonas de afectación, sobre las cuales se realizaron los trabajos de evaluación y toma de muestras.
2. Que se realizó la división de cada área afectada, considerando la profundidad detectada hasta donde se observó la presencia del contaminante, tal como en el Área 1 de 3.82 m; Área 2 de 1.95 m; Área 3, 3.10 m y Área 4 de 2.60 m.
3. Que 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 del subsuelo en toda la zona afectada son homogéneos, teniendo primero un estrato semipermeable (de 0.00 -2.80m), de tipo limo arcilloso; posteriormente se tiene un estrato (de 2.80-4.00 m) arcillo arenoso y finalmente un estrato de baja permeabilidad, compuesto de arcilla compacta a partir de los 4.00 m, lo cual impidió que la contaminación migrara a estratos más profundos.
4. Para los trabajos de evaluación de campo, se establecieron 22 puntos de muestreo; 10 puntos de muestreo dentro de la zona identificada como afectada, donde se tomaron en total 40 muestras de suelo para analizar en el laboratorio (4 muestras por punto). Más 12 puntos para delimitar el área perimetral para la toma de 1 muestra en cada punto, para un total de 12 muestras. Adicionalmente se tomaron 6 muestras duplicadas. El número total de muestras tomadas fue de 58, y los parámetros de análisis fueron Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) y BTEX. para la toma de 52 muestras simples de suelo más 6 muestras duplicadas para un total de 58 muestras para analizar en el laboratorio.
5. Los resultados de los análisis de laboratorio indicaron que en 31 de las 58 muestras analizadas, todas ubicadas dentro de las áreas afectadas, 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 4 zonas identificadas como afectadas por el derrame y fueron tomadas a las profundidades: 0.50, 1.00, 1.50, 1.60, 2.20 y 3.00 m.

6. Para el cálculo del volumen total 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; sin embargo, observando los resultados de laboratorio se consideró un estrato adicional al de la toma de muestra para el cálculo del volumen. Lo anterior debido a que las concentraciones reportadas en este son cercanas al LMP para HFL. Por lo cual la profundidad máxima considerada para el cálculo de la pluma de contaminación es el siguiente: Área 1: 3.80 m, Área 2: 1.80 m, Área 3: 1.80 m y Área 4: 3.10 m.
7. Que los resultados reportados para la determinación de BTEX, muestran que ninguna de las 58 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.
8. Que con los resultados de los análisis de laboratorio y de las evaluaciones realizadas se determinó la Pluma Contaminante, la cual tiene una superficie total envolvente de **488.39 m^2** generando un volumen total de **1,261.29 m^3** de suelo contaminado.
9. 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 carretera Pachuca-Tulancingo en el km 17+700, Municipio Epazoyucan, Estado de Hidalgo; identificó:

- Que se tiene una superficie de **488.39 m²** generando **1,261.29 m³** de suelo contaminado.
- Que la profundidad de afectación donde se tiene suelo contaminado con Hidrocarburos Fracción Ligera, alcanzo desde 1.80 m hasta 3.80 m, estando la mayor profundidad en la zona del punto de derrame.

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

Tabla 33. Resumen de las zonas contaminadas con HFL por estrato.

Zona	Estrato	Profundidad del estrato afectado con HFL(m)	Área (m^2)	Volumen (m^3)	Volumen Total (m^3)
Área 1	0.00-0.50	0.50	303.97	151.98	976.33
	0.50-1.00	0.50	301.34	150.67	
	1.00-1.50	0.50	297.78	148.89	
	1.50-1.60	0.10	265.11	26.51	
	1.60-2.20	0.60	265.16	159.10	
	2.20-3.00	0.80	211.99	169.59	
	3.00-3.80*	0.80	211.99	169.59	
Área 2	0.00-0.50	0.50	47.43	23.72	69.57
	0.50-1.00	0.50	41.61	20.80	
	1.00-1.50	0.50	31.31	15.66	
	1.50-1.80*	0.30	31.31	9.39	
Área 3	0.00-0.50	0.50	95.42	47.71	169.78
	0.50-1.00	0.50	93.87	46.94	
	1.00-1.50	0.50	93.92	46.96	
	1.50-1.80*	0.30	93.92	28.17	
Área 4	0.00-0.50	0.50	20.55	10.28	45.61
	0.50-1.00	0.50	20.56	10.28	
	1.00-1.50	0.50	15.36	7.68	
	1.50-1.60	0.10	12.40	1.24	
	1.60-2.20	0.60	10.75	6.45	
	2.20-3.10*	0.90	10.75	9.68	
TOTAL			**488.39**		**1261.29**

*Estrato adicional para el cálculo de volumen

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 la Gasolina, 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 presentan las propuestas para realizar el saneamiento del suelo contaminado. Debido a la similitud en las características de los contaminantes la técnica propuesta a realizar para la remoción de HFL y BTEX 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 capaces de degradar los hidrocarburos, 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.

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.

12.1.1Diseño 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 **488.39 m^2,** sin embargo, para asegurar que toda el área sea remediada se tomará en cuenta la superficie del polígono inicial delimitado (517 m^2) para el diseño de la retícula, así como la división de cada área en función de su profundidad afectada.

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 1.5 m. Los pozos se colocarán a una distancia de 2.50 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 79 pozos en total, distribuidos en las 4 zonas contaminadas identificadas.

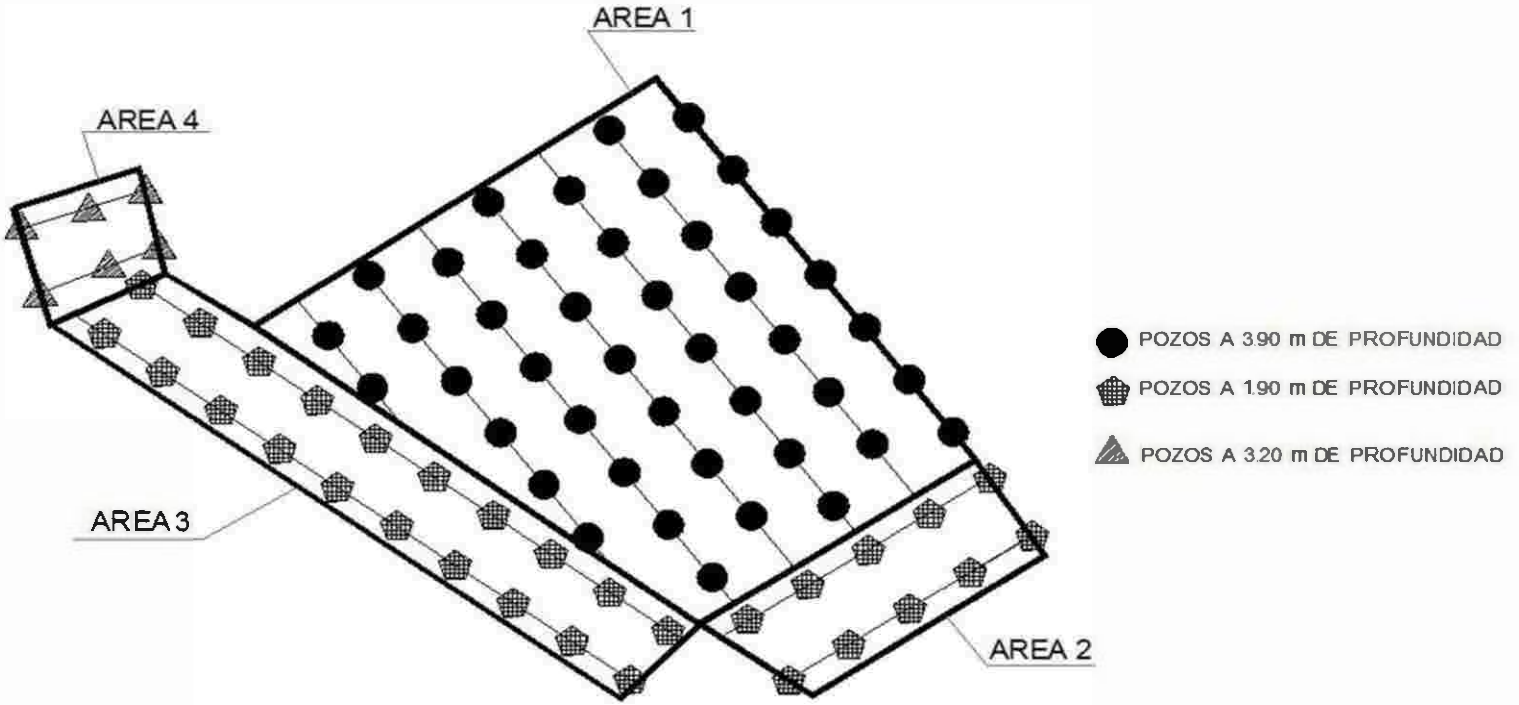
En la siguiente tabla se muestra un resumen de la cantidad de pozos que se propone en cada una de las zonas y las profundidades a las que deberán instalarse.

Tabla 34. Número de pozos a instalar en cada una de las zonas afectadas para el tratamiento de bioventeo para la remoción de HFL.

Estrato (m)	Zonas	Profundidad de instalación de los pozos del sistema de bioventeo(m)	No. Pozos porzona
0.00-3.80	Área 1	3.90	43
0.00-1.80	Área 2	1.90	10
0.00-1.80	Área 3	1.90	20
0.00-3.10	Área 4	3.20	6
		TOTAL	**79**

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.

DISTRIBUCIÓN DE POZOS PARA REMEDIACIÓN POR LA TÉCNICA DE BIOVENTEO AEROBIO *IN SITU*



Estrato (m)	Zonas	Profundidad de instalación de los pozos del sistema de bioventeo(m)	No. Pozos por zona
0.00-3.80	Área 1	3.90	43
0.00-1.80	Área 2	1.90	10
0.00-1.80	Área 3	1.90	20
0.00-3.10	Área 4	3.20	6
		TOTAL	**79**

Figura 25. Distribución de los pozos en las Áreas 1, 2, 3 y 4 para la restauración de suelo contaminado con HFL.

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

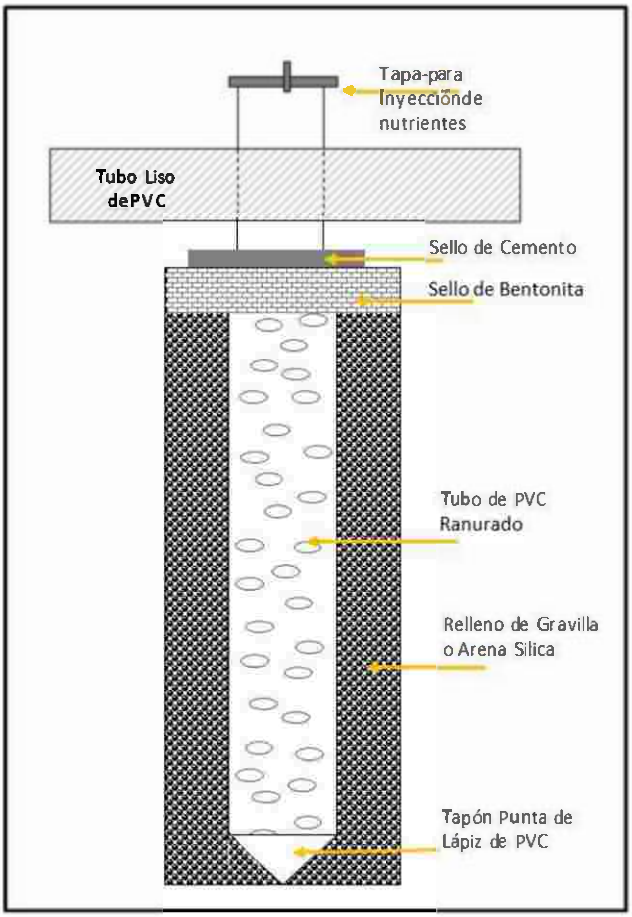


Figura 26. Esquema de construcción de los pozos de tratamiento

12.1.2Equipos 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.

12.1.3Bacterias 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.

12.1.4Tratamiento 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.

- 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.

- Equipo 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	7	297	10.5
		115	8	283	10
		145	10	241	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.

- Maquinaria a utilizar.

❖ 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
- Característica especial: Funciona con brocas de 2" a 14"
- Extensión de 18"para perforadora con eje de 7/8
- Modelo EXT18
- Brocas de 2 y 4" para perforadora 8900E y 9800E
- Modelo EA4F
- Característica especial: Armada de acero

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

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

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 35. Productos para Tratamiento

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

*Se anexa Hojas de Seguridad.

Tabla 36. Material a Utilizar para Construcción de Pozos.

Material	Cantidad
Arena o gravilla.*	3.5 m^3
Cemento.*	100 kg
Bentonita.*	50 kg
Tubería de PVC cédula 40 de diámetro de 2".	585 m
Tapones herméticos de PVC cédula 40 de diámetro de 2".	202 Pzas.
Tee de PVC cédula 40 de diámetro de 2".	79 Pzas.
Cruces de PVC cédula 40 de diámetro de 2".	21 Pzas.
Pegamento para PVC.	4 L

*Se anexa Hojas de Seguridad.

Tabla 37. 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.

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 6).

Tabla 38. 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.

Para el seguimiento interno se propone realizar pruebas para determinar Hidrocarburos Fracción Ligera con un equipo de campo (PetroFLAG®). Se deberán recolectar muestras de suelo cada 15 días para realizar la determinación de HFL con el equipo de campo y de esta forma evaluar el avance de la restauración. Teniendo en cuenta que se restaurará a profundidades diferentes de acuerdo a la zona, se propone que se recolecten muestras para análisis en campo a diferentes profundidades, de acuerdo a los resultados obtenidos en el Estudio de Caracterización (cuatro muestras por punto, dependiendo la zona). El inicio de toma de muestras para el seguimiento del tratamiento se dará a partir del día 45 y dado que se reportó que el contaminante se encuentra dentro del estrato de 0.00 a 3.80 m en el suelo (de acuerdo a la zona), se estima que el tratamiento se podrá lograr en los siguientes 60 días. Por lo que se proyecta realizar 3 muestreos de seguimiento, en los muestreos correspondientes a los días 15 se evaluarán las zonas impares (1 y 3) y en los muestreos correspondientes a los días 30 las zonas pares (2 y 4). De esta manera se tendrá una evaluación completa mensual del área a restaurar. En la siguiente tabla se muestra la relación de puntos a tomar de acuerdo a lo establecido en el muestreo de seguimiento.

