PEMEX

REFINACION ®

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Informe Final

Área Aledaña al 28+208 del DDV del Poliducto de 10"Ø Topolobampo-Culiacán, en el Municipio de Ahome, Sin.

"ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE SITIOS IMPACTADOS CON HIDROCARBUROS, DERIVADOS DE DERRAMES POR TOMAS CLANDESTINAS EN LOS DERECHOS DE VÍA DE LOS SECTORES DE ROSARITO, GUAYMAS Y TOPOLOBAMPO ADSCRITOS A LA SUPERINTENDENCIA DE TRANSPORTE POR DUCTO PACÍFICO".

CONVENIO ESPECIFICO No. PXR-SO-SCAR-SUD-GTD-E-35-14.

CONTRATO No. 4500515630

PEMEX

REFINACION ®

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Informe Final

Área Aledaña al 28+208 del DDV del Poliducto de 10"Ø Topolobampo-Culiacán, en el Municipio de Ahome, Sin.

"ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE SITIOS IMPACTADOS CON HIDROCARBUROS, DERIVADOS DE DERRAMES POR TOMAS CLANDESTINAS EN LOS DERECHOS DE VÍA DE LOS SECTORES DE ROSARITO, GUAYMAS Y TOPOLOBAMPO ADSCRITOS A LA SUPERINTENDENCIA DE TRANSPORTE POR DUCTO PACÍFICO".

CONVENIO ESPECIFICO No. PXR-SO-SCAR-SUD-GTD-E-35-14.

CONTRATO No. 4500515630

SEMARNAT
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

AGENCIA NACIONAL DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y DE PROTECCION AL MEDIO AMBIENTE DEL SECTOR HIDROCARBUROS

Constancia de Recepción

Número de bitácora: 09/J1A0531/10/15	**Fecha de recepción:** 21 DE OCTUBRE DEL 2015, 12:46 HRS.
Trámite: PROPUESTA DE REMEDIACION, MODALIDAD A. EMERGENCIA AMBIENTAL	
RFC: PRE9207163T7	
NRA: PRE0901500394	
Razón Social: PEMEX REFINACIÓN	
Establecimiento SUPERINTENDENCIA DE TRANSPORTE POR DUCTOS PACIFICO	
Número del documento:	
Monto pagado: $ 1339	**Referencia pago:** 382E946D51
Datos para notificaciones: *RECOGE EN OFICINAS CENTRALES:* [redacted]	
Entrega Requisitos Completos: SI	
Observaciones: P.D. $ 1,339.00, PROPUESTA DE REMEDIACIO DE SITIO CONTAMINADO EN KM. 28+208 POLIDUCTO-10 TOPOLOBAMPO-GUAMUCHIL-CULIACAN, AHOME, SINALOA. ANEXA 2 CON 1 C.D.	

Agencia Nacional de Seguridad Industrial y Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos
21 OCT 2015
UNIDAD DE GESTIÓN INDUSTRIAL

[redacted]
Persona que acude a realizar el trámite

LUIS RIVERA MORALES
El técnico receptor

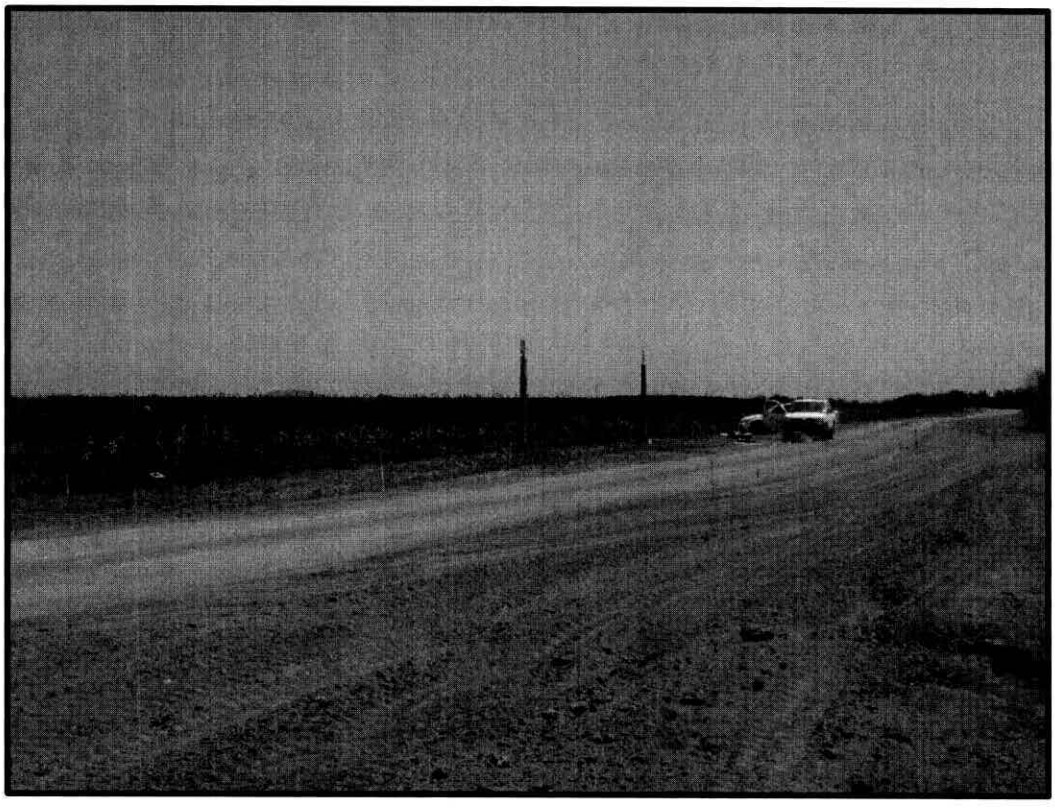
Nombre de persona física, artículo 113 fracción I de la LFTAIP y artículo 116 primer párrafo de la LGTAIP.

UANL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

PROTOCOLO DE MUESTREO DE SUELOS Y SUBSUELOS EN BASE A LA NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012

"ESTUDIO DE CARACTERIZACION DE 75 SITIO IMPACTADOS CON HIDROCARBUROS DERIVADO DE DERRAME POR TOMAS CLANDESTINAS EN LOS DERECHOS DE VIA DE LOS SECTORES DE GUAYMAS, TOPOLOBAMPO Y ROSARITO ADSCITOS A LA SUPERINTENDENCIA DE TRANSPORTE POR DUCTO PACIFICO"

"Area aledaña al 28+208 del DDV Del Poliducto De 10"Ø Topolobampo-Culiacan, en el Municipio de Ahome, Sinaloa."



UANL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

INDICE

ACTIVIDAD

1 OBJETIVO

2 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

3 INFORMACION GENERAL DEL RESPONSALE DE LA CONTAMINACION Y EL PRODUCTO DERRAMADO

4 DETERMINACIÓN DEL NUMERO DE UNIDADES DE PRODUCTO MUESTREADAS Y MUESTRAS TOMADAS

5 SÍNTESIS DE PLAN DE MUESTREO

6 MATERIAL Y EQUIPO PARA MUESTREO

7 ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN EL MUESTREO.

8 PROCEDIMIENTOS ANALÍTICOS

9 FECHA DE TOMA DE MUESTRA DE SUELO Y SUBSUELO

10 UBICACIÓN DE LOS POZOS DE MUESTREO

UANL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

1. OBJETIVO

Realizar el muestreo y toma de muestra de suelo y subsuelo contaminado en el sitio **"Area aledaña al 28+208 del DDV Del Poliducto De 10"Ø Topolobampo-Culiacan, en el Municipio de Ahome, Sinaloa."** en base a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

7.1.1

2. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

7.1.4

De acuerdo a los métodos indirectos realizados en el sitio, e identificada la pluma en el subsuelo, se realizara la ubicación de los puntos de muestreo con coordenadas (UTM).

Se llenara la cadena de custodia y el plan de muestreo del laboratorio acreditado, esto correspondiente al sitio a muestrear misma que acompañara a las muestras hasta su ingreso al laboratorio para su análisis correspondiente.

En base al protocolo de muestreo se realizaran perforaciones con maquinaria de empuje directo en los puntos de muestreo establecidos hasta la profundidad requerida.

Una vez perforado se realiza la extracción y toma de muestra en un cartucho con contratapa o frascos de vidrio.

Las muestras se identifican, etiquetan, sellan esto para evitar la manipulación de muestras hasta su ingreso al laboratorio y serán colocadas en una hielera con un medio refrigerante (hielo o refrigerantes) aproximadamente a 4°C hasta su llegada al laboratorio.

El transporte de las muestras al laboratorio para su análisis será vía terrestre.

Las actividades de perforación, extracción y muestreo se llevaran a cabo en un día.

7.1.2
7.1.3

7.2.2
Nosotros

UANL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

3. INFORMACION GENERAL DEL RESPONSALE DE LA CONTAMINACION Y EL PRODUCTO DERRAMADO

Razón social	Pemex Refinación Sector Ductos Topolobampo	
Giro de la empresa	Transportación de hidrocarburos por ductos	
Descripción detallada de la generación del contaminante	Derrame de gasolina en el km 28 +208 del poliducto de 10"Ø Topolobampo-Culiacán	
Identificación del contaminante	Gasolina	
Superficie Estimada de afectación	454.842 m²	
Estado físico	Liquido	
Apariencia	Liquido amarillo	
Sitio de muestreo	km 28 +208 del poliducto de 10"Ø Topolobampo-Culiacán	
Coordenadas del sitio	X=712193	Y=2850134

4. DETERMINACIÓN DEL NUMERO DE UNIDADES DE PRODUCTO MUESTREADAS Y MUESTRAS TOMADAS ASI COMO LAS TABLAS DE REFERENCIA DE LA NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

Estrategia de muestreo

El muestreo es dirigido conforme lo marca la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 para áreas menores o iguales a 0.1 Ha de acuerdo a la tabla 4 (mínimo 4 puntos de muestreo de acuerdo con el área contaminada). De la citada norma, con un procedimiento de aseguramiento de calidad se tomará y analizará una muestra duplicada por cada diez muestras tomadas.

TABLA 4.- Número mínimo de puntos de muestreo de acuerdo con el área contaminada

ÁREA CONTAMINADA (ha)	PUNTOS DE MUESTREO
Hasta	
0.1	4
0.2	8
0.3	12
0.4	14
0.5	15
0.6	16
0.7	17
0.8	18
0.9	19
1.0	20

7.1.5
7.1.6
¿??
No esta

ÁREA CONTAMINADA (ha)	PUNTOS DE MUESTREO
2.0	25
3.0	27
4.0	30
5.0	33
10.0	38
15.0	40
20.0	45
30.0	50
40.0	53
50.0	55
100.0	60

De acuerdo al capitulo 6 de la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 en el punto 6.1 menciona lo siguiente: Los productos asociados a los derrames de hidrocarburos, para los que se establecen límites máximos permisibles de contaminación en suelos, se enlistan en la TABLA 1.

TABLA 1.- Hidrocarburos que deberán analizarse en función del producto contaminante

PRODUCTO CONTAMINANTE	HIDROCARBURO				
	FRACCIÓN PESADA	FRACCIÓN MEDIA	HAP	FRACCIÓN LIGERA	BTEX
Mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo	X	X	X	X	X
Petróleo crudo	X	X	X	X	X
Combustóleo	X				
Parafinas	X		X		
Petrolatos	X		X		
Aceites derivados del petróleo	X		X		
Gasóleo		X	X		
Diesel		X	X		
Turbosina		X	X		
Queroseno		X	X		
Creosota		X	X		
Gasavión				X	X
Gasolvente				X	X
Gasolinas				X	X
Gas nafta				X	X

Los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos se presentan en las tablas 2 y 3.

TABLA 2.- Límites máximos permisibles para fracciones de hidrocarburos en suelo

FRACCIÓN DE HIDROCARBUROS	USO DE SUELO PREDOMINANTE (mg/kg BASE SECA)			MÉTODO ANALÍTICO
	Agrícola, forestal, pecuario y de conservación	Residencial y recreativo	Industrial y comercial	
Ligera	200	200	500	NMX-AA-105-SCFI-2008
Media	1 200	1 200	5 000	NMX-AA-145-SCFI-2008
Pesada	3 000	3 000	6 000	NMX-AA-134-SCFI-2006

NOTA : Para usos de suelo mixto, deberá aplicarse el límite máximo permisible más estricto, para los usos de suelo involucrados.

TABLA 3.- Límites máximos permisibles para hidrocarburos específicos en suelo.

HIDROCARBUROS ESPECÍFICOS	USO DE SUELO PREDOMINANTE (mg/kg BASE SECA)			MÉTODO ANALÍTICO
	Agrícola, forestal, pecuario y de conservación	Residencial y recreativo	Industrial y comercial	
Benceno	6	6	15	NMX-AA-141-SCFI-2007
Tolueno	40	40	100	NMX-AA-141-SCFI-2007
Etilbenceno	10	10	25	NMX-AA-141-SCFI-2007
Xilenos (suma de isómeros)	40	40	100	NMX-AA-141-SCFI-2007
Benzo[a]pireno	2	2	10	NMX-AA-146-SCFI-2008
Dibenzo[a,h]antraceno	2	2	10	NMX-AA-146-SCFI-2008
Benzo[a]antraceno	2	2	10	NMX-AA-146-SCFI-2008
Benzo[b]fluoranteno	2	2	10	NMX-AA-146-SCFI-2008
Benzo[k]fluoranteno	8	8	80	NMX-AA-146-SCFI-2008
Indeno (1 ,2,3-cd)pireno	2	2	10	NMX-AA-146-SCFI-2008

NOTA: Para usos de suelo mixto deberá aplicarse el límite máximo permisible más estricto, para los usos de suelo involucrados.

5. SÍNTESIS DE PLAN DE MUESTREO

De acuerdo con los métodos indirectos realizados en el sitio afectado, se delimita la zona contaminada tanto vertical como horizontalmente y a través de métodos geométricos, GPS, o estaciones totales se determina el área contaminada.

Para el caso del área contaminada se tomarán 8 de muestras en cada punto de muestreo establecido por los alcances del convenio: Cómo un método indirecto es utilizado un equipo de georadar que nos permite delimitar los perfiles

verticales del contaminante en el suelo, este equipo también nos permitirá localizar los puntos contaminados en los casos en que evidentemente no se detecte en el suelo la contaminación por hidrocarburo, este método indirecto nos ayuda en el apoyo de la profundidad del contaminante presente en el sitio; las gasometrías nos ayudan a referenciar la pluma de contaminación en el subsuelo con la medición de las concentraciones de COV´S a una profundidad promedio de 0.50 m a 1.00 m.

Se tomará muestras a diferentes profundidades de acuerdo a las características de la zona y asi identificar los estratos, esto nos identificará la profundidad de la contaminación donde los resultados analíticos nos confirmarán si la muestra de fondo no rebasa los límites máximos permitidos de la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

Plan de muestreo

El plan de muestreo es un documento que se elaborará en campo por el signatario de muestreo, esta información sirve como base para determinar el número de puntos de muestreo así como el tipo de muestreo y que se integrara como parte del informe final de caracterización.

Numero de muestras

Se realizaran 10 pozos de muestreo a diferentes profundidades, en cada pozo de muestreo se tomarán 08 muestras de suelo, a su vez también se tomara 1 muestra duplicada por cada 10 muestras tomadas. De acuerdo con la superficie afectada y en base a los métodos indirectos realizados en el sitio se colectaran en total de 80 muestras, distribuidas en 10 puntos de muestreo (ver su distribución en el croquis de muestreo).

En total se tomaran 80 muestras para su análisis de hidrocarburo fracción ligera, media, BTEX y HAP'S

Las desviaciones o incumplimiento al programa original, si no se cumple con las actividades descritas en este procedimiento de muestreo explicando las causas, si se realizaron actividades por las autoridades o del responsable del muestreo o por las mismas características del suelo, serán asentadas en una minuta quedando de acuerdo las partes involucradas. De acuerdo al Capítulo 7 en el punto 7.2.1. De la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

El p

6. MATERIAL Y EQUIPO PARA MUESTREO

Equipo Adicional de Seguridad.

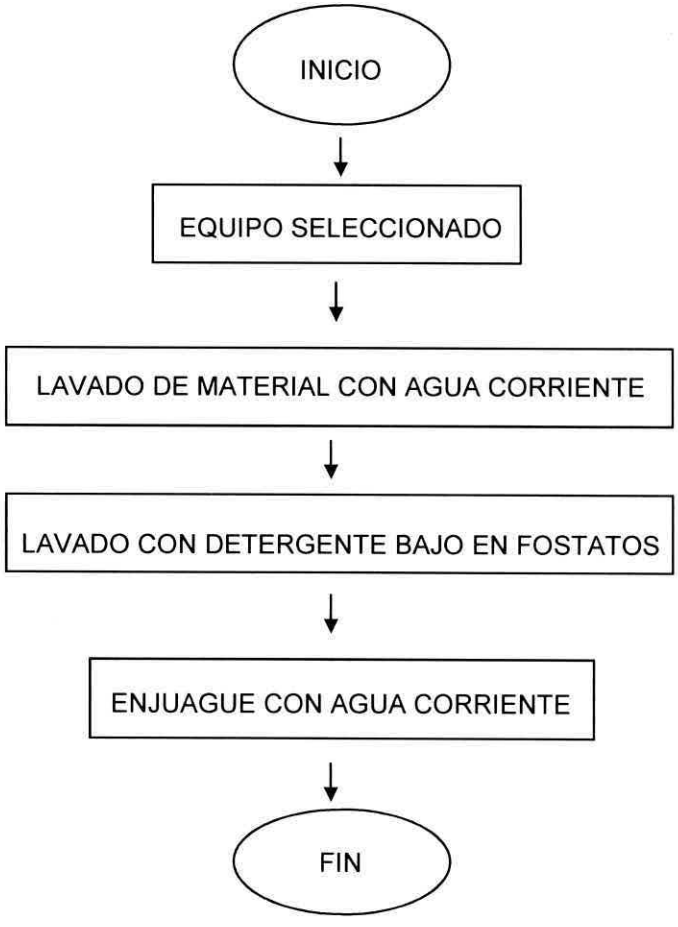
EQUIPO Y MATERIAL	
1. Localizador GPS	✓
2. Equipo de seguridad personal	✓
3. Cámara digital	✓
4. Cadena de custodia	✓
5. Etiquetas y sello de seguridad	✓
6. Equipo de perforación mecánica	✓
7. Herramienta manual	✓
8. Frascos y/o cartuchos de linner	✓
9. Hielera	✓
10. Botiquín de primeros auxilios	✓
11. Extintores PQS	✓
12. Cintas de precaución	✓
13. otros	✓

Medidas de Seguridad

Las medidas de seguridad serán tomadas en cuenta dependiendo del área a trabajar, al tipo de zona donde se realizara la toma de muestras y de las actividades que en ella se requieran.

7. ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN EL MUESTREO.

Preparación de material para el muestreo con personal de un laboratorio acreditado por la EMA.



8. PROCEDIMIENTOS ANALÍTICOS

Laboratorio acreditado ante la EMA	Laboratorio del Grupo Microanálisis S.A. de C.V.
Parámetros a Analizar	Fracción Ligera, Media, BTEX Y HAPS

9. FECHA DE TOMA DE MUESTRA DE SUELO Y SUBSUELO

De acuerdo a los métodos indirectos realizados y los trabajos de topografía, así como de la evaluación del entorno del sitio afectado, la realización de los trabajos de muestreo de suelo y subsuelo serán el día 04 de AGOSTO de 2014

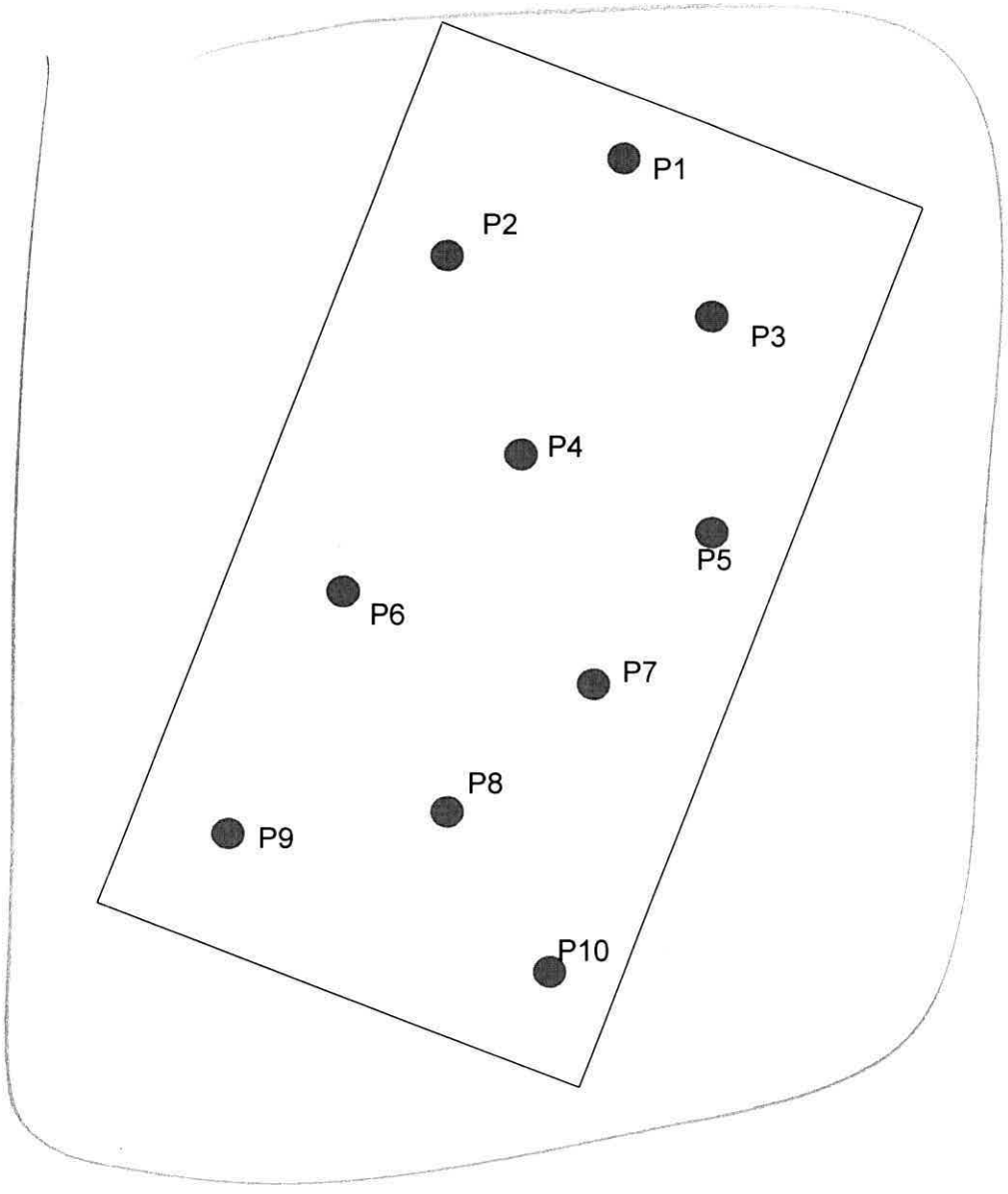
NOTA: En caso de que las condiciones climáticas o alguna otra situación ajena a los trabajos impida llevarse a cabo la toma de muestra, se comentará y planeará con personal de PROFEPA y Pemex Refinación para sugerir otra fecha posterior y no alejada a la programada. Se procederá a realizar una nota informativa, o minuta en la cual se expondrá el por qué no se llevó a cabo la toma de muestra de suelo y subsuelo de dicho sitio.

UANL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

10. UBICACIÓN DE LOS POZOS DE MUESTREO

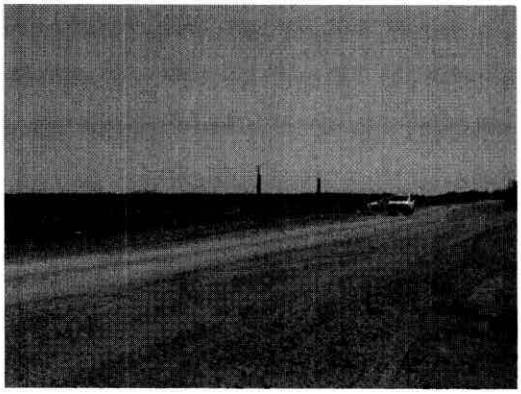
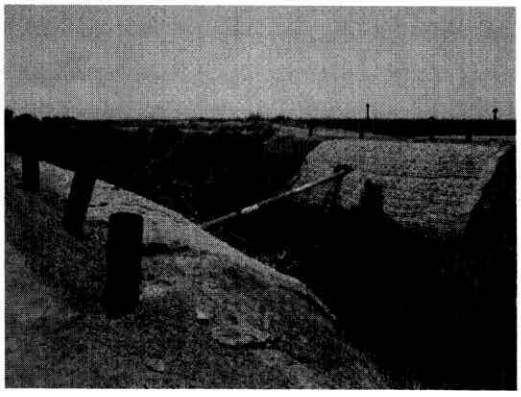
Nombre del sitio: **"Area aledaña al 28+208 del DDV Del Poliducto De 10"Ø Topolobampo-Culiacan, en el Municipio de Ahome, Sinaloa."**

Croquis de localización de los probables puntos de muestreo para análisis de hidrocarburo

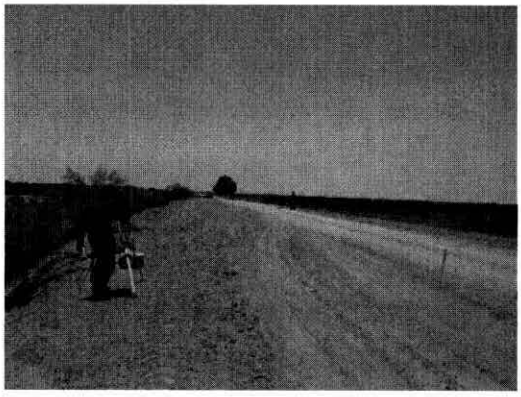
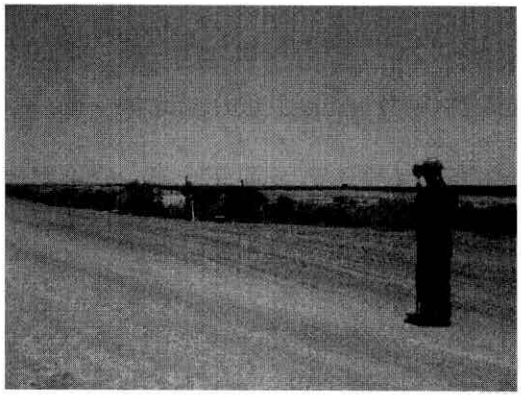


11. FOTOGRAFIAS DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

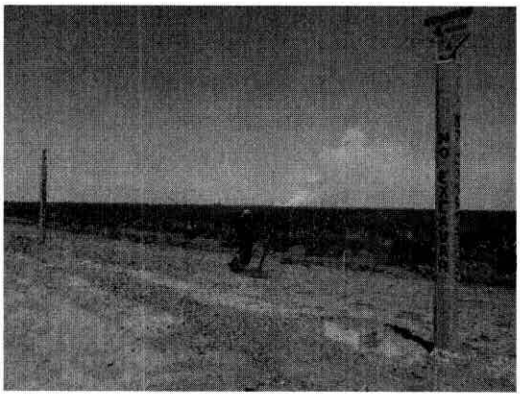
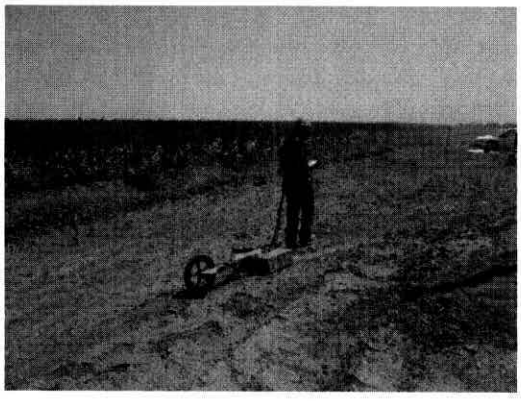
Imagen del sitio afectado

Imágenes de los trabajos de topografía

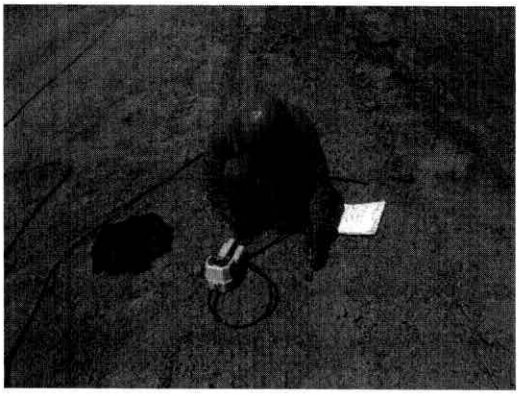



Imágenes de los trabajos de georadar

UANL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Imágenes de los trabajos de gasometrias



Anexo III

"Respuesta a oficio No. ASEA/UGI/DGGTA/0016/2016 del 11 de Enero 2016 por Propuesta de Remediación Modalidad A Emergencia Ambiental SEMARNAT 07-035-A del Km del DDV 28+208 Poliducto 10" Ø Topolobampo-Guamúchil-Culiacán."

Las cuales coinciden con el método indirecto utilizado en el área de estudio (Georadar).

El diseño de muestreo fue del tipo dirigido con 4 puntos de muestreo, desde 1.20 m hasta una profundidad máxima de investigación de 9.60 m debido a que mayor profundidad se encontraba un estrato de roca consolidada que impedía la perforación y la migración del contaminante. Por tal motivo, no existió contaminación a ningún cuerpo de agua del sitio que nos ocupa.

La NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 establece que para áreas de 0.1 ha (454.842 m2) se requieren de 4 puntos de muestreo para caracterización de suelos, por lo que la densidad de muestreo establecida cumple satisfactoriamente con este criterio.

La densidad del muestreo permitió tener un análisis geoestadístico a mayor detalle que permite en su caso garantizar un mayor nivel de confianza en los datos obtenidos.

Los resultados analíticos por Fracción Ligera y BTEX (el producto derramado fue Gasolina **Px- Magna**), correspondientes al muestreo de suelos que se realizó a profundidades de, 1.20, 2.40, 3.60, 4.80, 6.00, 7.20, 8.40 y 9.60 m.

La Fracción Ligera presenta valores máximos de 1,994.40 mg/kg (**POZO No. 1, MUESTRA 06, 7.20m**); 290.30 mg/kg (**POZO No. 2, MUESTRA 06, 7.20m**); 1,282.90 mg/kg (**POZO No. 1, MUESTRA 08, 9.60m**); 272.30 mg/kg (**POZO No. 3, MUESTRA 03, 3.60m**); 1,626.00 mg/kg (**POZO No. 3, MUESTRA 06, 7.20m**); 689.60 mg/kg (**POZO No. 3, MUESTRA 07, 8.40m MD**); 768.00 mg/kg (**POZO No. 3, MUESTRA 07, 8.40m**); 622.50 mg/kg **(POZO No. 4, MUESTRA 03, 3.60);** 6,767.10 mg/kg **(POZO No. 4, MUESTRA 06, 7.20m);** 2,748.20 mg/kg **(POZO No. 4, MUESTRA 08, 9.60m);** estos valores se encontraron por arriba de los LMP para uso de suelo agrícola que es de 200 mg/kg, de acuerdo a la NOM-SEMARNAT/SSA1-2012, las profundidades de contaminación van desde 1.20 m hasta 9.60 m.

En el grupo de los **BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Xilenos),** presenta valores máximos, por arriba de los niveles permisibles de uso de suelo agrícola de acuerdo a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, en el puntos de muestreo a distintas profundidades, identificados de la siguiente manera: Para **Benceno (6.39 mg/kg POZO No. 1, MUESTRA 05, 6.00m; 11.84 mg/kg POZO No. 3, MUESTRA 05, 6.00m);** Para **Tolueno (86.30 mg/kg POZO No. 3, MUESTRA 05, 6.00m);** Para **Etilbenceno (10.22 mg/kg POZO No. 1, MUESTRA 07, 8.40m; 43.79 mg/kg POZO No. 3, MUESTRA 05, 6.00m);** Para **Xilenos (50.15 mg/kg POZO No. 1, MUESTRA 05, 6.00m; 60.56 mg/kg POZO No. 1, MUESTRA 07, 8.40m; 220.90 mg/kg POZO No. 3, MUESTRA 05, 6.00m);** Por lo tanto se consideran contaminantes de interés en la zona de impacto.

De acuerdo con lo anterior, se calculó el volumen total de suelo contaminado el cual es de 433.35 m3, con una superficie total de afectación de 344.510 m2.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm : 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012 UANL

El diseño de muestreo fue del tipo dirigido con 4 puntos de muestreo, desde 1.20 m hasta una profundidad máxima de investigación de 9.60 m debido a que mayor profundidad se encontraba un estrato de roca consolidada que impedía la perforación y la migración del contaminante. Por tal motivo, no existió contaminación a ningún cuerpo de agua del sitio que nos ocupa.

Los resultados analíticos por Fracción Ligera y BTEX (el producto derramado fue Gasolina **Px- Magna**), correspondientes al muestreo de suelos que se realizó a profundidades de, 1.20, 2.40, 3.60, 4.80, 6.00, 7.20, 8.40 y 9.60 m.

La Fracción Ligera presenta valores máximos de 1,994.40 mg/kg (**POZO No. 1, MUESTRA 06, 7.20m**); 290.30 mg/kg (**POZO No. 2, MUESTRA 06, 7.20m**); 1,282.90 mg/kg (**POZO No. 1, MUESTRA 08, 9.60m**); 272.30 mg/kg (**POZO No. 3, MUESTRA 03, 3.60m**); 1,626.00 mg/kg (**POZO No. 3, MUESTRA 06, 7.20m**); 689.60 mg/kg (**POZO No. 3, MUESTRA 07, 8.40m MD**); 768.00 mg/kg (**POZO No. 3, MUESTRA 07, 8.40m**); 622.50 mg/kg **(POZO No. 4, MUESTRA 03, 3.60);** 6,767.10 mg/kg **(POZO No. 4, MUESTRA 06, 7.20m);** 2,748.20 mg/kg **(POZO No. 4, MUESTRA 08, 9.60m);** estos valores se encontraron por arriba de los LMP para uso de suelo agrícola que es de 200 mg/kg, de acuerdo a la NOM-SEMARNAT/SSA1-2012, las profundidades de contaminación van desde 1.20 m hasta 9.60 m.

En el grupo de los **BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Xilenos),** presenta valores máximos, por arriba de los niveles permisibles de uso de suelo agrícola de acuerdo a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, en el puntos de muestreo a distintas profundidades, identificados de la siguiente manera: Para **Benceno (6.39 mg/kg POZO No. 1, MUESTRA 05, 6.00m; 11.84 mg/kg POZO No. 3, MUESTRA 05, 6.00m);** Para **Tolueno (86.30 mg/kg POZO No. 3, MUESTRA 05, 6.00m);** Para **Etilbenceno (10.22 mg/kg POZO No. 1, MUESTRA 07, 8.40m; 43.79 mg/kg POZO No. 3, MUESTRA 05, 6.00m);** Para **Xilenos (50.15 mg/kg POZO No. 1, MUESTRA 05, 6.00m; 60.56 mg/kg POZO No. 1, MUESTRA 07, 8.40m; 220.90 mg/kg POZO No. 3, MUESTRA 05, 6.00m);** Por lo tanto se consideran contaminantes de interés en la zona de impacto.

De acuerdo con lo anterior, se calculó el volumen total de suelo contaminado el cual es de 433.35 m3, con una superficie total de afectación de 344.510 m2.

Durante los trabajos de caracterización del presente estudio no se localizaron cuerpos de agua cercanos, que pudieran haber sido afectados. Todo esto apoyado mediante las lecturas de radar como parte del método geofísico y las perforaciones realizadas durante el muestreo del área, sin encontrar ningún manto freático somero. Por tal motivo no fue necesario notificarle a la autoridad ambiental CNA (Comisión Nacional del Agua).

La tecnología que se proponen para ser utilizada en la remediación se definió con base a las características del sitio y el tipo y concentración de hidrocarburos. Se propone que el tratamiento para el suelo impactado se realice mediante extracción de vapores/bioventeo.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Anexo IV

"Respuesta a oficio No. ASEA/UGI/DGGTA/0016/2016 del 11 de Enero 2016 por Propuesta de Remediación Modalidad A Emergencia Ambiental SEMARNAT 07-035-A del Km del DDV 28+208 Poliducto 10" Ø Topolobampo-Guamúchil-Culiacán."

Tabla 15. Resultados analíticos de muestras de suelo (mg/kg).

CLAVE	Fraccion Ligera	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	Xilenos
POZO No. 1, MUESTRA 01, 1.20m	ND	ND	ND	ND	ND
POZO No. 1, MUESTRA 02, 2.40m		0.71	11.05	5.52	30.41
POZO No. 1, MUESTRA 03, 3.60m	ND				
POZO No. 1, MUESTRA 04, 4.80m	ANALISIS FISICOQUIMICOS-MICROBIOLOGICOS				
POZO No. 1, MUESTRA 05, 6.00m		6.39	31.93	8.49	50.15
POZO No. 1, MUESTRA 06, 7.20m	1,994.40				
POZO No. 1, MUESTRA 07, 8.40m		1.61	12.32	10.22	60.56
POZO No. 2, MUESTRA 01, 1.20m	ND	ND	ND	ND	ND
POZO No. 2, MUESTRA 02, 2.40m	ND	ND	0.11	ND	ND
POZO No. 2, MUESTRA 03, 3.60m	144.60				
POZO No. 2, MUESTRA 04, 4.80m	ANALISIS FISICOQUIMICOS-MICROBIOLOGICOS				
POZO No. 2, MUESTRA 05, 6.00m		0.60	0.15	ND	0.16
POZO No. 2, MUESTRA 06, 7.20m	290.30				
POZO No. 2, MUESTRA 02, 2.40m	ND	ND	0.13	ND	ND
POZO No. 1, MUESTRA 08, 9.60m	1,282.90				
POZO No. 2, MUESTRA 07, 8.40m		ND	ND	ND	ND
POZO No. 3, MUESTRA 01, 1.20m	ND	ND	ND	ND	ND
POZO No. 3, MUESTRA 02, 2.40m		0.45	5.29	2.02	18.15
POZO No. 3, MUESTRA 03, 3.60m	272.30				
POZO No. 3, MUESTRA 04, 4.80m	ANALISIS FISICOQUIMICOS-MICROBIOLOGICOS				
POZO No. 3, MUESTRA 05, 6.00m		11.84	86.30	43.79	220.90
POZO No. 3, MUESTRA 06, 7.20m	1,626.00				
POZO No. 3 MUESTRA 07, 8.40m	689.60	2.30	23.59	3.64	22.52
POZO No. 3, MUESTRA 07, 8.40m MD	768.00	2.43	20.45	4.58	26.13
POZO No. 4, MUESTRA 01, 1.20m	ND	ND	ND	ND	ND
POZO No. 4, MUESTRA 02, 2.40m		ND	ND	ND	ND
POZO No. 4, MUESTRA 03, 3.60m	622.50				
POZO No. 4, MUESTRA 04, 4.80m	ANALISIS FISICOQUIMICOS-MICROBIOLOGICOS				
POZO No. 4, MUESTRA 05, 6.00m		4.63	18.06	3.83	20.58
POZO No. 4, MUESTRA 06, 7.20m	6,767.10				
POZO No. 4, MUESTRA 07, 8.40m		0.18	1.70	0.73	4.37
POZO No. 4, MUESTRA 08, 9.60m	2,748.20				

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Anexo V

"Respuesta a oficio No. ASEA/UGI/DGGTA/0016/2016 del 11 de Enero 2016 por Propuesta de Remediación Modalidad A Emergencia Ambiental SEMARNAT 07-035-A del Km del DDV 28+208 Poliducto 10" Ø Topolobampo-Guamúchil-Culiacán."

Anexo VI

"Respuesta a oficio No. ASEA/UGI/DGGTA/0016/2016 del 11 de Enero 2016 por Propuesta de Remediación Modalidad A Emergencia Ambiental SEMARNAT 07-035-A del Km del DDV 28+208 Poliducto 10" Ø Topolobampo-Guamúchil-Culiacán."

El diseño de muestreo fue del tipo dirigido con 4 puntos de muestreo, desde 1.20 m hasta una profundidad máxima de investigación de 9.60 m debido a que mayor profundidad se encontraba un estrato de roca consolidada que impedía la perforación y la migración del contaminante. Por tal motivo, no existió contaminación a ningún cuerpo de agua del sitio que nos ocupa.

Los resultados analíticos por Fracción Ligera y BTEX (el producto derramado fue Gasolina **Px- Magna**), correspondientes al muestreo de suelos que se realizó a profundidades de, 1.20, 2.40, 3.60, 4.80, 6.00, 7.20, 8.40 y 9.60 m.

La Fracción Ligera presenta valores máximos de 1,994.40 mg/kg (**POZO No. 1, MUESTRA 06, 7.20m**); 290.30 mg/kg (**POZO No. 2, MUESTRA 06, 7.20m**); 1,282.90 mg/kg (**POZO No. 1, MUESTRA 08, 9.60m**); 272.30 mg/kg (**POZO No. 3, MUESTRA 03, 3.60m**); 1,626.00 mg/kg (**POZO No. 3, MUESTRA 06, 7.20m**); 689.60 mg/kg (**POZO No. 3, MUESTRA 07, 8.40m MD**); 768.00 mg/kg (**POZO No. 3, MUESTRA 07, 8.40m**); 622.50 mg/kg **(POZO No. 4, MUESTRA 03, 3.60);** 6,767.10 mg/kg **(POZO No. 4, MUESTRA 06, 7.20m);** 2,748.20 mg/kg **(POZO No. 4, MUESTRA 08, 9.60m);** estos valores se encontraron por arriba de los LMP para uso de suelo agrícola que es de 200 mg/kg, de acuerdo a la NOM-SEMARNAT/SSA1-2012, las profundidades de contaminación van desde 1.20 m hasta 9.60 m.

En el grupo de los **BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Xilenos),** presenta valores máximos, por arriba de los niveles permisibles de uso de suelo agrícola de acuerdo a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, en el puntos de muestreo a distintas profundidades, identificados de la siguiente manera: Para **Benceno (6.39 mg/kg POZO No. 1, MUESTRA 05, 6.00m; 11.84 mg/kg POZO No. 3, MUESTRA 05, 6.00m);** Para **Tolueno (86.30 mg/kg POZO No. 3, MUESTRA 05, 6.00m);** Para **Etilbenceno (10.22 mg/kg POZO No. 1, MUESTRA 07, 8.40m; 43.79 mg/kg POZO No. 3, MUESTRA 05, 6.00m);** Para **Xilenos (50.15 mg/kg POZO No. 1, MUESTRA 05, 6.00m; 60.56 mg/kg POZO No. 1, MUESTRA 07, 8.40m; 220.90 mg/kg POZO No. 3, MUESTRA 05, 6.00m);** Por lo tanto se consideran contaminantes de interés en la zona de impacto.

De acuerdo con lo anterior, se calculó el volumen total de suelo contaminado el cual es de 433.35 m3, con una superficie total de afectación de 344.510 m2.

Durante los trabajos de caracterización del presente estudio no se localizaron cuerpos de agua cercanos, que pudieran haber sido afectados. Todo esto apoyado mediante las lecturas de radar como parte del método geofísico y las perforaciones realizadas durante el muestreo del área, sin encontrar ningún manto freático somero. Por tal motivo no fue necesario notificarle a la autoridad ambiental CNA (Comisión Nacional del Agua).

La tecnología que se proponen para ser utilizada en la remediación se definió con base a las características del sitio y el tipo y concentración de hidrocarburos. Se propone que el tratamiento para el suelo impactado se realice mediante extracción de vapores/bioventeo.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Tabla 15. Resultados analíticos de muestras de suelo (mg/kg).

CLAVE	Fraccion Ligera	Bencano	Tolueno	Etilbancano	Xilenos
POZO No. 1, MUESTRA 01, 1.20m	ND	ND	ND	ND	ND
POZO No. 1, MUESTRA 02, 2.40m		0.71	11.05	5.52	30.41
POZO No. 1, MUESTRA 03, 3.60m	ND				
POZO No. 1, MUESTRA 04, 4.80m	ANALISIS FISICOQUIMICOS-MICROBIOLOGICOS				
POZO No. 1, MUESTRA 05, 6.00m		6.39	31.93	8.49	50.15
POZO No. 1, MUESTRA 06, 7.20m	1,994.40				
POZO No. 1, MUESTRA 07, 8.40m		1.61	12.32	10.22	60.56
POZO No. 2, MUESTRA 01, 1.20m	ND	ND	ND	ND	ND
POZO No. 2, MUESTRA 02, 2.40m	ND	ND	0.11	ND	ND
POZO No. 2, MUESTRA 03, 3.60m	144.60				
POZO No. 2, MUESTRA 04, 4.80m	ANALISIS FISICOQUIMICOS-MICROBIOLOGICOS				
POZO No. 2, MUESTRA 05, 6.00m		0.60	0.15	ND	0.16
POZO No. 2, MUESTRA 06, 7.20m	290.30				
POZO No. 2, MUESTRA 02, 2.40m	ND	ND	0.13	ND	ND
POZO No. 1, MUESTRA 08, 9.60m	1,282.90				
POZO No. 2, MUESTRA 07, 8.40m		ND	ND	ND	ND
POZO No. 3, MUESTRA 01, 1.20m	ND	ND	ND	ND	ND
POZO No. 3, MUESTRA 02, 2.40m		0.45	5.29	2.02	18.15
POZO No. 3, MUESTRA 03, 3.60m	272.30				
POZO No. 3, MUESTRA 04, 4.80m	ANALISIS FISICOQUIMICOS-MICROBIOLOGICOS				
POZO No. 3, MUESTRA 05, 6.00m		11.84	86.30	43.79	220.90
POZO No. 3, MUESTRA 06, 7.20m	1,626.00				
POZO No. 3 MUESTRA 07, 8.40m	689.60	2.30	23.59	3.64	22.52
POZO No. 3, MUESTRA 07, 8.40m MD	768.00	2.43	20.45	4.58	26.13
POZO No. 4, MUESTRA 01, 1.20m	ND	ND	ND	ND	ND
POZO No. 4, MUESTRA 02, 2.40m		ND	ND	ND	ND
POZO No. 4, MUESTRA 03, 3.60m	622.50				
POZO No. 4, MUESTRA 04, 4.80m	ANALISIS FISICOQUIMICOS-MICROBIOLOGICOS				
POZO No. 4, MUESTRA 05, 6.00m		4.63	18.06	3.83	20.58
POZO No. 4, MUESTRA 06, 7.20m	6,767.10				
POZO No. 4, MUESTRA 07, 8.40m		0.18	1.70	0.73	4.37
POZO No. 4, MUESTRA 08, 9.60m	2,748.20				

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México. Conm: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Anexo VII

"Respuesta a oficio No. ASEA/UGI/DGGTA/0016/2016 del 11 de Enero 2016 por Propuesta de Remediación Modalidad A Emergencia Ambiental SEMARNAT 07-035-A del Km del DDV 28+208 Poliducto 10" Ø Topolobampo-Guamúchil-Culiacán."

ÁREA CONTAMINADA (ha)	PUNTOS DE MUESTREO
2.0	25
3.0	27
4.0	30
5.0	33
10.0	38
15.0	40
20.0	45
30.0	50
40.0	53
50.0	55
100.0	60

De acuerdo al capitulo 6 de la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 en el punto 6.1 menciona lo siguiente: Los productos asociados a los derrames de hidrocarburos, para los que se establecen límites máximos permisibles de contaminación en suelos, se enlistan en la TABLA 1.

TABLA 1.- Hidrocarburos que deberán analizarse en función del producto contaminante

PRODUCTO CONTAMINANTE	HIDROCARBURO				
	FRACCIÓN PESADA	FRACCIÓN MEDIA	HAP	FRACCIÓN LIGERA	BTEX
Mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo	X	X	X	X	X
Petróleo crudo	X	X	X	X	X
Combustóleo	X				
Parafinas	X		X		
Petrolatos	X		X		
Aceites derivados del petróleo	X		X		
Gasóleo		X	X		
Diesel		X	X		
Turbosina		X	X		
Queroseno		X	X		
Creosota		X	X		
Gasavión				X	X
Gasolvente				X	X
Gasolinas				X	X
Gas nafta				X	X

Los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos se presentan en las tablas 2 y 3.

Anexo VIII

"Respuesta a oficio No. ASEA/UGI/DGGTA/0016/2016 del 11 de Enero 2016 por Propuesta de Remediación Modalidad A Emergencia Ambiental SEMARNAT 07-035-A del Km del DDV 28+208 Poliducto 10" Ø Topolobampo-Guamúchil-Culiacán."

Anexo IX

"Respuesta a oficio No. ASEA/UGI/DGGTA/0016/2016 del 11 de Enero 2016 por Propuesta de Remediación Modalidad A Emergencia Ambiental SEMARNAT 07-035-A del Km del DDV 28+208 Poliducto 10" Ø Topolobampo-Guamúchil-Culiacán."

INDICE

1. RESUMEN EJECUTIVO. 1
2. INTRODUCCION. 4
2.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO. 4
2.2 ANTECEDENTES. 5
2.3 ALCANCES Y OBJETIVOS. 7
3. MEDIO FISICO. 8
3.1 CLIMA. 8
3.2 TIPO DE SUELO. 10
3.3 USO ACTUAL Y POTENCIAL DEL SUELO. 11
3.4 FISIOGRAFÍA. 12
3.5 HIDROGRAFÍA. 13
3.6 HIDROGEOLOGIA REGIONAL. 14
3.7 CENSO DE POZOS Y NORIAS. 16
3.8 GEOLOGÍA REGIONAL. 18
3.9 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL. 21
3.10 DETERMINACIÓN DE PARAMETROS HIDRAULICOS. 22
4 METODOLOGIA DE TRABAJOS DE CAMPO. 29
4.1 GEOFISICA. 29
4.2 GASOMETRIA. 35
4.3 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO. 35
4.3.1 LEVANTAMIENTO CON ESTACIÓN TOTAL. 38
4.4 MUESTREO DE SUELO Y SUBSUELO. 39
4.4.1 DISEÑO, PERFORACION Y MUESTREO DE SUELO 39
4.4.2 ENVASADO Y ETIQUETADO Y PRESERVACION DE LAS MUESTRAS. 42
4.5 METODOLOGIA DE ANALISIS QUMICOS 44
4.5.1 CONTAMINANTES DERIVADOS DE HIDROCARBUROS. 44
4.6 METODOLOGÍA DE MANEJO, ANÁLISIS Y REPRESENTACIÓN DE INFORMACIÓN. 45
4.6.1 SELECION DE FUENTES DE INFORMACION. 45
4.6.2 OBTENCION DE DATOS. 46
4.6.3 DEPURACION, ESTANDARIZACION Y ORDENAMIENTO DE LA INFORMACION. 47

4.6.4 CREACION DE TABLAS..... 47
4.6.5 MANEJO Y REPRESENTACION DE DATOS..... 48
4.6.6 CREACION DE PLANOS..... 48
5 INTERPRETACION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS..... 50
5.1 GEOFISICA..... 50
5.2 GASOMETRIA..... 59
5.3 ESTATIGRAFIA LOCAL..... 61
5.4 RESULTADOS ANALITICOS..... 62
5.4.1 FRACCION LIGERA..... 65
5.4.2 BTEX..... 65
5.4.3 RESULTADOS DE PARAMETROS FISICOS EN SUELO..... 65
6 POLIGONO DE CONTAMINACION Y BALANCE DE MASA..... 67
7 CONCLUSIONES..... 68
8 PROPUESTA DE REMEDIACION..... 70
9 BIBLIOGRAFIA..... 84

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del Polígono de Estudio. 4
Figura 2. Localización del derrame Km 28+208 del Poliducto de 10"Ø del D.D.V. Topolobampo-Guamúchil-Culiacán. 5
Figura 4. Climatológica de la zona de estudio. 8
Figura 5. Parámetros climáticos. 9
Figura 6. Gráfico de superficies de uso de suelo. 11
Figura 7. Regiones hidrológicas. 13
Figura 8. Regiones hidrológicas.- Ríos, Presas y Lagunas. 15
Figura 9. Pozos aledaños al Sitio Afectado km 28+208. 16
Figura 10. Geología General del Sitio. 18
Figura 11.- Tabla estratigráfica de la porción sur y norte de Sinaloa. 20
Figura 12.- Esquema del método del pozo invertido. 24
Figura 13.- Punto estratégico del área afectada para realizar la prueba de conductividad hidráulica. 25
Figura 14.- Suministro de agua para determinar la conductividad del suelo. 25
Figura 15.- Medición y tiempo en el punto donde se determinó la conductividad hidráulica. 26

Figura 16.- Medición de la conductividad hidráulica, capacidad de saturación del sitio afectado. 26
Figura 17. Esquema gráfico de funcionamiento del Georadar. 30
Figura 18. Diagrama de bloques de los componentes principales del radar. 32
Figura 19. División de Zonas. 36
Figura 20. Configuración de Datum en DGPS 37
Figura 21. Ubicación de puntos de control (Modalidad estático o fijo). 38
Figura 22. Levantamiento del sitio afectado con ayuda de Estación Total y Prisma. 39
Figura 23. Puntos de muestreo de suelo. 40
Figura 24. Equipo de perforación rotatorio apoyado mediante compresor de aire. 41
Figura 25. Toma de muestra por parte de laboratorio de nucleador extraído de la perforación. 42
Figura 26. Etiquetado, envasado y registro de las muestras en cadena de custodia para su análisis. 43
Figura 27. Estructura típica de un Georadar 52
Figura 28. Polígono correspondiente a las primeras lecturas de ppm en la zona de estudio. 60
Figura 29. Ubicación de los puntos de muestreo sistemático de suelo en la zona de estudio. 63
Figura 30. Porcentajes del tipo de material textural en muestras de suelo. 66
Figura 31.- Configuración de pozos a 6.00 m de equidistancia. 73
Figura 32.- Configuración de pozos a 5.30 m de equidistancia. 73
Figura 33- Diagrama de ademe de pozos. 75
Figura 34.- Diagrama de recuperación de hidrocarburos en fase libre. 76
Figura 35- diagrama de interconexión de pozos de extracción/inyección. 77
Figura 36- Diagrama general sistema de extracción de vapores con inyección de aire. 79
Figura 36- Diagrama general del proceso de Biorremediacion In Situ. 81

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tablas de coordenadas que delimitan el Polígono de Estudio. 4
Tabla 2. Tabla de Tipos de Suelo. 10
Tabla 3. Tabla Fisiografía del lugar donde se encuentra la zona de estudio. 12
Tabla 4. Tabla Los 11 grandes ríos de Sinaloa. 14
Tabla 5. Tabla de las Eras Geológicas del Estado de Sinaloa. 19
Tabla 6. Resultados, toma de datos a tiempo definido (30min): 27
Tabla 7. Antenas por uso y profundidad de penetración 31
Tabla 8. Descripción de cada uno de los componentes del radar. 33

Tabla 9. Descripción de los métodos analíticos. 44
Tabla 11. Frecuencias y alcances de cada una de las antenas utilizadas con en conjunto con el Georadar. 52
Tabla 12. Espesores promedio del sondeo con coordenadas. 57
Tabla 13. Resultados analíticos para lecturas de COV´s realizados en la zona de estudio. 60
Tabla 14. Valores de los límites máximos permisibles por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012. 62
Tabla 15. Resultados analíticos de muestras de suelo (mg/kg). 64
Tabla 16. Resultados de parámetros fisicoquímicos en muestras de suelo. 66
Tabla 17. Polígonos de fase residual. 67

INDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1: Comportamiento de la absorción del agua con respecto al tiempo (metodología del pozo invertido). 28

ANEXOS

ANEXO I. PLANOS.

ANEXO II. ACREDITACIONES Y APROBACIONES.

ANEXO III. REPORTES ANALITICOS.

ANEXO IV. PROGRAMA DE ACTIVIDADES CALENDARIZADO PROPUESTO PARA EL DESARROLLO DE LOS TRABAJOS RELACIONADOS CON LA REMEDIACION.

ANEXO V. MEMORIA FOTOGRAFICA DEL SITIO.

ANEXO VI. MEMORIA FOTOGRAFICA DE LOS TRABAJOS EFECTUADOS.

ANEXO VII. PLAN DE MUESTREO PARA VERIFICACION DE AVANCES DE REMEDIACIÓN.

ANEXO VIII. PLAN DE MUESTREO FINAL COMPROBATORIO.

1. RESUMEN EJECUTIVO.

Dentro de las actividades operativas de PEMEX Refinación, se encuentra el Transporte y Distribución de Hidrocarburos por Ducto. En el desarrollo de estas actividades ocurren afectaciones de sitios a causa de la disposición inadecuada de residuos o bien por el derrame al suelo y/o agua de los productos que se manejan; esto, a causa de fugas por corrosión, por incidentes durante las operaciones y muchos de estos derrames, ocasionados por tomas clandestinas descontroladas en el sistema de transportación por ducto.

El 24 de abril de 2011, personal de Pemex Refinación detecto la existencia de hidrocarburo en una Toma Clandestina Descontrolada Km. 28+208, Pol. 10"Ø Topolobampo-Guamúchil-Culiacán., perteneciente al municipio de Ahome, Sin.

Con relación a lo anterior, la Gerencia de Transporte por Ducto solicitó a la Gerencia de Protección Ambiental de PEMEX Refinación, con domicilio en Av. Marina Nacional No. 329, Torre Ejecutiva Piso 40, Col. Petróleos Mexicanos, Delegación Miguel Hidalgo, México, D.F, C.P. 11311; la gestión para realizar los estudios de caracterización ambiental, para establecer la actual presencia de impacto en el sitio, y con base a ello proponer actividades de remediación adicionales o proseguir con los trámites para la liberación del sitio ante las autoridades ambientales.

El presente estudio consiste en la "Caracterización ambiental de suelo en el km 28+208 del Poliducto de 10"Ø del D.D.V. Topolobampo-Guamúchil-Culiacán, perteneciente al municipio de Ahome, Sinaloa"; realizado por la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Su objetivo consistió en realizar la caracterización ambiental de suelos, con base a la normatividad aplicable para hidrocarburos, para en su caso estimar volúmenes de material impactado y determinar los alcances de una remediación, así como definir de manera objetiva y con el fundamento técnico necesario, la afectación real de los medios ambientales o la ausencia de la misma.

Para ello se llevaron a cabo métodos indirectos de Georadar, Gasometría como apoyo para delimitar la zona de estudio para la caracterización, así como un muestreo de suelo como método directo para para determinar la distribución horizontal y vertical de los potenciales contaminantes en el área afectada.

El primer método indirecto se realizó con el Radar de penetración de suelos (GPR) se realizó un barrido a manera de cubrir el área de estudio, para la obtención de información suficiente en la delimitación de la superficie impactada de forma horizontal. También se obtuvo información de apoyo para la identificación de los estratos, así como la profundidad estimada a la que la pluma del contaminante pudo penetrar.

De acuerdo a la información recabada se pueden mencionar 2 unidades en la composición de los estratos presentes en el área de estudio.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Dadas las lecturas tomadas en el sitio con el equipo de georadar en el KM 28+208 DEL DDV DEL POLIDUCTO DE 10" Ø TOPOLOBAMPO-GUAMUCHIL-CULIACAN, EN EL MUNICIPIO DE AHOME SIN. Los radargramas se muestran de forma paralela y perpendicular al ducto, dentro del área de estudio, estas son una selección de las 9 líneas de levantamiento de radar, que se tomaron en el área, los cuales brindaron una perspectiva de las características del sitio.

En las Líneas 4 y 8 mostraron 2 radargramas de forma paralela y perpendicular al ducto, dentro del área de estudio, estas son una selección de las 9 líneas de levantamiento de radar, que se tomaron en el área, las cuales brindaron una perspectiva de las características del sitio.

Los radargramas correspondientes a la Línea 4 y Línea 8 se corrieron en dirección sur-norte y este-oeste respectivamente. Los radargramas obtenidos en el área, no mostraron anomalías significativas en sus trazas, que nos pudieran brindar información sobre la posible presencia de hidrocarburos.

Otro de los métodos indirectos que se realizó en la zona de estudio para la caracterización del sitio fue un estudio de gasometrías, una herramienta para determinar la probable distribución de la mancha de contaminación, en donde se realizaron 10 puntos a 0.50 m de profundidad para las lecturas de Compuestos Orgánicos Volátiles.

El estudio de gasometrías, otro de los métodos indirectos para determinar la probable distribución de la mancha de contaminación, en donde se realizaron 10 puntos a 0.50 m de profundidad para las lecturas de Compuestos Orgánicos Volátiles dieron como resultado 0.00 ppm de los 10 puntos; este método indirecto se realizó con el fin de apoyar para una mejor idea del posible impacto en el sitio y haber propuesto un polígono de estudio más representativo.

Con los métodos indirectos de Georadar y Gasometrías se definieron y ajustaron los polígonos de muestreo.

Las concentraciones encontradas variaron entre 0 y 40 ppm.de los 10 puntos, presentaron las lecturas nos indicaron bajas concentraciones en partes por millón de hidrocarburo, apoyando para una mejor idea del posible impacto en el sitio y haber propuesto un polígono de estudio más representativo.

Con los métodos indirectos de Georadar y Gasometrías se definieron y ajustaron los polígonos de muestreo.

En el área de estudio se definieron 2 unidades estratigráficas principales: a) Unidad 1 de 0.00 hasta 3.60 m de profundidad (Arenas tipo granular, arcillo-arena), b) Unidad 2 de 3.60 a 4.80 m de profundidad (arenas finas, con pequeñas intercalaciones de cristales cuarcíferos).

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012

Las cuales coinciden con el método indirecto utilizado en el área de estudio (Georadar). El diseño de muestreo fue del tipo dirigido con 10 puntos de muestreo, desde 1.20 m hasta una profundidad máxima de investigación de 9.60 m debido a que mayor profundidad se encontraba un estrato de roca consolidada que impedía la perforación y la migración del contaminante.

La NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 establece que para áreas de 0.1 ha (454.842 m2) se requieren de 4 puntos de muestreo para caracterización de suelos, por lo que la densidad de muestreo establecida cumple satisfactoriamente con este criterio.

La densidad del muestreo permitió tener un análisis geoestadístico a mayor detalle que permite en su caso garantizar un mayor nivel de confianza en los datos obtenidos.

Los resultados analíticos por Fracción Ligera y BTEX (el producto derramado fue Gasolina **Px- Magna**), correspondientes al muestreo de suelos que se realizó a profundidades de, 1.20, 2.40, 3.40, 4.80, 6.00, 7.20, 8.40 y 9.60 m.

La Fracción Ligera presenta valores máximos de 1,994.40 mg/kg (**POZO No. 1, MUESTRA 06, 7.20m**); 290.30 mg/kg (**POZO No. 2, MUESTRA 06, 7.20m**); 1,282.90 mg/kg (**POZO No. 1, MUESTRA 08, 9.60m**); 272.30 mg/kg (**POZO No. 3, MUESTRA 03, 3.60m**); 1,626.00 mg/kg (**POZO No. 3, MUESTRA 06, 7.20m**); 689.60 mg/kg (**POZO No. 3, MUESTRA 07, 8.40m**); 768.00 mg/kg (**POZO No. 3, MUESTRA 07, 8.40m**); 622.50 mg/kg **(POZO No. 4, MUESTRA 03, 3.60);** 6,767.10 mg/kg **(POZO No. 4, MUESTRA 06, 7.20m);** 2,748.20 mg/kg **(POZO No. 4, MUESTRA 08, 9.60m);** estos valores se encontraron por arriba de los LMP para uso de suelo agrícola que es de 200 mg/kg, de acuerdo a la NOM-SEMARNAT/SSA1-2012, las profundidades de contaminación van desde 1.20 m hasta 9.60 m.

En el grupo de los **BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Xilenos),** presenta valores máximos, por arriba de los niveles permisibles de uso de suelo agrícola de acuerdo a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, en el puntos de muestreo a distintas profundidades, identificados de la siguiente manera: Para **Benceno (6.39 mg/kg POZO No. 1, MUESTRA 05, 6.00m; 11.84 mg/kg POZO No. 3, MUESTRA 05, 6.00m);** Para **Tolueno (86.30 mg/kg POZO No. 3, MUESTRA 05, 6.00m);** Para **Etilbenceno (10.22 mg/kg POZO No. 1, MUESTRA 07, 8.40m; 43.79 mg/kg POZO No. 3, MUESTRA 05, 6.00m);** Para **Xilenos (50.15 mg/kg POZO No. 1, MUESTRA 05, 6.00m; 60.56 mg/kg POZO No. 1, MUESTRA 07, 8.40m; 220.90 mg/kg POZO No. 3, MUESTRA 05, 6.00m);** Por lo tanto se consideran contaminantes de interés en la zona de impacto.

De acuerdo con lo anterior, se calculó el volumen total de suelo contaminado el cual es de 433.35 m3, con una superficie total de afectación de 344.510 m2.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Reconocimiento con Rigor
CACEI Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, A.C.
CIEES
TUV SUD México
Visión 2012

2. INTRODUCCION.

2.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

La zona de estudio se encuentra a una altitud de 16 msnm con coordenadas UTM, donde X: 712,202.1670, Y: 2, 850,159.8570; localizado en el derecho de vía (DDV) km 28+208 del Poliducto de 10"Ø, Topolobampo-Guamúchil-Culiacán, Sector Ductos Topolobampo, perteneciente al municipio de Ahome, Sinaloa (Figura 2).

La contingencia se originó por una Toma Clandestina Descontrolada, el 24 de Abril de 2011 (Figura 2).

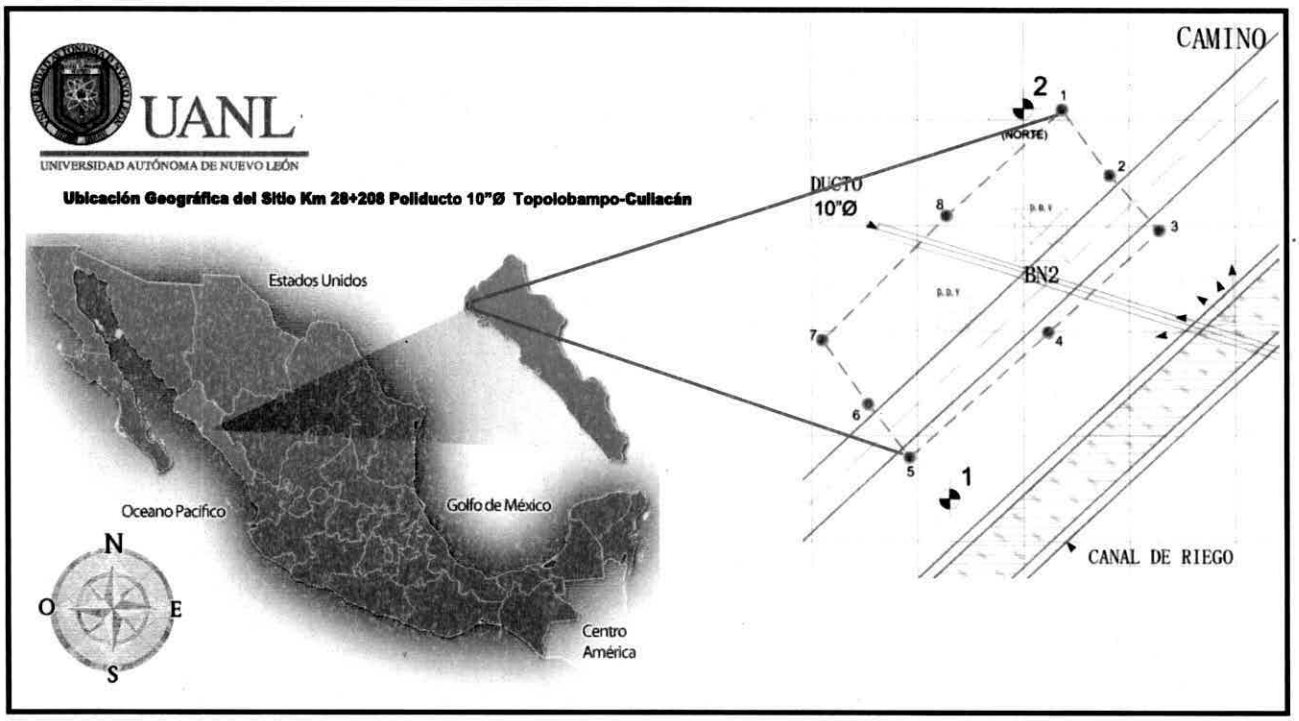


Figura 1. Localización del Polígono de Estudio.

Tabla 1. Tablas de coordenadas que delimitan el Polígono de Estudio.

PUNTO	COORDENADAS	
	X	Y
1	712,203.7210	2,850,170.9420
2	712,208.1930	2,850,164.7370
3	712,212.8850	2,850,159.5280
4	712,202.3890	2,850,149.8890
5	712,189.2660	2,850,137.9200
6	712,185.3330	2,850,143.0150
7	712,181.0320	2,850,149.1290
8	712,192.7810	2,850,160.9080

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012

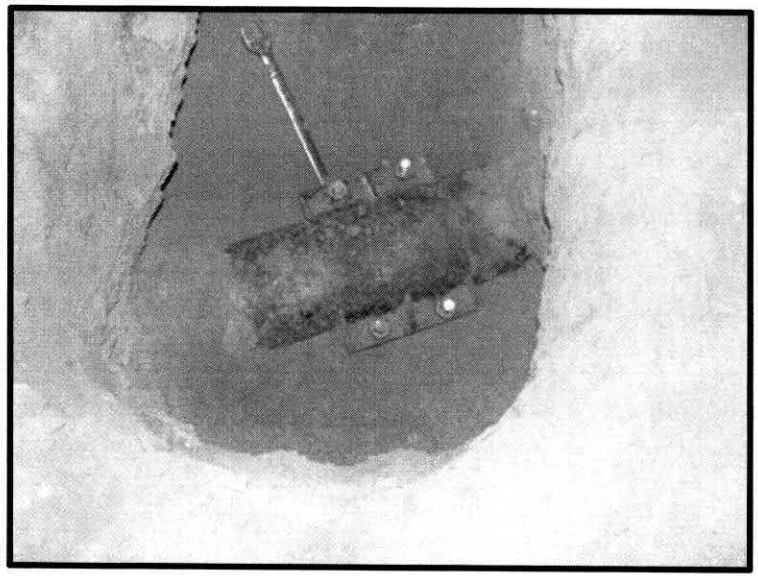


Figura 2. Localización del derrame Km 28+208 del Poliducto de 10"Ø del D.D.V. Topolobampo-Guamúchil-Culiacán.

2.2 ANTECEDENTES.

El 24 de abril de 2011 siendo las 16:42 hrs, se presentó un derrame de hidrocarburo por toma clandestina descontrolada en el Km 28+208 del DDV Poliducto 10"Ø Topolobampo-Culiacán, perteneciente al municipio de Ahome, Sinaloa.

Se realizaron trabajos por parte del personal de Pemex Refinación Sector Ductos Topolobampo, para el control de la emergencia, en el sitio se derramo aproximadamente un volumen de 795.00 lt de producto (Gasolina Px-Magna); fue imposible realizar trabajos de recuperación de producto en el sitio ya que parte del mismo fue absorbido por el subsuelo, solo se eliminó y reparo la toma clandestina.