Tabla 39. Relación de muestras a tomar para el Programa de Muestreo de Seguimiento.

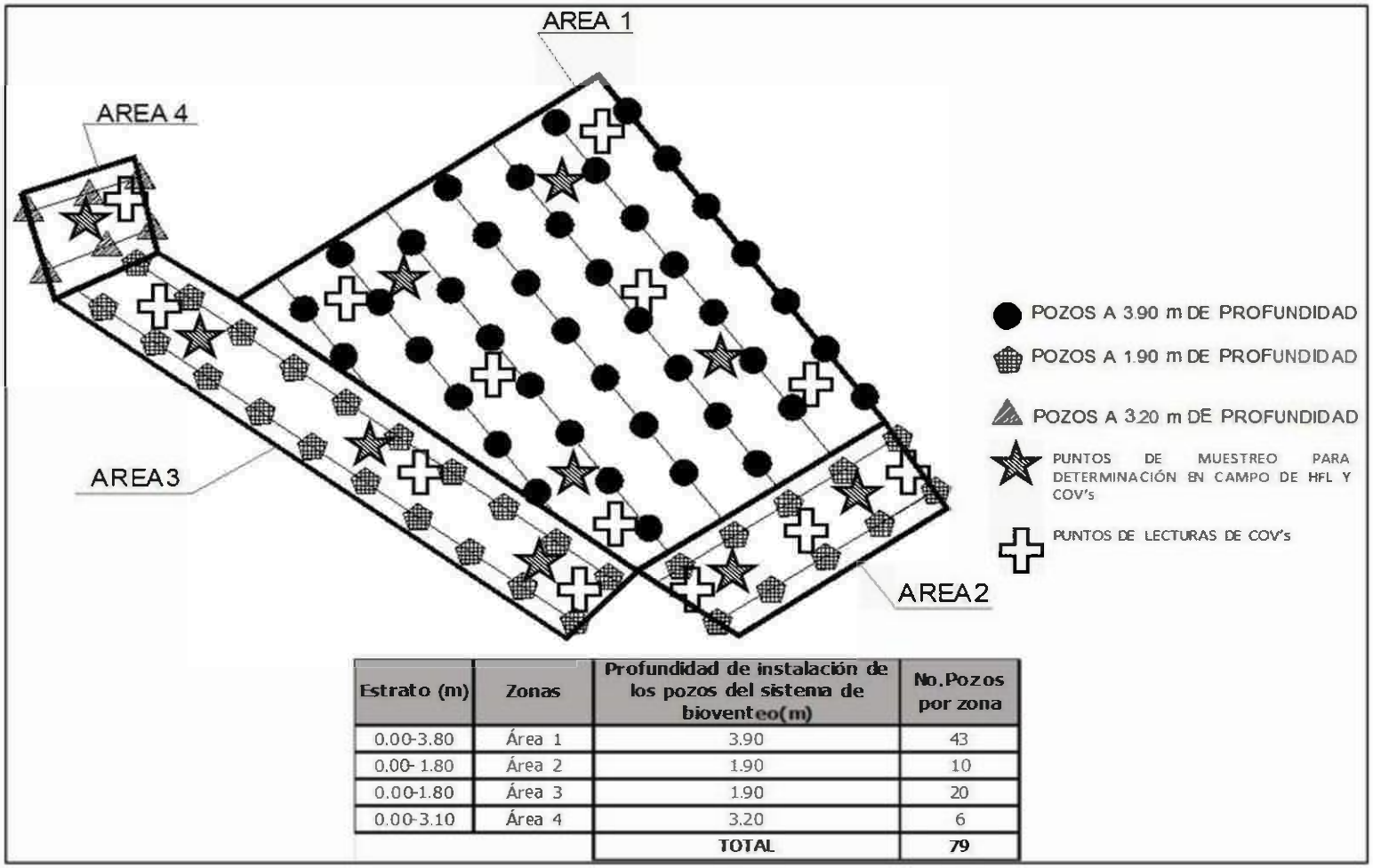
Zona	Profundidad	Puntos de muestreo por área	Periodo			Parámetro
			1 (Día 45)	2 (Día 60)	3 (Día 75)	
1	0.50, 1.50, 3.00 y 3.80	4	16	-	16	HFL
2	0.50, 1.00, 1.50 y 1.80	2	-	8	-	HFL
3	0.50, 1.00, 1.50 y 1.80	3	12	-	12	HFL
4	0.50, 1.60, 2.20 y 3.10	1	-	4	-	HFL
Total muestras	**-**	**-**	**28**	**12**	**28**	**-**

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.

De los resultados que se obtenga del último muestreo, se determinará si se aumenta el tiempo de tratamiento, lo que, incrementará el número de muestreos de seguimiento hasta obtener valores que indiquen que el suelo ya está saneado de acuerdo a los Límites Máximos Permisibles establecidos NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 para uso de Suelo Agrícola y Forestal.

Adicionalmente a la toma de muestras para el seguimiento de HFL, se realizará durante el proceso de extracción de vapores, la medición de los COV´s con fotoionizador que nos indicara si en los vapores de extracción se están expulsando estos compuestos y el registro periódico de los valores nos indicará si hay una disminución en las concentraciones de los gases emitidos. La toma de estas lecturas, se realizará el mismo día que sea la toma de muestras de suelo.

Los resultados de HFL de las muestras de suelo, así como el de las lecturas de COV´s, nos indicará si el proceso está operando adecuadamente para degradar los hidrocarburos, o se tienen que hacer ajustes en la forma de operar el sistema.



Estrato (m)	Zonas	Profundidad de instalación de los pozos del sistema de bioventeo(m)	No.Pozos por zona
0.00-3.80	Área 1	3.90	43
0.00- 1.80	Área 2	1.90	10
0.00-1.80	Área 3	1.90	20
0.00-3.10	Área 4	3.20	6
		TOTAL	**79**

Figura 27. Esquema para ubicación puntos de muestreo de suelo y de lectura de COV´s en el Sistema de Pozos Interconectados para las zonas afectadas.

12.1.8Evaluación 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.

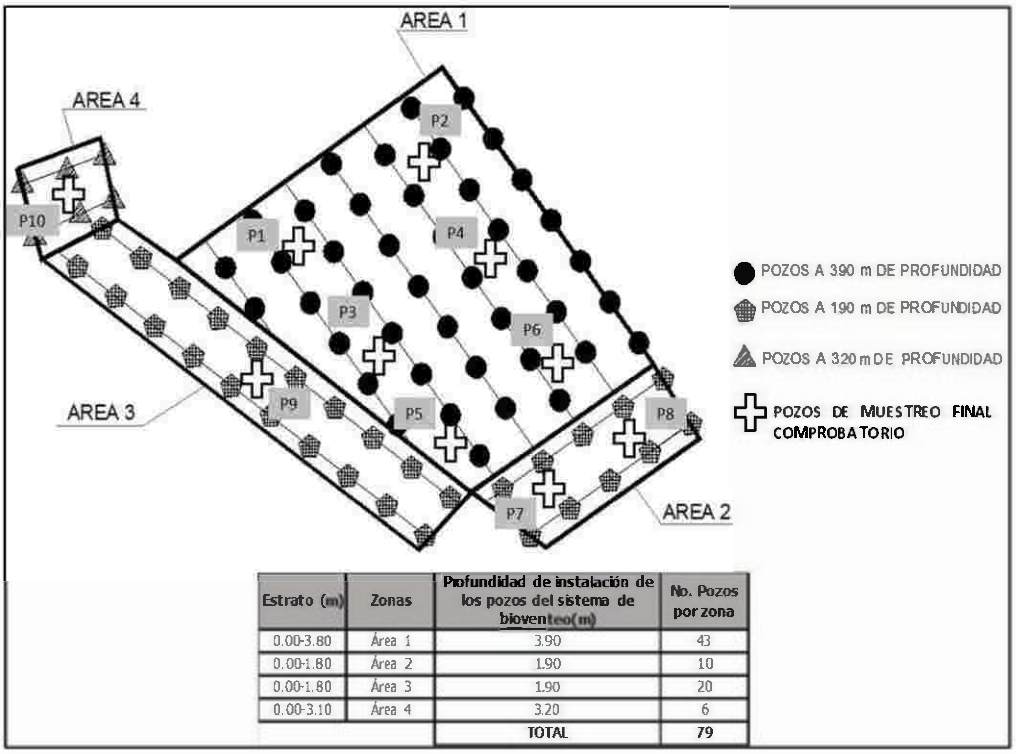
Se propone que para el muestreo final, la cantidad de puntos de muestreo sea de acuerdo con lo establecido en la Tabla 4 de la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, que recomienda el número mínimo de puntos de muestreo de acuerdo con el área contaminada. Teniendo en cuenta el sitio en cuestión, se proponen 10 puntos de muestreo en las áreas restauradas, los mismos que se consideraron para el muestreo de caracterización (P1-P10). Para el muestreo final, se propone que las profundidades sean las correspondientes establecidas para cada zona analizando HFL.

En total se *propone ubicar 10 puntos de muestreo para la toma de 27 muestras de suelo para analizar en el laboratorio. Adicionalmente se tomarán 3 muestras duplicadas. Se tomarán en total 30 muestras (27 simples y 3 duplicadas).*

En la siguiente tabla se presenta la relación de Puntos de Muestreo y la profundidad de toma de muestras en cada uno. En la *Figuras 1* se puede observar la distribución de los puntos de muestreo.

Tabla 40. Puntos de Muestreo, Profundidad de las Muestras y Parámetros a Analizar

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	MUESTRAS	PROFUNDIDAD (m)	HFL	pH	Humedad
Área 1	P1	3	0.50, 2.00 y 3.80	√	√	√
	P2	3	0.50, 2.00 y 3.80	√	√	√
	P3	3	0.50, 2.00 y 3.80	√	√	√
	P4	3	0.50, 2.00 y 3.80	√	√	√
	P5	3	0.50, 2.00 y 3.80	√	√	√
	P6	3	0.50, 2.00 y 3.80	√	√	√
Área 2	P7	2	1.00 y 1.80	√	√	√
	P8	2	1.00 y 1.80	√	√	√
Área 3	P9	2	1.00 y 1.80	√	√	√
Área 4	P10	3	0.50, 2.00 y 3.10	√	√	√
TOTAL		**27**				
MUESTRAS DUPLICADAS		**3**				
TOTAL		**30**				



Estrato (m)	Zonas	Profundidad de instalación de los pozos del sistema de bioventeo(m)	No. Pozos por zona
0.00-3.80	Área 1	3.90	43
0.00-1.80	Área 2	1.90	10
0.00-1.80	Área 3	1.90	20
0.00-3.10	Área 4	3.20	6
		TOTAL	79

Figura 28. Esquema para ubicación de los Puntos de Muestreo

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.

12.1.9Informe final y reintegraciónde 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 29. Cronograma para realización del Tratamiento de "Bioventeo Aerobio en el Sitio Contaminado"

INFORME DE EVALUACIÓN PARA DETERMINAR LA MIGRACIÓN EN EL SUELO Y SUBSUELO DE LA GASOLINA DERRAMADA, ORIGINANDO EL INCREMENTO DE LA PLUMA CONTAMINANTE A TRAVÉS DEL TIEMPO.

ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN PARA EVALUAR CONTAMINACIÓN DE SUELO POR DERRAME DE GASOLINA POR VOLCADURA DE UN AUTOTANQUE EN LA CARRETERA PACHUCA-TULANCINGO EN EL KM 17+700, MUNICIPIO DE EPAZOYUCAN, ESTADO DE HIDALGO.

Antecedentes.

Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP. El 11 de julio del 2020, un autotanque perteneciente al REGULADO [redacted] a física. [redacted] sufrió un accidente mientras transitaba por la carretera Pachuca-Tulancingo en el Km 17+700 dirección a Tulancingo, Municipio de Epazoyucan, Estado de Hidalgo, provocando que se derramaran 20,003 litros de Gasolina Magna.

El siniestro se originó cuando el autotanque se salió de la carretera hacia el acotamiento, sin embargo, en el punto del siniestro, el talud de la carretera tiene un desnivel mayor a 2.0 m por lo que la unidad no se pudo detener y se volcó en la zona del Derecho de Vía. Durante la volcadura, el autotanque se recargó sobre un árbol y a causa del impacto se rompió el tanque, derramando el hidrocarburo (gasolina) el cual se empezó a dispersar en el área, donde el suelo tiene una topografía semiplana, lo que impidió que escurriera afectando mayor superficie.

Como se mencionó en el Oficio CAE-43/2020 (se anexa copia) ingresado el 13 de octubre del 2020 a la Dirección General de Gestión Comercial de la ASEA, del tiempo en que se realizó la visita de evaluación inicial del sitio del accidente el 14 de julio del 2020 a la fecha de realización del muestreo el 19 de agosto del 2020 (31 días después), el área de afectación ya se había incrementado, *lo que significaba que el contaminante ya había presentado migración* (Ver Figuras 1 y 2 y Tablas 1 y 2).