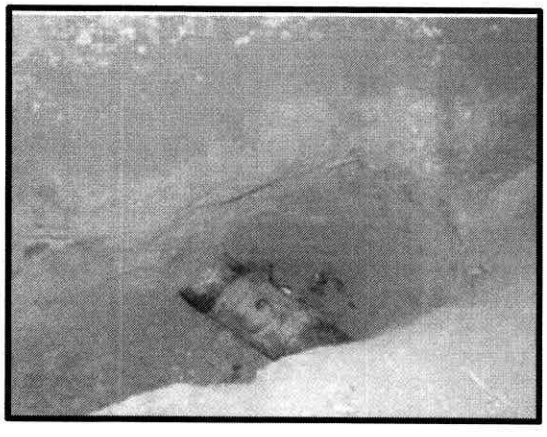


Figura 3. Localización, eliminación y reparación de Toma Clandestina Descontrolada Km 28+208 del Poliducto de 10"Ø del D.D.V. Topolobampo-Guamúchil-Culiacán.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México. Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, A.C.
CIEES
TUV SUD México
Visión 2012

Durante los trabajos de caracterización del presente estudio no se localizaron cuerpos de agua cercanos, que pudieran haber sido afectados. Todo esto apoyado mediante las lecturas de radar como parte del método geofísico y las perforaciones realizadas durante el muestreo del área, sin encontrar ningún manto freático somero. Por tal motivo no fue necesario notificarle a la autoridad ambiental CNA (Comisión Nacional del Agua).

Con relación a lo anterior, la Gerencia de Transporte por Ducto solicitó a la Gerencia de Protección Ambiental de PEMEX Refinación, con domicilio en Av. Marina Nacional No. 329, Torre Ejecutiva Piso 40, Col. Petróleos Mexicanos, Delegación Miguel Hidalgo, México, D.F, C.P. 11311; la gestión para realizar los estudios de caracterización ambiental, para establecer la actual presencia de impacto en el sitio, y con base a ello proponer actividades de remediación adicionales o proseguir con los trámites para la liberación del sitio ante las autoridades ambientales.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión

CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.

CIEES

TUV SUD México

Visión 2012

2.3 ALCANCES Y OBJETIVOS.

Con base en los antecedentes previamente expuestos, y para generar más información sobre el sitio en cuestión, se propuso un estudio de caracterización ambiental para poder valorar de manera integral las condiciones ambientales actuales del sitio y así determinar los siguientes objetivos:

- Si existe o no afectación (fase residual) en suelo superficial y subsuelo en la zona del incidente, con base a la normatividad aplicable para hidrocarburos.
- Definir de manera objetiva y con el fundamento técnico necesario, la afectación de los medios ambientales o la ausencia de la misma y definir si las concentraciones presentes sobrepasan o no los valores normativos aplicables.
- De ser necesario, estimar volúmenes de material impactado y la mejor alternativa de remediación aplicable.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012

3. MEDIO FISICO.

3.1 CLIMA.

Nuestra zona de estudio se localiza en la región más septentrional del estado a los 108°46' 00" y 109°27'00" de longitud oeste del Meridiano de Greenwich y entre los paralelos 25°33'50" y 26°21'15" de latitud norte. Limita al norte con el Golfo de California y el estado de Sonora; limita al poniente y al sur con el Golfo de California y al oriente con los municipios de Guasave y El Fuerte. Se encuentra localizado a 10 metros sobre el nivel del mar.

Predomina el clima seco cálido apenas modificado por precipitaciones pluviales, en verano en un territorio de 4,240 km2 que representa el 97.66% de la superficie total del municipio y seco muy cálido con lluvias en verano en 101.6 km2 que representa el 2,42%.

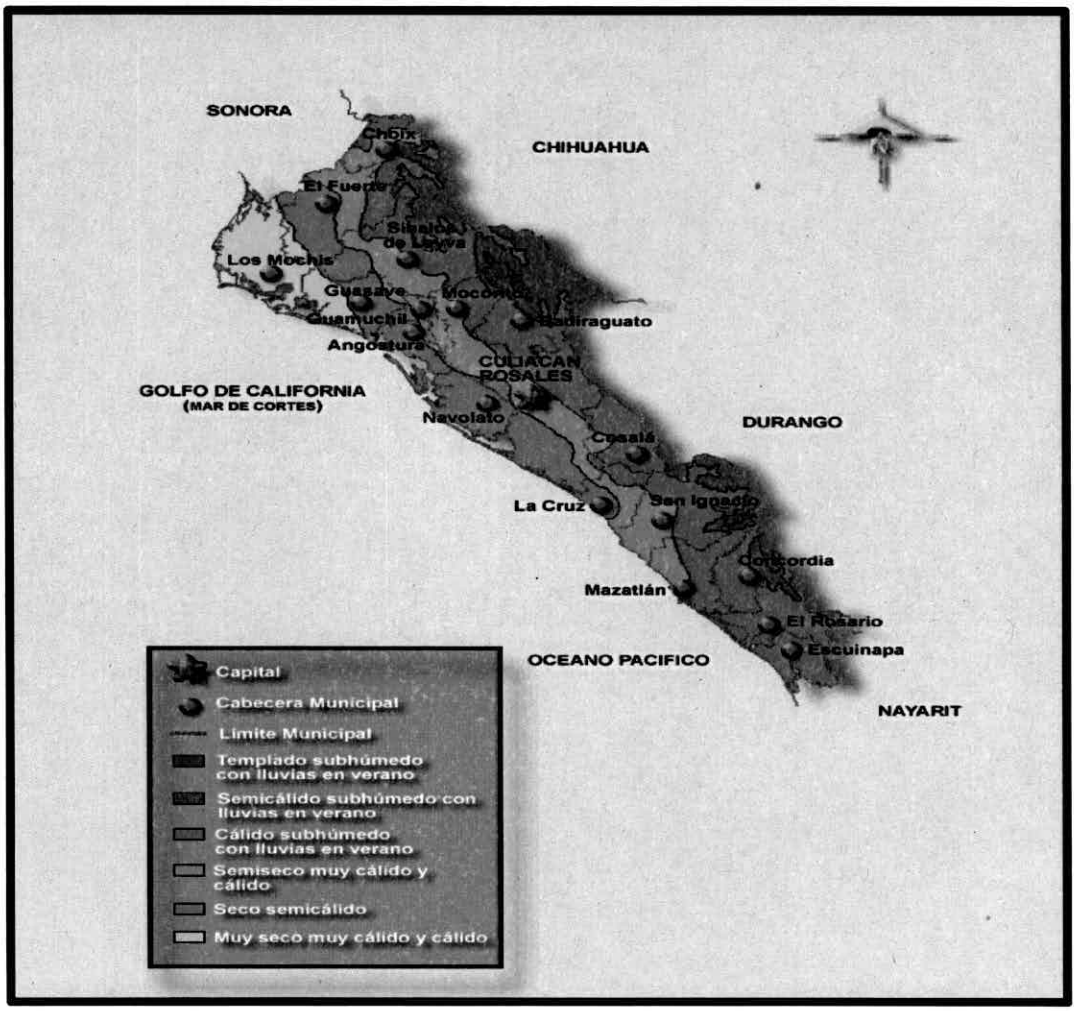


Figura 4. Climatológica de la zona de estudio.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012

Estudios establecieron una temperatura media anual de 33°C. Los últimos 28 años registran una temperatura mínima de 5°C y una máxima de 43°C, siendo los meses más calurosos de julio a octubre y las temperaturas más bajas registradas de noviembre a febrero.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura máxima absoluta (°C)	38	38.5	40	40	43	44	45	47.5	48	43	40	36	48
Temperatura máxima media (°C)	26.1	27.7	29.7	32.5	35.2	37.1	37.6	37.5	36.7	35.3	30.7	26.5	32.7
Temperatura media (°C)	18.9	19.9	21.5	24	26.8	30.1	31.5	31.3	30.7	26.4	23.4	19.5	25.5
Temperatura mínima media (°C)	11.7	12.1	13.3	15.5	18.4	23.1	25.4	25.2	24.7	21.6	16.1	12.6	18.3
Temperatura mínima absoluta (°C)	2.5	-2	6	9	11	13	20	16	11	12	7	4	2.5
Precipitación total (mm)	15	8	3	0	1	6	48	89	90	34	18	19	331
Humedad relativa (%)	64	61	57	54	55	60	70	76	77	69	65	67	64.6

Figura 5. Parámetros climáticos.

PRECIPITACIÓN PLUVIAL.

Típicamente, debido al clima seco de la región, en la mayor parte del año hay ausencia de lluvias, la presencia de estas ocurre principalmente entre los meses de julio y octubre, en los que ocasionalmente hay formación de tormentas y huracanes de gran intensidad, como parte de los fenómenos de los fenómenos estacionales.

A excepción de las precipitaciones provocadas por estos fenómenos, el promedio de lluvia anual se mantiene bajo; no obstante, cabe mencionar que en los registros de los últimos años se produjeron inundaciones que afectaron a gran parte, con una precipitación anual total de 620.5 mm, y la más actual de 584mm, superando la precipitación total media anual de 357.7mm.

Los vientos dominantes que inciden a lo largo del año varían de poniente 240° a 270° en dirección dominante al sureste y una transición entre 5 y 14 nudos (10-25 km/h).

Existe una humedad relativa promedio del 65 al 75%.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012

3.2 TIPO DE SUELO.

Los suelos se pueden clasificar en su mayoría dentro de los Castañozem Cálcicos (con acumulaciones importantes de yeso o cal), con una textura calificada de gruesa (mayor de 35% de arena) y con profundidad superior a los 14 cm.

Los suelos dominantes son: 1,284.3km² que corresponde al 28.75% de la superficie se compone de vertisol crómico; 1,078.1 km² que corresponden al 24.83% está compuesto por solonchak órtico; 809.8km² que representan el 18.65% se compone de xerosol háplico y 667.3km² que representa el 15.37% se compone de regosol eútrico, en menores porcentajes se encuentra litosol con 5.79% (251.1km²), yermosol háplico con 1.87%(81.2km²), y fluvisol eútrico con 1.07% (46.5km²).

Tabla 2. Tabla de Tipos de Suelo.

UNIDAD	SUBUNIDAD	CLASE TEXTURAL	% DE LA SUPERFICIE ESTATAL
Cambisol	Crómico	Media	5.25
	Éutrico	Media	5.25
Rendzina	NA	Media	0.14
Feozem	Háplico	Media	16.01
Litosol	NA	Media, fina	17.22
Fluvisol	Éutrico	Gruesa	0.78
Luvisol	Crómico	Gruesa, media, fina	3.32
Regosol	Éutrico	Gruesa, media	21.87
Vertisol	Crómico	Media, fina	18.91
	Pélico	Fina	1.24
Xerosol	Háplico	Media	2.34
Solonchak	Gléyico	Fina	0.62
	órtico	Gruesa, media, fina	7.05

Se compone principalmente por aquellos de tipo Vertisol, el cual es muy arcilloso en cualquier capa a menos de 50 cm de profundidad y en épocas secas tiende a agrietarse, efecto mitigable con riego artificial; sin embargo un exceso de agua también tiende a agrietarlos, debido a la alternancia entre el hinchamiento y la concentración de las arcillas.

Estas contracciones pueden llegar a afectar seriamente construcciones y redes de infraestructura.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TUV SUD México
Visión 2012

3.3 USO ACTUAL Y POTENCIAL DEL SUELO.

La superficie municipal esta denominada por coberturas asociadas a actividades económicas (agricultura, camaronicultura, asentamientos humanos) en más del 55% del área total del territorio (incluyendo bahías, lagunas y otros cuerpos de agua) y aproximadamente 3,039km² que representan el 70 % si solamente se toma en cuenta la superficie terrestre. Existe un componente importante de áreas naturales susceptibles de conservación y manejo (bahías, esteros, manglar y selva) que representan alrededor del 40 % del área total del municipio.

El uso del suelo se destina en un 60.49% (aprox. 2,626 km²) de su territorio para el uso agricultura, el 2.15% (aprox. 93km²) destinado a zonas urbanas, en el 22.29% (aprox.967 km²) se ubican matorrales y el 14.37% (aprox. 623 km²) no tiene asignado un uso particular siendo principalmente zonas inundables. Específicamente el uso del suelo del sitio afectado donde se realizó el estudio de caracterización es agrícola.

Existe una serie de factores que determinan el tipo de vegetación entre los que se encuentran topografía, altitud, suelo y clima. Esto da origen a una diversidad de coberturas vegetales las cuales después son aprovechadas o remplazadas para un uso posterior del ser humano.

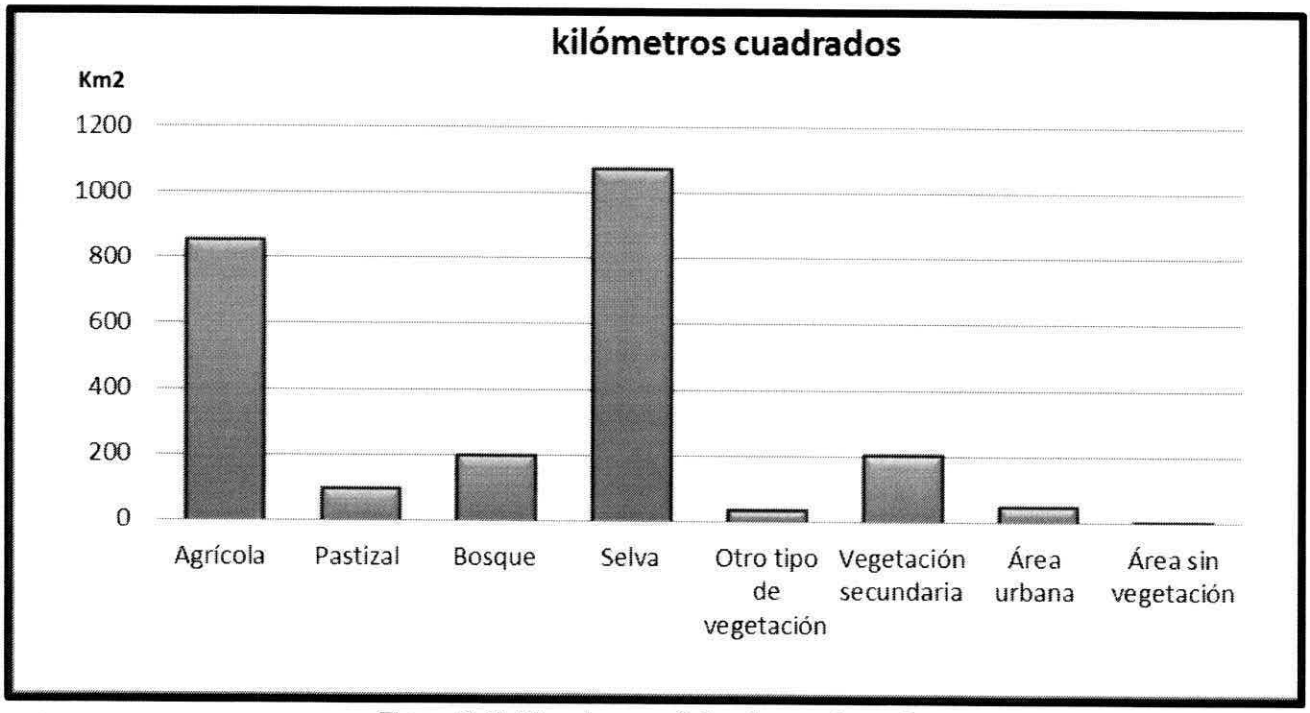


Figura 6. Gráfico de superficies de uso de suelo.

La zona periférica a la zona urbana se tiene un uso de suelo agrícola de temporal, vegetación secundaria y selva baja caducifolia.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

CARACTERÍSTICAS DE USO DE SUELO DE LA REGIÓN:

La selva baja caducifolia, estas formaciones vegetales de origen tropical y árido, se caracteriza porque más del 75% de las especies que la integran pierden sus hojas durante la época seca del año.

La selva espinosa, son comunidades vegetales que son localizadas en climas secos y que están constituidas principalmente por plantas espinosas y leguminosas, que se ubican en las zonas áridas.

Pastizal cultivado, son los introducidos intencionalmente, son pastos nativos de diferentes parte como Digitaria decumbens (Zacate Pangola), Pennisetum ciliaris (Zacate Bufel), Panicum máximum (Zacate Guinea o Privilegio), Panicum purpurascens (Zacate Pará).

3.4 FISIOGRAFÍA.

Se ubica en la provincia fisiográfica Llanura Costera del pacifico que se caracteriza por un predominio de planicies de pendientes suaves que descienden hacia la costa del Golfo de California. Con una subprovincia fisiográfica Llanura costera y delta de Sonora y Sinaloa cuyas características distintivas son la asociación de llanuras con ciénagas, zonas salinas, dunas playas y/o barras de arena.

Existe la presencia de los valles agrícolas, además de la presencia de sierras secundarias de escasa elevación, como la sierra de Barobampo con 520 metros de altitud, en el sur se encuentra la pequeña serranía de Navachiste (De este a oeste), que forman las bahías de Topolobampo.

Tabla 3. Tabla Fisiografía del lugar donde se encuentra la zona de estudio.

Provincia	**Llanura Costera del Pacífico (63.59%), Sierra Madre Occidental (36.41%)**
Subprovincia	**Llanura Costera de Mazatlán (63.59%), Mesetas y Cañadas del Sur (21,24%), Pie de la Sierra (15.27%).**
Sistema de topoformas	**Llanura costera con lomeríos y piso rocoso o cementado (62.96%). Sierra alta con cañadas (20.96%), Lomerío con valles (12.36%), Sierra baja con lomeríos (2.73%), Cañón típico (0.18%), Llanura de barreras inundables (0.14%) y no aplicable (9.67%).**

La zona de estudio se localiza en la llanura costera del Pacífico, esta se extiende por toda la franja costera sobre tres sus provincias, de norte a sur respectivamente:

Llanura Costera y Delta de Sonora y Sinaloa, Llanura Costera de Mazatlán, y finalmente, Delta del Río Grande de Santiago.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012

La llanura Costera del Pacifico, está constituida por una llanura costera angosta y alargada cubierta por aluviones depósitos por los ríos que baja al mar desde la Sierra Madre Occidental, estos formados por la delta en los litorales, río Yaqui, fuerte, Grande de Santiago y San Blas.

3.5 HIDROGRAFÍA.

El río Fuerte es uno de los más importantes recursos hidrológicos de la vertiente del Pacífico Norte; su origen se localiza en la Sierra Tarahumara y penetra al municipio por su parte oriental recorriéndolo de noroeste a sudoeste, desde San Miguel Zapotitlán pasando por Higuera de Zaragoza para desembocar en el Golfo de California. Su área de cuenca, estimada por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, es de 33 mil 590 kilómetros cuadrados y escurre un volumen de agua promedio de 4,838 millones de metros cúbicos.

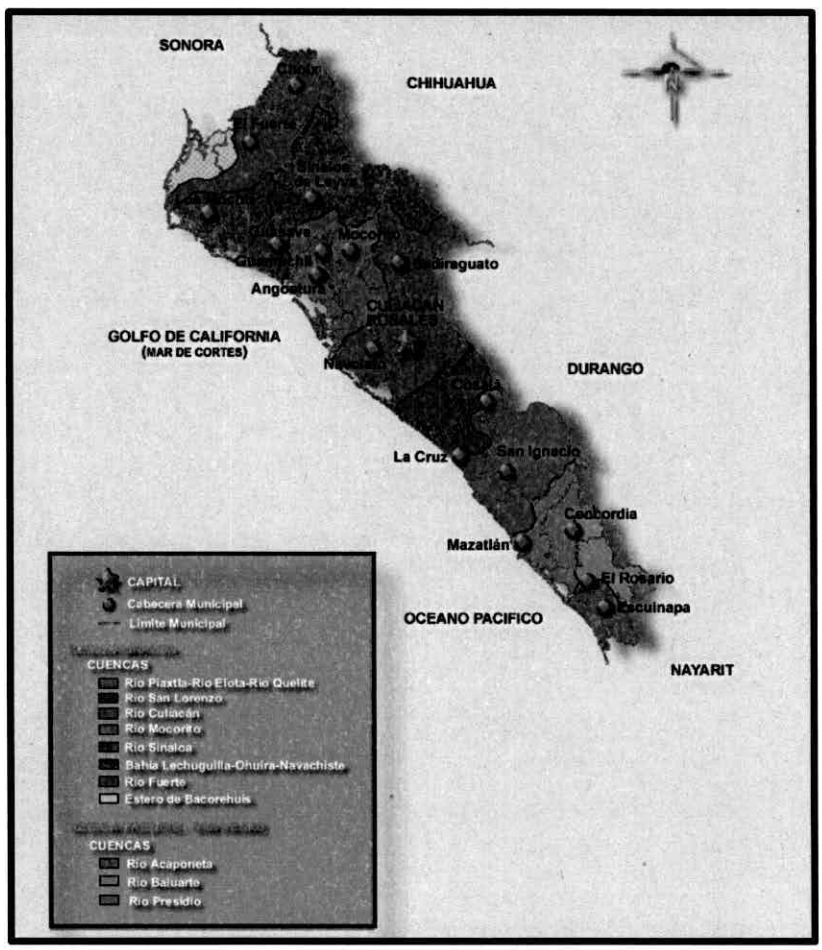


Figura 7. Regiones hidrológicas.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Varias corrientes importantes de la Sierra Madre Occidental, en el estado de Chihuahua, contribuyen para formar el Río Fuerte: entre ellas están las de Urique, Batopilas, Tenoriba y Baborigame.

Una más de ellas, la del Río Guerachi-Verde, que nace en el municipio chihuahuense de Guadalupe y Calvo, corre por el fondo de la Barranca Sinforosa y posteriormente cambia al nombre de El Fuerte; ésta penetra en el estado de Sinaloa antes de recibir a la derecha al Río Chínipas, donde ahora está la presa Luis Donaldo Colosio Murrieta.

Más abajo, el Río Fuerte llena la presa Miguel Hidalgo. Después pasa por la población que le da nombre: El Fuerte, y al norte de los Mochis recorre el extenso Distrito de Riego del Norte de Sinaloa, hasta formar un amplio delta en su desembocadura en el Golfo de California. Su área de cuenca, estimada por la secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, es de 33,590 km² y escurre un volumen de agua promedio de 4,838 millones de m³.

3.6 HIDROGEOLOGIA REGIONAL.

El sistema de drenaje en el área de estudio pertenece a la vertiente del Océano Pacífico. Sinaloa cuenta con una buena fuente hidrográfica compuesta por 11 ríos e infinidad de arroyos, en la mayoría de los ríos existen presas y represas que son las fuentes principales del abasto de agua para el cultivo y como acuíferos para sostenimiento de bebederos para ganado. En la parte oriental del estado de Sinaloa el sistema fluvial es juvenil, pasando por un estado de madurez en su porción centro, para llegar a su etapa de senectud en la Planicie Costera del Pacífico.

Tabla 4. Tabla Los 11 grandes ríos de Sinaloa.

Río	Longitud (Km)	Municipios	Presa	(Capacidad Mill m³)
Río Fuerte	670	Choix, El Fuerte y Ahome	Presa El Mahone	3.038
			Presa Josefa Ortiz	520
			Presa Huites	4.568
Río Sinaloa	420	Sinaloa y Guasave	Presa Bacurato	1.86
			Presa Guillermo Blake (El Sabinal)	300
Río Mocorito	108	Mocorito, Salv. Alv.y Angostura	Presa Eustaquio Buelna	151
Río Humaya	280	Badiraguato,Culiacán y Navolato	Presa El Varejonal	3.153
Río Tamazula	280		Presa Sanalona	843
Forman:			Presa Vinoramas	102

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012

Río Culiacán	72			
Río Elota	221	Cosalá y Elota	Presa Aurelio Benassini (El Salto)	415
Río Baluarte	155	Rosario	Presa Las Higueras(M)	
			Presa Santa María(P)	
Río Quelite*	110	San Ignacio yMazatlán	Presa La Zábila (P)	
Río San Lorenzo	156	Cosalá y Culiacán	Presa El Comedero	2.25
Río Presidio	167	Mazatlán	Presa Picachos	322
Río Piaxtla	203	San Ignacio	Presa Las Juntas(P)	
Río Cañas	72	Escuinapa	Presa El Peñón (M)	10
			Presa La Campana(M)	7.5

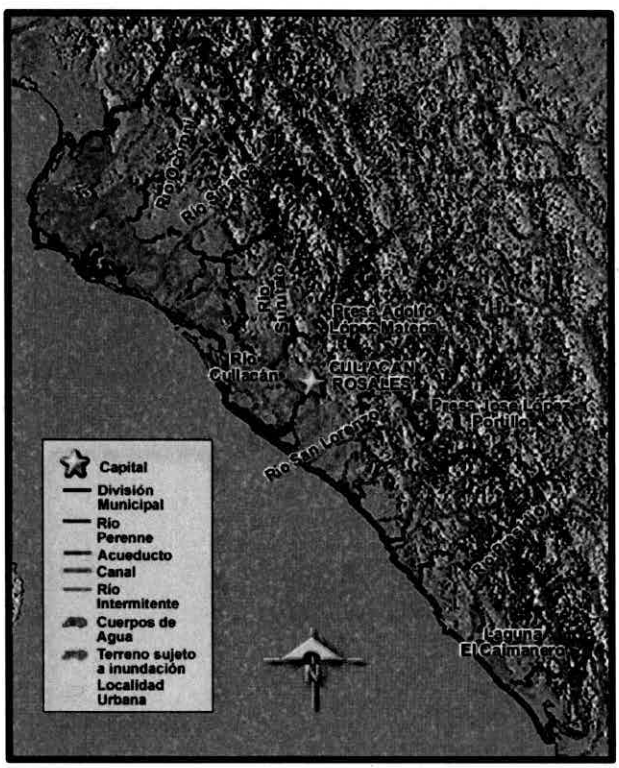


Figura 8. Regiones hidrológicas.- Ríos, Presas y Lagunas.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

3.7 CENSO DE POZOS Y NORIAS.

El presente informe muestra el censo hidráulico de pozos y norias aledaños al área mencionada, se realizó un análisis de la zona el cual se tuvo un radio de 4 kilómetros de distancia a los pozos más cercanos del sitio afectado por el derrame de hidrocarburos provenientes de fugas clandestinas.

Se consideró 1 pozo cercano al área aledaña el Pozo No"1"se encuentra al Sureste del estado de Sinaloa.

El alcance del este censo es cuantificar y evaluar el mayor número de pozos y norias que se encuentran en el área afectada por derrames de tomas clandestinas. Así como describir las características importantes del pozo al sito 28+208.

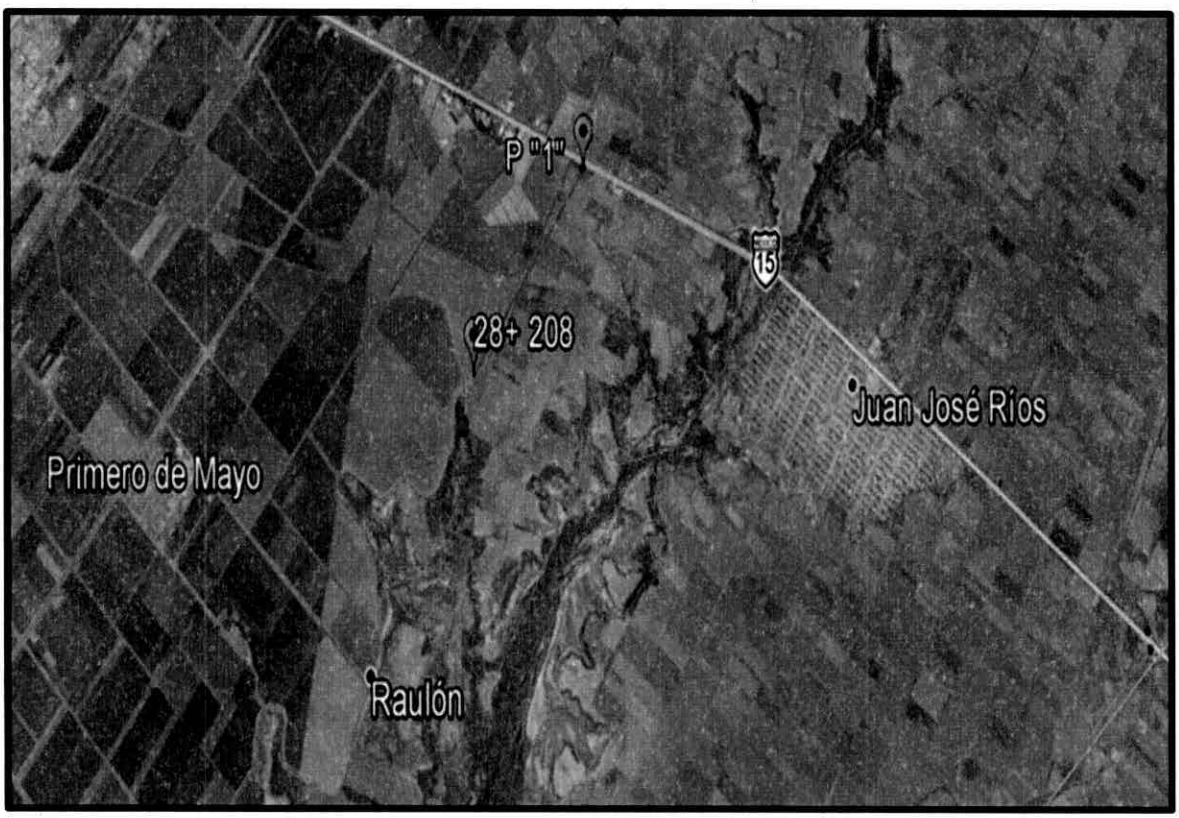


Figura 9. Pozos aledaños al Sitio Afectado km 28+208.

POZO "1" Este pozo se ubica a 3.27 km del Area de estudio de los Mochis, Sinaloa y colinda al Noreste con el municipio de Juan José Ríos.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Descripción de las actividades de campo:

- Censar los pozos más cercanos al área afectada.
- Conocer las características de producción del pozo o noria.
- Determinar mediante exploraciones de campo los pozos cercanos al área afectada.
- Determinar la ubicación.
- Determinar la localidad.
- Determinar la profundidad.
- Determinar el uso que se le da al agua extraída del pozo o noria.
- Determinar el volumen.
- Determinar el gasto.

TIPOS DE POZOS:

El tipo de pozo depende principalmente del propósito de la perforación con lo cual básicamente solo existen 3 tipos de pozos los cuales son:

- Exploratorios.
- Evaluación.
- Desarrollo.

FASE DE CENSO:

POZO "1"
FID = 03SIN107682/10HLGR98 LONGITUD = -108.869444 LATITUD = 25.780278 REGION HIDROLOGICA = 10 CUENCA HIDROLOGICA = 1 SUBCUENCA HIDROLOGICA = 0 LOCALIDAD = PIEDRERA, LA ESTADO = 25 MUNICIPIO = 1 PROFUNDIDAD_M = 6 CLAVE_ACUIFERO = 2501 ACUIFERO = RIO FUERTE USO_DEL AGUA = PUBLICO URBANO USO_DEL AGUA2 = 0 USO_DEL AGUA3 = 0 VOLUMEN_CONCESIONADO_M3 = 1316 GASTO_M3_S = 1 NUMERO DE POZOS = 1

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012

3.8 GEOLOGÍA REGIONAL.

La formación geológica del estado de Sinaloa está integrado por cuatro eras geológicas, precámbrico, paleozoico, mesozoico y cenozoico; la naturaleza geológica del municipio es a base de rocas sedimentarias características del oriente de la Republica, que da lugar afloramientos de roca marina y consolidados continentales, así como rocas volcánicas y metamórficas.

La existencia hacia el sur-de metasedimentos del Paleozoico Superior en la región de San José de Gracia, Sinaloa, prácticamente confirma -que la Sierra Madre Occidental tiene -un basamento muy desigual, pero que pudo comportarse como un geoanticlinal -ya en el Mesozoico y que pudo haber limitado rocas de tipo eugeosinclinal para el Pacífico y de miogeosinclinal al oriente.

Se tiene conocimiento que su porción -media y sur está formada de dos grandes secuencias de rocas ígneas, ambas de composición calco-alcalina con numerosos derrames de ignimbritas de tipo rio lítico.

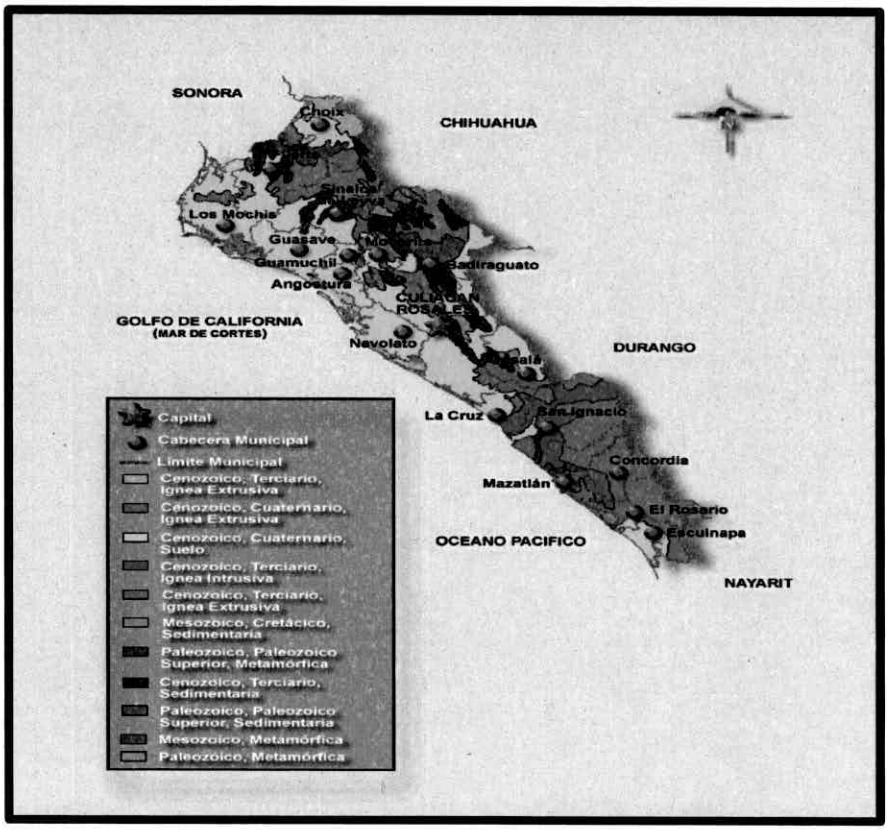


Figura 10. Geología General del Sitio.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

La secuencia inferior está constituida por rocas batolíticas hacia la parte occidental de la Sierra y por abundantes andesitas a todo lo largo de la provincia.

La secuencia superior es dominantemente piroclástica rio lítica y deben haberse formado grandes volúmenes de cineritas debido a gruesos complejos de calderas volcánicas de forma circular, que generalmente estuvieron acompañados de pequeñas efusiones de lava basáltica como por ejemplo al oeste de Durango entre el poblado de Navios y la Ciudad de Durango, también se encuentran extensiones riolíticas de forma dómica, aunque no pueden apreciarse verdaderos volcanes seguramente por la composición de las lavas.

En la porción de Sonora de Arivechi, de acuerdo con King (1939), las calizas -cretácicas, que subyacen a las rocas -volcánicas, a su vez yacen discordante mente (por falla) sobre calizas paleozoicas.

En la región de la Sierra de El Tigre, en el área de Bavispe las calizas del -Cretácico Medio yacen discordantemente sobre rocas calcáreas permocarboníferas.

Las dos secuencias a su vez estan cubiertas por rocas extrusivas terciarías. Es interesante mencionar que en casi todo el desarrollo de la Sierra Madre Occidental no existen volcanes, con excepción de su límite al Sur con el -Eje Neovolcánico; en la porción NW (Región de Cabullona), en Sonora solo se pueden ver algunas calderas y derrames volcánicos del Cuaternario (basaltos).

Tabla 5. Tabla de las Eras Geológicas del Estado de Sinaloa.

ERA	Descripción
PRECÁMBRICO	Tiene una edad aproximada de 600 millones de años, las rocas son metamórficas, cuenta con una cobertura de 0.3%.
PALEOZOCIO	Edad 375 millones de años Rocas sedimentarias (2.9%) y metamórficas (1.8%).
MESOZOICO	Abarca una superficie de 12.5%, donde el 8.7% son rocas ígneas intrusivas del periodo cretácico, 0.8% sedimentarias y 3.0% metamórficas.
CENOZOICO	Edad aproximada de 63 millones de años Las rocas son del periodo Terciario ocupan 48.7%, son la más abundantes de la entidad, de origen ígneo intrusivo, extrusivo y sedimentarias. Las rocas del Cuaternario, principalmente ígnea extrusiva y suelo, cubren 33.8%.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012

Las rocas ígneas se forman por el enfriamiento y solidificación de un magma, dando lugar a las rocas ígneas intrusivas o también conocidas como plutónicas.

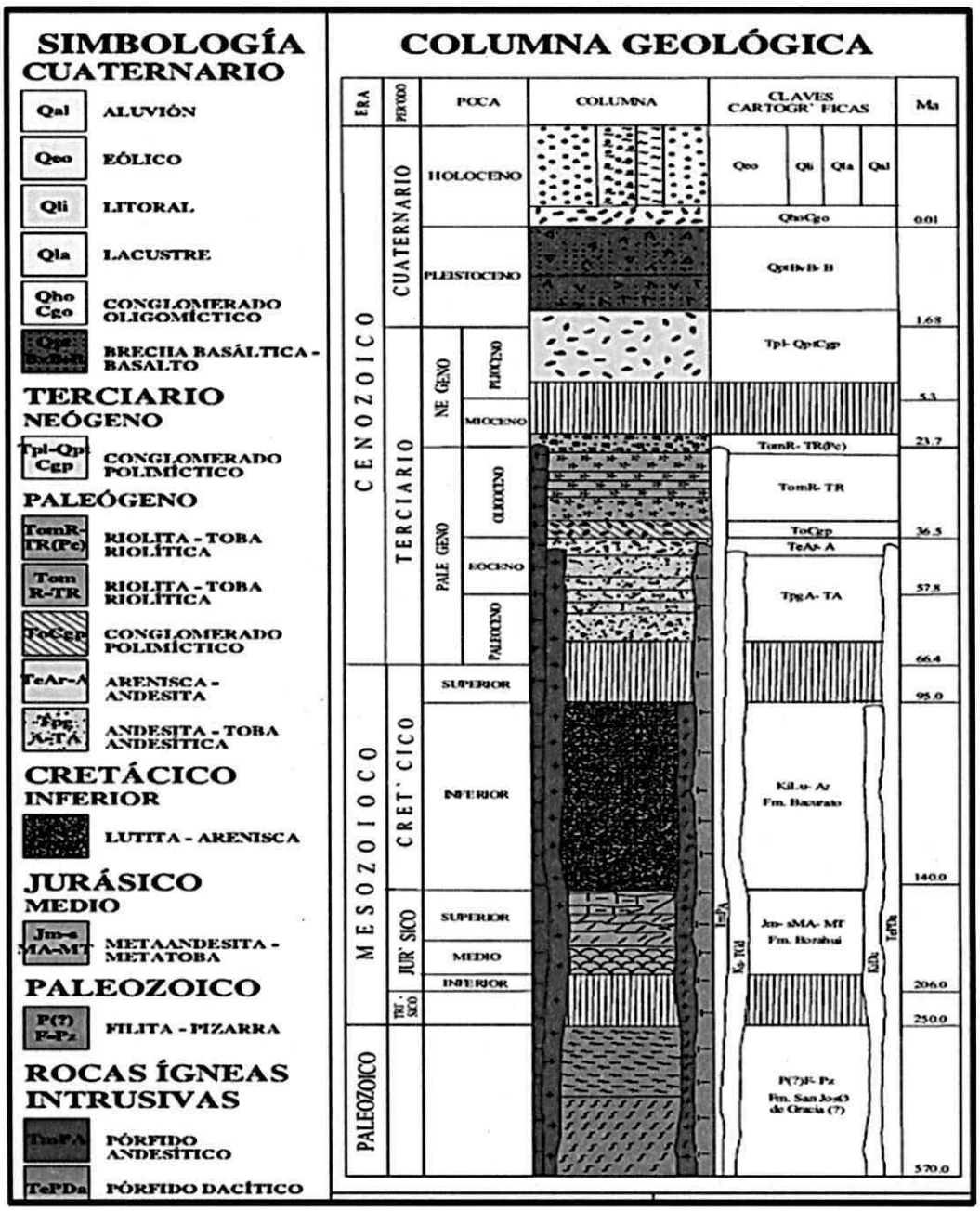


Figura 11.- Tabla estratigráfica de la porción sur y norte de Sinaloa.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

3.9 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.

La geología de esta provincia fue resultado de la subducción de la placa Farallón por debajo de la placa Norteamericana.

Esta geodinámica emplazó rocas plutónicas y volcánicas del Cretácico Superior-Paleoceno, rocas volcánicas andesíticas y dacítico-riolíticas del Eoceno, ignimbritas silícicas del Oligeno temprano y Mioceno temprano, coladas basáltico-andesíticas extravasadas al final de cada pulso ignimbrítico y coladas basálticas e ignimbritas alcalinas durante el Mioceno tardío, Plioceno y Cuaternario.

Estos productos volcánicos se encuentran parcialmente superpuestos entre sí y cubren un basamento heterogéneo conformado por plutones graníticos, gneises y esquistos del Precámbrico, Paleozoico y Mesozoico.

Toda la secuencia litológica se ve afectada por una deformación extensional que pudo iniciar durante el Oligoceno. Estos esfuerzos han desarrollado fallas normales que definen estructuras de tipo "Horst y Graben" (se define como una extensión paralela entre sí a manera de crestas y cuencas). Se caracteriza por el alargamiento de las estructuras geológicas, con una orientación este noreste-oeste suroeste.

En la serranía que ocupa el territorio al noreste (NE) del municipio, el fallamiento extensional muestra una dirección nornoroeste (NNW) con formación de semigrábenes con un amplio desplazamiento, razón por la cual afloran rocas intrusivas del Cretácico tardío del batolito de Sinaloa.

La secuencia de la Sierra Madre Occidental, consiste principalmente de rocas metamórficas, de edad probablemente Pre-Cámbrica, y de lavas terciarias y cuaternarias. Pero a lo largo de sus flancos y en su parte norte, se encuentran áreas de estratos paleozoicos y mesozoicos que comprenden capas que datan probablemente del Cámbrico, Deyónico, Mississípico, Pensylvánico, Pérmico, Triásico-Jurásico y Cretácico.

Los depósitos terciarios de la Sierra -Madre Occidental existen en dos grupos principales: el inferior principalmente de origen volcánico y que data del Terciario Medie, descansa discordante-mente sobre rocas cretácicas y más antiguas.

El superior está formado principalmente de material clástico de origen terrígeno o lacustre es del Tercia rio Superior.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012 UANL

3.10 DETERMINACIÓN DE PARAMETROS HIDRAULICOS.

DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA MEDIANTE EL MÉTODO DE POZO INVERTIDO.

La conductividad hidráulica es una característica de mucha importancia en estudios de riego, drenajes, conservación y recuperación de suelos, ya que cuando su valor decrece hasta 0.12cm/h, el riego y el drenaje pueden dificultarse; lo que a su vez reduce considerablemente el potencial agrícola de los suelos.

Los problemas de riegos o drenajes, siempre se complican cuando se presentan en las capas superficiales o sub-superficiales, obstáculos de carácter textural o estructural que impide la entrada del agua por infiltración o limita su movimiento, después de recorrida cierta distancia vertical en los suelos por el fenómeno de la "dispersión de las partículas coloidales"

La conductividad hidráulica, además de influir sobre la distribución de las aguas en el perfil del suelo y la facilidad de drenarlos terrenos encharcados, puede también contribuir notablemente a elevar el grado de erosión al aumentar las aguas de escorrentía por una disminución de la capacidad de infiltración de los suelos.

Calcular la Conductividad Hidráulica del suelo mediante el uso de metodologías conocidas para estimar la velocidad de desplazamiento de los líquidos (hidrocarburos) en el suelo sobre tiempo; permitiendo conocer el grado de permeabilidad del área de estudio.

Ya que el suelo es un sistema dinámico con transporte de elementos y compuestos químicos en sentido vertical, especialmente en presencia de un medio filtrante (porosidad); y de manera lateral a lo largo de las pendientes, sobre todo cuando la topografía es accidentada y el medio poco permeable.

"DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA"

Conductividad hidráulica: Es la facilidad con la que un material permite el paso del agua a través de él, y está representando por el volumen de agua que escurre atreves de un área unitaria de un acuífero bajo una gradiente unitaria y por unidad de tiempo. También se le conoce como coeficiente de permeabilidad.

La medición de la conductividad hidráulica por cualquier método produce un valor equivalente para cada patrón particular de flujo producido en un suelo uniforme por las condiciones de frontera del método utilizado.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012

MATERIALES Y METODOLOGÍA.

Los materiales que se utilizaron para este estudio son:

- ✓ *Barreno*
- ✓ *Dispositivo para medir el nivel freático (tubo de PVC)*
- ✓ *Recipiente con agua*
- ✓ *Cinta métrica*
- ✓ *Pala*
- ✓ *Cronómetro*

SELECCIÓN DEL ÁREA Y LIMPIEZA DE LA SUPERFICIE.

Primeramente se determinó un área que presentara características de frecuente inundación, debido a que el suelo está formado por algún estrato impermeable e impide la infiltración del agua a capas más profundas.

Una vez determinada el área delimitamos una pequeña superficie de aproximadamente 30 cm x 30 cm, se prosigue con la limpieza de esta superficie donde se realizará la perforación.

TOMA DE DATOS PARA MEDIR LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA.

Primeramente utilizamos el barreno para perforar un agujero de aproximadamente un metro de profundidad y un diámetro de acuerdo a la envergadura del barreno.

Luego llenamos el agujero con agua hasta una altura "h0"momento en que se pone en marcha el cronómetro "to", cuando el nivel "a" descendido a "hn" se lee el tiempo "tn".

POZO INVERTIDO.

Si el suelo está saturado, el gradiente hidráulico puede ser supuesto igual a la unidad. Al igual que el doble anillo el método se basa en lecturas del desnivel del agua dentro del pozo en función del tiempo, estas lecturas se realizan una vez logrado que el suelo haya sido saturado previamente.

En estas condiciones, se asume que la tasa de infiltración a través de las paredes del agujero, es aproximadamente igual a **Ks**. El esquema del método de pozo invertido se presenta en la Figura 12.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012

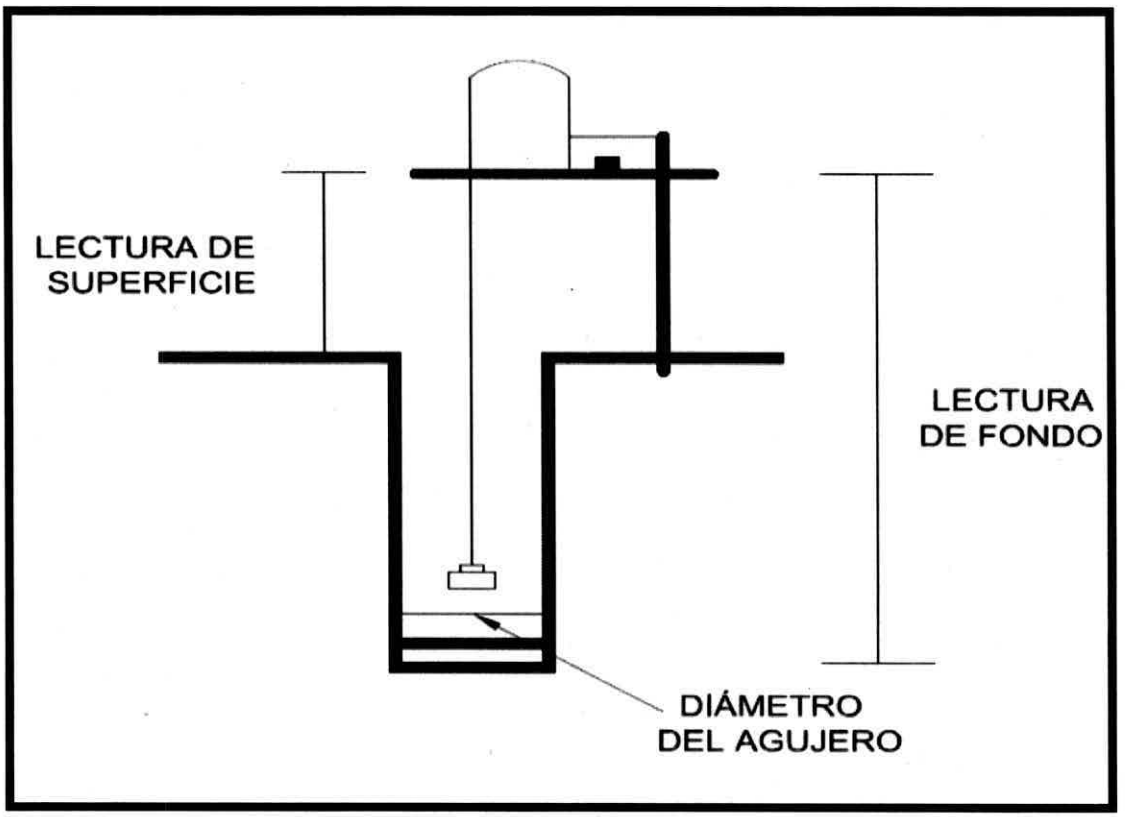


Figura 12.- Esquema del método del pozo invertido.

Realizando un balance de masas y combinando la con la ecuación de Darcy, la conductividad hidráulica saturada puede ser determinada por:

$$Ks = 1.5 . r . s$$

Donde:

Ks: Conductividad hidráulica saturada (cm.h-1)

r: Radio del agujero (cm)

s: Pendiente de la curva log (ht+ r / 2) vs. T

h: Altura de la columna de agua dentro del pozo (cm)

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

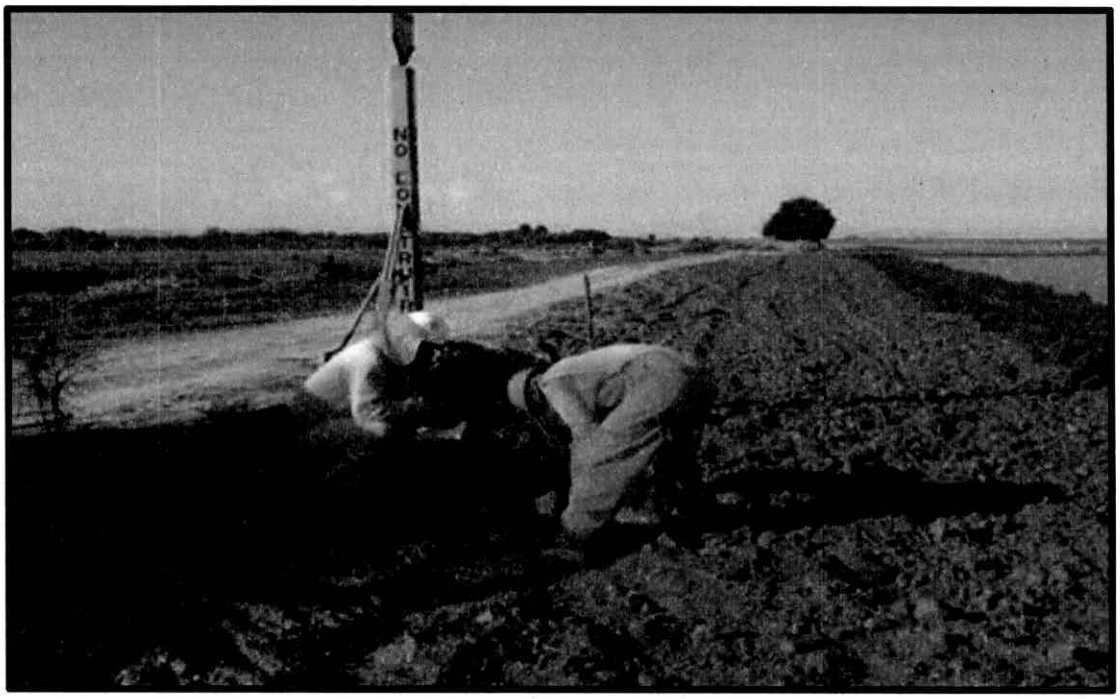


Figura 13.- Punto estratégico del área afectada para realizar la prueba de conductividad hidráulica.

Figura 14.- Suministro de agua para determinar la conductividad del suelo.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Figura 15.- Medición y tiempo en el punto donde se determinó la conductividad hidráulica.

Figura 16.- Medición de la conductividad hidráulica, capacidad de saturación del sitio afectado.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012

Para la obtención del valor de Ks que corresponde al valor dado para la conductividad saturada horizontal del suelo, se tomaron en cuenta los siguientes datos:

V=20 lts =0.02m³

r = 5 cm

h= 100 cm

t = 30 min

Los resultados obtenidos de la aplicación del método del pozo invertido (**Tabla 6**) se empleó de la ecuación de Darcy, se describe de manera gráfica la capacidad de absorción del suelo en un periodo determinado (30 min), la cual denominaremos capacidad de saturación o conductividad hidráulica (**Gráfica 1**).

Tabla 6. Resultados, toma de datos a tiempo definido (30min):

TIEMPO (min)	Columna de agua descenso (100 cm)
0.30	97.8
1.00	94.4
1.30	93.2
2.00	90.7
2.30	89
3.00	87.5
3.30	87.3
4.00	86
4.30	84.9
5.00	84
10.00	75.5
20.00	64
30.00	52

Conductividad hidraulica saturada

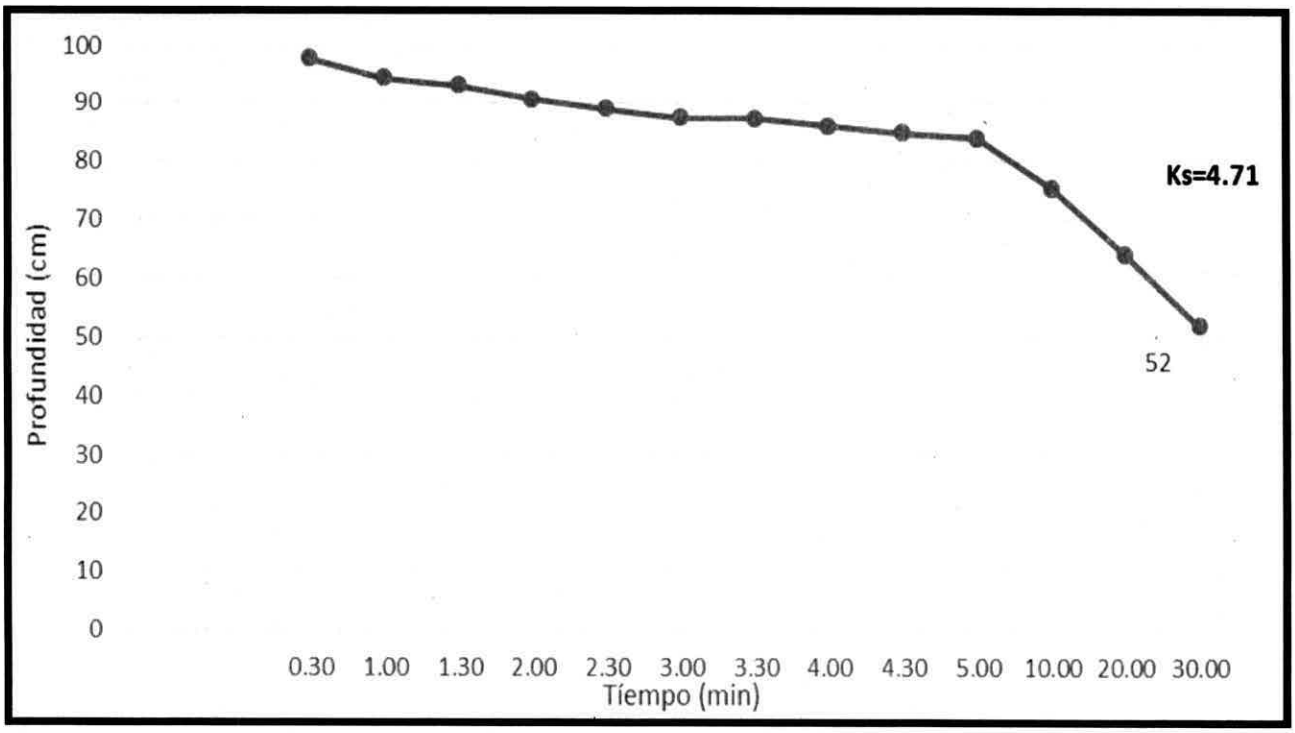
Ecuación de Darcy Ks= 1.15 * r * s

Donde:

r = 5 cm
h= 52 cm
t = 30 min

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012



Gráfica 1: Comportamiento de la absorción del agua con respecto al tiempo (metodología del pozo invertido).

Por lo tanto la Conductividad Hidráulica para el área aledaña al km 28+208 del DDV del poliducto de 10"Ø Topolobampo-Culiacan en el municipio de Ahome Sinaloa es: **Ks = 4.71.**

Con base en el resultado obtenido a partir de la aplicación de la Ecuación de Darcy, el promedio de desplazamiento de liquidos en el suelo correspondiente al sítio **".. 28+208...", es de k = 4.71.**

Teniendo un Rango (Moderada) que va de 2.0 - 6.0 cm/h valor planteado por la U.S Soil Conservation Service lo cual comprede hasta este punto que el material geológico fue homogéneo e isótropo, lo que implica que el valor de conductividad hidráulica es la misma en todas las direcciones. Sin embargo, esto no suele ser el caso, en particular para materiales aluviales inalterados no consolidados.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012

4 METODOLOGIA DE TRABAJOS DE CAMPO.

4.1 GEOFISICA.

La investigación con georadar es utilizada para la búsqueda y la reconstrucción geométrica de redes subterráneas, tanques, manufactura subterránea, restos arqueológicos y estructuras en general, últimamente el campo de estudio en áreas contaminadas ha estado teniendo gran importancia en el mercado ambiental.

El principio se basa en la propagación de ondas electromagnéticas de la superficie a través de una antena transmisora y en su reflexión sobre las interfases presentes en el subsuelo; para que ocurra la reflexión es necesario que exista una diferencia en términos de permeabilidad dieléctrica y conductibilidad eléctrica entre el objeto enterrado y la matriz circundante. Las antenas transmisoras y receptoras son de frecuencia variada, y generalmente están comprendidas en el intervalo de 40 MHz a 2 GHz.

Las interfases de las reflexiones pueden ser interfases suelo, roca, objetos enterrados o cualquier otra interfase que posea un contraste de las propiedades dieléctricas. La señal de radar se dirige hacia el subsuelo a través de una antena colocada sobre la superficie de estudio. Las señales reflejadas son detectadas por un transmisor situado en el mismo cuerpo de la antena. La señal recibida es procesada y mostrada gráficamente en un monitor.

Debido a que la antena se mueve a lo largo de la superficie de estudio. El GPR posee una longitud de onda muy corta en la mayoría de los materiales, por lo que la resolución que se obtiene de las diferentes interfases de los materiales de subsuelo es muy grande, así mismo se puede entender que a mayor alcance menor resolución y menor alcance mayor resolución, es por eso que se debe de tener concretamente el criterio para donde será aplicado cada caso.

En los últimos años, se han hecho muchos avances innovadores que han permitido mejorar notablemente los resultados obtenidos con estos métodos en numerosas aplicaciones. Estas innovaciones incluyen tanto el desarrollo de equipos y antenas, como la introducción de mejoras en las técnicas de adquisición, procesamiento e interpretación de datos.

De modo particular, el georadar permite localizar, con buena precisión y detalle, cualquier tipo de anomalía presente en los primeros metros del subsuelo del sitio en análisis, garantizando, al mismo tiempo, costos contenidos y rapidez de intervención.

El georadar es un método indirecto cualitativo más sin embargo también adopta un cierto nivel cuantitativo de precisión que hasta la fecha ningún otro método ha podido superar.

De este modo es posible indagar áreas de dimensiones notables y localizar las zonas en donde concentrar eventuales investigaciones dirigidas (Figura 17. Excavaciones sondeos y similares).

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012

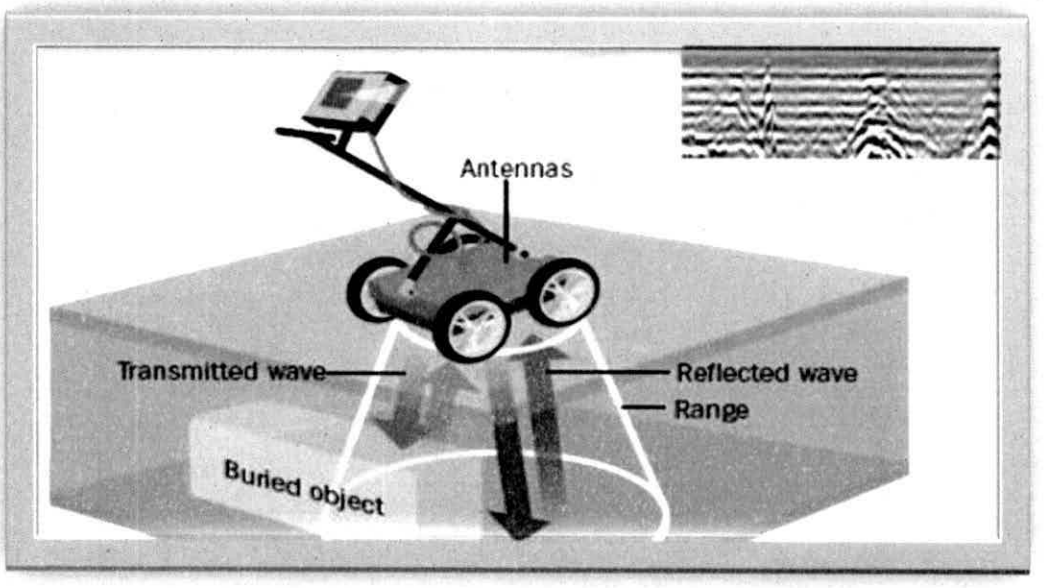


Figura 17. Esquema gráfico de funcionamiento del Georadar.

El georadar en la actualidad es una técnica de múltiple uso en la investigación, antes de iniciar o empezar a trabajar con un equipo GPR debe conocer muy bien el medio a explorar, en caso contrario será necesario obtener información como fotografías del sitio de estudio.

Sin embargo podemos considerar los siguientes cuatro aspectos para saber cómo se debe de manejar el trabajo dependiendo el área.

Una de las primeras cosas que se consideraran en una nueva área a explorar es la topografía. En primer lugar, necesitamos que se pueda mover fácilmente la antena sobre el área a explorar de una manera uniforme o pareja, las áreas que están llenas de zanjas o muy inclinadas dificultan el trabajo, podemos realizar de cualquier manera el trabajo pero necesitaremos recolectar mucho más datos puntuales en lugar de perfiles continuos.

La energía del radar viaja hacia el suelo perpendicularmente a la superficie, esto significa que si la antena está en un lugar plano/llano, estaremos obteniendo información exactamente debajo de la antena, en el caso contrario si tenemos una zona muy inclinada la información que recolectara será delante de la antena (no debajo de ella), aunque en los registros aparecerá que la localización exacta es debajo de la antena, esta última forma puede darnos dificultades al momento de recabar información si no se tiene el debido criterio.

Si la antena está flotando sobre una capa de pasto espesa o una capa de grava, podemos tener cierto tipo de errores debido a que la señal está tomándose distante al suelo (penetración), cuando esto suceda, la mayor parte de la señal choca con la superficie del suelo en lugar de penetrar el medio, por eso siempre se recomienda tener la antena en una superficie plana, NUNCA explore sobre agua estancada no importa si la profundidad es mínima.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012

Se recabara información sobre el tipo de suelo a estudiar, de manera general, la arcilla y el agua causan atenuación e impide el viaje de la onda electromagnética en algunos casos, encontrar el tamaño de grano del suelo ayudara a determinar la constante dieléctrica del material para ayudar a fijar los parámetros de exploración y al mismo tiempo hacer estimaciones de la profundidad.

Dependiendo del tipo de objetivo que se trate de encontrar gobernara sobre el tipo de antena a elegir, parámetros de configuración o la posibilidad de utilizar el radar, existen dos criterios principales que tenemos que considerar que son:

La elección del tamaño del objetivo determina que tan profundo puede penetrar y el tamaño mínimo que puede observarse, las antenas de baja frecuencia penetra profundamente pero el tamaño del objetivo mínimo a ver es grande, el objetivo o foco que puede ver cada antena, en la siguiente tabla se muestran las antenas por uso y profundidad de penetración.

Tabla 7. Antenas por uso y profundidad de penetración

Frecuencia	Aplicaciones	Profundidad Maxima Tipica (ft)	Rango(ns)
1.5 Ghz	Estructura de concreto,caminos, etc.	1.5	10-15
900 Mhz	Concreto, Suelos Superf, Arqueologia	3	10-20
400 Mhz	Geologia Poco Profunda, Arqueologia	12	20-100
200 Mhz	Geologia profunda y Medio Ambiente	25	70-300
100 Mhz	Geologia profunda y Medio Ambiente	60	300-500
15-80 Mhz	Geologia profunda y Medio Ambiente	150	500-1000

Las antenas de baja frecuencia algunas veces no retratan bien objetivos a la superficie, dependiendo el medio a explorar, es por eso por eso el operador debe de saber bien el tipo de medio a explorar y el tipo de objetivo, no se trata solamente de escanear el sitio no de múltiples factores lo cuales afectan en proporciones grandes si no se sabe bien el funcionamiento del equipo.

Existe una regla de campo general para una zona llamada "zona muerta" en el cual varia conforme a los dipolos del transmisor y receptor y la composición del suelo, en la siguiente tabla se muestra la "zona débil o muerta" estándar para diferentes tipos de antenas.

Frecuencia	Zona "Debil" Pulgadas (cm)
1.5 Ghz	1.0 (2.5)
900 Mhz	4.0 (10.0)
400 Mhz	6.0 (15.25)
200 Mhz	12 (30.5)

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

La capacidad para ver un objetivo depende del contraste entre el valor del dieléctrico del material del objetivo y el material en el cual la energía del radar viaja antes de tocar el objetivo.

Cuando mayor es el contraste entre los valores del dieléctrico, más visible será el objetivo.

Para aplicaciones que implican encontrar objetivos metálicos como tuberías y barriles, esto no es difícil porque siempre habrá grandes contrastes, los dieléctricos de los metales son tan altos que no causan problemas.

También recuerde que es la propiedad dieléctrica del material la que más gobierna al dieléctrico, es por eso que la experiencia cuenta mucho a la hora de explorar un medio, en caso contrario se necesitarían realizar pruebas de verdad para darse una idea de cómo se comporta la onda a través del medio.

En la siguiente figura (Figura 18) mostramos los componentes principales de los que está compuesto un equipo de georadar, cada componente realiza una función específica al momento de recolectar los datos.

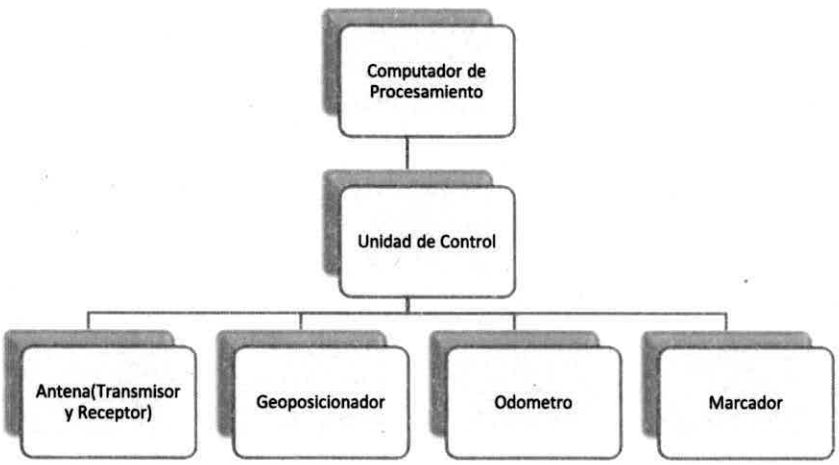


Figura 18. Diagrama de bloques de los componentes principales del radar.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Tabla 8. Descripción de cada uno de los componentes del radar.

COMPUTADOR DE PROCESAMIENTO:	Es el encargado de reprocesar los datos del sitio mediante el software, aquí el especialista es el encargado y responsable de aplicar los filtros correspondientes a los radargramas que fueron recolectados en sitio.
UNIDAD DE CONTROL:	Es la parte que se encarga de convertir las señales adquiridas en el sitio en archivos digitales los cuales una vez realizado el levantamiento se almacenan en la memoria interna de la unidad central, estos pueden ser pasados por medio de USB a cualquier computador que soporte dicho puerto.
ANTENA:	Es la encargada de transmitir y recibir las ondas electromagnéticas en el medio a explorar, existen dos tipos de antenas, las monoestaticas y las biestaticas, las monoestaticas son las que almacenan transmisor y receptor en un solo elemento, las biestaticas son aquellas en las cuales el transmisor y receptor están en elementos separados.
GEOPOSICIONADOR:	Comúnmente llamado GPS, es el que nos da la ubicación de inicio y termino en coordenadas geográficas, es muy útil al momento de querer representarlo en algún plano topográfico y ver la localización exacta de los perfiles adquiridos.
ODOMETRO:	Es el encargado de Medir la distancia de recorrido, previamente calibrado de acuerdo a las unidades longitudinales resulta útil al momento de medir la longitud del perfil explorado.
MARCADOR:	Es un elemento muy útil al momento de localizar objetos a lo largo de un recorrido, este es conectado a la antena que se vaya a utilizar, manda un pulso a la antena la cual a su vez lo dirige a la unidad de control la cual marca representándolo como una línea punteada en el radargrama obtenido.

Los radargramas son una representación gráfica de las trazas generadas cada vez que se produce un pulso electromagnético, durante la medición. Como ya se describió, las trazas corresponden a un vector de energía recibida por reflexión vs tiempo transcurrido desde la generación del pulso.

En un radargrama se utiliza una paleta de colores para agrupar los rangos de energía recibidos, en ocasiones es posible realizar las interpretaciones directamente en campo, pero generalmente es necesario realizar un largo proceso de interpretación.

En este proceso se busca resaltar anomalías que corresponden a las señales de interés y disminuir o eliminar el ruido.

Es de suma importancia anotar que el trabajo realizado en campo, si se tiene una buena información de campo, donde se describa todas las posibles anomalías que fueron registradas, el trabajo de oficina se hace mucho más sencillo y eficaz.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012

El procesado de la información se resume en los siguientes pasos:

1.-Ubicar radargramas para las zonas de interés.

2.-Descartar anomalías producidas durante la medición.

3.-Selección de escala y paleta.

4.-Aplicación de filtros pasa banda.

5.-Correcciones estáticas.

6.-Aplicar ganancias a la señal (filtros transversales).

7.-Realizar stacking (filtros longitudinales).

8.-Obtención de tiempos de propagación para cada anomalía.

9.-Calculo de profundidades a partir de la velocidad en los medios.

10.-Correlación de resultados con la información existente, o resultados de otros métodos

11.-Interpretación final de los resultados.

Existen múltiples factores que limitan el desempeño del equipo, como los ruidos externos, así como las ondas irradiadas cercanas al área de operación. La recolección de datos obtenidos con el georadar se hizo realizando los escaneos en tiempo real en el sitio con la unidad de control del SIR-3000 a la cual podemos configurar parámetros como los son ganancias filtros y frecuencias de muestreo hasta que se concluye el recorrido y este es guardado en la memoria de la unidad.

Para el filtrado en gabinete se utilizó el software RADAN 6 para realizar un reproceso más fino definiendo los rangos de frecuencia de interés así como los ajustes de ganancias, offset, filtros, además para definir los reflectores de alta densidad o estructuras mediante el proceso de datos, definiendo las paletas de colores existentes, generando nuevas paletas y analizando la señal analógica del radar para finalmente presentar los radargramas.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012

4.2 GASOMETRIA.

Este procedimiento es una herramienta que permite determinar las concentraciones de compuestos orgánicos volátiles (COV´s) y semivolátiles en el suelo y subsuelo, al igual, determina el porcentaje de explosividad (%LEL).

Permite identificar de forma rápida y simple la extensión de un derrame de hidrocarburos de forma horizontal, como apoyo para definir puntos de muestreo.

Este método indirecto nos proporciona la suficiente información para estimar de manera preliminar un área de estudio impactada.