Con fecha 14 de julio del 2020 (día de la visita de evaluación inicial), el área que se había determinado para realizar la toma de muestras cubría una superficie de 473.86 m^2, que corresponde a lo manifestado en el Protocolo de Muestreo ingresado el 13 de agosto del

2020 y para el 19 de agosto del 2020 previo a iniciar la toma de muestras, *se identificó que la Pluma Contaminante ya había aumentado su tamaño en la zona denominada como "Área 1" (zona del punto del derrame), por lo que se determinó que para la ubicación de las muestras se debería considerar como probable área afectada una superficie de 517.23 m², ya que se observó que la superficie afectada se había extendido en una de las zonas y estaba dañando la vegetación superficial (ver Fotos 1 y 2) que originalmente se apreciaba sin daño, lo cual fue corroborado con sondeos que se realizaron antes de iniciar el muestreo.*

El día 4 de septiembre del 2020, se presentó personal al sitio del derrame, a fin de corroborar datos del levantamiento topográfico y a verificar que el linner colocado aun continuara protegiendo el suelo dañado, y evitar que el agua de lluvia escurriera en el sitio y provocara arrastres del contaminante. *El reporte de los sondeos realizados, indicaba que ya no se tenían áreas nuevas afectadas por el hidrocarburo derramado.*

La modelación que se reportó en el informe del estudio de Caracterización, realizada con el software de modelación Surface Mapping System (SURFER) versión 12.0., nos permite conocer las dimensiones finales de la Pluma Contaminante, a partir del área afectada en el derrame inicial y la posterior migración, como fue la migración del contaminante dentro del polígono establecido (517.23 m²), en la cual resultó una superficie contaminada de 488.39 m² con concentraciones mayores a 200 mg/kg.

Sin embargo, y considerando que podía presentarse migración a profundidad de la Pluma contaminante, aun tomando en cuenta que se tiene un estrato de suelo arcilloso que funciono como tope después del estrato de suelo arenoso, se realizó la aplicación de la modelación para identificar si se pudiera incrementar el estrato de suelo contaminado.

Consideraciones para la modelación de la migración de la Pluma Contaminante

Para estimar la migración de la Pluma Contaminante se consideró lo siguiente:

- Que se identificó que del 14 de julio del 2020 al 19 de agosto del 2020 (39 días después), la Pluma Contaminante se había incrementado de una superficie de

473.86 m^2 a 488.39 m^2, y que la profundidad final alcanzada por la contaminación va de 1.80 m hasta 3.80 m.

- Que el 4 de septiembre del 2020 (16 días después) se realizó una visita al sitio y los sondeos realizados indicaron que ya no hubo un incremento de la superficie de la Pluma Contaminante. Ya no había migración horizontal.
- *Con base en lo anteriormente mencionado y documentado, se estableció que la migración horizontal que podía presentar el hidrocarburo derramado, ya se había presentado al tiempo en que se realizó la toma de muestras (y se verifico posteriormente) y que con los resultados obtenidos utilizados para la modelación se estimaba que era la superficie que se afectó por el derrame y que el área determinada ya incluía la migración que el hidrocarburo podía presentar.*
- Que se identificó que el piso al que llego la Pluma Contaminante, correspondía a suelos compactos de tipo arcilloso de baja permeabilidad que impedía penetrara más la contaminación, pero que al saturarse podría generar migración a profundidad.

Lo anterior es relevante, debido a los resultados obtenidos en la modelación realizada para determinar si existe incremento de la Pluma Contaminante a causa de la migración del hidrocarburo.

Modelo de Simulación

Para identificar si la Pluma de Contaminación determinada a través del Estudio de Caracterización se incrementa a causa de la migración del contaminante, se realizó una consulta con los Modelos de Simulación de la EPA (Environmental Protection Agency)

Optimal Well Locator (OWL) y el Modelo para Evaluación de Derrames de Hidrocarburos (HSSM).

El **Modelo para Evaluación de Derrames de Hidrocarburos (HSSM)**, es el que permitió realizar la proyección de la probable migración del hidrocarburo, dando resultados lógicos de acuerdo a las condiciones del sitio donde se tenía los siguientes elementos a considerar:

- Baja concentración de hidrocarburo en la Pluma Contaminante.

- Suelos de tipo arcilloso de baja permeabilidad
- Que cuando se realizó el muestreo inicial, la mayor migración del hidrocarburo derramado, ya se había dado.

Características del Modelo para Evaluación de Derrames de Hidrocarburos (HSSM),

El "Modelo para Evaluación de derrames de Hidrocarburos (HSSM, por sus siglas en inglés)" es un modelo completo que proyecta el movimiento del contaminante desde la superficie del suelo hasta un acuífero freático; considera las infiltraciones de agua de lluvia, las características del suelo receptor, el nivel freático, las propiedades del contaminante, la superficie y volumen de suelo contaminado. Los parámetros que se utilizaron para esta modelación fueron:

- Propiedades hidráulicas: viscosidad dinámica del agua, densidad, tensión superficial, permeabilidad relativa y velocidad media de recarga.
- Propiedades del medio poroso: conductividad hidráulica vertical saturada, porosidad, densidad, profundidad del nivel freático, espesor capilar, gradiente de agua subterránea y dispersividad del acuífero.
- Propiedades del hidrocarburo: densidad, viscosidad dinámica, solubilidad, saturación residual, concentración, tensión superficial y coeficiente de partición suelo/agua.
- Características del derrame: área y volumen de suelo contaminado, cociente del volumen entre el área y profundidad inferior de la zona.
- Parámetros de control de modelación: tiempo de terminación de la modelación, intervalo máximo de tiempo de solución y perfiles de la lente (tiempos para la proyección).

El software HSSM utiliza 3 módulos: módulo del Transporte Cinemático del Contaminante Aceitoso (KOPT), módulo OILENS y módulo de Estela de Fuente Transitoria Tipo Gaussiana (TSGPLUME); estos módulos se utilizan para evaluar la contaminación en la zona vadosa, en el nivel freático y en el acuífero, respectivamente.

En este caso, considerando que el contaminante no llegó al nivel freático, que basado en consultas con personas de la localidad no hay agua sino hasta más de 40 m de profundidad y que los reportes indican que el acuífero principal se encuentra a más de 100 m, únicamente se realizó la modelación con el módulo KOPT que utiliza diferentes ecuaciones diferenciales y modelos matemáticos para realizar la proyección del movimiento del contaminante. Entre los modelos que este módulo ocupa se encuentra el van Genuchten, que permite predecir la retención de humedad y la conductividad hidráulica de suelos no saturados. La expresión de este modelo es:

$$\frac{\theta w - \theta wr}{\theta m - \theta wr} = \frac{1}{[1 + (\alpha hc)^n]^m}$$

Donde
θw = contenido volumétrico de agua
hc = carga capilar con unidades de m
θwr = contenido volumétrico residual de agua
θm = contenido volumétrico máximo de agua
α= un parámetro con unidades de m^{-1}
n = un parámetro de Van Genuchten
m = un parámetro (tomado como una función simple de n)

La modelación del HSSM es resultado de la solución automática de una serie de ecuaciones diferenciales ordinarias de la forma:

$$\frac{dy}{dt} = \text{fn (y1, y2, y3, ..., yn)}$$

El cambio en la profundidad de la contaminación respecto al tiempo se obtiene con la siguiente ecuación:

$$H_s^{n+1} = H_s^n + n\, S_1\, (z_f^{n+1} - z_f^n)$$

donde:

H_s^n= profundidad de saturación en el tiempo n

z_f^n= profundidad frontal en el tiempo

S_1= saturación del medio

La modelación realizada para este trabajo con el modelo HSSM, utilizó los datos del derrame de 20,003 litros de Gasolina Magna ocurrido en la carretera Pachuca-Tulancingo en el Km 17+700 dirección a Tulancingo, Municipio de Epazoyucan, Estado de Hidalgo, que contaminó una superficie de 488.39 m^2 y generó un volumen de 1,261.29 m^3 de suelo contaminado con HFL en concentraciones mayores al límite máximo permisible (200

mg/kg) establecido en la NOM-138-SEMARANT/SSA1-2012 , detectándose profundidades de la Pluma Contaminante que van de 0.2 a 3.80 m.

Para esta modelación, se consideró la profundidad de contaminación media en la Pluma Contaminante, que corresponde a 3.0 m, y que tiene una concentración de HFL hasta de 859.65 mg/kg.

La modelación con HSSM arrojó como resultado la gráfica que se ilustra en la Figura 1. En esta gráfica se puede observar el aumento de la profundidad de contaminación respecto al tiempo; el eje vertical corresponde a la profundidad (m); el eje horizontal señala la saturación total líquida (saturación por agua y saturación por hidrocarburo); las líneas de la parte superior derecha puntean la profundidad de migración que alcanzó el contaminante en cada intervalo de tiempo, las primeras líneas de derecha a izquierda indican el tiempo más reciente; finalmente, en la parte inferior derecha se observan los tiempos (en días) para el cálculo de la migración. Los resultados de la gráfica se resumen en la Figura 2 y en la Tabla 1 y se interpretan a continuación.

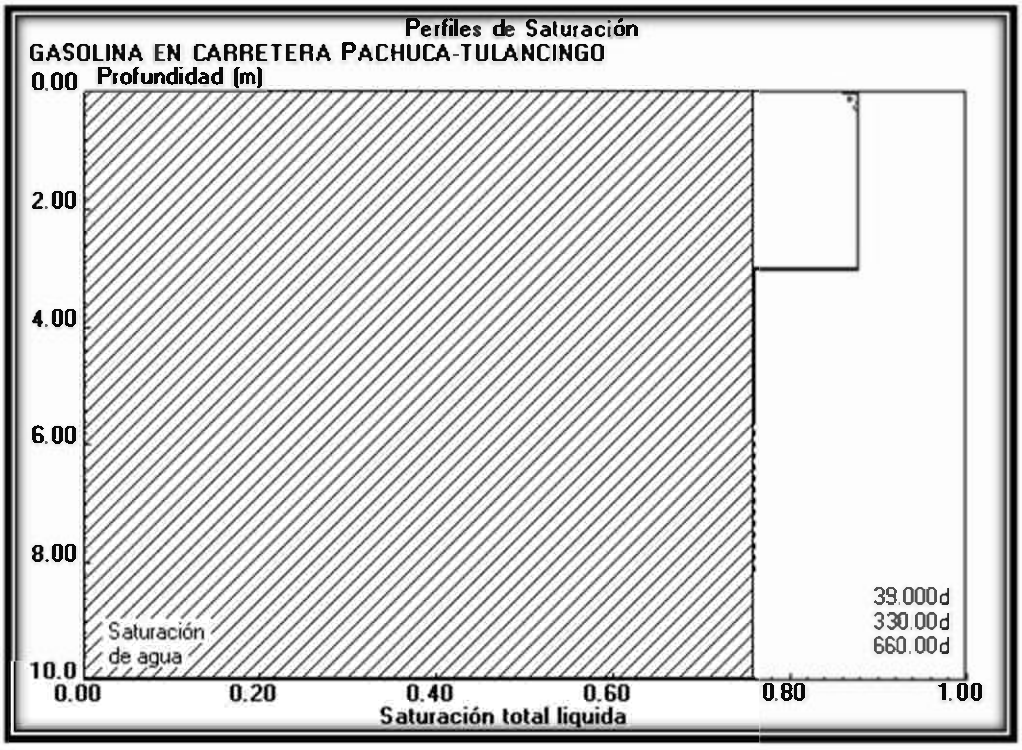


Figura 1.- Profundidad del contaminante respecto al tiempo

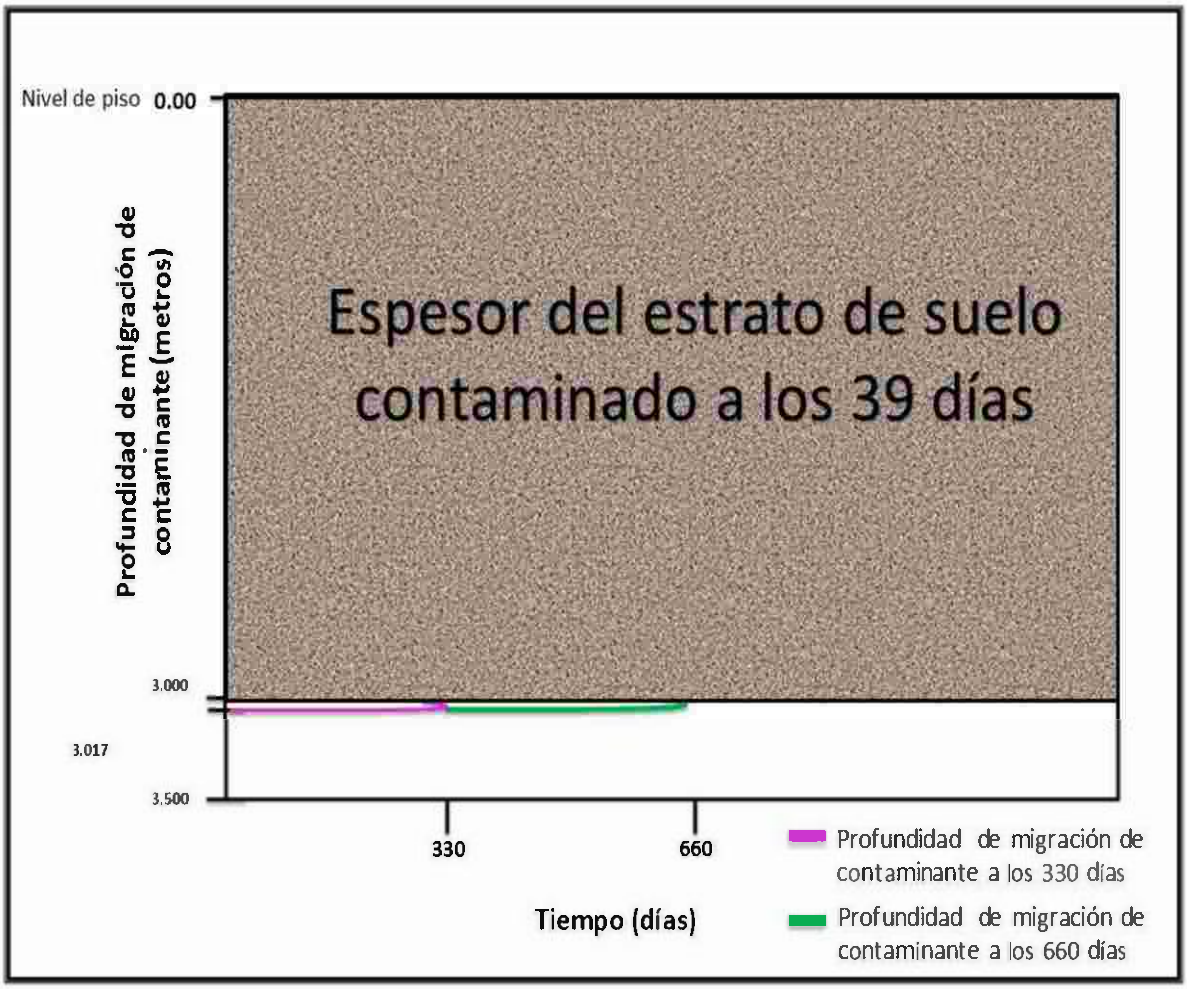


Figura 2.- Profundidad de migración de contaminante respecto al tiempo

Tabla 1.- Resultados de profundidad de la Migración de la Pluma de Contaminación a los 330 y 660 días.