Este estudio se basa en el hecho de que algunos hidrocarburos son sumamente volátiles, por lo tanto se evaporan y desprenden compuestos orgánicos volátiles (VOC's).

Dichos compuestos son todos aquellos hidrocarburos que se presentan en estado gaseoso a la temperatura ambiente normal o que son muy volátiles a dicha temperatura. Los COV's son liberados al ambiente a través de la porosidad y grietas que pueda presentar el suelo en la zona, llegando hasta la superficie.

Con la finalidad de determinar la distribución espacial de los vapores en el área de estudio, se tomaron lecturas de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's), obteniendo con esto una mejor idea del probable comportamiento de la mancha de contaminación, donde a continuación se describe la metodología utilizada.

Primeramente se cuadricula la zona afectada, teniendo en cada nodo del cuadrado un punto para perforar, utilizando para esta actividad un Rotomartillo marca DEWALT, con broca de acero de 1"de diámetro y 0.5 m de longitud conectado a un generador eléctrico.

Cada nodo tiene una separación variable y se va modificando según se extienda la mancha de contaminación, dando como resultado un arreglo de 12 puntos para la toma de lecturas de COV's., las lecturas para la determinación de estos parámetros se tomaron con un Detectos Photo Ionizador (gasómetro) con límite de detección de 1 a 10,000 ppm, marca GASTECH modelo GT-402, equipado con una sonda de teflón, para introducirla directamente en cada perforación a 0.5 m de profundidad.

4.3 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO.

En este apartado se describen los trabajos de topografía realizados para la obtención de datos coordenados en "X", "Y" y "Z", necesarios para la generación de la planta topográfica y trabajos realizados en el sitio.

Para poder trabajar las coordenadas obtenidas en campo en un sistema, en que el factor de escala en la dirección del paralelo y en la dirección del meridiano sean iguales y que la unidad de medida sea el metro, se utilizó un sistema cartesiano; utilizando coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator).

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012

La utilización de coordenadas UTM Es un sistema de coordenadas basado en la proyección cartográfica transversa de mercator, que se construye como la proyección de mercator normal, pero en vez de hacerla tangente al ecuador, se la hace tangente a un meridiano.

A diferencia del sistema de coordenadas geográficas, expresadas en longitud y latitud, las magnitudes en el sistema UTM se expresan en metros únicamente al nivel del mar que es la base de la proyección del elipsoide de referencia.

El sistema de coordenadas UTM fue desarrollado por el cuerpo de ingenieros del ejército de los estados unidos en la década de 1940.

El sistema se basó en un modelo elipsoidal de la tierra. Se usó el elipsoide de Clarke de 1866 para el territorio de los 48 estados contiguos. Para el resto del mundo –incluidos Alaska y Hawái– se usó el elipsoide internacional.

Actualmente se usa el elipsoide WGS84 como modelo de base para el sistema de coordenadas UTM.

La "proyección transversa de mercator" es una variante de la "proyección de mercator" que fue desarrollada por el Geógrafo Flamenco Gerardus mercator en 1659. Esta proyección es "conforme", es decir, que conserva los ángulos y casi no distorsiona las formas pero inevitablemente sí lo hace con distancias y áreas.

El sistema UTM implica el uso de escalas no lineales para las coordenadas x e y (longitud y latitud cartográficas) para asegurar que el mapa proyectado resulte conforme (Figura 19).

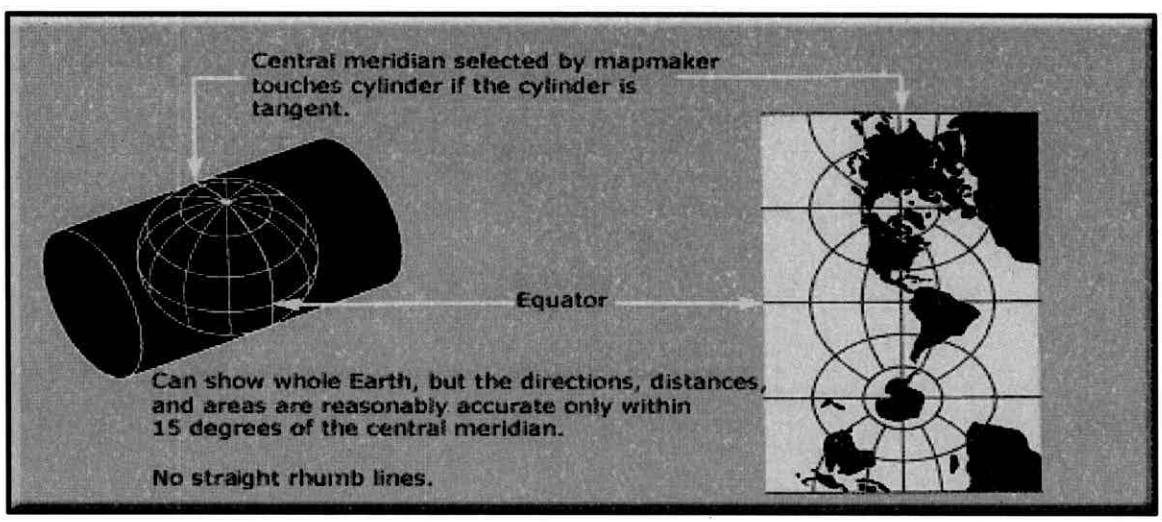


Figura 19. División de Zonas.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

El DATUM del Mapa utilizado para la zona de estudio, fue configurado al sistema NAD 27 México, que es el sistema de coordenadas para México (**Figura 20.**).

Figura 20. Configuración de Datum en DGPS

Un punto de tener una latitud y longitud dada en NAD27 pueden ser desplazados en el orden de varias decenas de metros de otro punto que la latitud y longitud en idénticas NAD83, así que es importante precisar el dato, junto con las coordenadas.

La North American Datum de 1927 se define por la latitud y la longitud de un punto inicial (Meade rancho en Kansas), la dirección de una línea entre este punto y un segundo punto se especifica, y dos dimensiones que definen el esferoide.

La North American Datum de 1983 se basa en un nuevo definido esferoide (GRS 80), es una centrada en la Tierra (o "geocéntrica "sin punto de referencia inicial o dirección inicial.

Una vez recorrido el área de estudio, se procede a establecer una red de puntos de control geodésico con el fin de tener información horizontal y vertical que permita la sectorización de las zonas para los levantamientos de trabajos topográficos.

Es decir, se ubica una línea base (dos puntos de control) para iniciar el levantamiento. Para dicha acción se utiliza un equipo de geoposicionamiento satelital diferencial de 1 banda marca Garmin eTREX (Figura 19), empleando el método Estático Post Proceso, el cual consiste en colocar un equipo DGPS fijo sobre la marca y con otro equipo DGPS móvil se va colocando sucesivamente en los puntos de control con un tiempo de hasta 1 hora de observación en cada uno.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Figura 21. Ubicación de puntos de control (Modalidad estático o fijo).

La recolección de datos se realiza a cada 1 segundo para poder obtener la precisión:

Horizontal: 3mm + 1 ppm

Vertical: 10mm + 2 ppm

Para el procesamiento de la información almacenada en ambos equipos DGPS se usa el software de post proceso Topcon Link V.7.2.3.

Una vez conocidos los valores de los puntos de control se procede al levantamiento taquimétrico.

4.3.1 LEVANTAMIENTO CON ESTACIÓN TOTAL.

Partiendo de los puntos de control geodésicos previamente establecidos mediante el sistema de posicionamiento satelital diferencial, se efectúa el levantamiento topográfico de todos los trabajos realizados, tales como la ubicación de:

- Ductos y punto de derrame,
- Configuración del terreno donde ocurrió el incidente,
- Derecho de Vía (D.D.V.),
- Planta Topográfica (infraestructura más representativa y cercana al área de estudio).
- Líneas de Geofísica (Georadar).
- Gasometrías.
- Puntos de Muestreo.
- Planta Topográfica (infraestructura más representativa y cercana al área de estudio).

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Para el desarrollo de los levantamientos topográficos de los sitios en los diferentes sectores, se utiliza el equipo de medición Marca Topcon Modelo GTS 236W (Figura 22).

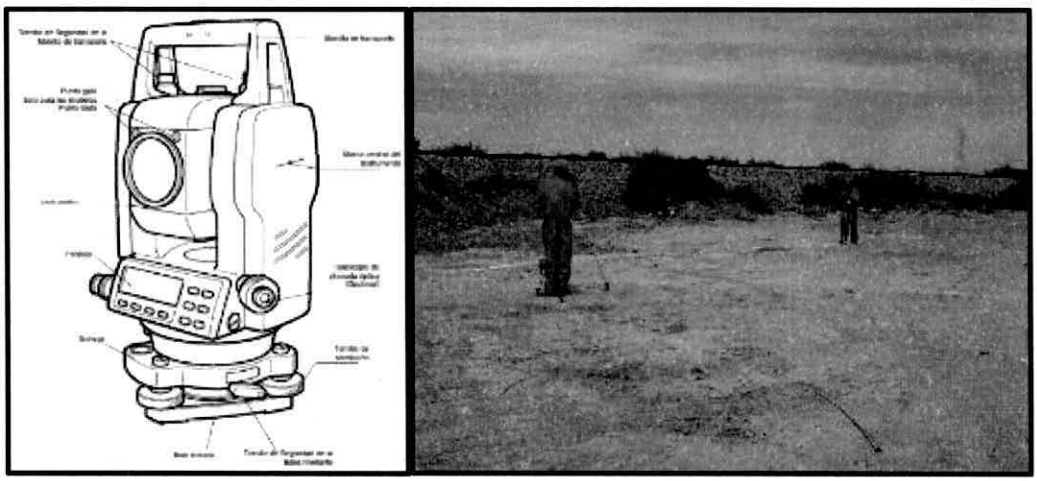


Figura 22. Levantamiento del sitio afectado con ayuda de Estación Total y Prisma.

Como se sabe, una estación total a diferencia del teodolito, permite el almacenamiento de la información en una libreta electrónica interna así como su procesamiento con el software del equipo.
El método de trabajo por radiaciones, el cual consiste en leer ángulo y distancia de los puntos medidos; en lo que respecta al cálculo de las coordenadas y la altura correspondiente, se encarga de efectuarlo el mismo software interno de la estación total.

Una vez almacenados todos los datos en la libreta electrónica, se transfirieron al equipo de cómputo mediante el software Topcon Link V.7.2.3, para su procesamiento y generación de archivos en formato SDR, los cuales son manipulados y plasmados gráficamente por medio del Software Autocad y Civil Cad 2014, y con el cual se generan los planos correspondientes.

4.4 MUESTREO DE SUELO Y SUBSUELO.

4.4.1 DISEÑO, PERFORACION Y MUESTREO DE SUELO

La finalidad de muestreo de suelo es determinar cuantitativamente y cualitativamente la distribución horizontal y vertical de los hidrocarburos en el sitio de estudio conforme a lo establecido por la NOM-138-SEMARNAT-SSA1-2012.

La densidad de puntos se estableció según lo señala la NOM-138-SEMARNAT-SSA1-2012.

Dicha normatividad establece que para el área de estudio total de 0.05 ha (454.842 m2) se requiere un mínimo de 4 puntos de muestreo.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

De acuerdo a lo propuesto en el plan de muestreo se cumple al tener una mallado sistemático de 4 puntos.

El método de muestreo fue dirigido, lo cual permite tener un análisis a detalle que permite en su caso garantizar la ausencia o presencia de impacto residual, con un mayor nivel de confianza. Para la cuestión de presentación de los resultados considero un polígono mayor (Figura 23).

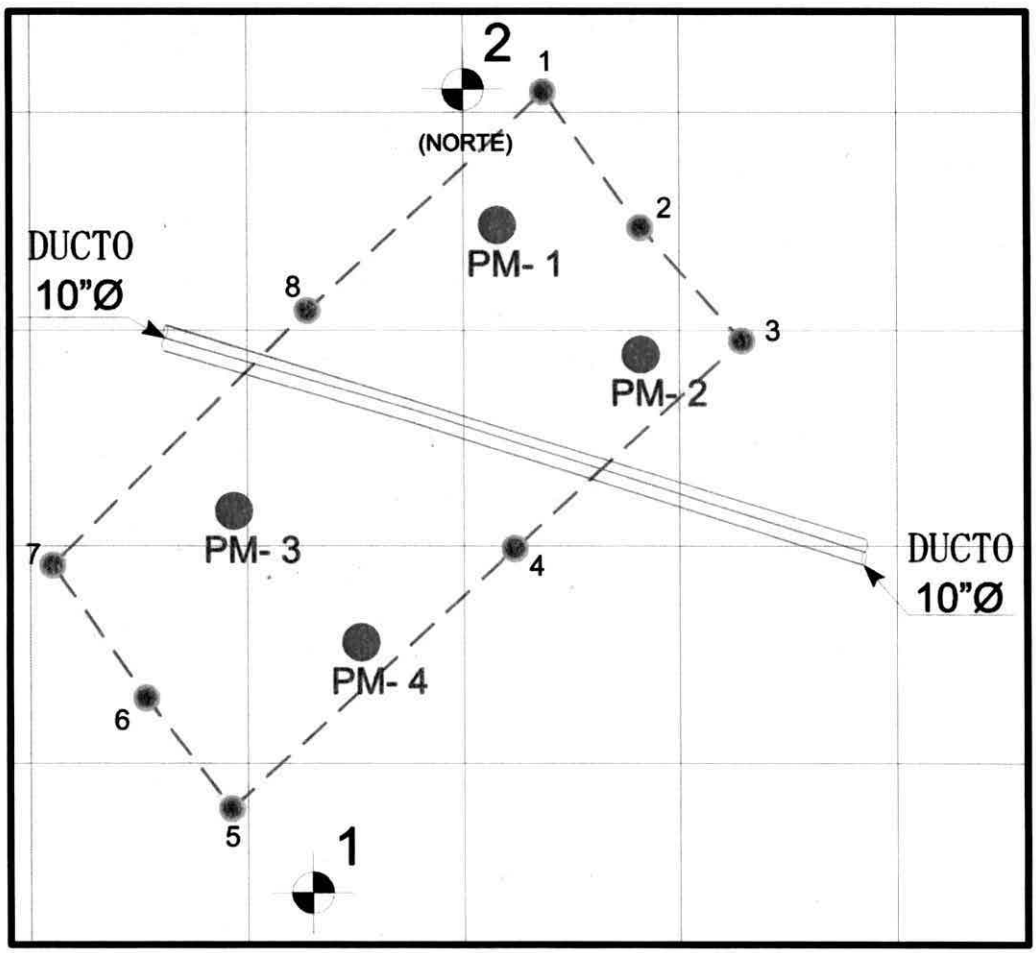


Figura 23. Puntos de muestreo de suelo.

En campo se ubicaron los puntos de muestreo con el equipo de medición Marca Topcon Modelo GTS 236W, para obtener una mayor precisión.

Como medida de precaución se verifico la existencia de tubería con detectores de metal.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Para la perforación se utilizó una maquina Airmobil 432 HP, perforadora tipo Wagon Dril, con dos ruedas neumáticas para su traslado, en camioneta pick up.

La columna está fabricada en acero de alta resistencia y está reforzada para uso rudo, que perfora con martillo de fondo de 2" a 6" en diámetros desde 2 ½ "(64 mm) hasta 8" (152mm) puede perforar hasta 80 mts.

Todo esto dependió de la formación geológica existente en el sitio, además del apoyo de un compresor Atlas Copco XA-500 CD6 y el peso necesario de la herramienta para el diámetro a perforar (Figura 24), equipado con tubos de acero huecos de 2" de diámetro al que se le coloca un nucleador para recuperar la muestra, de tal manera que la maquina se coloca en el punto de muestreo e hinca los tubos de acero hasta la profundidad deseada por medio de empuje.

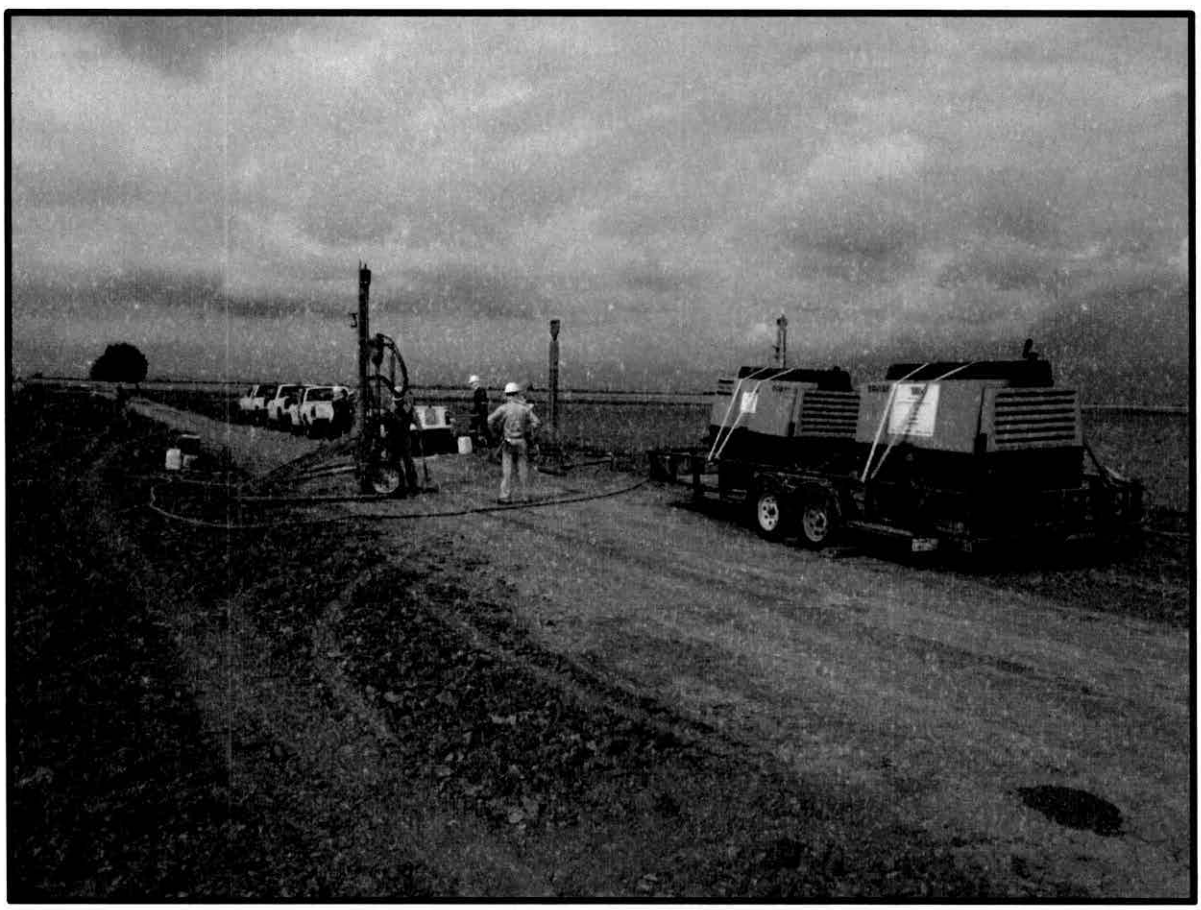


Figura 24. Equipo de perforación rotatorio apoyado mediante compresor de aire.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012

4.4.2 ENVASADO Y ETIQUETADO Y PRESERVACION DE LAS MUESTRAS.

Una vez recuperada la muestra personal acreditado retiro el nucleador con la muestra obtenida y personal del laboratorio tomo la muestra del nucleador.

La colecta y envasado de muestras se llevó a cabo por personal acreditado para dicha actividad ante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA). Se obtuvieron muestras simples del suelo de acuerdo a los criterios de colección y transporte establecidos por la NOM-138-Semarnat-SSA1-2012, en frasco de vidrio de 125 ml que sirvió para el análisis de los distintos parámetros en este caso fracción ligera y BTEX (Figura 25).

A cada frasco se le colocó al recipiente una etiqueta conteniendo los siguientes datos:

- Identificación de la muestra.
- Fecha y hora de muestreo.
- Quien toma la muestra.
- Sitio de muestreo.
- Parámetros a analizar.
- Tipo de conservación, si así lo requiere.

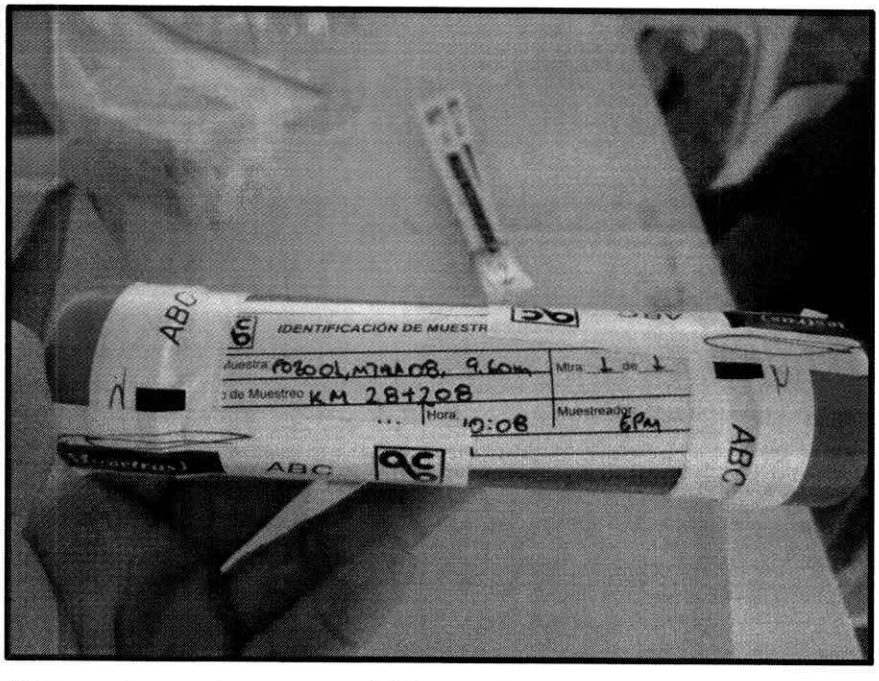


Figura 25. Toma de muestra por parte de laboratorio de nucleador extraído de la perforación.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Las muestras envasadas se mantuvieron en refrigeración a una temperatura de aproximadamente 4°C con hielo para su preservación durante su traslado al laboratorio en donde se efectuarían los análisis y respetando la caducidad de las muestras, que en este caso será de hasta 14 días para la fracción ligera y 14 días para los BTEX, que es el tiempo máximo de conservación por tipo de parámetro, de acuerdo a la tabla No. 5 (recipientes para las muestras, temperaturas de preservación y tiempo máximo de conservación por tipo de parámetro) de la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

La toma de las muestras se registró en cadenas de custodia y hojas de campo, que se anexan al presente estudio. Los parámetros analizados en suelo de acuerdo a la NOM-138-Semarnat-SSA1-2012, para gasolina fueron:

- Hidrocarburos Fracción Ligera.
- BTEX.

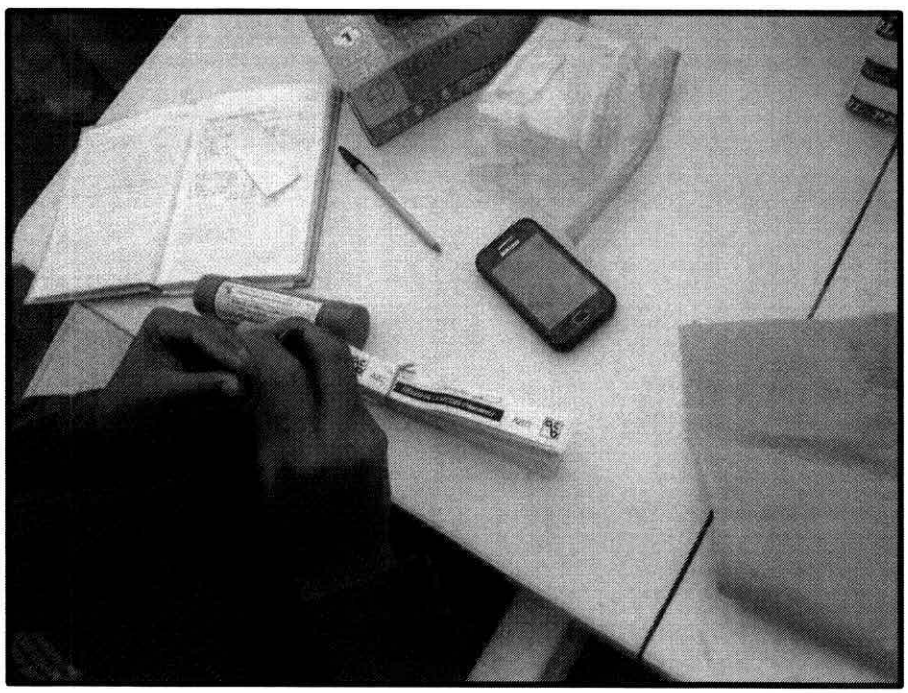


Figura 26. Etiquetado, envasado y registro de las muestras en cadena de custodia para su análisis.

Al mismo tiempo el personal del Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) realizó la descripción estratigráfica por geólogos expertos y registro fotográfico.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

4.5 METODOLOGIA DE ANALISIS QUMICOS

4.5.1 CONTAMINANTES DERIVADOS DE HIDROCARBUROS.

Tabla 9. Descripción de los métodos analíticos.

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Hidrocarburos Fraccion Ligera	PM entre C_5 (pentano) y C_{10} (Naftaleno) (72-128 g/mol) y T_e de 60-170°C	236.533	NMX-AA-105-SCFI-2008 SUELOS-HIDROCARBUROS FRACCIÓN LIGERA POR CROMATOGRAFÍA DE GASES CON DETECTORES DE IONIZACIÓN DE FLAMA O ESPECTROMETRÍA DE MASAS.	LPC = 11.00	Depende del instrumento en que se analice y de la eficiencia de la extracción	200

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
BTEX: benceno, etilbenceno, tolueno, m-xileno, p-xileno, o-xileno, total de BTEX	C_6H_6 C_8H_{10} $C_6H_5(CH_3)$ $C_6H_4(CH_3)_2$	78.11 106,17 92,14 106,17	NMX-AA-141-SCFI-2007 SUELOS- BENCENO, TOLUENO, ETILBENCENO Y XILENOS (BTEX) POR CROMATOGRAFÍA DE GASES CON DETECTORES DE ESPECTROMETRÍA DE MASAS Y FOTOIONIZACIÓN-MÉTODO DE PRUEBA.	Varía (LC = 9.8014-9.8064)	Depende del instrumento en que se analice y de la eficiencia de la extracción	Benceno: 6 Tolueno:40 Etilbenceno:10 Xilenos (suma de isómeros): 40

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012 UANL

4.6 METODOLOGÍA DE MANEJO, ANÁLISIS Y REPRESENTACIÓN DE INFORMACIÓN.

El desarrollo de un proyecto implica la generación de una gran cantidad de información, esto es el resultado del análisis de diversas fuentes de datos, las cuales requieren un manejo eficiente y práctico de manera que toda esta información aporte algo útil para el proyecto.

En el manejo de datos se contempla una depuración, acomodo y ordenamiento que permita posteriormente un análisis eficiente, así como una representación sencilla y sintética de la información.

Actualmente se cuenta con herramientas que permiten acumular y procesar grandes volúmenes de información digital, esto trae consigo grandes ventajas al concentrar la información de manera digital, sin embargo se debe de sintetizar toda la información en representaciones como esquemas, gráficas, mapas, diagramas, animaciones que permitan entender los datos de manera fácil y rápida.

Para llegar a representar la información, se debe de pasar por un proceso de análisis y depuración de los datos para encontrar sus similitudes, asociaciones y relaciones, así como sus contrastes y diferencias que permitan comprender el fenómeno que se estudia.

Al llegar a comprender el fenómeno estudiado y obtener conclusiones con base en toda la información que fue manejada, analizada y representada, se habrá logrado un gran avance en el proyecto que se está desarrollando, así como también la posibilidad de generar nueva información, reflejo del entendimiento del fenómeno estudiado.

4.6.1 SELECION DE FUENTES DE INFORMACION.

Para la obtención de datos útiles para el proyecto se comenzó con la delimitación de los alcances espaciales, ya que con esto fue posible hacer la discriminación entre los datos que están comprendidos dentro de la zona de estudio y los que están fuera.

Habiendo definido el área de estudio, se pudo seleccionar la información que fuera confiable y útil para el propósito del proyecto.

La información que se obtuvo fue de las siguientes fuentes de información:

- Cartografía digital del Instituto Nacional de Estadística y Geografía(INEGI)
- Cartografía digital del Servicio Geológico Mexicano (SGM).
- Trabajo de campo:

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

a. Perforación y muestreo de contaminantes en suelo.
b. Medición de COV´s mediante gasometrías.
c. Levantamiento topográfico de los límites de la zona de estudio.
d. Muestreo de suelo para análisis en laboratorio de contaminantes.
e. Levantamiento topográfico del muestreo en suelo.

- Trabajo en gabinete

f. Generación de mallas de gasometrías.
g. Generación de mallas de muestreo sistemático en suelo.
h. Generación de mapas temáticos de la zona de estudio.
i. Generación de secciones estratigráficas de la zona.
j. Generación de mapas de concentración de contaminantes en suelo.
k. Generación de un sistema de información geográfica que contenga la información derivada del proyecto.

- Resultados de laboratorio

a. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.
b. Concentraciones de contaminantes en suelo.

4.6.2 OBTENCION DE DATOS.

Después de haber seleccionado las fuentes de información se procedió a obtener los datos útiles para el proyecto.

La manera como se obtuvieron los datos fue variable, ya que en dependencia de la fuente de información fue su forma de obtención y el estado como se encontraron los datos, pasando algunos de ellos por un proceso de digitalización previo a su utilización ya que se encontraban en medios físicos, por otro lado algunos de los que se encontraban en medios digitales también requirieron de un proceso intermedio antes de poder integrarse al proyecto.

La información correspondiente a los resultados de laboratorio se pudo conocer después de analizarse las muestras en campo, de esta manera se pudieron determinar las concentraciones de contaminantes en suelos.

Estos resultados fueron proporcionados en formato digital en hojas de Excel.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx
Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012 UANL

4.6.3 DEPURACION, ESTANDARIZACION Y ORDENAMIENTO DE LA INFORMACION.

Para la incorporación de la información a las distintas Tablas de datos fue necesario hacer una depuración y estandarización de los datos para posteriormente lograr una correcta interpretación.

Dentro de la estandarización de los datos fue necesario asignar claves para aquellas columnas (campos) en las que carecía de información y era necesario establecer algún valor, de esta manera se pudo preservar la estructura de las Tablas.

La asignación claves se hizo exclusivamente para campos de tipo numérico y dicho valor se definió previamente para ser reconocido como una representación en caso de ausencia de datos.

Una parte importante para discriminar la información se basó en la distribución espacial de los datos, ya que esto permitió identificar la información que pertenecía o tenía alguna influencia en la zona de estudio y debía de ser incluida.

Dentro de la estandarización de los datos fue necesario asignar claves para aquellas columnas (campos) en las que se carecía de información o los resultados de laboratorio no habían detectado algún valor.

El manejo de este tipo de valores permite la preservación de las estructuras de las tablas de datos utilizadas en software especializado, esto con el propósito de poder reconocer esta información y ser
Discriminada en el manejo posterior en cuestiones estadísticas y de elaboración de mapas.

La asignación claves se hizo exclusivamente para campos de tipo numérico y dicho valor se definió previamente para ser reconocido como una representación en caso de ausencia de datos.

4.6.4 CREACION DE TABLAS.

Para la creación de las tablas se tomó en cuenta el tipo de información que se manejaba en cada campo para poder identificar si era numérico y en tal caso, si contenía decimales, si era texto y hasta cuantas letras podría contener o si era un carácter, con estos datos como referencia se pudieron generar las distintas tablas de datos que fueron elaboradas acordes a la forma información que se iba a almacenar.

La importancia de las coordenadas para este proyecto radica en la dependencia de la ubicación espacial de la información ya que así es posible definir la pertenencia de los datos a la zona de estudio o en caso contrario ser discriminados.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012 UANL

4.6.5 MANEJO Y REPRESENTACION DE DATOS.

Habiendo construido las Tablas de datos correspondientes, fue posible manejar y representar los datos de diversas maneras.

Una forma de representación de los datos fue por medio de planos, cuyo papel es muy importante en la visualización y constituye un elemento de apoyo fundamental para la selección e interpretación de datos.

Para la elaboración de los planos se recurrió al software de manejo de diseño de planos y vaciado de datos, ya que dicho software tienen una gran cantidad de herramientas que ayudan al análisis y generación de información, además de la edición final de los planos.

Para el manejo, análisis e interpretación de los datos es bastante útil la obtención de sus estadísticas, ya que permiten determinar los rangos para la representación de información y poder reconocer el comportamiento espacial de los datos.

Para la obtención de las estadísticas básicas de los resultados analíticos de concentraciones de los diferentes parámetros analizados, se aprovechó la depuración previa de la base de datos de los resultados analíticos, ya que también es necesaria para la mayoría del software (surfer) de modelación.

El manejo de la información se hace de manera directa con el formato de xls, ya que la mayoría del software para manejo estadístico, solo se debe de establecer en su lectura que el primer renglón corresponde a encabezados.

Habiendo cargado los datos, se realizó una rápida revisión para verificar que los datos estuvieran almacenados de manera correcta, ya que en ocasiones algunas omisiones de datos o el establecer valores de tipo texto impiden posteriormente ejecutar operaciones numéricas y por ende cualquier cálculo estadístico.

4.6.6 CREACION DE PLANOS.

Para la creación de planos es necesario contar con los datos estadísticos, de esta manera se tomó la Tabla de datos depurada en formato xls de la información obtenida en campo y los resultados obtenidos del análisis en laboratorio y se procedió a cargar la información puntual en un software especializado de manejo de cartografía, para comenzar con el análisis espacial de la información.

A partir de la información de tipo puntual y de sus datos estadísticos, se pudieron buscar distintas representaciones que ayudaran en la generación de los mapas.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Para este proyecto se generaron dos tipos planos; **i) tipo puntual y ii) los interpolados,** con ambos se pudieron representar la mayor parte de los datos obtenidos en campo de manera visual y referida espacialmente para una mejor comprensión.

i) Los planos de tipo puntual se realizaron tomando su posición en "X" y "Y", con ello fue posible ubicarlos en la zona de estudio, tomando en consideración las estadísticas previamente obtenidas (Ver anexo de planos).

ii) Para la representación de los planos interpolados, se hizo uso de la geoestadística. Por medio de esta herramienta y métodos de interpolación de datos, fue posible establecer los valores a lo largo y ancho de las zonas que se fueron delimitando para cada uno de los parámetros que se elaboraron planos, así como también se fueron creando los límites con base en las estadísticas al igual que en los mapas de tipo puntual (Ver anexo de planos).

El uso del método de Natural Neighbor fue derivado de una intensa búsqueda para reconocer cuál de varios software brindaban mejores resultados y tenían una mejor aproximación a los resultados obtenidos en campo, de tal forma que se descartaron los métodos de cokriging, global polynomialinterpolation, local polynomialinterpolation y radial basisfunctions.

Como parte de la generación de los planos , hubo una continua retroalimentación entro los datos que eran representados en los planos y las verificaciones que se llevaban a cabo en campo, permitiendo ajustar los parámetros y el tipo de representación de la información, validando de esta manera los dato, las formas y extensiones en las que estos eran representados.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012

5 INTERPRETACION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS.

5.1 GEOFISICA.

Como se ha mencionado, para este estudio se realizó un levantamiento geofísico con el método de Georadar.

El radar de subsuelo o Georadar es una técnica no destructiva, que está basada en la emisión y propagación de ondas electromagnéticas en un medio, con la posterior recepción de las reflexiones que se producen en sus discontinuidades.

El Georadar se ha convertido en una herramienta tecnológica con un gran presente de aplicaciones de ingeniería civil y en muchas otras áreas de investigación que necesitan un conocimiento preciso del subsuelo.

Una de las aplicaciones que también se le da al uso de Georadar es la identificación de materiales contaminantes en el subsuelo, esto se identifica con la reflexión de la onda electromagnética ingresada al subsuelo.