Tiempo (d)	Profundidad (m)
39	3.000
330	3.017
660	3.017

La mayor dispersión del contaminante se dio en los primeros días a partir de que ocurrió el derrame (11/07/2020), pues a los 39 días (19/08/2020) se llevó a cabo el muestreo de caracterización y en ese momento la profundidad promedio del contaminante era de 3.00 metros (y la máxima 3.80 m). Los resultados de la Figura 2 y de la Tabla 1, obtenidos a

partir de la modelación en el HSSM, confirman que el contaminante tuvo un desplazamiento vertical de 3.00 metros a los 39 días y posteriormente, transcurridos 330 (al 14 de junio del 2021) días el incremento en la profundidad de migración de contaminante fue mínimo, siendo de 0.017 m (1.7 cm), posteriormente, el espesor se mantuvo sin cambio, por lo que, a los 660 días que corresponden a la fecha actual (10 mayo 2022), el incremento sigue de 0.017 m (1.7 cm). Lo cual concuerda con los valores a esperar cuando se detectó que el piso de la zona contaminada estaba conformado por suelo arcilloso de baja permeabilidad.

El ligero desplazamiento de la gasolina se debe a la baja permeabilidad del suelo arcilloso y que debido a la saturación y por capilaridad se penetro de forma muy limitado el hidrocarburo.

En las Figuras 3 y 4, se presenta las características de las Plumas Contaminantes, siendo la Figura 3 la correspondiente a la Pluma Contaminante inicialmente determinada durante el Estudio de Caracterización y la Figura 4 donde se representa el incremento de la Pluma Contaminante con la "migración vertical" del contaminante a los 820 días de ocurrido el derrame.

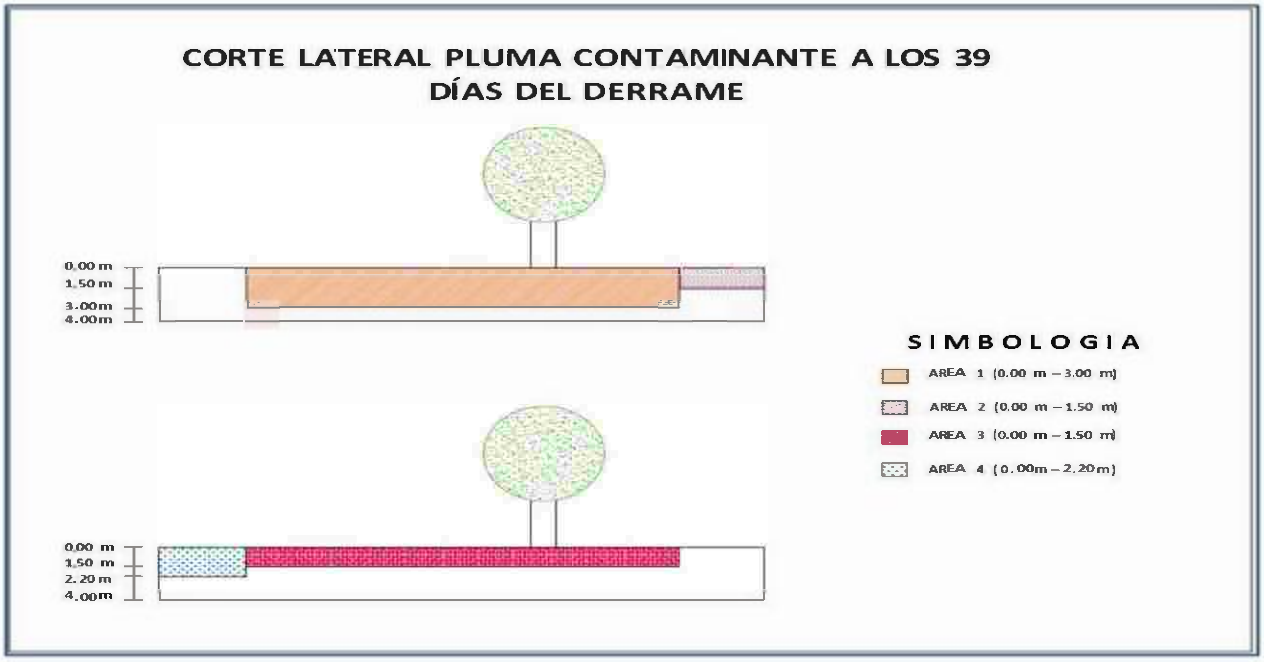


Figura 3.- Pluma Contaminante determinada con el Estudio de Caracterización a los 39 días de haber ocurrido el derrame.

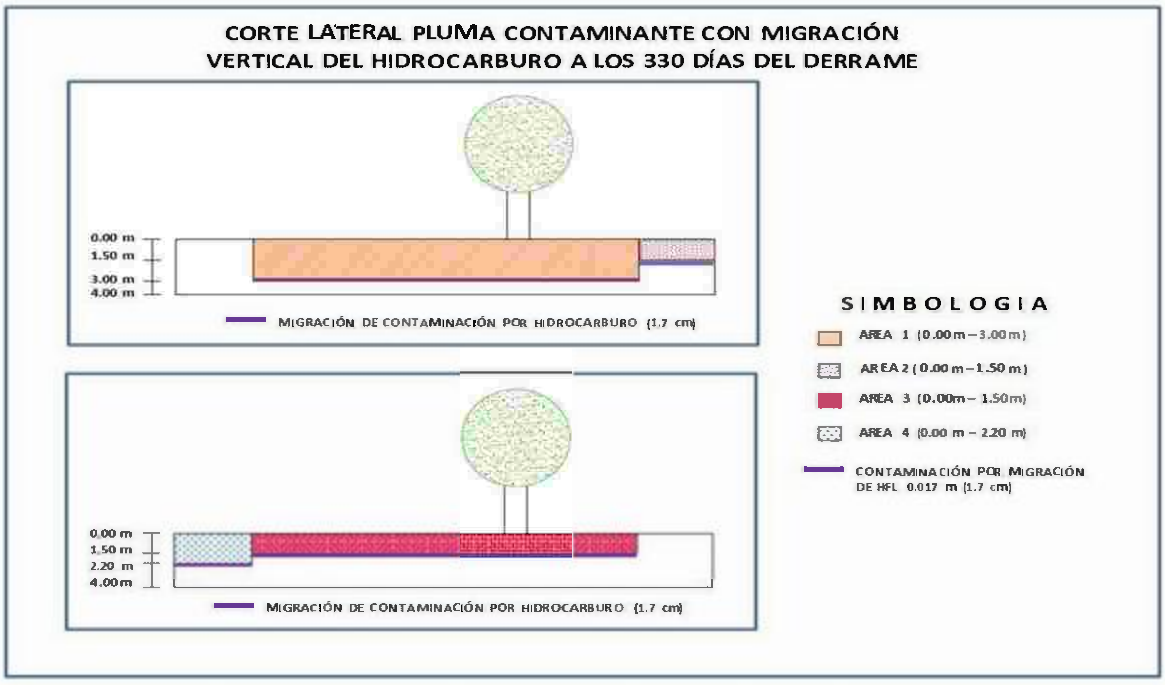


Figura 4.- Pluma Contaminante determinada a los 330 días de haber ocurrido el derrame, resaltando espesor de migración del hidrocarburo.

Con base en los resultados obtenidos, al incrementarse el espesor de la Pluma contaminante, aumento el volumen de suelo a sanear, observándose que de 1,261.29 m^3 que era el valor inicial, se incrementaría a 1,267.21 m^3.

En la siguiente tabla se presenta el volumen final de suelo contaminado que se estima se generaría con el incremento de la Pluma Contaminante.

Tabla 1.- Volumen de suelo a sanear considerando el incremento en el espesor de la Pluma contaminante a consecuencia de la migración del hidrocarburo.

Zona	Estrato	Profundidad del estrato afectado con HFL(m)	Área (m^2)	Volumen (m^3)	Volumen Total (m^3)
Área 1	0.00-0.50	0.5	303.97	151.98	979.93
	0.50-1.00	0.5	301.34	150.67	
	1.00-1.50	0.5	297.78	148.89	
	1.50-1.60	0.1	265.11	26.51	
	1.60-2.20	0.6	265.16	159.10	
	2.20-3.00	0.8	211.99	169.59	
	3.00-3.80	0.8	211.99	169.59	
	3.80-3.817*	0.017*	211.99	3.60	
Área 2	0.00-0.50	0.5	47.43	23.72	70.10
	0.50-1.00	0.5	41.61	20.8	
	1.00-1.50	0.5	31.31	15.66	
	1.50-1.80*	0.3	31.31	9.39	
	1.80-1.817*	0.017*	31.31	0.53227	
Área 3	0.00-0.50	0.5	95.42	47.71	171.38
	0.50-1.00	0.5	93.87	46.94	
	1.00-1.50	0.5	93.92	46.96	
	1.50-1.80*	0.3	93.92	28.17	
	1.80-1.817*	0.017*	93.92	1.59664	
Área 4	0.00-0.50	0.5	20.55	10.28	45.79
	0.50-1.00	0.5	20.56	10.28	
	1.00-1.50	0.5	15.36	7.68	
	1.50-1.60	0.1	12.4	1.24	
	1.60-2.20	0.6	10.75	6.45	
	2.20-3.10*	0.9	10.75	9.68	
	3.10-3.117*	0.017*	10.75	0.18275	
TOTAL			**488.39**		**1,267.21**

*** Corresponde al estrato de suelo afectado por la migración vertical de la Pluma Contaminante de 0.017 m (1.7 cm).**

Conclusiones

Con base en los resultados donde se observa que la Pluma Contaminante tuvo una migración vertical de solo 0.017 m (1.7 cm), después de 330 días de haberse derramado 20,003 litros de gasolina se concluye lo siguiente:

1. Que debido a que con los trabajos de campo realizados, se identificó que la migración horizontal de la Pluma Contaminante ya se había generado hasta sus límites finales, se determinó modelar la migración a profundidad, aun considerando que el piso en la base del estrato era de suelo arcilloso.
2. Que al tenerse la presencia de suelo de baja permeabilidad, la movilidad del contaminante sería muy reducido, lo que concuerda con el bajo valor obtenido del modelo de simulación donde se manifiesta que solo se tuvo un incremento de 1.7 cm a los 330 días del derrame y que es el mismo a los 660 días.
3. Que bajo las condiciones de las características del suelo en el sitio del derrame, el hidrocarburo se encuentra encapsulado, contenido en el área determinada a través del Estudio de Caracterización.
4. Que considerando que al aumentar el espesor de la Pluma Contaminante, se incrementó el volumen de suelo contaminado de 1,261.29 m^3 que era el valor inicial, a 1,267.21 m^3 se tuvo un aumento de 5.92 m^3 de suelo a sanear.
5. Que considerando que en la Propuesta de Remediación para aplicar la técnica de "Bioventeo Aerobio *In Situ*", para la instalación de los pozos para el sistema de tratamiento, se contempla desde un inicio que sean 10 cm más profundos que el espesor de la Pluma Contaminante original, se cubre el volumen de suelo adicional generado por la migración contenido en el 1.7 cm de incremento del espesor.

REFERENCIAS:

- Van Genuchten, M., F. Leij, y S. Yates (1991). The (RETC) Code for Quantifying the Hydraulic Functions of Unsaturated Soils, EPA/600/2-91/065, United States Environmental Protection Agency.
- Weaver, J.W., Charbeneau, R. J., Tauxe, J. D., Lien, B.K., Provost, J.B. (1997). Modelo para Evaluación de derrames de Hidrocarburos (HSSM). Guía del usuario. EPA/600/R-97/003, United States Environmental Protection Agency.

PROPUESTA DE REMEDIACIÓN

PARA EL SANEAMIENTO DE SUELO CONTAMINADO POR DERRAME DE GASOLINA POR VOLCADURA DE UN AUTOTANQUE EN LA CARRETERA PACHUCA-TULANCINGO EN EL KM 17+700, MUNICIPIO DE EPAZOYUCAN, ESTADO DE HIDALGO.

RELACIÓN DE RESULTADO DE EVALUACIÓN DE LA MIGRACIÓN DE PLUMA CONTAMINANTE Y OBSERVACIÓN DE ADECUACIÓN DEL PUNTO 12.1.8 EVALUACIÓN FINAL

DERIVADO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LA MODELACIÓN PARA IDENTIFICAR LA MIGRACIÓN DE LA PLUMA CONTAMINANTE DESDE LA FECHA DEL 19 de agosto del 2020 HASTA LAS FECHAS DEL 14 de junio del 2021 (330 DÍAS) Y DEL 10 mayo 2022 (660 DÍAS), DONDE SE OBSERVO QUE LA MIGRACIÓN DE LA PLUMA CONTAMINANTE SOLO FUE A PROFUNDIDAD, SIENDO COMO MÁXIMO DE 0.017 m (1.7 CM), Y SE INCREMENTA EL VOLUMEN DE SUELO CONTAMINADO DE 1,261.29 m^3 QUE ERA EL VALOR INICIAL A 1,267.21 m^3, SE MENCIONA LO SIGUIENTE:

EN EL PUNTO 12.1.1. DISEÑO DE LA RETICULA DE POZOS, EN EL SEGUNDO PARRAFO SE MENCIONA:

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.*** .....