Con el Georadar se mide la profundidad de la contaminación y posible migración dentro del subsuelo. Este método indirecto nos ayuda a identificar las averías ocasionadas dentro del subsuelo y conocer el grado de afectación producida por el escurrimiento del hidrocarburo dentro del subsuelo.

Existen factores que limitan el desempeño del Georadar, como la atenuación de ondas irradiadas, ruidos externos e instrumentales, etc. Para realizar un proceso aceptable se toman notas en campo sobre la presencia de cualquiera de estos elementos generadores de ruido para saber a qué corresponden, como es el caso de las raíces, movimientos de la antena del radar por obstáculos, cambios de dirección, etc.

El proceso de los datos obtenidos con el radar se realizó en dos etapas, utilizando el software operativo Radan versión 7, la primera fue un proceso preliminar en campo, en tiempo real durante la adquisición de datos definiendo offsets, ganancias, filtros, así como la frecuencia de muestreo, la separación entre trazas y el tiempo de grabación.

El objetivo fundamental de la aplicación de este método fue el de Identificar la profundidad de la contaminación mediante uso de Georadar de penetración de suelo del sitio contaminado con hidrocarburo a causa de toma clandestina descontrolada en "AREA ALEDAÑA AL KM 28+208 DEL DDV DEL POLIDUCTO DE 10" Ø TOPOLOBAMPO-CULIACAN, EN EL MUNICIPIO DE AHOME, SIN". Así como identificar los estratos afectados por la supuesta contaminación originada por dicho derrame.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012

Todo esto fue fundamentado mediante la unidad central se programa un pulso electromagnético generando por medio de la antena emisora/receptora una onda electromagnética con una frecuencia característica (MHz o GHz).

La onda electromagnética se va propagando por el medio, hasta que alcanza una zona u objeto cuyas propiedades electromagnéticas son diferentes respecto a las circundantes o adyacentes (anomalía: contraste de las propiedades electromagnéticas).

Parte de la energía electromagnética de la onda sigue trasmitiéndose y parte se refleja hacia la superficie, mientras que el resto de energía continúa propagándose, pudiéndose generar sucesivas reflexiones.

La onda electromagnética reflejada se recibe a través de la antena receptora y se registra en la unidad central para su posterior tratamiento e interpretación.

Cabe destacar que dependiendo del tipo de problema a resolver, es decir de la auscultación hasta la profundidad deseada (por ejemplo 25 cm, 50 cm, 1 m, 5 m, 10 m, 30 m,...), debe utilizarse una o varias antenas de emisión y recepción, teniendo en cuenta que la frecuencia de emisión de los pulsos (KHz), la duración de éstos (nanosegundos) y la amplificación de la señal a aplicar depende de cada tipo de problema a tratar y de las características de los materiales y/o terrenos a investigar.

El actual modus operandi del Georadar puede originar secciones verticales continuas (llamadas registros radar o radargramas) del subsuelo, similares en apariencia e interpretación a una sección sísmica.

Las operaciones de campo con Georadar son sencillas y la adquisición de datos es muy rápida. Estas mediciones se realizan desplazando las antenas del Georadar en vehículos, plataformas o manualmente.

Tabla 10. Propiedades electromagnéticas de los materiales

Material	Conductividad σ (mS/M)	Velocidad v(m/ns)	Atenuación α(dB/m)
Aire	0	0.3	0
Agua	0.01	0.033	2.10^{-3}
Arena Seca	0.01	0.15	0.01
Caliza	0.5-2	0.12	0.4-1
Granito	0.01-1	0.13	0.01-1

La elección de la antena determina qué tan profundo puede penetrar y el tamaño mínimo de los objetivos que puede ver.

Las antenas de baja frecuencia penetran profundamente, pero el tamaño del objetivo mínimo a ver es grande.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012

El objetivo o foco que puede ver cada antena, se presenta en la siguiente **(Tabla 11)** para elegir la antena apropiada por el uso y la profundidad de penetración.

Tabla 11. Frecuencias y alcances de cada una de las antenas utilizadas con en conjunto con el Georadar.

FRECUENCIAS	APLICACIONES	PROFUNDIDAD MAXIMA TIPICA EN PIES (METROS)	RANGO TIPICO EN (NS)
1.5 GHZ	Estructura de concreto, caminos, cubiertas de puentes	1.5 (0.5)	10-15
900 MHZ	Concreto, suelos superficiales, arqueología	3.0 (1.0)	10-20
400 MHZ	Geología poco profunda, utilidad, medio ambiente arqueología.	12.0 (4.0)	20-100
270 MHZ	Geología, medio ambiente	25.0 (8.0)	70-300
100 MHZ	Geología, medio ambiente	60.0 (20.0)	300-500

La información que estos radargramas aportan es variada, pero principalmente se trabaja con tiempos de llegada.

El tipo de estudio de subsuelo más básico consiste en determinar velocidades de propagación promedio, y junto con los tiempos de propagación promedio, y registrados para cada evento, localizar la discontinuidad.

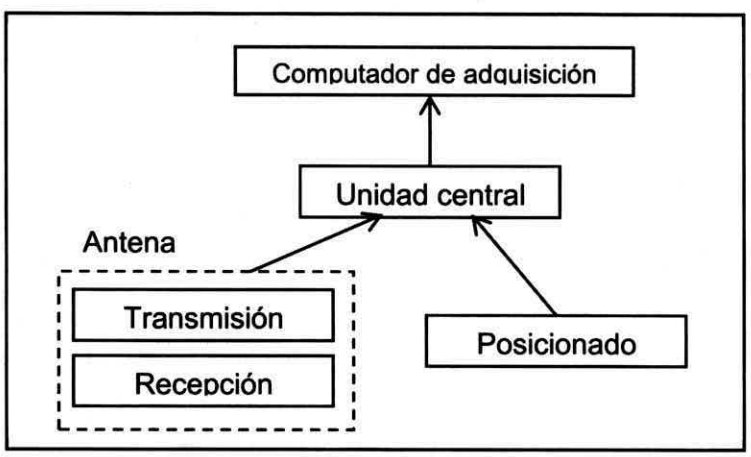


Figura 27. Estructura típica de un Georadar

Antena: Es la encargada de generar los pulsos electromagnéticos y recibir las reflexiones ocasionadas. Existen dos tipos de antenas: las mono estáticas y diastáticas. Las primeras están compuestas por un solo elemento encargado de transmitir, conmutador y recibir, mientras las diastáticas la componen dos elementos separados.

Unidad central: Controla el comportamiento de la antena y realiza la transmisión de datos a algún medio de grabación.

Sistema de posicionado: Posicionan al Georadar de acuerdo a una referencia topográfica dada. Generalmente se utilizan dos métodos: Odómetros para ubicación lineal o GPS para tener una ubicación tridimensional.

Computador de adquisición: Su función principal es la de almacenar los datos en un medio magnético y mostrar las mediciones realizadas.

Procesamiento de datos: Los registros almacenados de las mediciones de un computador, son conocidos como RADARGRAMAS. Los radargramas son una representación gráfica de las trazas generadas cada vez que se produce un pulso electromagnético, durante la medición. Como ya se describió, las trazas corresponden a un vector de energía recibida por reflexión vs tiempo transcurrido desde la generación del pulso. En un radargrama se utiliza una paleta de colores para agrupar los rangos de energía recibidos en ocasiones es posible realizar las interpretaciones directamente en campo, pero generalmente es necesario realizar un largo proceso de interpretación. En este proceso se busca resaltar anomalías que corresponden a las señales de interés y disminuir o eliminar el ruido. Es de suma importancia anotar que el trabajo realizado en campo, si se tiene una buena información de campo, donde se describa todas las posibles anomalías que fueron registradas, el trabajo de oficina se hace mucho más sencillo y eficaz.

El procesado de a información puede ser resumido en los siguientes pasos:

1.-Ubicar radargramas para las zonas de interés.
2.-Descartar anomalías producidas durante la medición.
3.-Selección de escala y paleta.
4.-Aplicación de filtros pasa banda.
5.-Correcciones estáticas.
6.-Aplicar ganancias a la señal (filtros transversales).
7.-Realizar stacking (filtros longitudinales).
8.-Obtención de tiempos de propagación para cada anomalía.
9.-Calculo de profundidades a partir de las velocidades de los medios.
10.-Correlación de resultados con la información existente, o resultados de otros métodos.
11.-Interpretación final de los resultados.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx
Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012

DESARROLLO DE TRABAJO DE GEORADAR

Existen múltiples factores que limitan el desempeño del equipo, como los ruidos instrumentales y externos, así como las ondas irradiadas, etc.

La recolección de datos obtenidos con el Georadar se realizó en 2 etapas, realizando los escaneos en tiempo real con el software SIR-3000 de manera preliminar en campo obteniendo ganancias, filtros, así como la frecuencia de muestreo y el tiempo de grabación.

Para el filtrado en gabinete se utilizó el software RADAN 7 para realizar un reproceso más fino definiendo los rangos de frecuencia de interés así como los ajustes de ganancias, offset, filtros, además para definir los reflectores de alta densidad o estructuras mediante el reproceso de datos definiendo las paletas de colores existentes, generando nuevas paletas y analizando la señal analógica del radar, para finalmente presentar los radargramas.

El geo-radar es una técnica no destructiva orientada al estudio del subsuelo superficial y que se fundamenta en la capacidad de las ondas de radar de baja frecuencia para propagarse a través de medios poco conductivos.

El método emplea una antena emisora para dirigir pulsos electromagnéticos de 1-20 ns de duración hacia el interior del terreno.

Este frente de ondas es parcialmente reflejado al encontrar una discontinuidad o un cambio de material en el subsuelo, pudiendo ser detectado en la superficie mediante una antena receptora dispuesta a tal efecto.

Al ir desplazando el sistema sobre la superficie del terreno será posible registrar la historia de reflexiones detectadas en el subsuelo bajo la línea de desplazamiento.

Para alcanzar el objetivo de la delimitación del suelo impactado con hidrocarburo se realizó la lectura de manera que se cubriera la mayor parte de la superficie delimitada como probable afectación al subsuelo.

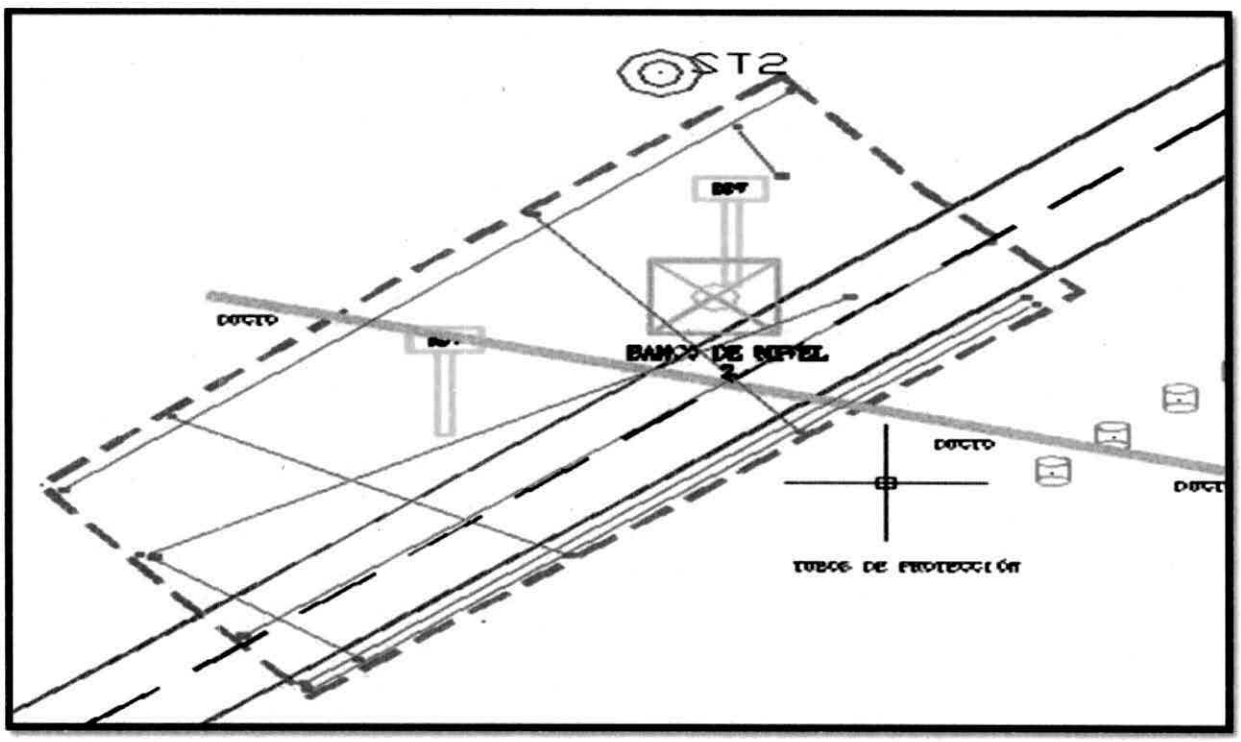
Los datos de campo fueron recogidos por un geo-radar modelo SIR-3000 de Geophysical Survey System Inc. El sistema utilizado fue un sistema biestatico con una antena de frecuencia 270 MHz con un tiempo de scan de 120 nanosegundos.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012

Nombre del Área: "ÁREA ALEDAÑA AL KM 28+208 DEL DDV DEL POLIDUCTO DE 10"Ø TOPOLOBAMPO-CULIACAN EN EL MUNICIPIO DE AHOME SIN"
Área Aprox (m2): 0.05 HA.
Disponibilidad del Terreno: Accesible.
Equipo: SIR-3000 Antena de 270 Mhz.
Líneas: 9 Líneas.
Ubicación de Área: EN EL MUNICIPIO DE AHOME SINALOA.
Operador: [redacted]
Características del Terreno: Suelo Arenoso.

Nombre de persona física, artículo 113 fracción I de la LFTAIP y artículo 116 primer párrafo de la LGTAIP.



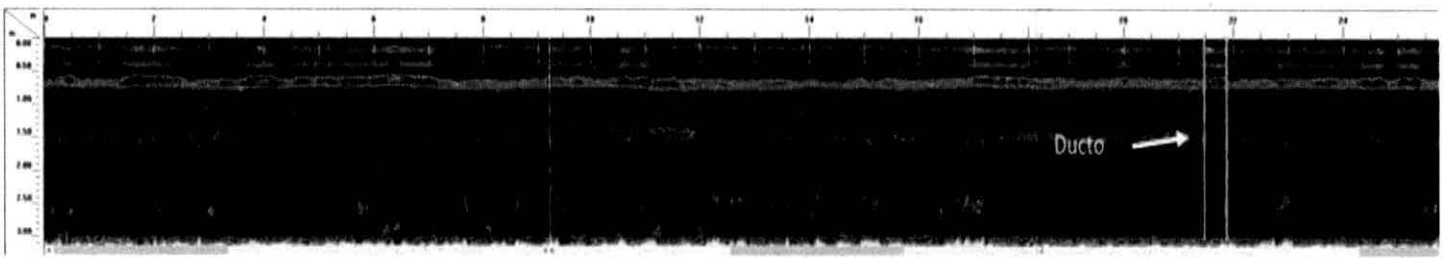
Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE SONDEO

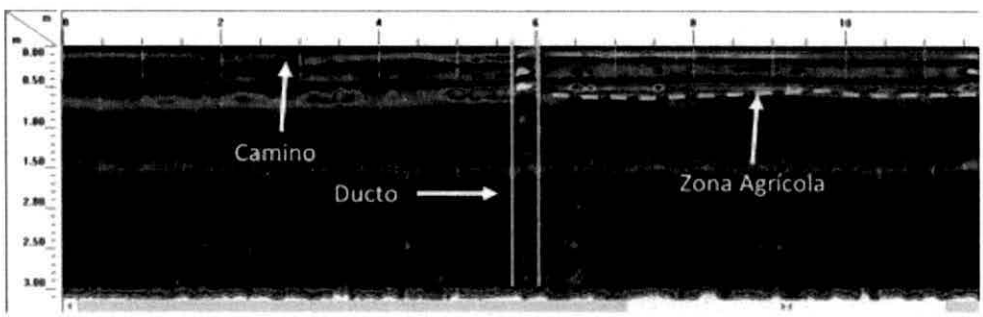
Nombre del Archivo: CTIVII__002
Fecha de Creación: JUN, 02 2014, 12:04:10
Fecha de Modificación: JUN, 02 2014, 12:07:12
Canales: Channel(s) 1
Muestras x Escaneo: Samples/Scan 512
Muestra: Bits/Sample 16
Escaneos x Segundo: Scans/Second 120
x Metro: Scans/Meter 100
Marcas x Metro: Meters/Mark 1
Constant 3
Structure ID
Time Zero Adj. (Thres. 3000)
Background Removal
Antenna Type = 5104

Canal: CHANNEL 1 270MHz
Posición: Position 0 nS
Rango: Range 52 ns
Rango de Ganancia:-20.0 6.0 32.0
Corrección de Posición: 0.4 nS **Bits x**
Vert IIR LP N = F = 1930 MHz
Vert IIR HP N = F = 115 MHz **Escaneos**
Horz IIR Stack TC = 2
Range Gain (L) Dieléctrico: Diel

Línea 4



Línea 5



Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

ESPESORES PROMEDIO DEL SONDEO CON COORDENADAS

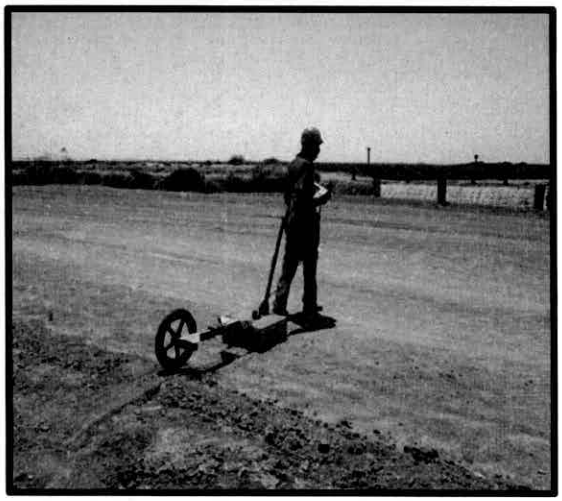
Tabla 12. Espesores promedio del sondeo con coordenadas.

"ÁREA ALEDAÑA AL KM 28+208 DEL DDV DEL POLIDUCTO DE 10"Ø TOPOLOBAMPO-CULIACAN EN EL MUNICIPIO DE AHOME SIN"				
Perfil	Coordenadas			
	Inicial		Final	
	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE
Línea 1	712204	2850170	712180	2850150
Línea 2	712182	2850144	712204	2850158
Línea 3	712210	2850162	712186	2850140
Línea 4	712188	2850137	712211	2850157
Línea 5	712213	2850158	712188	2850134
Línea 6	712191	2850139	712185	2850144
Línea 7	712187	2850151	712201	2850143
Línea 8	712205	2850151	712195	2850165
Línea 9	712201	2850167	712202	2850165

EVIDENCIA FOTOGRAFICA DEL SONDEO CON GPR

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012



Por medio del método indirecto de Radar de penetración de suelos (GPR) se realizó un barrido a manera de cubrir el área de estudio, para la obtención de información suficiente en la delimitación de la superficie impactada de forma horizontal.

En las Líneas 4 y 8 muestran 2 radargramas que se tomaron paralelos al ducto dentro del área de estudio, estos son una selección de las 9 líneas de levantamiento de radar, que se tomaron en el área, los cuales brindaron una perspectiva de las características del sitio. Los radargramas correspondientes a la Línea 4 y 8 se corrieron en dirección sur-norte y este-oeste respectivamente.

Los radargramas obtenidos en el área, no mostraron anomalías significativas en sus trazas, que nos pudieran brindar información sobre la posible presencia de hidrocarburos.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012

5.2 GASOMETRIA.

Uno de los métodos indirectos que se realizó en la zona de estudio para la caracterización del sitio fue un estudio de gasometrías, para este análisis se realizaron 10 puntos a 0.50 m de profundidad para las lecturas de Compuestos Orgánicos Volátiles.

El estudio de gasometrías es una herramienta para determinar la probable distribución de la mancha de contaminación. Este estudio se basa en el hecho de que algunos hidrocarburos son sumamente volátiles, por lo tanto se evaporan y desprenden compuestos orgánicos volátiles (COV's).

Dichos compuestos son todos aquellos hidrocarburos que se presentan en estado gaseoso a la temperatura ambiente normal o que son muy volátiles a dicha temperatura.

Los COV's son liberados al ambiente a través de la porosidad y grietas que pueda presentar el suelo en la zona, llegando hasta la superficie.

Con la finalidad de determinar la distribución espacial de los vapores en el área de estudio, se tomaron lecturas de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's), obteniendo con esto una mejor idea del probable comportamiento de la mancha de contaminación, donde a continuación se describe la metodología utilizada.

Primeramente se cuadricula la zona afectada, teniendo en cada nodo del cuadrado un punto para perforar, utilizando para esta actividad un Rotomartillo marca DEWALT, con broca de acero de 1"de diámetro y 0.50 m de longitud conectado a un generador eléctrico.

Cada nodo tiene una separación variable y se va modificando según se extienda la mancha de contaminación, dando como resultado un arreglo de 10 puntos para la toma de lecturas de COV's.

Las lecturas para la determinación de estos parámetros se tomaron con un Detectos Photo Ionizador (gasómetro) con límite de detección de 1 a 10,000 ppm, marca GASTECH modelo GT-402, equipado con una sonda de teflón, para introducirla directamente en cada perforación a 0.5 m de profundidad.

En la zona se realizaron 10 lecturas de gasometrías en el sitio afectado, ubicándose de la siguiente manera:

Para el estudio de gasometrías se realizaron 10 perforaciones a 0.5 m para la determinación de COV's, de las cuales se tiene los siguientes resultados:

- Los (10) puntos (100.00% del total) presentaron concentraciones de 0 ppm.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012

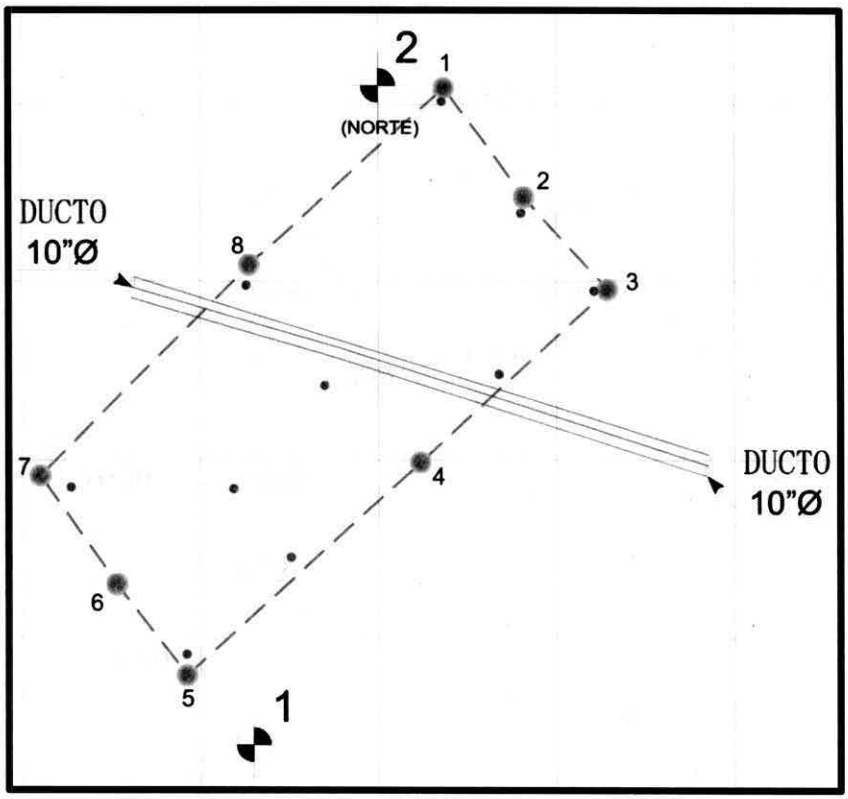


Figura 28. Polígono correspondiente a las primeras lecturas de ppm en la zona de estudio.

Tabla 13. Resultados analíticos para lecturas de COV´s realizados en la zona de estudio.

LECTURA	COORDENADAS UTM		H (ppm)
	X	Y	
GASOMETRIA 1	712213	2850160	0
GASOMETRIA 2	712208	2850166	0
GASOMETRIA 3	712204	2850170	0
GASOMETRIA 4	712208	2850155	0
GASOMETRIA 5	712198	2850154	0
GASOMETRIA 6	712194	2850161	0
GASOMETRIA 7	712194	2850151	0
GASOMETRIA 8	712197	2850146	0
GASOMETRIA 9	712192	2850140	0
GASOMETRIA 10	712183	2850148	0

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

En la tabla anterior se indican los resultados obtenidos del análisis de compuestos orgánicos volátiles (COV´s), donde se observa que no se presentaron concentraciones de COV's en el área de estudio.

Con este estudio se definió y ajusto el polígono de muestreo.

5.3 ESTATIGRAFIA LOCAL.

El transporte de los contaminantes dependen en gran medida de las características del medio geológico que los contiene, debido a lo anterior en el presente estudio se realizó una descripción estratigráfica por geólogos especialistas, en cada uno de los sondeos realizados para el muestreo de suelo, con la finalidad de obtener detalladamente la estratigrafía local que conforma el subsuelo en el sitio de estudio.

Unidad 1

Para esta Unidad, el límite superior va zona superficial de los 0.00 m a los 3.60 m los sedimentos presentes en esta capa son materiales In Situ y Ex Situ.

Cabe señalar que para los sedimentos depositados en esta área son de tipo de acarreo, podemos encontrar algunos conglomerados de acarreo debido a la interconexión de las Cuencas Exorreicas aledañas al área.

Existe un porcentaje de arenas superficialmente de tipo granular con un tamaño Grande, Medio y Fino con tonalidad café claros obscura, la depositación de estos es muy desordenada debido a la suspensión del agua y a los cambios de las topoformas del terreno. Esta capa meteorizada es también alterada por agentes eólicos.

Estos sedimentos presentan permeabilidad de un 30 %. Con una alta oxigenación debido al intemperismo que presenta esta unidad. La textura de estos sedimentos no presenta rugosidad. Tienen la propiedad de ser deleznables.

Está unidad presenta una cantidad de Arcillo – Arenosa con un 25 a 45 % de arcilla, presenta una cantidades variables de limos debido al Intemperismo Biológico que es causado por la Acción de acuña miento de las raíces y por el Ácido de las plantas que por efecto tiene una combinación de efecto químico y físico

Unidad 2.

Para esta segunda unidad que va a una profundidad de los 3.60 m a los 4.80 m los sedimentos geoestratigraficos corresponden a arenas finas, con microcristales cuarcíferos muy seleccionados, debido a la permeabilidad que tienen estos sedimentos a esta profundidad.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Topográficamente estos sedimentos finos son procedentes de la denudación de las rocas o de su trituración artificial. La diferenciación diagenetica de los materiales son bien seleccionados debido a la depositación de los sedimentos mediante el medio sedimentario nerítico, el material contiene un porcentaje de humedad del 45 %.

Esta capa o estrato tiene una compactación del 40 % ya que debido al weatherin tiene una influencia de materiales más grueso y que la primera unidad descrita y el sentido vertical hace que se someta a una mayor presión de volumen de sedimentos laterales diestrales, siniéstrales y de compresión.

Los estratos adyacentes no presentan planos de estratificación visibles debido a que los sedimentos presentan similitud en características estratigráficas, contiene también areniscas homogéneas bien clasificadas encontramos un gran porcentaje de arcilla material de cohesión que tiene la propiedad de la atracción intermolecular, con una cohesión del 35 %.

Los materiales visibles tienen una tonalidad de color café claro, con pequeñas intercalaciones de limos.

5.4 RESULTADOS ANALITICOS.

En este apartado se realiza la interpretación de los resultados analíticos del muestreo de suelo, en el polígono de estudio. Es importante mencionar que dicho análisis de resultados se realizó bajo el criterio de los Límites Máximos Permisibles (LMP), para el uso de suelo agrícola, forestal, pecuario y de conservación. (Tabla 14).

Tabla 14. Valores de los límites máximos permisibles por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

FRACCION DE HIDROCARBUROS	USO DE SUELO PREDOMINANTE (mg/kg BASE SECA) Agrícola, forestal, pecuario y de conservación.
Fracción Ligera	200.00
Benceno	6
Tolueno	40
Etilbenceno	10
Xilenos (suma de isómeros)	40

Para el muestreo de suelo en el polígono de estudio, se realizaron en total 10 sondeos y

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012

se tomaron muestras hasta una profundidad máxima de 9.60 m (Figura 29) y con un total de 32 muestras analizadas.

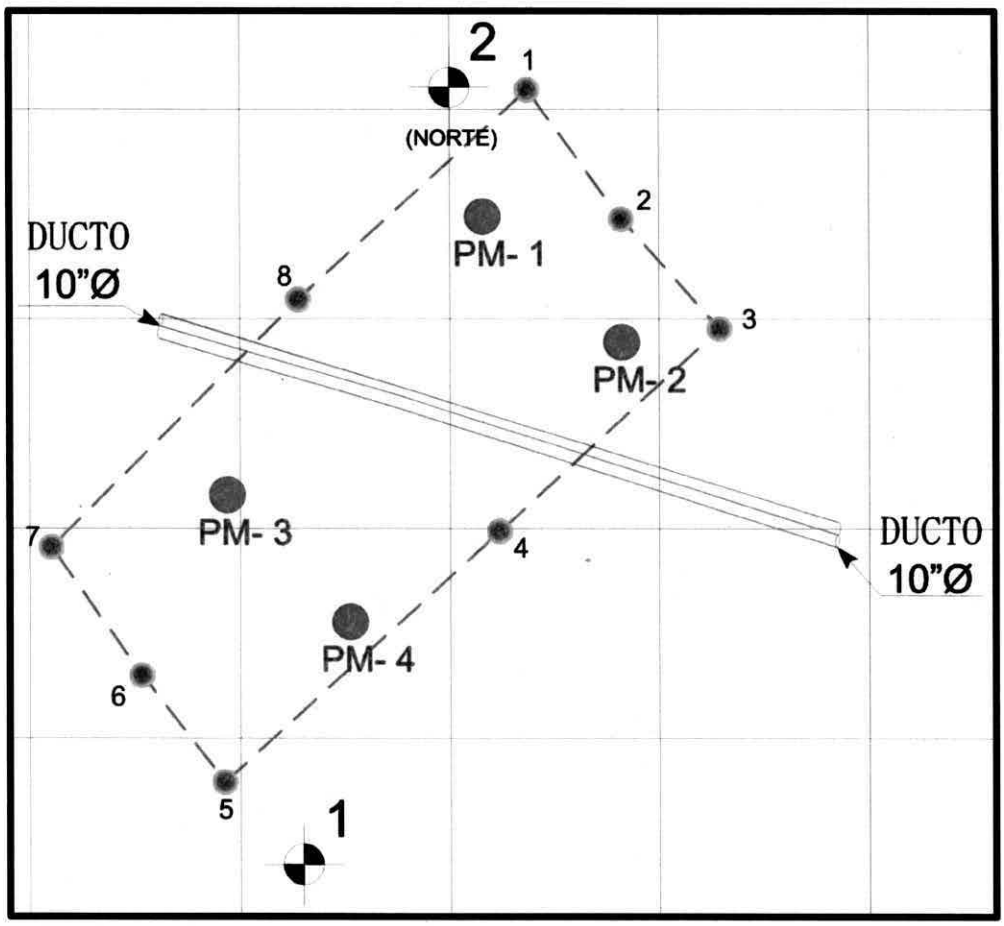


Figura 29. Ubicación de los puntos de muestreo sistemático de suelo en la zona de estudio.

A continuación en la Tabla 15, se presentan los resultados analíticos reportados por Laboratorios ABC Química y Análisis, S.A. de C.V., el cual cuenta con acreditación de la EMA y aprobación de PROFEPA, dicha tabla concentra, la clave de cada muestra, las concentraciones de cada punto de los diferentes parámetros.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Tabla 15. Resultados analíticos de muestras de suelo (mg/kg).

CLAVE	Fraccion Ligera	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	Xilenos
POZO No. 1, MUESTRA 01, 1.20m	ND	ND	ND	ND	ND
POZO No. 1, MUESTRA 02, 2.40m		0.71	11.05	5.52	30.41
POZO No. 1, MUESTRA 03, 3.60m	ND				
POZO No. 1, MUESTRA 04, 4.80m					
POZO No. 1, MUESTRA 05, 6.00m		6.39	31.93	8.49	50.15
POZO No. 1, MUESTRA 06, 7.20m	1,994.40				
POZO No. 1, MUESTRA 07, 8.40m		1.61	12.32	10.22	60.56
POZO No. 2, MUESTRA 01, 1.20m	ND	ND	ND	ND	ND
POZO No. 2, MUESTRA 02, 2.40m	ND	ND	0.11	ND	ND
POZO No. 2, MUESTRA 03, 3.60m	144.60				
POZO No. 2, MUESTRA 04, 4.80m					
POZO No. 2, MUESTRA 05, 6.00m		0.60	0.15	ND	0.16
POZO No. 2, MUESTRA 06, 7.20m	290.30				
POZO No. 2, MUESTRA 02, 2.40m	ND	ND	0.13	ND	ND
POZO No. 1, MUESTRA 08, 9.60m	1,282.90				
POZO No. 2, MUESTRA 07, 8.40m		ND	ND	ND	ND
POZO No. 3, MUESTRA 01, 1.20m	ND	ND	ND	ND	ND
POZO No. 3, MUESTRA 02, 2.40m		0.45	5.29	2.02	18.15
POZO No. 3, MUESTRA 03, 3.60m	272.30				
POZO No. 3, MUESTRA 04, 4.80m					
POZO No. 3, MUESTRA 05, 6.00m		11.84	86.30	43.79	220.90
POZO No. 3, MUESTRA 06, 7.20m	1,626.00				
POZO No. 3 MUESTRA 07, 8.40m	689.60	2.30	23.59	3.64	22.52
POZO No. 3, MUESTRA 07, 8.40m	768.00	2.43	20.45	4.58	26.13
POZO No. 4, MUESTRA 01, 1.20m	ND	ND	ND	ND	ND
POZO No. 4, MUESTRA 02, 2.40m		ND	ND	ND	ND
POZO No. 4, MUESTRA 03, 3.60m	622.50				
POZO No. 4, MUESTRA 04, 4.80m					
POZO No. 4, MUESTRA 05, 6.00m		4.63	18.06	3.83	20.58
POZO No. 4, MUESTRA 06, 7.20m	6,767.10				
POZO No. 4, MUESTRA 07, 8.40m		0.18	1.70	0.73	4.37
POZO No. 4, MUESTRA 08, 9.60m	2,748.20				

32 muestras
Faltan 14

X X1

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

5.4.1 FRACCION LIGERA.

La **Fracción Ligera** presenta valores máximos, por arriba de los niveles permisibles de uso de suelo agrícola de acuerdo a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, en el puntos de muestreo a distintas profundidades, identificados de la siguiente manera: **POZO No. 1, MUESTRA 06, 7.20m; POZO No. 2, MUESTRA 06, 7.20m; POZO No. 1, MUESTRA 08, 9.60m; POZO No. 3, MUESTRA 03, 3.60m; POZO No. 3, MUESTRA 06, 7.20m; POZO No. 3, MUESTRA 07, 8.40m; POZO No. 3, MUESTRA 07, 8.40m; POZO No. 4, MUESTRA 03, 3.60m; POZO No. 4, MUESTRA 06, 7.20m; POZO No. 4, MUESTRA 08, 9.60m**, del polígono de estudio **(Ver Anexo Planos.- Plano de Isoconcentraciones B-003).**

5.4.2 BTEX.

En el grupo de los **BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Xilenos),** presenta valores máximos, por arriba de los niveles permisibles de uso de suelo agrícola de acuerdo a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, en el puntos de muestreo a distintas profundidades, identificados de la siguiente manera: Para **Benceno (POZO No. 1, MUESTRA 05, 6.00m; POZO No. 3, MUESTRA 05, 6.00m);** Para **Tolueno (POZO No. 3, MUESTRA 05, 6.00m);** Para **Etilbenceno (POZO No. 1, MUESTRA 07, 8.40m; POZO No. 3, MUESTRA 05, 6.00m);** Para **Xilenos (POZO No. 1, MUESTRA 05, 6.00m; POZO No. 1, MUESTRA 07, 8.40m; POZO No. 3, MUESTRA 05, 6.00m);** Por lo tanto se consideran contaminantes de interés en la zona de estudio.