DE TAL FORMA, QUE SE CONSIDERA QUE EN EL PUNTO *12.1.8 Evaluación Final*, se cubre el incremento de la Pluma Contaminante con el diseño del Sistema de Tratamiento propuesto, donde se menciona que se propone que se instalen las tuberías y los pozos con 10 cm adicionales a la profundidad identificada, ya que la migración estimada es de 1.7 cm y se proyectó una longitud adicional de

10 cm, con lo que se tiene cubierta la necesidad de tratamiento de suelo contaminado adicional.

Considerando que pudiera suceder que al realizarse el proceso de tratamiento, se pudiera mover la Pluma Contaminante, en el *12.1.7 Evaluaciones de seguimiento*, se adiciono un párrafo donde se hace mención de lo siguiente:

Periódicamente, también se deberá monitorear mediante sondeos por fuera del perímetro de cada área contaminada, si durante el proceso de tratamiento se presenta migración de la pluma contaminante y adecuar el sistema de tratamiento, reubicando los pozos necesarios o incluyendo pozos de tratamiento nuevos. Las pruebas de campo, se realizarán con el equipo Petroflag para determinar HFL y/o el equipo Gastech para determinación de COV´s (Compuestos Orgánicos Volatiles).

Se anexa el plano de ubicación de Plumas Contaminantes con la adición del Sistema de Tratamiento para aplicar la técnica de saneamiento de "Bioventeo Aerobio *In Situ*"

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 carretera Pachuca-Tulancingo en el km 17+700, Municipio Epazoyucan, Estado de Hidalgo; identificó:

- Que se tiene una superficie de **488.39 m²** generando **1,261.29 m³** de suelo contaminado.
- Que la profundidad de afectación donde se tiene suelo contaminado con Hidrocarburos Fracción Ligera, alcanzo desde 1.80 m hasta 3.80 m, estando la mayor profundidad en la zona del punto de derrame.
- Que considerando la probable migración de la Pluma Contaminante, se incrementa el espesor del estrato en 1.7cm y aumenta el volumen de suelo contaminadoa

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

Tabla 1. Resumen de las zonas contaminadas con HFL por estrato.

Zona	Estrato	Profundidad del estrato afectado con HFL(m)	Área (m^2)	Volumen (m^3)	Volumen Total (m_3)
Área 1	0.00-0.50	0.50	303.97	151.98	976.33
	0.50-1.00	0.50	301.34	150.67	
	1.00-1.50	0.50	297.78	148.89	
	1.50-1.60	0.10	265.11	26.51	
	1.60-2.20	0.60	265.16	159.10	
	2.20-3.00	0.80	211.99	169.59	
	3.00-3.80*	0.80	211.99	169.59	
Área 2	0.00-0.50	0.50	47.43	23.72	69.57
	0.50-1.00	0.50	41.61	20.80	
	1.00-1.50	0.50	31.31	15.66	
	1.50-1.80*	0.30	31.31	9.39	
Área 3	0.00-0.50	0.50	95.42	47.71	169.78
	0.50-1.00	0.50	93.87	46.94	
	1.00-1.50	0.50	93.92	46.96	
	1.50-1.80*	0.30	93.92	28.17	
Área 4	0.00-0.50	0.50	20.55	10.28	45.61
	0.50-1.00	0.50	20.56	10.28	
	1.00-1.50	0.50	15.36	7.68	
	1.50-1.60	0.10	12.40	1.24	
	1.60-2.20	0.60	10.75	6.45	
	2.20-3.10*	0.90	10.75	9.68	

Zona	Estrato	Profundidad del estrato afectado con HFL(m)	Área (m^2)	Volumen (m^3)	Volumen Total (m^3)
TOTAL			488.39		1261.29

*Estrato adicional para el cálculo de volumen

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 la Gasolina, 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 presentan las propuestas para realizar el saneamiento del suelo contaminado. Debido a la similitud en las características de los contaminantes la técnica propuesta a realizar para la remoción de HFL y BTEX 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 capaces de degradar los hidrocarburos, 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.

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.

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 **488.39 m^2**, sin embargo, para asegurar que toda el área sea remediada se tomará en cuenta la superficie del polígono inicial delimitado (517 m^2) para el diseño de la retícula, así como la división de cada área en función de su profundidad afectada.

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 1.5 m. Los pozos se colocarán a una distancia de 2.50 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 101 pozos en total, distribuidos en las 4 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 2. Número de pozos a instalar en cada una de las zonas afectadas para el tratamiento de bioventeo para la remoción de HFL.

Estrato (m)	Zonas	Profundidad de instalación de los pozos del sistema de bioventeo(m)	No. Pozos por zona
0.00-3.80	Área 1	3.90	62
0.00-1.80	Área 2	1.90	10
0.00-1.80	Área 3	1.90	23
0.00-3.10	Área 4	3.20	6
		TOTAL	**101**

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.

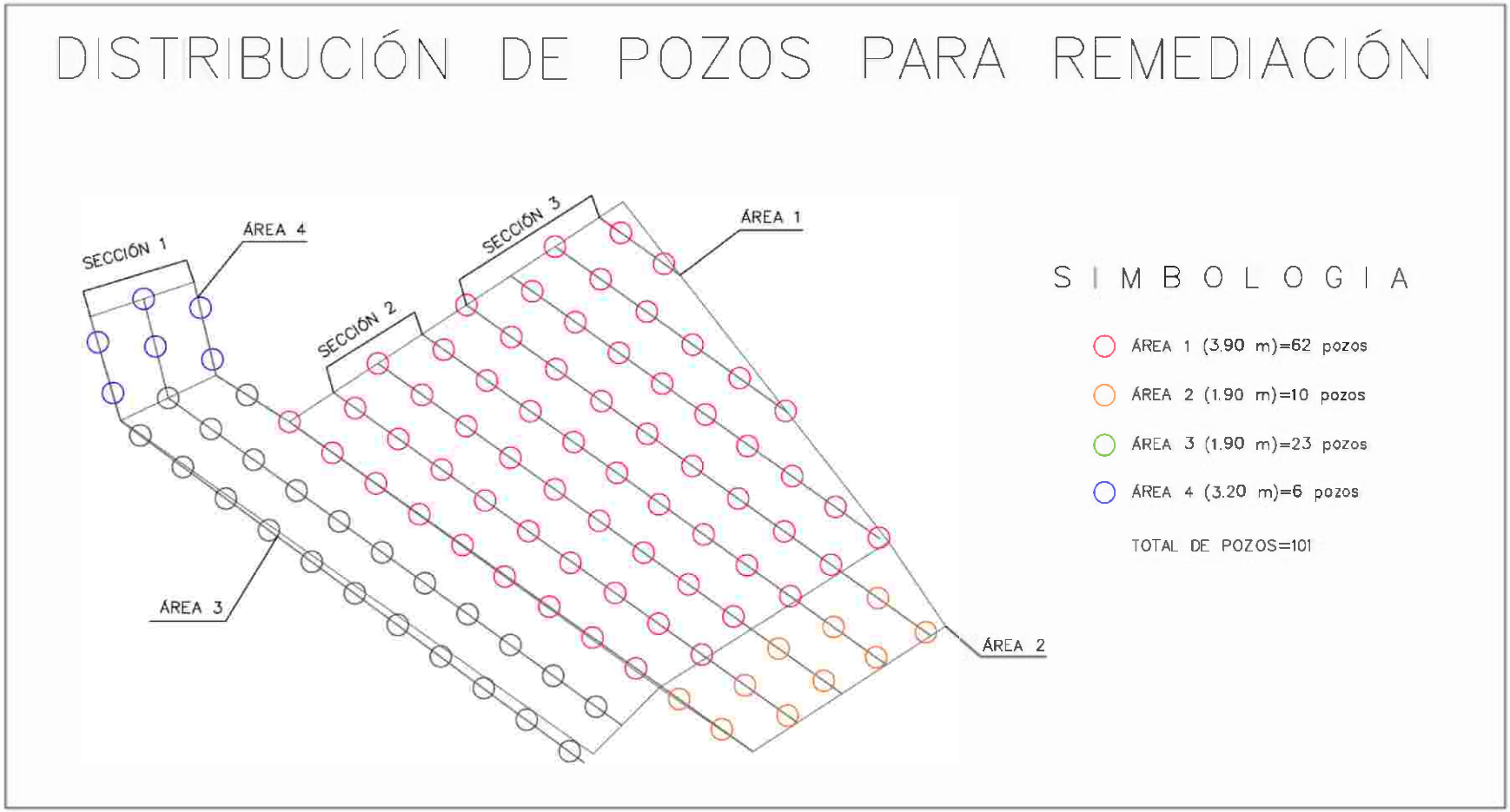


Figura 1. Distribución de los pozos en las Áreas 1, 2, 3 y 4 para la restauración de suelo contaminado con HFL.

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

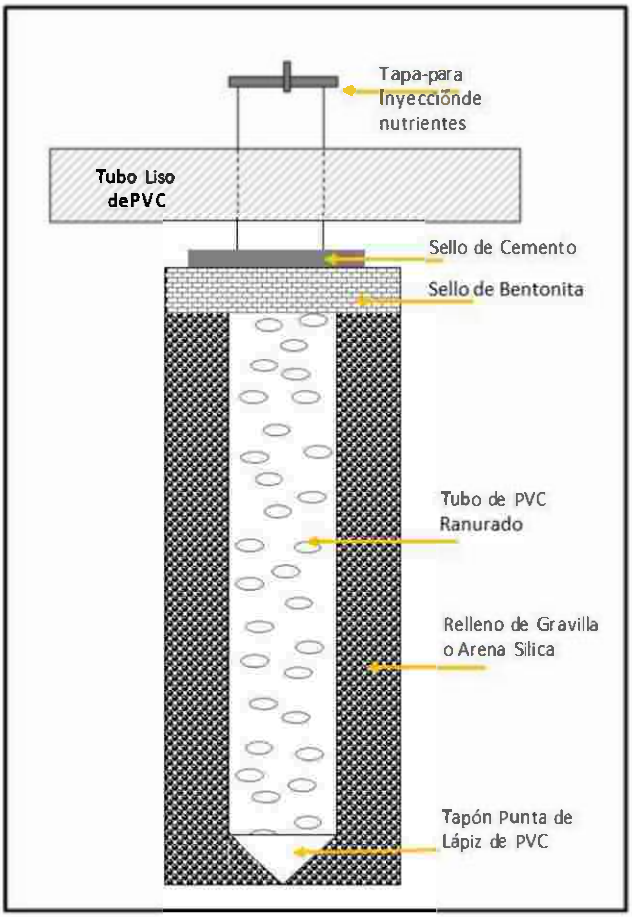


Figura 2. Esquema de construcción de los pozos de tratamiento

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.

- 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.

- Equipo 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.

- Maquinaria a utilizar.

❖ 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
- Característica especial: Funciona con brocas de 2" a 14"
- Extensión de 18"para perforadora con eje de 7/8
- Modelo EXT18
- Brocas de 2 y 4" para perforadora 8900E y 9800E
- Modelo EA4F
- Característica especial: Armada de acero

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

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

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 3. Productos para Tratamiento

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

*Se anexa Hojas de Seguridad.

Tabla 4. Material a Utilizar para Construcción de Pozos.

Material	Cantidad
Arena o gravilla.*	3.5 m^3
Cemento.*	100 kg
Bentonita.*	50 kg
Tubería de PVC cédula 40 de diámetro de 2".	585 m
Tapones herméticos de PVC cédula 40 de diámetro de 2".	202 Pzas.
Tee de PVC cédula 40 de diámetro de 2".	79 Pzas.
Cruces de PVC cédula 40 de diámetro de 2".	21 Pzas.
Pegamento para PVC.	4 L

*Se anexa Hojas de Seguridad.

Tabla 5. 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.

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 6).

Tabla 6. 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

Considerando que la instalación del sistema de tratamiento se adecuo contemplando el incremento de la superficie por migración de la Pluma Contaminante, se deberán practicar 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.

Periódicamente, también se deberá monitorear mediante sondeos por fuera del perímetro de cada área contaminada, si durante el proceso de tratamiento se presenta migración de la pluma contaminante y adecuar el sistema de tratamiento, reubicando los pozos necesarios o incluyendo pozos de tratamiento nuevos. Las pruebas de campo, se realizarán con el equipo Petroflag para determinar HFL y/o el equipo Gastech para determinación de COV´s (Compuestos Orgánicos Volatiles).

Para el seguimiento interno se propone realizar pruebas para determinar Hidrocarburos Fracción Ligera con un equipo de campo (PetroFLAG®). Se deberán recolectar muestras de suelo cada 15 días para realizar la determinación de HFL con el equipo de campo y de esta forma evaluar el avance de la restauración. Teniendo en cuenta que se restaurará a profundidades diferentes de acuerdo a la zona, se propone que se recolecten muestras para análisis en campo a diferentes profundidades, de acuerdo a los resultados obtenidos en el Estudio de Caracterización (cuatro muestras por punto, dependiendo la zona). El inicio de toma de muestras para el seguimiento del tratamiento se dará a partir del día 45 y dado que se reportó que el contaminante se encuentra dentro del estrato de 0.00 a 3.80 m en el suelo (de acuerdo a la zona), se estima que el tratamiento se podrá lograr en los siguientes 60 días. Por lo que se proyecta realizar 3 muestreos de seguimiento, en los muestreos correspondientes a los días 15 se evaluarán las zonas impares (1 y 3) y en los muestreos correspondientes a los días 30 las zonas pares (2 y 4). De esta manera se tendrá una evaluación completa mensual del área a restaurar. En la siguiente tabla se

muestra la relación de puntos a tomar de acuerdo a lo establecido en el muestreo de seguimiento.

Tabla 7. Relación de muestras a tomar para el Programa de Muestreo de Seguimiento.

Zona	Profundidad	Puntos de muestreo por área	Periodo			Parámetro
			1 (Día 45)	2 (Día 60)	3 (Día 75)	
1	0.50, 1.50, 3.00 y 3.80	4	16	-	16	HFL
2	0.50, 1.00, 1.50 y 1.80	2	-	8	-	HFL
3	0.50, 1.00, 1.50 y 1.80	3	12	-	12	HFL
4	0.50, 1.60, 2.20 y 3.10	1	-	4	-	HFL
Total muestras	-	-	**28**	**12**	**28**	-

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.

De los resultados que se obtenga del último muestreo, se determinará si se aumenta el tiempo de tratamiento, lo que, incrementará el número de muestreos de seguimiento hasta obtener valores que indiquen que el suelo ya está saneado de acuerdo a los Límites Máximos Permisibles establecidos NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 para uso de Suelo Agrícola y Forestal.

Adicionalmente a la toma de muestras para el seguimiento de HFL, se realizará durante el proceso de extracción de vapores, la medición de los COV´s con fotoionizador que nos indicara si en los vapores de extracción se están expulsando estos compuestos y el registro periódico de los valores nos indicará si hay una disminución en las

concentraciones de los gases emitidos. La toma de estas lecturas, se realizará el mismo día que sea la toma de muestras de suelo.

Los resultados de HFL de las muestras de suelo, así como el de las lecturas de COV´s, nos indicará si el proceso está operando adecuadamente para degradar los hidrocarburos, o se tienen que hacer ajustes en la forma de operar el sistema.

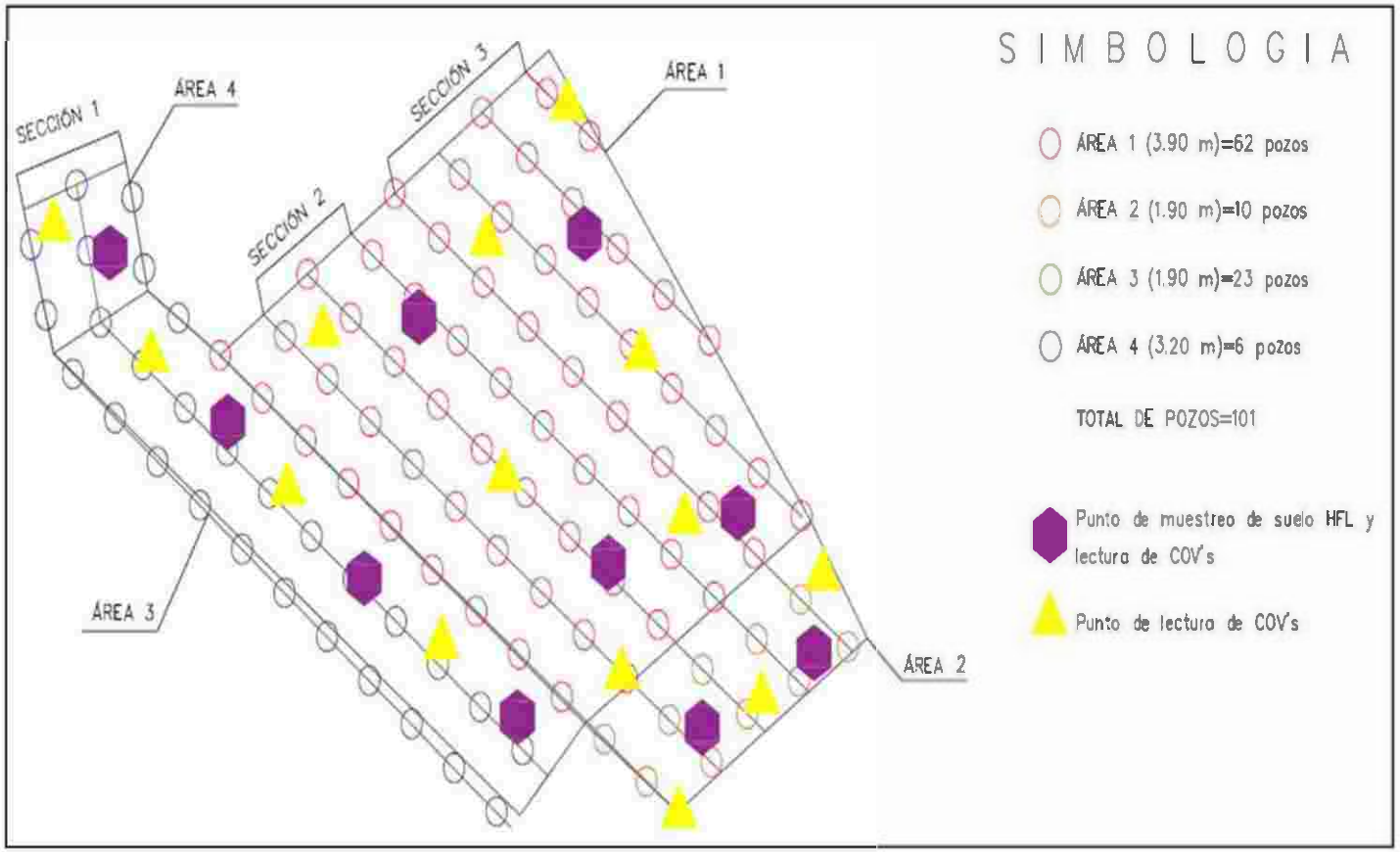


Figura 3. Esquema para ubicación puntos de muestreo de suelo y de lectura de COV´s en el Sistema de Pozos Interconectados para las zonas afectadas.

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 10 puntos de muestreo en las áreas restauradas, los mismos que se consideraron para el muestreo de caracterización (P1-P10). Para el muestreo final, se propone que las profundidades sean las correspondientes establecidas para cada zona analizando HFL.

En total se *propone ubicar 10 puntos de muestreo para la toma de 27 muestras de suelo para analizar en el laboratorio. Adicionalmente se tomarán 3 muestras duplicadas. Se tomarán en total 30 muestras (27 simples y 3 duplicadas).*

En la siguiente tabla se presenta la relación de Puntos de Muestreo y la profundidad de toma de muestras en cada uno. En la *Figuras 1* se puede observar la distribución de los puntos de muestreo.

El Muestreo Final Comprobatorio contempla la superficie adicional que se incrementó a causa de la migración del contaminante desde la fecha del derrame, hasta la fecha del Muestreo Final Comprobatorio.

Dado que el incremento no es relevante en cuanto a superficie o profundidad, el número de muestras a analizar no se incrementó.

Tabla 8. Puntos de Muestreo, Profundidad de las Muestras y Parámetros a Analizar

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	MUESTRAS	PROFUNDIDAD (m)	HFL	pH	Humedad
Área 1	P1	3	0.50, 2.00 y 3.80	√	√	√
	P2	3	0.50, 2.00 y 3.80	√	√	√
	P3	3	0.50, 2.00 y 3.80	√	√	√
	P4	3	0.50, 2.00 y 3.80	√	√	√
	P5	3	0.50, 2.00 y 3.80	√	√	√
	P6	3	0.50, 2.00 y 3.80	√	√	√
Área 2	P7	2	1.00 y 1.80	√	√	√
	P8	2	1.00 y 1.80	√	√	√
Área 3	P9	2	1.00 y 1.80	√	√	√
Área 4	P10	3	0.50, 2.00 y 3.10	√	√	√
TOTAL		**27**				
MUESTRAS DUPLICADAS		**3**				
TOTAL		**30**				

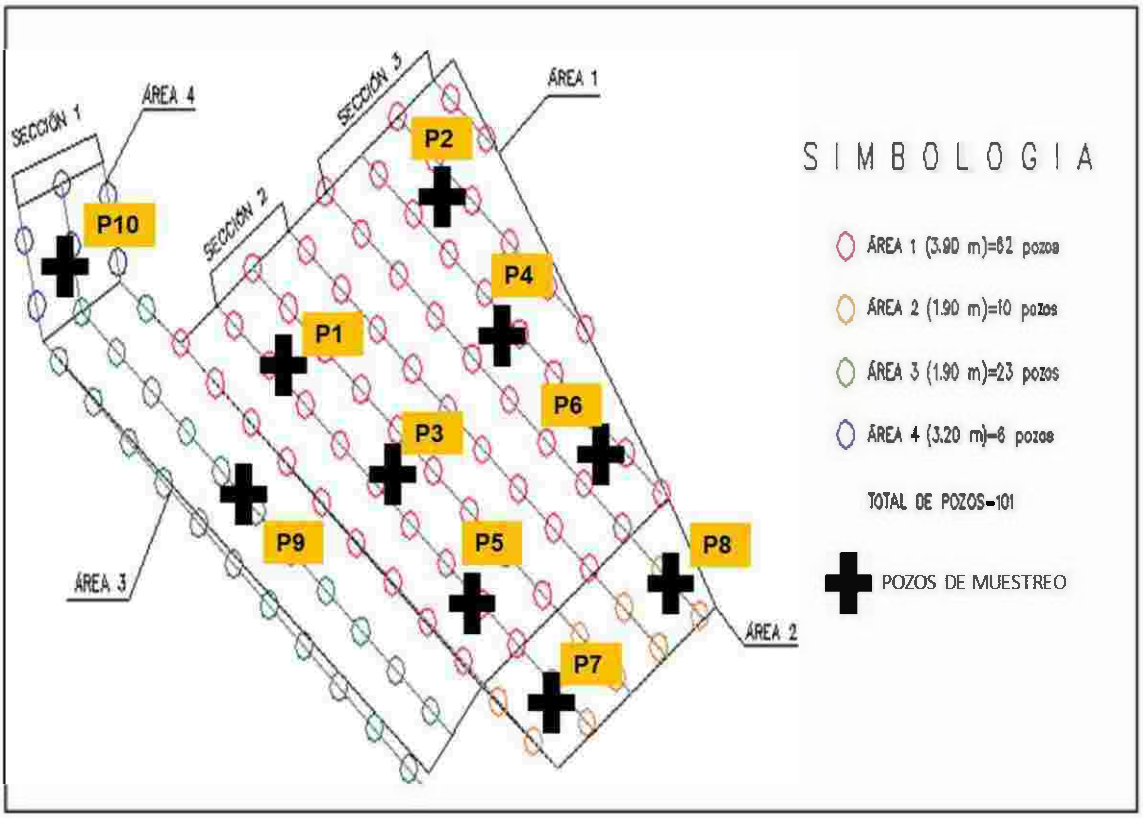


Figura 4. Esquema para ubicación de los Puntos de Muestreo

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 5. 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

Gabino Vázquez 144, San Pedro Totoltepec, Toluca, Estado de México, C.P. 50200
Tel: (722) 273 1275

LABSA O.T. Lab.: 20080264 | Identificación: FR-SGC-19.01 | Revisión: 7 | Fecha de última revisión: 2019-09-03 | Inicio de Vigencia: 2013-01-0

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

Tel/e-mail:

Tipo de análisis Requerido

Identificación de la muestra	Código de la muestra	Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	Matriz	No. de Contenedores	HFL	BTEX	Tipo de muestra	Condiciones de preservación	Temperatura 4°C (+/- 2°C)
DELIMITACIÓN-E1-0.30	2008204333	2020-08-19	11:08	Suelo	1	X	X	S	R	5°C
DELIMITACIÓN-E2-0.30	2008204334	2020-08-19	11:17	Suelo	1	X	X	S	R	5°C
DELIMITACIÓN-E3-0.30	2008204335	2020-08-19	11:22	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
DELIMITACIÓN-E4-0.30	2008204336	2020-08-19	11:25	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
DELIMITACIÓN-E5-0.30	2008204337	2020-08-19	11:28	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
DELIMITACIÓN-E6-0.30	2008204338	2020-08-19	11:31	Suelo	1	X	X	S	R	5°C
DELIMITACIÓN-E7-0.30	2008204339	2020-08-19	11:34	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
DELIMITACIÓN-E8-0.30	2008204340	2020-08-19	11:37	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
DELIMITACIÓN-E9-0.30	2008204341	2020-08-19	11:40	Suelo	1	X	X	S	R	6°C
DELIMITACIÓN-E10-0.30	2008204342	2020-08-19	11:42	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
DELIMITACIÓN-E10-0.30 Dup	2008204343	2020-08-19	11:42	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
DELIMITACIÓN-E11-0.30	2008204344	2020-08-19	11:47	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
DELIMITACIÓN-E12-0.30	2008204345	2020-08-19	11:50	Suelo	1	X	X	S	R	5°C
DELIMITACIÓN-E12-0.30 Dup	2008204346	2020-08-19	11:50	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
AREA 1-P1-0.50	2008204347	2020-08-19	12:10	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
AREA 1-P1-1.50	2008204348	2020-08-19	12:18	Suelo	1	X	X	S	R	6°C
AREA 1-P1-3.00	2008204349	2020-08-19	12:26	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
AREA 1-P1-3.90	2008204350	2020-08-19	12:34	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
AREA 1-P2-0.50	2008204351	2020-08-19	12:39	Suelo	1	X	X	S	R	5°C
AREA 1-P2-1.50	2008204352	2020-08-19	12:45	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
(V=Vidrio) (P=Plástico) (B=Bolsa) (G=Garrafón) (L=Liner) (VI=VialÁmbar) (VA=VidrioÁmbar)					Tipo de Contenedor:	L	L			
(h=horas) (d=días) (m=meses) (R=Refrigeración) (NA=No Aplica)					Tiempo máximo de espera:	14 d	14 d			
					Conservador:	NA	NA			
(L: Litro) (g gramo) (Kg Kilo gramo)					Volumen de muestras	250g	250g			

No. de Folio

No. de Proyecto: 200080217

N1-ELIMINADO 1

□: 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)
α:H_2SO_4 1:1
¢:HNO_3 1:1

Entrega de Muestras	Entrega de Muestras	Entrega de Muestras
Nombre y firma: Nombre y firma persona física, Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.	Nombre y firma:	Nombre y firma:
Fecha: 2020-08-20	Fecha:	Fecha:
Hora: 10:10	Hora:	Hora:
Recibo de muestras	**Recibo de muestras**	**Recibo de muestras**
Nombre y firma: Nombre y firma persona física, Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.	Nombre y firma:	Nombre y firma:
Fecha: 2020-08-20	Fecha:	Fecha:
Hora: 10:25	Hora:	Hora:

Area sombreada exclusiva de laboratorio

Sito de Muestreo:

En el Km 17+700 de la carretera Pachuca-Tulancingo, Mpio de Epazoyuca, Edo de Hidalgo.