5.4.3 RESULTADOS DE PARAMETROS FISICOS EN SUELO.

Para este estudio se realizó la medición de los parámetros fisicoquímicos en suelo debido a que es importante determinar la textura, pH y porcentaje de materia orgánica de manera local, ya que estos nos pueden arrojar datos para una mejor interpretación de la calidad del suelo y del comportamiento de los contaminantes presentes en el mismo.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012

Tabla 16. Resultados de parámetros fisicoquímicos en muestras de suelo.

MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	% M.O.	pH	TEXTURA (%)		
				ARENA	LIMO	ARCILLA
POZO No. 1, MUESTRA 04	4.80	0.00	8.45	46.76	0.00	53.24
POZO No. 2, MUESTRA 04	4.80	0.00	8.53	36.76	0.00	63.24
POZO No. 3, MUESTRA 04	4.80	0.00	8.13	36.76	4.00	59.24
POZO No. 4, MUESTRA 04	4.80	0.00	7.61	52.76	6.00	41.24

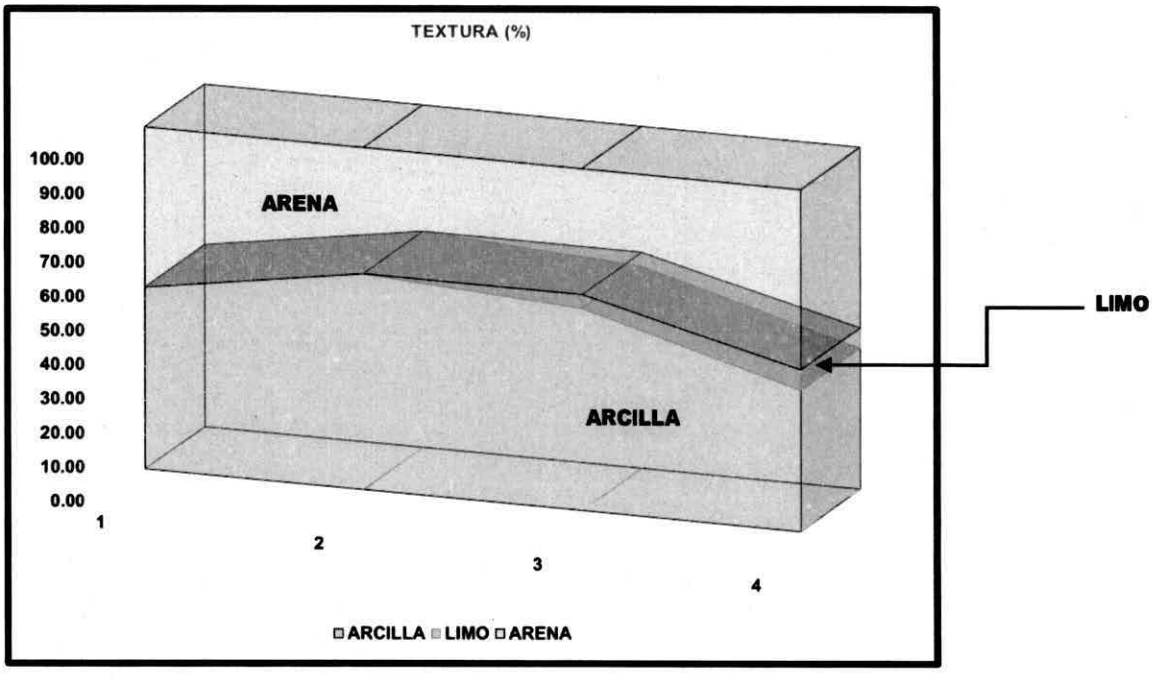


Figura 30. Porcentajes del tipo de material textural en muestras de suelo.

En base a los resultados obtenidos, se observa que para la textura de los materiales (Figura 30), el comportamiento general del contenido de las diferentes clases texturales es de mayores contenidos de arenas para la zona más somera, y de acuerdo a la presencia de mayor % de arena nos indica mayor permeabilidad disminuyendo a mayor profundidad al encontrarse con la presencia de arcilla. Evitando la rápida migración de los contaminantes.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012

6 POLIGONO DE CONTAMINACION Y BALANCE DE MASA.

En base a los resultados analíticos y el método de interpolación, se elaboró el plano de Isoconcentraciones para la determinación del área impactada; el plano de volumetría y secciones del área de impactada se utilizó para la determinación de la volumetría de suelo impactado, delimitando las manchas de contaminación. Así mismo, se hizo un estimado del material de hidrocarburos que es necesario remover en cada polígono para alcanzar los LMP para uso de suelo agrícola **(Ver anexo de planos B-003).**

1) Una vez definidas las manchas, en base a la predominancia de algún contaminante crítico en particular, la superficie interpolada, se determinó la superficie (en m^2) de suelo para cada uno de los contaminantes hasta la profundidad objetivo.

2) Con la superficie impactada y su respectiva profundidad, se pudo estimar una volumetría (m3) de suelo contaminado para el polígono.

A continuación se observa la tabla general (Tabla 17) los polígonos que se obtuvieron como resultado del estudio de suelo, los polígonos impactados generados en el plano de Isoconcentraciones, volumetría y secciones, presentan un área total contaminada de 344.510 m^2 con un volumen total de suelo contaminado de 433.35 m^3 a una profundidad desde 1.20 hasta 9.60 m **(Ver anexo de planos B-004).**

El volumen total de suelo contaminado es de 433.35 m^3 en un área total de afectación 344.510 m^2.

Tabla 17. Polígonos de fase residual.

POLIGONO	AREA DE ESTUDIO (M^2)	AREA AFECTADA(M^2)	VOLUMEN (M^3)	PROFUNDIDAD (M)
Km 28+208	**454.842**	**344.510**	**433.35**	**1.20 hasta 9.60**

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

7 CONCLUSIONES.

Los métodos indirectos de Georadar, Gasometría sirvieron como apoyo para delimitar la zona de estudio para la caracterización, así como un muestreo de suelo como método directo para para determinar la distribución horizontal y vertical de los potenciales contaminantes en el área afectada.

El Radar de penetración de suelos (GPR) se realizó un barrido a manera de cubrir el área de estudio, para la obtención de información suficiente en la delimitación de la superficie impactada de forma horizontal.

También se obtuvo información de apoyo para la identificación de los estratos, así como la profundidad estimada a la que la pluma del contaminante pudo penetrar.

En el área de estudio se definieron 2 unidades estratigráficas principales: a) Unidad 1 de 0.00 hasta 3.60 m de profundidad (Arenas tipo granular, arcillo-arena), b) Unidad 2 de 3.60 a 4.80 m de profundidad (arenas finas, con pequeñas intercalaciones de cristales cuarcíferos).

Dadas las lecturas tomadas en el sitio con el equipo de georadar en el KM 28+208 DEL DDV DEL POLIDUCTO DE 10" Ø TOPOLOBAMPO-GUAMUCHIL-CULIACAN, EN EL MUNICIPIO DE AHOME SIN; los radargramas se muestran de forma paralela y perpendicular al ducto, dentro del área de estudio, los cuales brindaron una perspectiva de las características del sitio.

En las Líneas 4 y 8 mostraron 2 radargramas de forma paralela y perpendicular al ducto, dentro del área de estudio, estas son una selección de las 9 líneas de levantamiento de radar, que se tomaron en el área, las cuales brindaron una perspectiva de las características del sitio.

Los radargramas correspondientes a la Línea 4 y Línea 8 se corrieron en dirección sur-norte y este-oeste respectivamente. Los radargramas obtenidos en el área, no mostraron anomalías significativas en sus trazas, que nos pudieran brindar información sobre la posible presencia de hidrocarburos.

El estudio de gasometrías, otro de los métodos indirectos para determinar la probable distribución de la mancha de contaminación, en donde se realizaron 10 puntos a 0.50 m de profundidad para las lecturas de Compuestos Orgánicos Volátiles dieron como resultado 0.00 ppm de los 10 puntos; este método indirecto se realizó con el fin de apoyar para una mejor idea del posible impacto en el sitio y haber propuesto un polígono de estudio más representativo.

Con los métodos indirectos de Georadar y Gasometrías se definieron y ajustaron los polígonos de muestreo.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TUV SUD México
Visión 2012

El diseño de muestreo fue del tipo dirigido con 10 puntos de muestreo, desde 1.20 m hasta una profundidad máxima de investigación de 9.60 m debido a que mayor profundidad se encontró el nivel freático impedía la perforación y la migración del contaminante.

Los resultados analíticos por Fracción Ligera y BTEX (el producto derramado fue Gasolina **Px- Magna**), correspondientes al muestreo de suelos que se realizó a profundidades de, 1.20, 2.40, 3.40, 4.80, 6.00, 7.20, 8.40 y 9.60 m.

La Fracción Ligera presenta valores máximos de 1,994.40 mg/kg (**POZO No. 1, MUESTRA 06, 7.20m**); 290.30 mg/kg (**POZO No. 2, MUESTRA 06, 7.20m**); 1,282.90 mg/kg (**POZO No. 1, MUESTRA 08, 9.60m**); 272.30 mg/kg (**POZO No. 3, MUESTRA 03, 3.60m**); 1,626.00 mg/kg (**POZO No. 3, MUESTRA 06, 7.20m**); 689.60 mg/kg (**POZO No. 3, MUESTRA 07, 8.40m**); 768.00 mg/kg (**POZO No. 3, MUESTRA 07, 8.40m**); 622.50 mg/kg **(POZO No. 4, MUESTRA 03, 3.60);** 6,767.10 mg/kg **(POZO No. 4, MUESTRA 06, 7.20m);** 2,748.20 mg/kg **(POZO No. 4, MUESTRA 08, 9.60m);** estos valores se encontraron por arriba de los LMP para uso de suelo agrícola que es de 200 mg/kg, de acuerdo a la NOM-SEMARNAT/SSA1-2012, las profundidades de contaminación van desde 1.20 m hasta 9.60 m.

En el grupo de los **BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Xilenos),** presenta valores máximos, por arriba de los niveles permisibles de uso de suelo agrícola de acuerdo a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, en el puntos de muestreo a distintas profundidades, identificados de la siguiente manera: Para **Benceno (6.39 mg/kg POZO No. 1, MUESTRA 05, 6.00m; 11.84 mg/kg POZO No. 3, MUESTRA 05, 6.00m);** Para **Tolueno (86.30 mg/kg POZO No. 3, MUESTRA 05, 6.00m);** Para **Etilbenceno (10.22 mg/kg POZO No. 1, MUESTRA 07, 8.40m; 43.79 mg/kg POZO No. 3, MUESTRA 05, 6.00m);** Para **Xilenos (50.15 mg/kg POZO No. 1, MUESTRA 05, 6.00m; 60.56 mg/kg POZO No. 1, MUESTRA 07, 8.40m; 220.90 mg/kg POZO No. 3, MUESTRA 05, 6.00m);** Por lo tanto se consideran contaminantes de interés en la zona de impacto.

De acuerdo con lo anterior, se calculó el volumen total de suelo contaminado el cual es de 433.35 m3, con una superficie total de afectación de 344.510 m2.

Durante los trabajos de caracterización del presente estudio no se localizaron cuerpos de agua cercanos, que pudieran haber sido afectados. Todo esto apoyado mediante las lecturas de radar como parte del método geofísico y las perforaciones realizadas durante el muestreo del área, sin encontrar ningún manto freático somero. Por tal motivo no fue necesario notificarle a la autoridad ambiental CNA (Comisión Nacional del Agua).

La tecnología que se proponen para ser utilizada en la remediación se definió con base a las características del sitio y el tipo y concentración de hidrocarburos.

Se propone que el tratamiento para el suelo impactado se realice mediante extracción de vapores/bioventeo.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Ética

CACEI Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, A.C.

CIEES

TÜV SÜD México

Visión 2012

Propuesta de Remediación

8 PROPUESTA DE REMEDIACION.

En función a los resultados del estudio de caracterización y el balance de masa, se tiene que los contaminantes son la Fracción Ligera y BTEX, por lo que se propone emplear la tecnología usualmente autorizada para el tratamiento de suelos In-Situ: Extracción de Vapores/Bioventeo (EV/BV). El volumen total de suelo a remediar es de 433.35 m3, distribuido sobre una superficie afectada de 344.510 m2.

La localización del área a remediar se encuentra en el derecho de vía (DDV) km 28+208 del Poliducto de 10"Ø, Topolobampo-Guamúchil-Culiacán, Sector Ductos Topolobampo, perteneciente al municipio de Ahome, Sinaloa.

La Universidad Autónoma de Nuevo León, privilegia los métodos de biorremediación sobre los métodos de tratamiento químico y térmicos, ya que estos últimos causan un impacto sobre la vida en los suelos, disminuyendo (a veces a cero), el número y la biodiversidad de individuos, que después habrá que restaurar (LGEEPA Art. 3 fracción XXXIII).

A continuación se describe el método propuesto por La Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) para la remediación del área impactada por hidrocarburos.

EXTRACCIÓN DE VAPORES/BIOVENTEO (EV/BV).

Extracción de Vapor del Suelo (EV).

La EV, también conocida como ventilación del suelo, vaporización y volatilización, es una tecnología en la que se aplica un vacío al suelo, para inducir un flujo controlado y continuo de aire, y remover así contaminantes volátiles y semivolátiles del suelo.

La efectividad del sistema de EV depende los contaminantes y de la permeabilidad y homogeneidad del suelo.

Esta tecnología ha demostrado su eficacia en la reducción de las concentraciones de compuestos orgánicos volátiles (COV) y algunos compuestos orgánicos semi-volátiles (SVOCs) que se encuentran mezclados, sin embargo, es más recomendable su aplicación para compuestos volátiles tales como la gasolina.

El diésel, los aceites lubricantes y las kerosinas, que son menos volátiles que la gasolina, no son fácilmente eliminados por este método. Dado que casi todos los compuestos derivados del petróleo son biodegradables, estos pueden ser tratados por bioventeo. La inyección de aire caliente también se puede utilizar para aumentar la volatilidad de estos compuestos más pesados, porque la presión de vapor generalmente aumenta con la temperatura. Sin embargo, las necesidades de energía para la mejora de la volatilidad sería ser tan elevada que se convertiría en una actividad económicamente inviable.

XIII XIV XV

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

La EVS, funcionara como la tecnología principal dentro de un tren de tecnologías, se aplica inicialmente la EVS, seguida de bioestimulación y/o bioventeo para terminar de degradar los compuestos aceitosos que quedaron en el suelo después de la EVS.

Después de conocer el material contaminante y sus concentraciones, para completar la evaluación inicial detallada, necesitara la información específica del suelo, sus composición, características físicas y químicas del mismo, características hidrológicas y geológicas del sitio, y compararlas con los rangos donde el EVS es eficaz, al mismo tiempo se deben conocer la topografía, climatología y aspectos socioeconómicos del sitio en estudio, todo esto para conocer si el lugar contaminado es susceptible de ser tratado con esta tecnología.

La inyección de vapor mediante pozos y su extracción, lograra la desorción de contaminantes del suelo contaminado, los cuales son arrastrados por el vapor, recuperados y tratados, lo que reduce la concentración de los constituyentes volátiles de derivados del petróleo, adsorbidos en el suelo en la zona insaturada, esta es una tecnología de remediación "In Situ".

En esta tecnología, un sistema de extracción (extracción por vacío) se aplicara a la matriz del suelo, para crear un gradiente de presión negativo, el cual causa movimiento de vapores hacia los pozos de extracción. Los constituyentes volátiles (COV´s) son removidos del subsuelo a través de los pozos de extracción, permaneciendo en el suelo la fase aceitosa de los hidrocarburos que serán biodegradados posteriormente mediante bioestimulación.

Los vapores extraídos serán tratados (filtros de carbón activado o el uso de un horno de oxidación catalítica) y descargados a la atmósfera o pueden ser reinyectados al subsuelo (Si cumplen con la normatividad).

Para la eliminación de vapores orgánicos de una corriente de aire, es ampliamente utilizado el carbón activado como medio adsorbente, sin embargo, para dependiendo del volumen de hidrocarburos a extraer del suelo contaminado.

Después de la etapa de EVS se procede con la segunda etapa de remediación que es el bioventeo.

BIOVENTEO (BV).

Es una tecnología de restauración "In Situ" (en sitio) que mediante la adición de aire (oxígeno) y nutrientes, estimula la actividad de los microorganismos nativos para biodegradar los compuestos orgánicos adsorbidos en el suelo en la zona no saturada.

En el bioventeo, la actividad de las bacterias nativas se mejorara al inducir un flujo de aire (oxígeno) en la zona no saturada, empleando pozos de inyección y/o extracción, y adicionando nutrientes (bioestimulación), como se había mencionado así que la utilización de esta tecnología es en realidad la utilización de un tren de tecnologías, específicamente el bioventeo como tecnología dominante y la bioestimulación como tecnología secundaria.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012

En este método se deberá cuidar que el bioventeo promueva la biodegradación y minimice la volatilización, esto se logra usando flujos de aire pequeños, aunque no se eliminara totalmente la volatilización. Cuando usen los pozos de extracción, el proceso será similar al de Extracción de Vapor del Suelo (EVS). Sin embargo, mientras el EVS removerá los constituyentes primeramente a través de la volatilización, el bioventeo promoverá la biodegradación de los constituyentes y minimizara la volatilización, generalmente usando flujos de aire más pequeños que en el EVS, como se había mencionado anteriormente.

Para dar inicio a la práctica de este método, las pruebas de laboratorio (de muestras de suelo) deben indicar que al someter al suelo a las condiciones deseables de C-N-P y humedad, la población de bacterias heterótrofas aumenta considerablemente, así como la asociación con hongos y otros microorganismos (biodiversidad de las cadenas tróficas), al igual que su capacidad para biodegradar los hidrocarburos (medida del bióxido de carbono en la prueba de laboratorio).

Las colonias de microorganismos nativos tienen más posibilidad de desarrollo que las colonias introducidas ya que éstas últimas requieren un largo periodo de adaptación al hábitat del sitio, además, introducir especies exóticas puede contaminar el hábitat.

Por otro lado, es importante destacar, que de acuerdo con lo establecido en la LGEEPA (Art. 134 fracción V), para recuperar o restablecer sus condiciones, la fertilidad del suelo para propiciar los procesos naturales (Art. 3 fracción XXXIII), es básica. De esta forma no solo se destruye el contaminante, sino que se restaura completamente el suelo de acuerdo con la misma Ley.

En el caso, se identificaran y trataran los volúmenes de suelo contaminado, con valores arriba de la norma de referencia NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, como resultado del estudio de caracterización realizado del área afectada km 28+208 del Poliducto de 10"Ø, Topolobampo-Guamúchil-Culiacán, Sector Ductos Topolobampo, perteneciente al municipio de Ahome, Sinaloa.

En este tipo de proceso tanto para la extracción de vapores como para el bioventeo, se requiere la construcción de pozos que faciliten la salida de los volátiles presentes en el subsuelo a través de tubería ranurada, un sistema combinado de inyección de aire comprimido y extracción con bombas de vacío, el cual es un proceso que restaura de manera muy eficiente una contaminación con volátiles.

Para este tren de tecnologías se utilizaran los mismos pozos para la extracción de vapores y el bioventeo, por lo que serán pozos de extracción/inyección, estos tendrán las siguientes características, así como los materiales a utilizar:

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012

DETERMINACIÓN DE DENSIDAD DE POZOS DE EXTRACCIÓN/INYECCION.

Lagreaga 1996, establece que dependiendo de las condiciones del suelo, los radios efectivos de los pozos de extracción e inyección varían desde los 6 m y que representa una superficie de 113.04 m2 hasta mayores de 45 m que afecta a una superficie de 6,358.50 m2.

También se ha demostrado que los sistemas EVS pueden tener una profundidad de 6.00 m en suelos con una permeabilidad media o conductividad hidráulica de 10 -4 cm/seg.

Se considerara un radio de acción de 3.0m, lo que representa una superficie de acción de 28.26 m2 por pozo. Cada pozo se distribuirá de forma equidistante a una distancia de 5.30m.

Para calcular el área de influencia de cada pozo tenemos lo siguiente:

CASO 1.- si consideramos que cada pozo tiene un radio de acción de 3.0m, podríamos ubicar los pozos de forma equidistante a una distancia de 6.00m entre pozo y pozo. Sin embargo con esta configuración se correría el riesgo de dejar áreas sin la influencia del tratamiento.

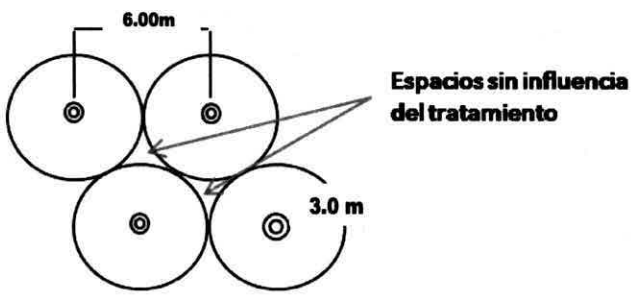


Figura 31.- Configuración de pozos a 6.00 m de equidistancia.

CASO 2.- con el objetivo de cubrir los 344.510 m2 es necesario reducir la distancia entre los pozos y evitar los espacios "vacíos" que se forman, ya que la superficie de acción se mantiene a 28.26 m2.

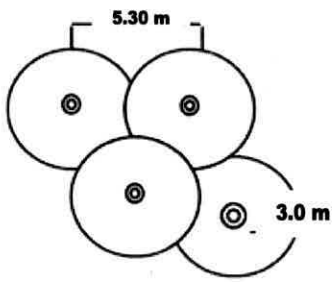


Figura 32.- Configuración de pozos a 5.30 m de equidistancia.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

La configuración de los pozos de extracción de vapores y el cálculo del número de pozos es el siguiente:

Distancia entre Pozos= 5.30 m

Radio del pozo= 3.0m

Área =$\pi . r^2$

Área = 28.26 m^2

Superficie afectada = 344.51 m^2

No. de pozos = 344.51 m^2/28.26 m^2 = 12.19 pozos ≈ 12.00 pozos

Una vez realizada la distribución de los pozos en el plano del polígono de contaminación se ubicarán físicamente con banderolas y se georeferenciarán con estación total y GPS.

La ubicación de los pozos podrá cambiar de acuerdo a las condiciones que existan al momento de ubicarlos. Una vez ubicados cada uno de los pozos se continuará con las actividades de perforación.

La perforación vertical se realizará con equipo rotatorio utilizando barrenas helicoidales de 6" de diámetro con la finalidad de obtener recortes de perforación lo más seco posible para facilitar su manejo.

Considerando que el recorte de perforación proviene de un suelo contaminado con hidrocarburo, se tratará mediante el método de biorremediación en celda, tal como lo establece la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

El ademado de los pozos se realizará instalando tubería de PVC de 6" de diámetro cédula 40 ranurada de fábrica, empacado del espacio anular inferior (zona vadosa) con gravilla el superior con arena sílica malla 40, sellando del extremo inferior del pozo con tapón de PVC y sellando el espacio anular superior con bentonita y cemento gris para evitar fugas de presión o vacío.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012

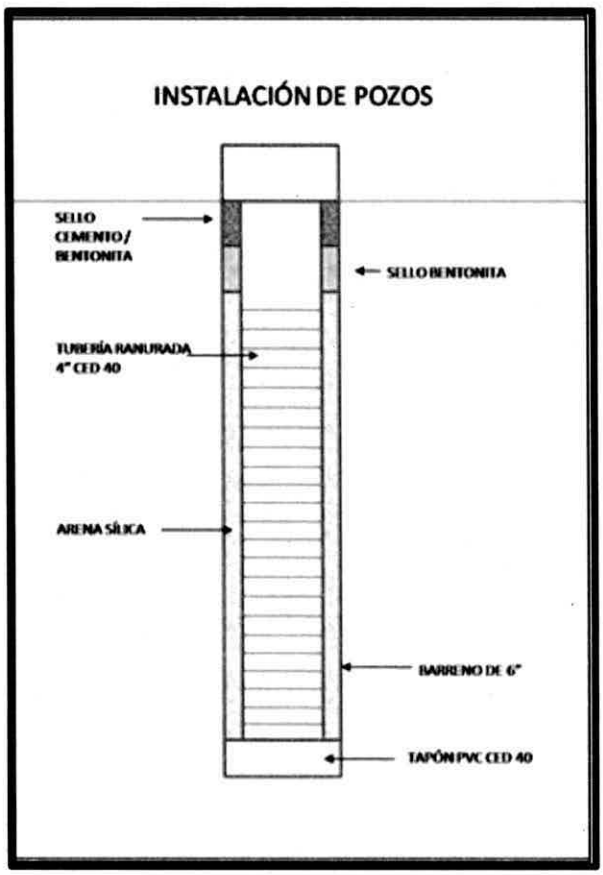


Figura 33- Diagrama de ademe de pozos.

Antes de iniciar con las etapas de remediación del área afectada verificara en los pozos de extracción/inyección, de que no exista presencia de producto en fase libre, si llegara a existir se realizara

Una vez que se termina el ademe de cada pozo, se procede a la verificación de presencia de hidrocarburo en fase líquida en su interior por medio de un medidor electrónico de interfase, en caso de que sea positiva la detección se procede a su recuperación por medio de succión con bomba neumática de doble diafragma para ser depositado en un tanque de separación (tanque de polipropileno de alta densidad de 2,500 lt de capacidad).

La mezcla agua-hidrocarburo recuperada se deja en reposo un tiempo mínimo necesario para lograr separar las fases el cuál es de 12 hrs.

Finalizando el tiempo mínimo de reposo se drena el agua regresándose al manto freático, la fase orgánica (hidrocarburo) se trasiega a un tanque de almacenamiento temporal del cual se envía a refinería para su procesamiento o a disposición final, como lo indique la residencia de obra.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

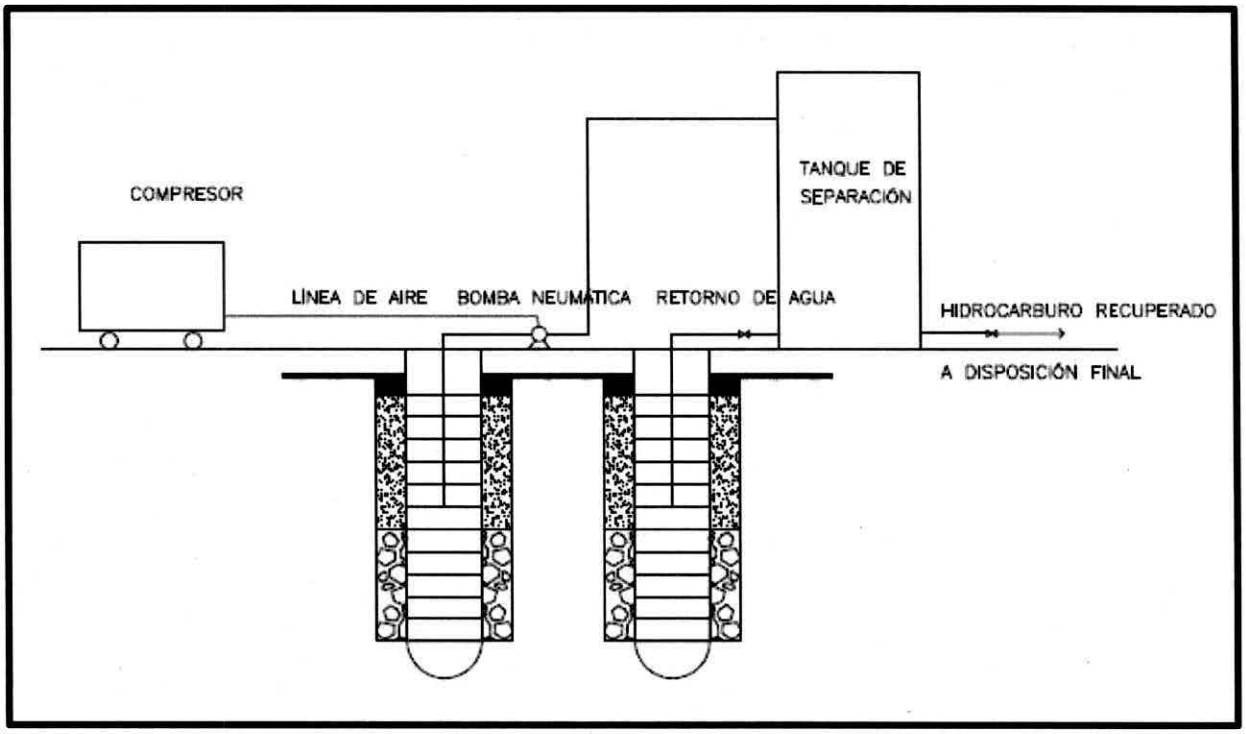


Figura 34.- Diagrama de recuperación de hidrocarburos en fase libre.

La Remediación del área afectada se aplicará en tres módulos de tratamiento. En cada uno de los módulos se instalará un sistema de extracción de vapores completo, el sistema de bioventeo y el control de las emisiones a la atmósfera mediante filtros de carbón activado.

Los pozos perforados y ademados tendrán doble función; extracción e inyección, es decir, todos los pozos tendrán la posibilidad de servir para inyectar aire y para aplicar vacío. La doble función se realizara por medio de la instalación de cabezales de interconexión los cuales por medio de válvulas serán conectados al sistema de vacío o al sistema de aire comprimido según sea necesario.

Una vez instalados los pozos de tratamiento, se instalarán los cabezales de interconexión intercalados, es decir, una fila de pozos se conectara a un cabezal y la fila adyacente a otro cabezal, de esta manera se podrá aplicar el tratamiento de inyección en un cabezal y el sistema de extracción en el otro, teniendo siempre la opción de invertir el tratamiento cuando sea necesario.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012

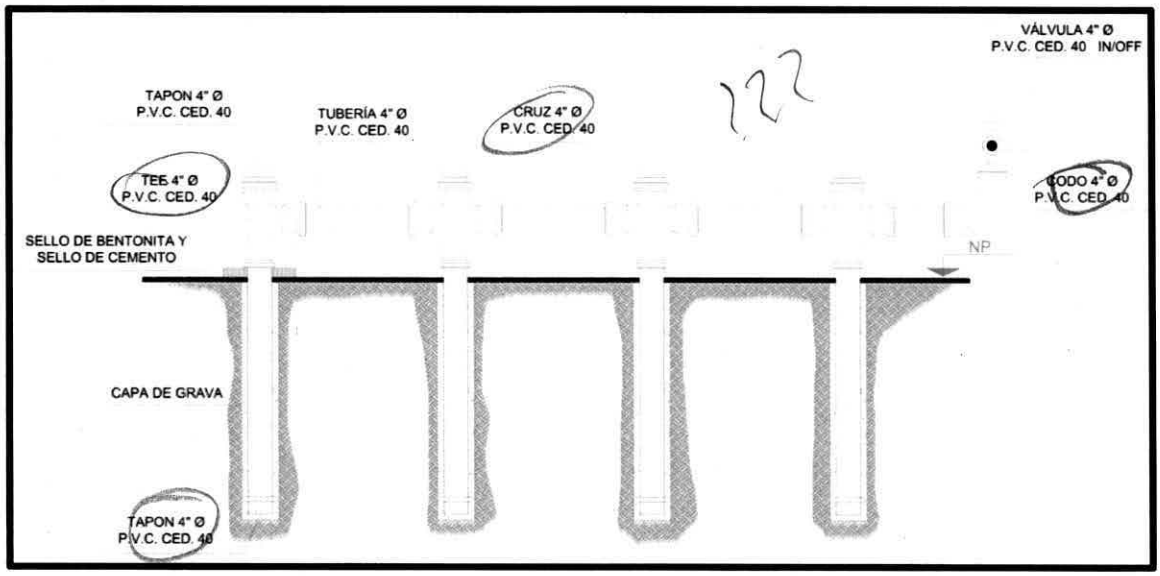


Figura 35- diagrama de interconexión de pozos de extracción/inyección.

La Instalación de ramales de interconexión con tubería de PVC lisa (Cabezal para inyección de aire para aplicación de vacío), consistirá en interconectar los pozos instalados con tubería y accesorios (coples, codos, tees, etc.) de PVC cedula 40, acoplando una válvula de bola de PVC al inicio y al final de cada línea de pozos para controlar el proceso de acuerdo al tratamiento que se vaya a aplicar, ya sea inyección de aire comprimido seco o aplicación de vacío.

En la primera etapa de remediación aplicando la EVS, se aplicara el suministro de aire comprimido para mejorar el desprendimiento del hidrocarburo de las partículas de suelo.

De la información obtenida en campo y de los análisis fisicoquímicos practicados a las muestras encontramos que la composición predominante del suelo y subsuelo del área a restaurar, el mayor porcentaje es de arenas y arcillas con una conductividad hidráulica de alrededor de un 70-30%, es decir, se trata de un sistema abierto.

Esto significa que la técnica de extracción de vapores con aplicación de un sistema de vacío será suficiente para remover las partículas de hidrocarburo alojadas dentro del subsuelo.

La aplicación de aire comprimido limpio (libre de grasas y aceites) que ayudara a incrementar el movimiento de gases dentro de los espacios intersticiales del suelo.

El aire comprimido será suministrado a los pozos que se encuentran en el perímetro del área a tratar para inducir el flujo de gases hacia la zona donde se provocará el vacío mediante el sistema instalado.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

En un extremo del cabezal de interconexión que alimenta los pozos instalados en la periferia del área a restaurar, se conecta el suministro de aire comprimido seco y libre de grasas y aceites desde un compresor de aire de 270 CFM (pie3 por minuto) controlando la presión a un máximo de 12 psi (libra por pulgada2), mediante el control automático del compresor, en ésta línea de suministro se instala también un manómetro para poder monitorear la presión de aire.

Aplicación de vacío para la extracción de los vapores orgánicos del subsuelo será mediante un sistema de vacío que inducir la volatilización de las moléculas de hidrocarburo, deberá de integrarse con sistema doble fase con motor de 40 hp, 500 ACFM de capacidad, 15 a 28" Hg de vacío, bomba de sello líquido, control automático de humedad de vacío, completamente automatizado.

Antes de esta descarga, el sistema contara con un sistema de tratamiento para Compuestos Orgánicos Volátiles (COV´s), que se compone de un filtro de carbón activado, ya que este es muy efectivo, manejable y de bajo costo.

Este filtro al llegar a su punto de saturación, será lavado con ácido sulfúrico para su neutralización.

El residuo resultante de esta operación es ceniza de carbón ya que el material queda completamente mineralizado y además es totalmente inocuo.

Los parámetros que típicamente se monitorean en un sistema de EVS, son:

- Presión (Bombas).
- Flujo (Aire/vapor).
- Concentraciones de COV´s, masa removida de contaminante.
- Temperatura.
- Monitoreo mediante muestreo de contaminantes remanentes en el suelo (porción aceitosa y COV´s).
- Monitoreo de actividad microbiana en caso de que permanezca en el suelo una porción aceitosa que supere la norma.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TÜV SÜD México
Visión 2012

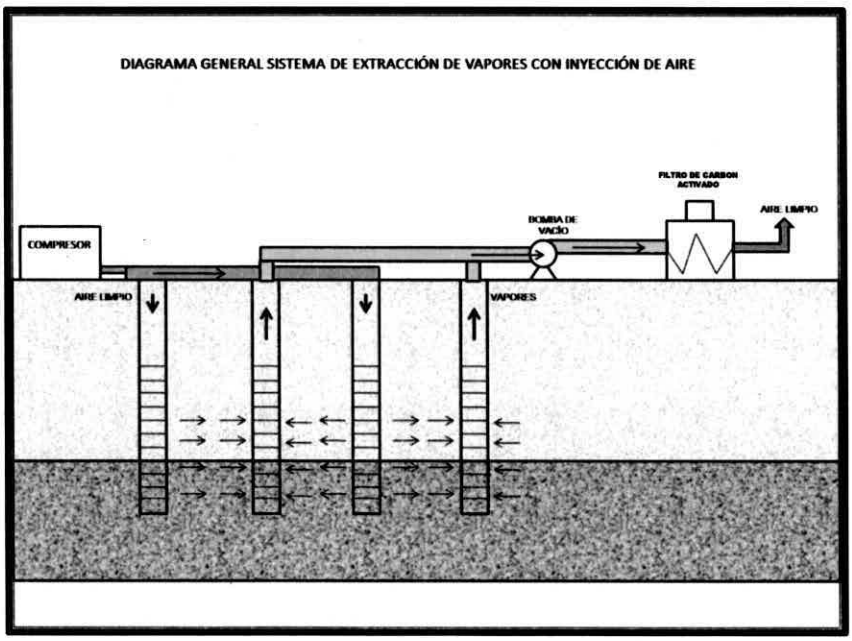


Figura 36- Diagrama general sistema de extracción de vapores con inyección de aire.