Requerimientos especiales:

NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012
Suelo Agrícola Forestal

Nombre del laboratorio que recibe las muestras:

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: Si X No

Prioridad

Normal X
Urgente
Días

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

CADENA DE CUSTODIA

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

LABSA O.T. Lab.: 20080284 | 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.

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

Giro: Ambiental

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

Tipo de análisis Requerido

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

Nombre y Firma

No. de Folio

No. de Proyecto: 200080217

Contacto de LABSA: [redacted] 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	Contenedores	HF-L	BTEX	Tipo de muestra	Condiciones de preservación	Temperatura 4°C (+/-2°C)
AREA1P2 3.00	20082043 53	2020-08-19	12:53	Suelo	1	X	X	S	R	5°C
AREA 1-P2-3.90	20082043 54	2020-08-19	13:05	Suelo	1	X	X	S	R	5 °C
AREA 1-P3-0.50	20082043 55	2020-08-19	13:10	Suelo	1	X	X	S	R	4° C
AREA 1_P3-1.50	20082043 56	2020-08-19	13:12	Suelo	1	X	X	S	R	4° C
AREA 1-P3-1.50 Dup	20082043 57	2020-08-19	13:12	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
AREA 1_P3_3.00	20082043 58	2020-08-19	13:22	Suelo	1	X	X	S	R	5°C
AREA 1-P3-3.90	20082043 59	2020-08-19	13:30	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
AREA 1-P4-0.50	20082043 60	2020-08-19	13:36	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
AREA 1-P4-1.50	20082043 61	2020-08-19	13:45	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
AREA 1-P4-3.00	20082043 62	2020-08-19	13:53	Suelo	1	X	X	S	R	6°C
AREA 1_P4_3.90	20082043 63	2020-08-19	14:00	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
AREA1-P5-0.50	20082043 64	2020-08-19	14:05	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
AREA1-P5-1.50	20082043 65	2020-08-19	14:14	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
AREA 1-P5-3.00	20082043 66	2020-08-19	14:24	Suelo	1	X	X	S	R	5°C
AREA 1-p5-3.90	20082043 67	2020-08-19	14:30	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
AREA 1-P5-3.90 Dup	20082043 68	2020-08-19	14:30	Suelo	1	X	X	S	R	4° C
AREA 1-P6-0.50	20082043 69	2020-08-19	14:35	Suelo	1	X	X	S	R	6°C
AREA 1-P6-1.50	20082043 70	2020-08-19	14:40	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
AREA1-P6-3.00	20082043 71	2020-08-19	14:50	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
AREA1_p6_3.90	20082043 72	2020-08-19	14:55	Suelo	1	X	X	S	R	5°C
								S	R	4°C

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

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

Observaciones: [illegible] | NA | NA

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

□: HCl 1:1 | Φ: NaOH | buffer (NH4)2SO4/NH4OH
•: NaOH | F: Formaldehído | α: H2SO4 1:1
0: H2SO4 1 mol/L | 10 | Ω: Ácido Concentrado Suprapuro
Δ: HNO3 | ‡: Disolución
⊗: K2Cr2O7 al 20%

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

Entrega de Muestras
Nombre y firma:
Fecha: 2020-08-20
Hora: 10:10

Entrega de Muestras
Nombre y firma:
Fecha:
Hora:

Entrega de Muestras
Nombre y firma:
Fecha:
Hora:

Sitio de Muestreo:
En el Km 17+700 de la carretera Pachuca-Tulancingo, Mpio de Epazoyuca, Edo de Hidalgo.

Tipo de muestra
Compuesta= C Simple= S

Recibo de muestras
[redacted] Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.
Fecha: 2020-08-20
Hora: 10:25

Recibo de muestras
Nombre y firma:
Fecha:
Hora:

Recibo de muestras
Nombre y firma:
Fecha:
Hora:

Requerimientos especiales:
NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012
Suelo Agrícola Forestal

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

Preservación Cumple: S X N o
Etiquetado cumple: S X N o

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.: 12080284 | Identificación: FR-SGC-19.01 | Revisión: 7 | Fecha de última revisión: 2019-09-03 | Inicio de Vigencia: 2013-01-01

Gabino Vázquez 144, San Pedro Totoltepec, Toluca, Estado de México, C.P. 50200
Tel: (722) 273 1275

Nombre y firma persona física. 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.

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

Giro: Ambiental

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

Tipo de análisis Requerido

No. de Folio

No. de Proyecto: 200080217

Nombre y firma de persona física.

Identificación de la muestra	Código de la muestra	Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	Matriz	No. Contenedores	HFL	BTEX	Tipo de muestra	Condiciones de preservación	Temperatura 4°C (+/- 2°C)	Observaciones
AREA 2-P7-1.50	2008204373	2020-08-19	14:59	Suelo	1	X	X	S	R	5°C	
AREA2-P7-1.0 0	2008204374	2020-08-19	15:04	Suelo	1	X	X	S	R	5°C	
ARE A2-P7-1.0	2008204375	2020-08-19	15:09	Suelo	1	X	X	S	R	4°C	
AREA 2-P7-2.00	20082043 76	2020-08-19	15:13	Suelo	1	X	X	S	R	4°C	
AREA2-P8-0 .0	20082043 77	2020-08-19	15:18	Suelo	1	X	X	S	R	4°C	
AREA 2-P8-1.00	2008 204378	2020-08-19	15:23	Suelo	1	X	X	S	R	5°C	
AREA2-P8-1.00Dup	2008204379	2020-08-19	15:23	Suelo	1	X	X	S	R	5° C	
AREA2-P8-1.50	2008204380	2020-08-19	15:28	Suelo	1	X	X	S	R	5°C	
AREA 2-P8-2.00	2008204381	2020-08-19	15:33	Suelo	1	X	X	S	R	4°C	
A R E A 3 P9 0.50	2008204382	2020-08-19	15:40	Suelo	1	X	X	S	R	4°C	
A REA3-P9-1.00	2008204383	2020-08-19	15:45	Suelo	1	X	X	S	R	4°C	
AREA 3-P9-1.50	2008204 384	2020-08-19	15:50	Suelo	1	X	X	S	R	5°C	
AREA3 P9-2.00	2008204385	2020-08-19	15:58	Suelo	1	X	X	S	R	5°C	
AR E A4-P10-0.50	2008 204386	2020-08-19	16:03	Suelo	1	X	X	S	R	5°C	
A RE A 4- P10 1.50	2008204387	2020-08-19	16:10	Suelo	1	X	X	S	R	4°C	
A REA4-P10-2.20	2008 204388	2020-08-19	16:15	Suelo	1	X	X	S	R	4°C	
AR EA 4 P10-3.15	2008204389	2020-08-19	13:21	Suelo	1	X	X	S	R	4°C	
AR EA 4- P10-3.15 Dup	2008204390	2020-08-19	16:21	Suelo	1	X	X	S	R	5°C	
Blanco de Campo	2008204391	2020-08-19	16:31	Suelo	1	X	X	S	R	4°C	
Blanco de viaje	2008204392	2020-08-19	16:31	Suelo	1	X	X	S	R	4°C	

(V=Vidrio) (P=Plástico) (B= Bolsa) (G= Garrafón) (L=Liner) (VI=VialÁmbar) (V A= VidrioÁmbar) — Tipo de Contenedor: L | L

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

Conservador: NA | NA

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

□: HCL 1:1 — Φ: NaOH — buffer(NH4)2SO4 y NH4OH)
•: Na2S2O3 — F: Formaldehído 10% — «: H2SO4 1:1
0: H2SO4 4mol/L — Ω Ácido Suprapuro — ©: HNO3 1:1
Δ: HNO3 Concentrado — †: Disolución
#: K2Cr2O7 al 20%

Entrega de Muestras

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

Fecha: 2020-08-20
Hora: 10:10

Recibo de muestras

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

Fecha: 2020-08-20
Hora: 10:25

Área sombreada exclusiva 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:

Sito de Muestreo:

en el Km 17+700 de la carretera Pachuca-Tulancingo, Mpio de Epazoyuca, Edo de Hidalgo.

Requerimientos especiales:

NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012
Suelo Agrícola Forestal

Nombre del laboratorio que recibe las muestras:

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: Si X No

Prioridad

Normal	X
Urgente	
Días	

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

CADENA DE CUSTODIA

Gabino Vázquez 144, San Pedro Totoltepec, Toluca, Estado de México, C.P. 50200
Tel: (722) 273 1275

LABSA O.T.Lab.: 120080264 Identificación: FR-SGC-19.01 Revisión: 7 Fecha de última revisión: 2019-09-03 Inicio de Vigencia: 2013-01-0

[redacted] Nombre y firma 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.

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

Giro: Ambiental

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

Tipo de análisis Requerido

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

No. de Proyecto: 20008217

Contacto de LABSA: [redacted] Nombre persona física.

Identificación de la muestra	Código de la muestra	Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	Matriz	No. de Contenedores	pH	Humedad	Tipo de muestra	Condiciones de preservación	Temperatura 4°C (+/- 2°C)	Observaciones
DELIMITACIÓN-E1-0.30	20082004333	2020-08-19	11:08	Suelo	1	X	X	S	R	4°C	
DEUMITACIÓN-E2-0.30	4334	2020-08-19	11:17	Suelo	1	X	X	S	R	4°C	
DELIMITACIÓN-E3-0.30	4335	2020-08-19	11:22	Suelo	1	X	X	S	R	4°C	
DELIMITACIÓN-E4-0.30	4336	2020-08-19	11:25	Suelo	1	X	X	S	R	4°C	
DELIMITACIÓN-E5-0.30	4337	2020-08-19	11:28	Suelo	1	X	X	S	R	4°C	
DELIMITACIÓN-E6-0.30	4338	2020-08-19	11:31	Suelo	1	X	X	S	R	4°C	
DELIMITACIÓN-E7-0.30	4339	2020-08-19	11:34	Suelo	1	X	X	S	R	4°C	
DELIMITACIÓN-E8-0.30	4340	2020-08-19	11:37	Suelo	1	X	X	S	R	4°C	
DELIMITACIÓN-E9-0.30	4341	2020-08-19	11:40	Suelo	1	X	X	S	R	4°C	
DELIMITACIÓN-E10-0.30	4342	2020-08-19	11:42	Suelo	1	X	X	S	R	4°C	
DELIMITACIÓN-E10-0.30 Dup	4343	2020-08-19	11:42	Suelo	1	X	X	S	R	4°C	
DELIMITACIÓN-E11-0.30	4344	2020-08-19	11:47	Suelo	1	X	X	S	R	4°C	
DELIMITACIÓN-E12-0.30	4345	2020-08-19	11:50	Suelo	1	X	X	S	R	4°C	
DELIMITACIÓN-E12-0.30 Dup	4346	2020-08-19	11:50	Suelo	1	X	X	S	R	4°C	
AREA 1-P1-0.50	4347	2020-08-19	12:10	Suelo	1	X	X	S	R	4°C	
AREA 1-P1-1.50	4348	2020-08-19	12:18	Suelo	1	X	X	S	R	4°C	
AREA 1-P1-3.00	4349	2020-08-19	12:26	Suelo	1	X	X	S	R	4°C	
AREA 1-P1-3.90	4350	2020-08-19	12:34	Suelo	1	X	X	S	R	4°C	
AREA 1-P2-0.50	4351	2020-08-19	12:39	Suelo	1	X	X	S	R	4°C	
AREA 1-P2-1.50	4352	2020-08-19	12:45	Suelo	1	X	X	S	R	4°C	
(V= Vidrio) (P=Plástico) (B=Bolsa) (G= Garrafón) (L=Liner) (VI=Vial Ambar) (VA= Vidrio Ámbar)				Tipo de Contenedor:	L	L					
(h=horas) (d=días) (m=meses) (R=Refrigeración) (NA=No Aplica)				Tiempo máximo de espera:	14 d	14d					
				Conservador	NA	NA					
(L= Litro) (g= gramo) (Kg= Kilo gramo)				Volumen de muestras	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% Φ: NaOH F: Formaldehido 10% Ω: Ácido Suprapuro †: Disolución buffer(NH_3)$2SO_4$ y NH4OH) ¢: H_2SO_4 1:1 ¢: HNO_3 1:1

Entrega de Muestras	Entrega de Muestras	Entrega de Muestras
[redacted] Nombre y firma persona física Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.	Nombre y firma:	Nombre y firma:
Fecha: 2020-08-20	Fecha:	Fecha:
Hora: 10:10	Hora:	Hora:
Recibo de muestras	**Recibo de muestras**	**Recibo de muestras**
[redacted] Nombre y firma persona física Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.	Nombre y firma:	Nombre y firma:
Fecha: 2020-08-20	Fecha:	Fecha:
Hora: 10:25	Hora:	Hora:

Área sombreada exclusiva de laboratorio

Sito de Muestreo:

En el Km 17+700 de la carretera Pachuca-Tulancingo, Mpio de Epazoyuca, Edo de Hidalgo.

Requerimientos especiales:

NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012

Suelo Agrícola Forestal

Nombre del laboratorio que recibe las muestras:

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:	Si	X	No	

Prioridad

Normal	X
Urgente	
Días	

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

CADENA DE CUSTODIA

Gabino Vázquez 144, San Pedro Totoltepec, Toluca, Estado de México, C.P. 50200
Tel: (722) 273 1275

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

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

Giro: Ambiental

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

Tel/e-mail:

Tipo de análisis Requerido

No. de Folio

No. de Proyecto: 20008217

Contacto de LABSA: [redacted] Nombre persona física. 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	pH	Humedad	Tipo de muestra	Condiciones de preservación	Temperatura 4°C (+/- 2°C)
AREA 1-P2-3.00	2008204353	2020-08-19	12:53	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
AREA 1-P2-3.90	4354	2020-08-19	13:05	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
AREA 1-P3-0.50	4355	2020-08-19	13:10	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
AREA 1-P3-1.50	4356	2020-08-19	13:12	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
AREA 1-P3-1.50 Dup	4357	2020-08-19	13:12	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
AREA 1-P3-3.00	4358	2020-08-19	13:22	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
AREA 1-P3-3.90	4359	2020-08-19	13:30	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
AREA 1-P4-0.50	4360	2020-08-19	13:36	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
AREA 1-P4-1.50	4361	2020-08-19	13:45	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
AREA 1-P4-3.00	4362	2020-08-19	13:53	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
AREA 1-P4-3.90	4363	2020-08-19	14:00	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
AREA 1-P5-0.50	4364	2020-08-19	14:05	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
AREA 1-P5-1.50	4365	2020-08-19	14:14	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
AREA 1-P5-3.00	4366	2020-08-19	14:24	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
AREA 1-P5-3.90	4367	2020-08-19	14:30	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
AREA 1-P5-3.90 Dup	4368	2020-08-19	14:30	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
AREA 1-P6-0.50	4369	2020-08-19	14:35	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
AREA 1-P6-1.50	4370	2020-08-19	14:40	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
AREA 1-P6-3.00	4371	2020-08-19	14:50	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
AREA 1-P6-3.90	4372	2020-08-19	14:55	Suelo	1	X	X	S	R	4°C
(V= Vidrio) (P=Plástico) (B=Bolsa) (G= Garrafon) (L=Liner) (Vi=Vial Ámbar) (VA= Vidrio Ambar)				Tipo de Contenedor		L	L			
(h=horas) (d=días) (m=meses) (R=Refrigeración) (NA=No Aplica)				Tiempo máximo de espera		14d	14d			
				Conservador		NA	NA			
(L: Litro) (g: gramo) (Kg: Kilo gramo)				Volumen de muestras		250g	250g			

□: HCL 1:1 ●: Na_2SiO_3 ∿: H_2SO_4 4mol/L Δ: HNO_3 Concentrado #: $K_2Cr_2O_7$ al 20% Φ: NaOH F: Formaldehido 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: [redacted] Nombre y firma persona física. Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.	Nombre y firma:	Nombre y firma:
Fecha: 2020-08-20	Fecha:	Fecha:
Hora: 10:10	Hora:	Hora:
Recibo de muestras	**Recibo de muestras**	**Recibo de muestras**
Nombre y firma: [redacted] Nombre y firma persona física. Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP. GHP	Nombre y firma:	Nombre y firma:
Fecha: 2020-08-20	Fecha:	Fecha:
Hora: 10:25	Hora:	Hora:

Sito de Muestreo: En el Km 17+700 de la carretera Pachuca-Tulancingo, Mpio de Epazoyuca, Edo de Hidalgo.

Requerimientos especiales: NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 Suelo Agricola Forestal

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

Tipo de muestra

Compuesta= C Simple= S

Preservación Cumple: Si X No GHP

Etiquetado cumple: Si X No

Prioridad

Normal X

Urgente

Página 2 de 3 Páginas

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

CADENA DE CUSTODIA

Gabino Vazquez 144, San Pedro Totoltepec, Toluca, Estado de México, C.P. 50200
Tel: (722) 213 1275
labsa.mx

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

Nombre y firma 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.

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

Giro: Ambiental

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

Tipo de análisis Requerido

No. de Folio

No. de Proyecto: 20008217

Nombre de persona física. 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	pH	Humedad	Tipo de muestra	Condiciones de preservación	Temperatura 4°C (+/- 2°C)	Observaciones
AREA 2-P7-0.50	20008204373	2020-08-19	14:59	Suelo	1	X	X	S	R	5°C	
AREA 2-P7-1.00	4374	2020-08-19	15:04	Suelo	1	X	X	S	R	5°C	
AREA 2-P7-1.50	4375	2020-08-19	15:09	Suelo	1	X	X	S	R	5°C	
AREA 2-P7-2.00	4376	2020-08-19	15:13	Suelo	1	X	X	S	R	5°C	
AREA 2-P8-0.50	4377	2020-08-19	15:18	Suelo	1	X	X	S	R	5°C	
AREA 2-P8-1.00	4378	2020-08-19	15:23	Suelo	1	X	X	S	R	5°C	
AREA 2-P8-1.00 Dup	4379	2020-08-19	15:23	Suelo	1	X	X	S	R	5°C	
AREA 2-P8-1.50	4380	2020-08-19	15:28	Suelo	1	X	X	S	R	5°C	
AREA 2-P8-2.00	4381	2020-08-19	15:33	Suelo	1	X	X	S	R	5°C	
AREA 3-P9-0.50	4382	2020-08-19	15:40	Suelo	1	X	X	S	R	5°C	
AREA 3-P9-1.00	4383	2020-08-19	15:45	Suelo	1	X	X	S	R	5°C	
AREA 3-P9-1.50	4384	2020-08-19	15:50	Suelo	1	X	X	S	R	5°C	
AREA 3-P9-2.00	4385	2020-08-19	15:58	Suelo	1	X	X	S	R	5°C	
AREA 4- P10-0.50	4386	2020-08-19	16:03	Suelo	1	X	X	S	R	5°C	
AREA 4- P10-1.60	4387	2020-08-19	16:10	Suelo	1	X	X	S	R	5°C	
AREA 4- P10-2.20	4388	2020-08-19	16:15	Suelo	1	X	X	S	R	5°C	
AREA 4- P10-3.15	4389	2020-08-19	13:21	Suelo	1	X	X	S	R	5°C	
AREA 4- P10-3.15 Dup	4390	2020-08-19	16:21	Suelo	1	X	X	S	R	5°C	
Blanco de Campo	4391	2020-08-19	16:31	Suelo	1	X	X	S	R	5°C	
Blanco de Viaje	4392	2020-08-19	16:31	Suelo	1	X	X	S	R	5°C	
(V= Vidrio) (P=Plástico) (B=Bolsa) (G= Garrafón) (L=Liner) (Vi=Vial Ámbar) (VA= Vidrio Ámbar)					Tipo de Contenedor:	L	L				
(h=horas) (d=días) (m=meses) (R=Refrigeración) (NA=No Aplica)					Tiempo máximo de espera:	14d	14d				
					Conservador:	NA	NA				
(L: Litro) (g: gramo) (Kg: Kilogramo)					Volumen de muestras	250g	250g				

□: HCL 1:1 ●: $Na_2S_2O_3$ ◊: K_2SO_4 4 mol/L Δ: HNO_3 Concentrado #: $K_2Cr_2O_7$ al 20% Φ: NaOH F: Formaldehido 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 persona física. Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.	Nombre y firma:	Nombre y firma:
Fecha: 2020-08-20	Fecha:	Fecha:
Hora: 10:10	Hora:	Hora:
Recibo de muestras	**Recibo de muestras**	**Recibo de muestras**
Nombre y firma: Nombre y firma persona física. Fracción I, Art. 113 de la LFTAIP y Art. 116, primer párrafo de la LGTAIP.	Nombre y firma:	Nombre y firma:
Fecha: 2020-08-20	Fecha:	Fecha:
Hora: 10:25	Hora:	Hora:

Sito de Muestreo: En el Km 17+700 de la carretera Pachuca-Tulancingo, Mpio de Epazoyuca, Edo de Hidalgo.

Requerimientos especiales: NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 Suelo Agrícola Forestal

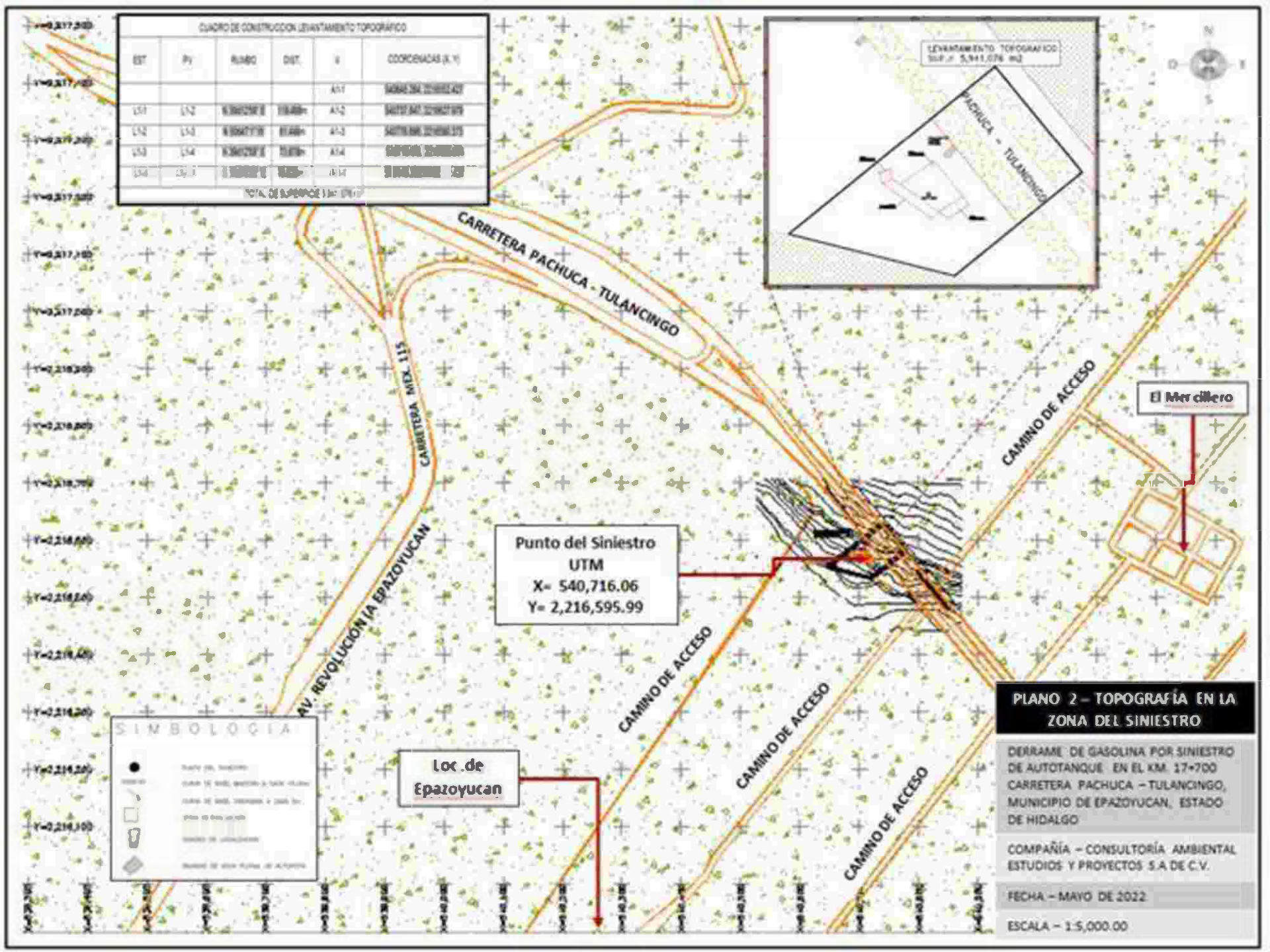
Nombre del laboratorio que recibe las muestras: LABORATORIOS Y SUMINISTROS AMBIENTALES E INDUSTRIALES S.A. DE C.V.

Tipo de muestra: Compuesta= C Simple= S

Preservación Cumple: Si X No

Etiquetado cumple: Si X No

Prioridad	
Normal	X
Urgente	
Días	


CUADRO DE CONSTRUCCION LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO
EST
PV
RUMBO
DIST.
V
COORDENADAS (X, Y)
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO
SUP. = 5,941.076 m2
PACHUCA - TULANCINGO
CARRETERA PACHUCA - TULANCINGO
CARRETERA MEX. 115
AV. REVOLUCIÓN (A EPAZOYUCAN
CAMINO DE ACCESO
CAMINO DE ACCESO
CAMINO DE ACCESO
CAMINO DE ACCESO
El Mercillero
Punto del Siniestro
UTM
X= 540,716.06
Y= 2,216,595.99
Loc. de Epazoyucan
SIMBOLOGIA
PLANO 2 – TOPOGRAFÍA EN LA ZONA DEL SINIESTRO
DERRAME DE GASOLINA POR SINIESTRO DE AUTOTANQUE EN EL KM. 17+700 CARRETERA PACHUCA – TULANCINGO, MUNICIPIO DE EPAZOYUCAN, ESTADO DE HIDALGO
COMPAÑÍA – CONSULTORÍA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A DE C.V.
FECHA – MAYO DE 2022
ESCALA – 1:5,000.00

FUNDAMENTO LEGAL

1.- ELIMINADO el nombre de un particular, por ser un dato identificativo de conformidad con los artículos 3.2 fracción II inciso "a" y 21.1 fracción I de la LTAIPEJM, artículo 3.1 fracción IX de la LPDPPSOEJM y Lineamiento Quincuagésimo Octavo fracción I de los LGPPICR.

* "LTAIPEJM: Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Jalisco y sus Municipios.
LPDPPSOEJM: Ley de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados en el Estado de Jalisco y sus Municipios.
LGPPICR: Lineamientos Genenerales para la Protección de la Información Confidencial y Reservada que deberán observar los sujetos obligados previstos en la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Jalisco y sus Municipios."

Realizada con el programa TEST DATA, Generador de Versiones Públicas, desarrollado por el Gobierno Municipal de Guadalajara y con la colaboración del Instituto de Transparencia, Información Pública y Protección de Datos Personales del Estado de Jalisco.