Durante el proceso de remediación se llevara a cabo un control de muestreo semanal para verificar la disminución paulatina del nivel de hidrocarburos, esto mediante un analizador de muestreo portátil Petroflag. Asimismo, se determinará la relación carbono orgánico, nitrógeno y fósforo (100:10:1), manteniendo la humedad en el nivel ideal de acuerdo con el criterio agronómico de fertilidad de suelo.

El control del proceso del sistema combinado de extracción-inyección tiene como objetivo verificar que la extracción de compuestos organicos semi-volatiles y volátiles, se lleve a cabo, para esto el sistema tiene instalado en la línea de salida del equipo de vacío un puerto para la toma de muestras de la corriente de aire (puerto de muestreo de gases), en este puerto se acopla un analizador de compuestos orgánicos volátiles (VOC detector).

Desde que se inicia la aplicación del tratamiento se toman lecturas con este equipo periódicamente (3 veces al día), estas lecturas se van graficando para observar el comportamiento de la disminución en la concentración de COV's, una vez que los valores de concentración disminuyen hasta un 10% (o menos) de la concentración inicial y se mantienen (o disminuyen) cuando menos por un espacio de 72 horas (2 lecturas por día), se procede al paro del sistema de tratamiento, este paro es aprovechado para darle mantenimiento preventivo a todo el equipo. Posteriormente se cierran y abren las válvulas respectivas de los cabezales de interconexión para invertir la aplicación del tratamiento, es decir, aplicar la extracción a los pozos que eran de inyección y viceversa.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Se repite el procedimiento descrito anteriormente para la operación y control de proceso hasta llegar al mismo nivel de concentraciones de COV's a la salida del equipo de vacío. En caso de que desde el inicio de la aplicación del tratamiento inverso y durante 3 días seguidos las concentraciones de COV's, sean las mismas o inferiores a las que se alcanzaron en la primera etapa, se suspende esta etapa y se procede con el tratamiento de biorremediación in situ.

El Tratamiento de Biorremediación In Situ (Bioventeo (BV)) se inicia con la preparación de una mezcla nutritiva en solución acuosa compuesta de agua potable no clorada, biocatalizador y nutrientes al 10% en peso. Esta solución se aplica directamente a los pozos de inyección hasta su saturación.

Por último, si necesitamos adicionar nutrientes a nuestro método de bioventeo, se construirá un sistema similar al de inyección (descrito anteriormente) e independiente, en el cual, contaremos con un recipiente que contendrá la solución nutritiva, que será llevada por medio de una bomba hacia la parte superior del área contaminada, para que por gravedad esta vaya actuando a través de toda la pluma de contaminación.

La concentración a la cual se aplicará la solución nutritiva, que puede ser, Polypetro Solve (bacterias degradadoras de hidrocarburos compuestas con nutrientes), es de aproximadamente 100 gr /m3 disuelto y preparado previamente en un bioreactor para aplicar posteriormente unos 50 lts de solución por m3 de suelo contaminado.

Para provocar que la mezcla nutritiva penetre dentro de los espacios intersticiales del suelo se pone en operación el sistema de extracción de vapores con inyección de aire siguiendo el procedimiento descrito anteriormente.

En el Control del proceso de BV, además de controlar la emisión de gases a la atmósfera y verificar la concentración de hidrocarburos a la salida del equipo de vacío, también se deberá monitorear la humedad en el puerto de muestreo de gases ya que es una variable a mantener durante todo el tratamiento, el rango de humedad deberá ser del 20 al 75% (humedad relativa), en caso de que sea menor al 20% se corre el riesgo de afectar el proceso de biodegradación.

Para mantener el proceso de biodegradación se deberán realizar cargas de solución nutritiva a los pozos de inyección de acuerdo a las necesidades de humedad del proceso, como condición inicial de tratamiento.

Para lograr una mejor penetración de nutrientes, humedad y oxígeno al subsuelo, se podrán cambiar los pozos de inyección por los de extracción y viceversa las veces que sean necesarias, aprovechando los paros del equipo para mantenimiento preventivo y/o correctivo o de acuerdo a los resultados de los monitoreos de las variables de control de proceso.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TUV SUD México
Visión 2012

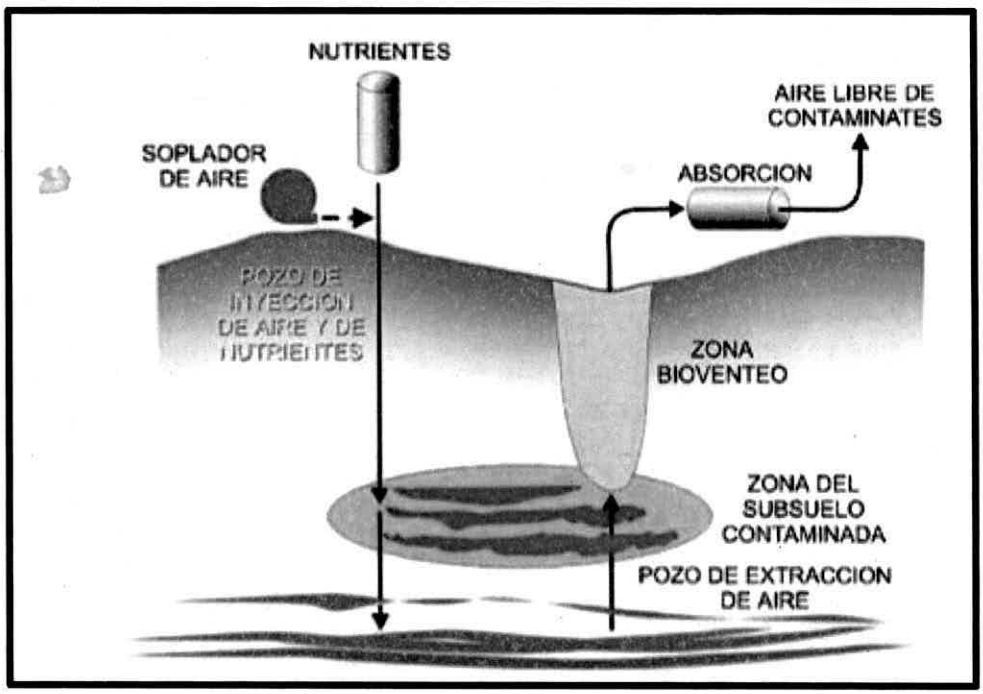


Figura 36- Diagrama general del proceso de Biorremediacion In Situ.

Mientras se inicia el proceso de biodegradación, se deberán tomar muestras iníciales de suelo en los espacios entre pozos de tratamiento a profundidades de 1.20, 2.40, 3.60 y 4.80, 6.00 m y 7.20 de profundidad para verificar la presencia de HFL y BTEX en fase gaseosa y (HFL+BTEX) en suelo, la presencia de HFL y BTEX se detecta directamente mediante la lecturas con el equipo analizador de compuestos orgánicos volátiles (VOC detector) y toma de muestras de suelo a las que se les realizará el análisis de HTP con equipo portátil de laboratorio.

Para constatar y controlar el proceso de biodegradación de las partículas de hidrocarburo, como medida indirecta se monitorea la generación de bióxido de carbono con equipo portátil en el puerto de muestreo de gases, una vez conocida la concentración de bióxido de carbono en el aire de salida se puede saber si se está produciendo la biodegradación en caso de que la concentración de este gas aumente, debido a la actividad microbiológica que actúa a favor de la descontaminación del suelo impregnado.

Otro parámetro indirecto que nos puede dar una señal de la actividad microbiológica es la temperatura la cual se puede medir directamente en los pozos o en el puerto de muestreo de gases, ya que a mayor temperatura se confirma el aumento de población microorgánica en el subsuelo y por ende la disminución del hidrocarburo impregnado en el suelo.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Desde el punto de vista biológico, el proceso de biorremediación trabaja utilizando el poder de degradación de las bacterias aerobias sobre el hidrocarburo, a partir de una ecuación química de oxidación que podemos ejemplificar de la siguiente manera:

Bacterias
$C5H7NO + O2 === CO2 + H20 + N2$

El término C_5H_7NO representa la composición típica del hidrocarburo, el cual degradan (reducen) las bacterias en presencia de oxígeno a moléculas más simples, que, además, se reintegran a la atmósfera, como el bióxido de carbono y el nitrógeno, o simplemente se agregan al cuerpo de agua como H_20.

Para este tipo de reacción biológica las condiciones ambientales son propicias por la zona donde está ubicada la zona de afectación, y que la temperatura sobrepasa los 32 grados centígrados.

Solo se tendrá que verificar que el pH sea mayor que seis y menor que nueve, así como mantener la relación adecuada entre hidrocarburo (materia orgánica) y microorganismos (bacterias).

La fase gaseosa es una mezcla de gases que ocupa los espacios que la fase líquida deja libres en la porosidad del suelo.

Debido a sus características intrínsecas como fluido, la fase gaseosa presenta una marcada similitud con la fase líquida, sobre todo en lo que se refiere a su dinámica, aunque tiene algunas diferencias con respecto a esta.

La atmósfera del suelo está condicionada por la dinámica de los procesos biológicos que se producen en relación a ella, y que están determinados por el consumo de oxígeno y por la producción de CO_2 que realizan los microorganismos y las plantas durante sus procesos de oxidación (Campbell, 1987).

Comúnmente, la concentración y cantidad de los nutrientes que se añadirán al proceso dependerá de las características particulares del sitio en estudio como son: tipo de suelo, composición del mismo, microbiología del sitio, características hidrológicas y geológicas, topografía, condiciones climatológicas, características socioeconómicas y se determinan en campo.

Durante el proceso de saneamiento se lleva un control de muestreo semanal para verificar la presencia de apropiada actividad bacteriana así como la disminución paulatina del nivel de hidrocarburos.

Asimismo, se determinará la relación carbono orgánico, nitrógeno y fósforo (100:10:1), manteniendo la humedad en el nivel ideal de acuerdo con el criterio agronómico de fertilidad de suelo.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión
CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.
CIEES
TUV SUD México
Visión 2012

Una vez alcanzados los niveles de limpieza propuestos, se procederá a efectuar el retiro del equipo y materiales y la limpieza para permitir nuevamente actividades agrícolas o las que originalmente existían de acuerdo a la vocación del sitio.

El tiempo estimado de remediación puede oscilar de 3 a 6 meses.

Nota: Antes, durante y al final de la remediación del sitio afectado, será necesario realizar un muestreo inicial, un muestreo intermedio y un muestreo final, mediante laboratorio acreditado ante la EMA.

DESCRIPCIÓN DE MATERIALES E INSUMOS.

Insumos: Agua, oxígeno, vapor, combustible (maquinaria, bombeo), tubería PVC, carbón activado, liner plástico, polypetrosolve, nutrientes (concentraciones determinadas en campo), arena.

Residuos: Gases de combustión, Filtro de carbón activado (Cenizas de carbón).

RELACION DE LOS EQUIPOS, INSTRUMENTOS Y MAQUIINARIA EMPLEADA DURANTE EL PROCESO.

DESCRIPCIÓN	TIPO	ACTIVIDAD
COMPRESOR INGRESOLL-RAND T250 250 P.C.M. MOTOR DIESEL 105 H.P.	MAQUINARIA	INYECCION DE AIRE EN EL PROCESO DE EV/BV
PERFORADORA MECÁNICA	MAQUINARIA	PERFORACIÓN DE POZOS DE INYECCIÓN.
MOTOBOMBAS AUTO CEBANTES	MAQUINARIA	SISTEMA DE RIEGO, INOCULACIÓN DE MICROORGANISMOS
PERFORADORAS MANUALES	EQUIPOS	TOMA DE MUESTRAS
BOMBA DE VACÍO DE 200 PCM MARCA NASH	EQUIPO	EXTRACCION DE VAPORES
EQUIPOS PORTÁTILES Y FIJOS PARA LA DETERMINACIÓN DE TPH'S, EN SUS TRES FRACCIONES (LIGERA, MEDIA Y PESADA)	EQUIPOS	CONTROL SISTEMÁTICO Y DETERMINACIÓN DE VALORES FINALES
POTENCIÓMETROS	INSTRUMENTO	CONTROL SISTEMÁTICO Y DETERMINACIÓN DE VALORES FINALES
TERMÓMETROS	INSTRUMENTO	CONTROL SISTEMÁTICO Y DETERMINACIÓN DE VALORES FINALES
ANALIZADOR PORTÁTIL DE COVs Y LELs	INSTRUMENTO	VERIFICAR LA DISMINUCION DE CONCENTRACIONES DURANTE LA REMEDIACION EN SITIO MEDIANTE EV/BV
TANQUE DE POLIPROPILENO DE 5000 LT	EQUIPO	INYECCION DE SOLUCION CON MICROORGANISMOS EN BV
TANQUE MEZCLADOR DE 5 M3 CON AGITADOR TIPO PROPELA DE 5 HP	EQUIPO	MEZCLA DE SOLUCIONES PARA LA INYECCION EN BV
HORNO DE OXIDACION CATALITICA	EQUIPO	USADO EN LA ULTIMA ETAPA DE LA EXTRACCION DE VAPORES

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

9 BIBLIOGRAFIA.

Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática. 2004. Guía para la interpretación de cartografía edafología. INEGI, México.

http://www.inegi.gob.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/geografia/publicaciones/guias-carto/edafo/Edafl.pdf

NOM-021-SEMARNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 31 de diciembre de 2002.

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.

Ley General Del Equilibrio Ecológico Y La Protección Al Ambiente

Altamirano, M. G.1999. Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos. Cátedra de Microbiología Ambiental. Instituto Universitario en Ciencias para la Salud. Universidad Nacional del Comahue, Neuquén.

Peña, C. E. y col. 2001. TOXICOLOGIA AMBIENTAL. Evaluación de Riesgos y Restauración Ambiental. Web-mail: http://superfund.pharmacy.arizona.edu/toxamb/c4-3-1-2.html

Tecnologías de remediación para suelos contaminados / Tania Volke Sepúlveda y Juan Antonio Velasco México: INE-SEMARNAT, 2002, 64 pp.

López Ramos, E., 1979 Geología de México, 2a, edición. México, D. F Edición escolar, 3 volumenes.

E. López Ramos., 1982 Geología de México Tomo II 3 a Edición

De Cserna. Zoltan y Kent, B.H., 1961, Mapa geológico de reconocimiento y secciones estructurales de la región de San Blas y El Fuerte, Estados de Sinaloa Y Sonora. Instituto de Geología, UNAM, Cartas Geolo.

Rangin, C., 1978 Consideraciones sobre la evolución geológica de la parte septentrional dele estado de sonora, Instituto de Geología, UNAM.

Fries, Carl, 1962,Reseña geológica del estado de Sonora, con énfasis en el Paleozoico. Asoc. Mexicana de Geólogos Petroleros.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

Excelencia y Humanismo con Visión

CACEI Consejo de Acreditación De la Enseñanza De la Ingeniería, A.C.

CIEES

TUV SUD México

Visión 2012

Conductividad Hidráulica. YOUNGS, E. 2001. Hydraulic conductivity of saturated soils. Chapter 4 in Soil and environmental analysis. Edited by K. A. Smith y C. E. Mullins. Marcel Dekker, Inc. New York, USA.

MN43-199 Rev C MANUAL RADAN 7. Geophysical Survey Systems, Inc. GSSI 2013
Copyright © 2013 Geophysical Survey Systems, Inc.

MN72-433 Rev K SIR SYSTEM 3000 MANUAL. Geophysical Survey Systems, Inc. GSSI 2013.

Copyright © 2013 Geophysical Survey Systems, Inc.
All rights reserved including the right of reproduction in whole or in part in any form Published by Geophysical Survey Systems, Inc.
12 Industrial Way
Salem, New Hampshire 03079 USA
Printed in the United States
GSSI, RADAN and SIR are registered trademarks of Geophysical Survey Systems, Inc.

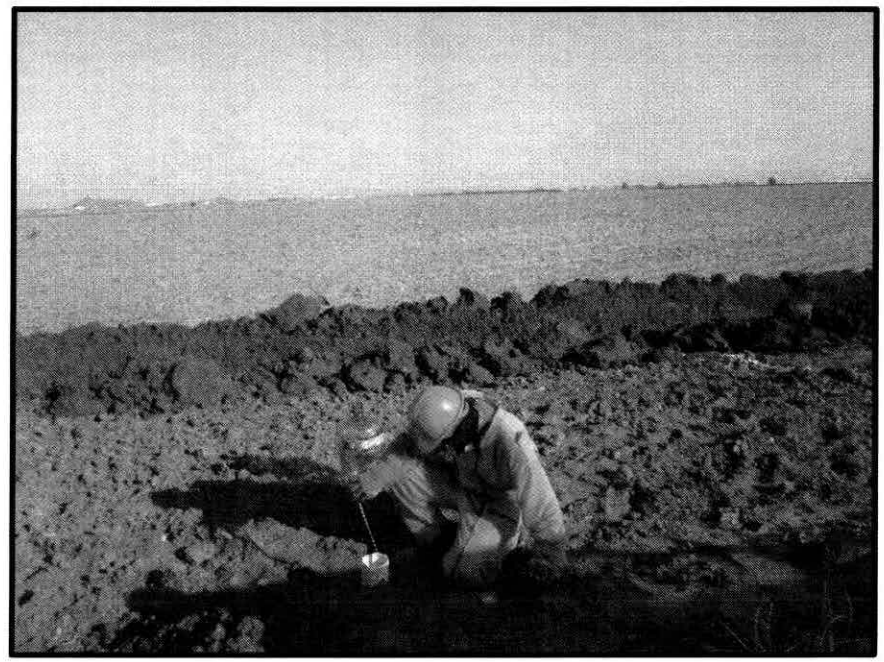
MN43-171 Rev F RADAN MANUAL VERSION 6.6 Geophysical Survey Systems, Inc. GSSI 2009
Copyright © 2001-2009 Geophysical Survey Systems, Inc.
All rights reserved including the right of reproduction in whole or in part in any form Published by Geophysical Survey Systems, Inc.
12 Industrial Way
Salem, New Hampshire 03079 USA
Printed in the United States
GSSI, RADAN and SIR are registered trademarks of Geophysical Survey Systems, Inc.

Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Conm.: 8329-4020, Fax: 8332-0904, www.fime.uanl.mx

PROGRAMA DE ACTIVIDADES CALENDARIZADO PROPUESTO PARA EL DESARROLLODE LOS TRABAJOS RELACIONADOS CON LA REMEDIACION MEDIANTE LAS TECNICAS DE EXTRACCION DE VAPORES/BIOVENTEO.				
CONCEPTOS	DESCRIPCION	TIEMPO (MESES)		
No.		MES 1	MES 2	MES 3
1.00	LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO INICIAL			
2.00	COLOCACION Y DESMANTELAMIENTO DE CERCADO DE ALAMBRE DE PUAS CON POSTES DE MADERA ROLLIZA DE 4"Ø DE 2 MTS DE ALTURA (RENTA)			
3.00	PERFORACIÓN DE POZOS DE 6" Ø, CON EQUIPO PERFORADOR MECÁNICO TIPO ROTATORIO EN SECO/HÚMEDO, CON MAQUINA LONG YEAR 30 Ó EQUIVALENTE DE BROCA TIPO TRIÓNICA SIN RECUPERACIÓN DEL NÚCLEO. INCLUYE INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE PVC RANURADA DE 4" Ø.			
4.00	INSTALACIÓN DE RAMALES DE INTERCONEXIÓN CON TUBERÍA DE PVC PARA LOS CABEZALES DE INYECCIÓN DE AIRE O APLICACIÓN DE VACÍO, EN POZOS PREVIAMENTE FABRICADOS			
5.00	PERFORACION VERTICAL DE POZOS DE 6" DE DIAM. PARA LA EXTRACCION DE MUESTRAS DE SUELO			
6.00	MUESTREO INICIAL PARA LA DETERMINACION DE TPH`s EN SUELO.			
7.00	TRATAMIENTO DE MATERIAL CONTAMINADO CON HIDROCARBUROS, MEDIANTE LA TÉCNICA DE EXTRACCIÓN DE VAPORES Y BIOVENTEO			
8.00	MUESTREO INTERMEDIO PARA LA DETERMINACION DE TPH`s EN SUELO.			
9.00	MUESTREO FINAL PARA LA DETERMINACION DE TPH`s EN SUELO.			
10.00	ANALISIS PARA HIDROCARBUROS FRACCION MEDIA			
11.00	ANALISIS PARA HIDROCARBUROS HAPS.			
12.00	ANALISIS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLOGICOS			
13.00	DESMANTELAMIENTO DE CERCADO PERIMETRAL A BASE DE ALAMBRE DE PUAS DE 4 HILOS ENGRAPADOS EN POSTERIA DE MADERA POLINES DE 3" X 4" 2.0 M DE LONGITUD A CADA 3.0 METROS DE SEPARACION			
14.00	DESMANTELAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS POZOS DE INYECCIÓN-SUCCIÓN, UTILIZADOS EN EL TRATAMIENTO DEL SUELO CONTAMINADO			
15.00	INFORME FINAL, INTEGRADO EN 4 CARPETAS Y 4 DISCOS COMPACTOS			

MEMORIA FOTOGRAFICA DEL SITIO

CARACTERISTICAS DEL SITIO AFECTADO EN EL KM 28+208, DEL TRAMO TOPOLOBAMPO-CULIACÁN, SIN.



Vista del sitio afectado por derrame de Hidrocarburo, se aprecia que el área es en una zona de cultivo, la superficie es plana, a sus costados se encuentra sembradíos de hortalizas y brechas por donde se llega al lugar afectado.

PEMEX

REFINACION ®

UANL

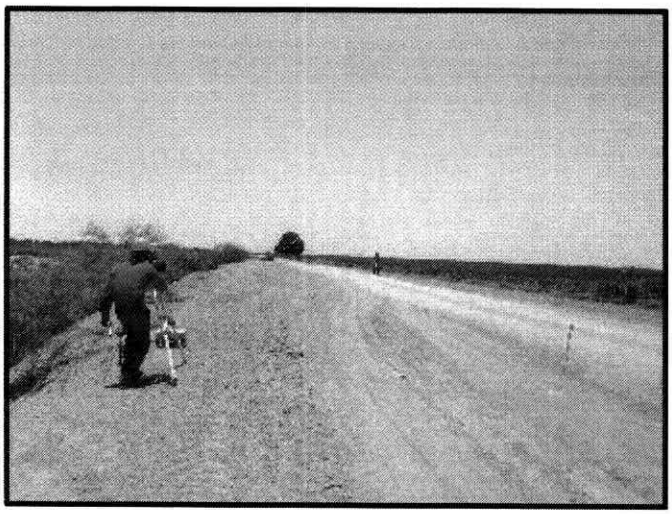
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

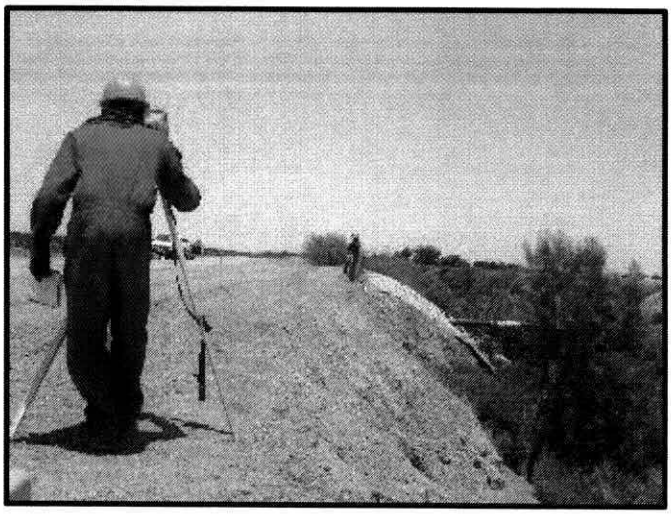
ANEXO VI

MEMORIA FOTOGRAFICA DE LOS TRABAJOS EFECTUADOS.

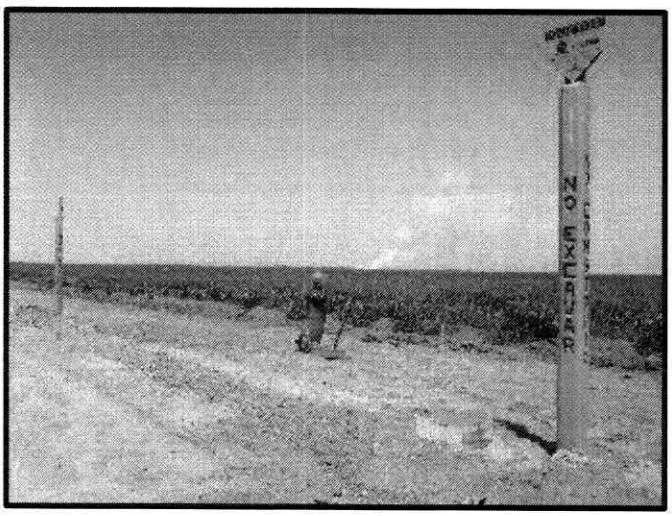
MEMORIA FOTOGRÁFICA DE LOS TRABAJOS EJECUTADOS.

Km 28+208 TOPOLOBAMPO-CULIACAN

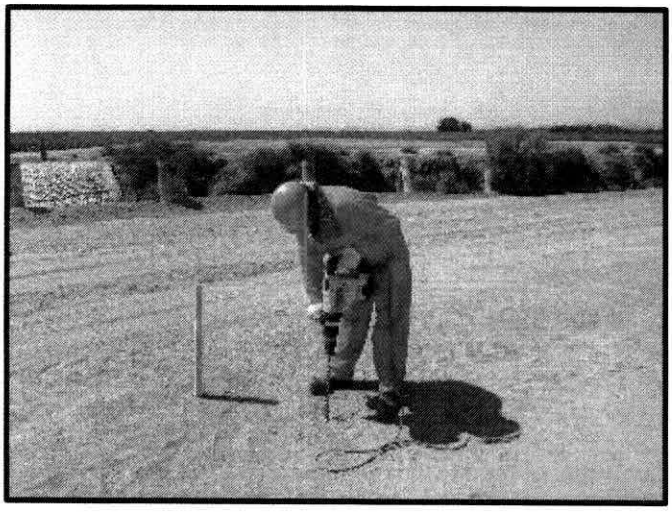


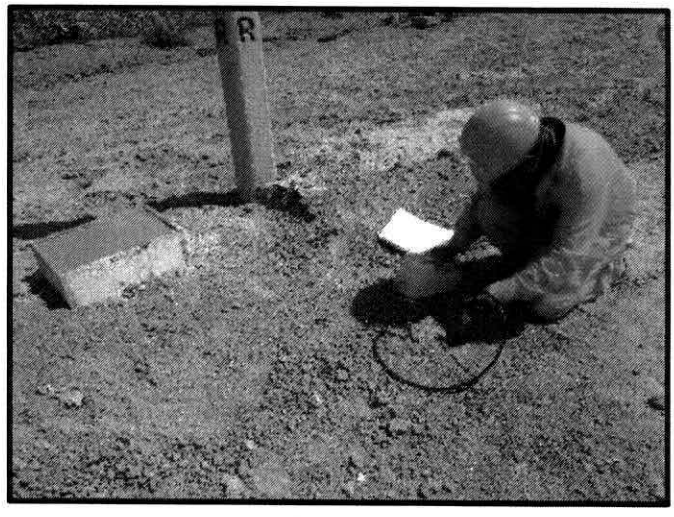


Reconocimiento y levantamiento topográfico en el área afectada correspondiente al Km 28+208.

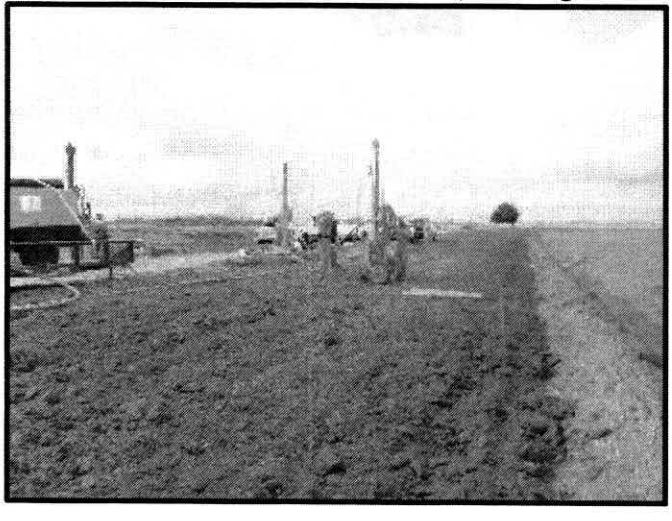


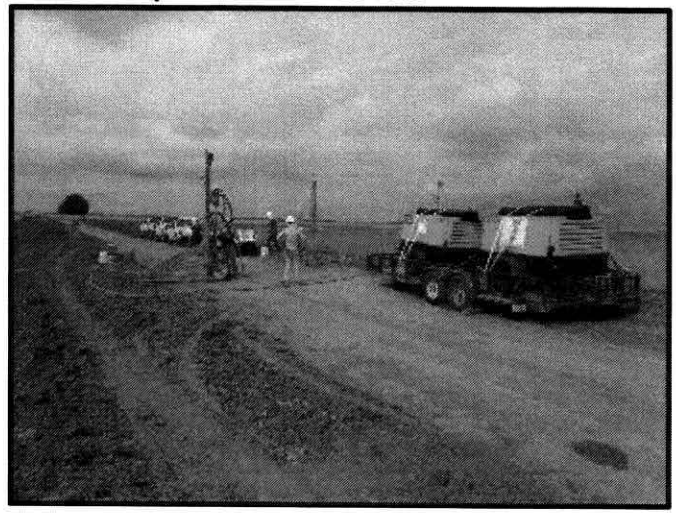
Toma de datos con equipo de Georadar (estudio Geológico), en el sitio perteneciente al Km 28+208.



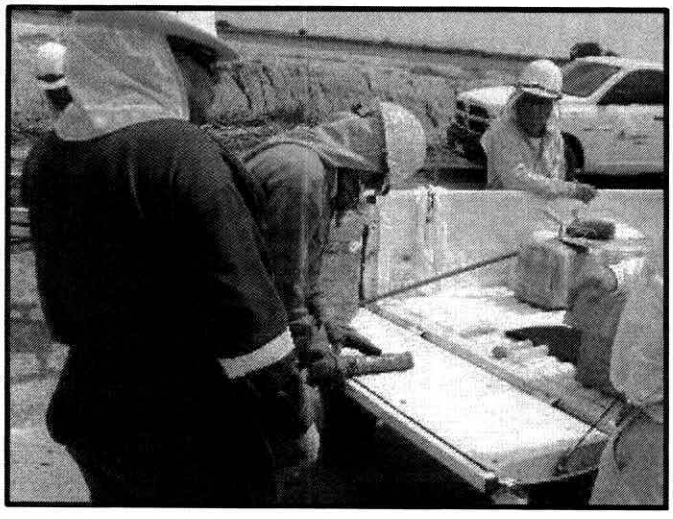


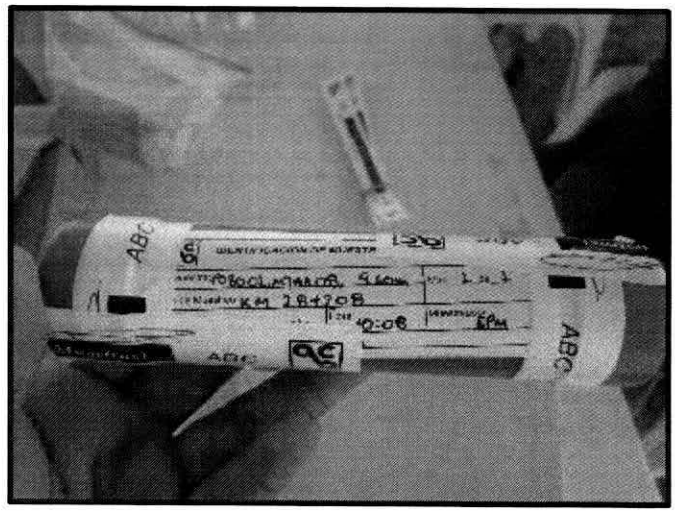
Toma de muestras, estudio gasométrico del sitio correspondiente al Km 28+208.



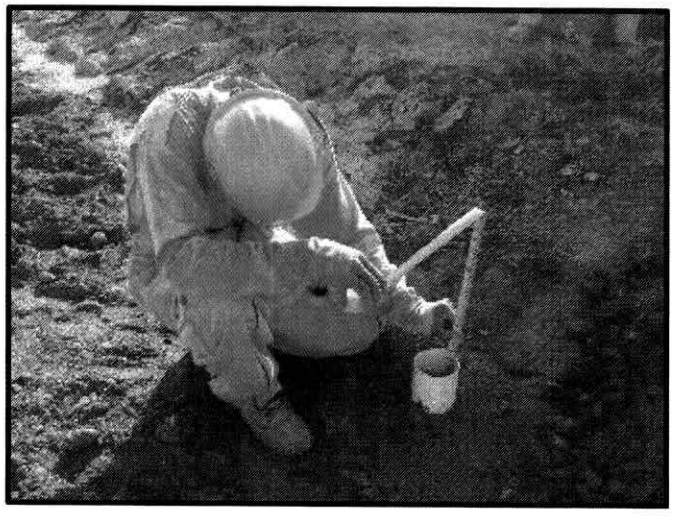


Perforación de pozos para la extracción de muestras de suelo contaminado en el sitio del Km 28+208.





Colecta, preservación y transporte de muestras de suelo contaminado por parte del equipo de laboratorio especializado, en el Km 28+208.



Prueba hidrogeológica, aledaño al sitio afectado del Km 28+208.

PEMEX

REFINACION ®

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

ANEXO VII

PLAN DE MUESTREO PARA VERIFICACION DE AVANCES DE REMEDIACIÓN

1. DESCRIPCIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL SITIO.

El 24 de abril de 2011 siendo las 16:42 hrs, se presentó un derrame de hidrocarburo por toma clandestina descontrolada en el Km 28+208 del DDV Poliducto 10"Ø Topolobampo-Culiacán, perteneciente al municipio de Ahome, Sinaloa.

Se realizaron trabajos por parte del personal de Pemex Refinación Sector Ductos Topolobampo, para el control de la emergencia, en el sitio se derramo aproximadamente un volumen de 795.00 lt de producto (Gasolina Px-Magna); fue imposible realizar trabajos de recuperación de producto en el sitio ya que parte del mismo fue absorbido por el subsuelo, solo se eliminó y reparo la toma clandestina. (Figura 1).

Figura 1. Sitio de muestreo Km 28+208 del Poliducto de 10"Ø del D.D.V. Topolobampo-Guamúchil-Culiacán.

La zona de estudio se encuentra a una altitud de 16 msnm con coordenadas UTM, donde X: 712,202.1670, Y: 2, 850,159.8570; localizado en el derecho de vía (DDV) km 28+208 del Poliducto de 10"Ø, Topolobampo-Guamúchil-Culiacán, Sector Ductos Topolobampo, perteneciente al municipio de Ahome, Sinaloa (Figura 2).

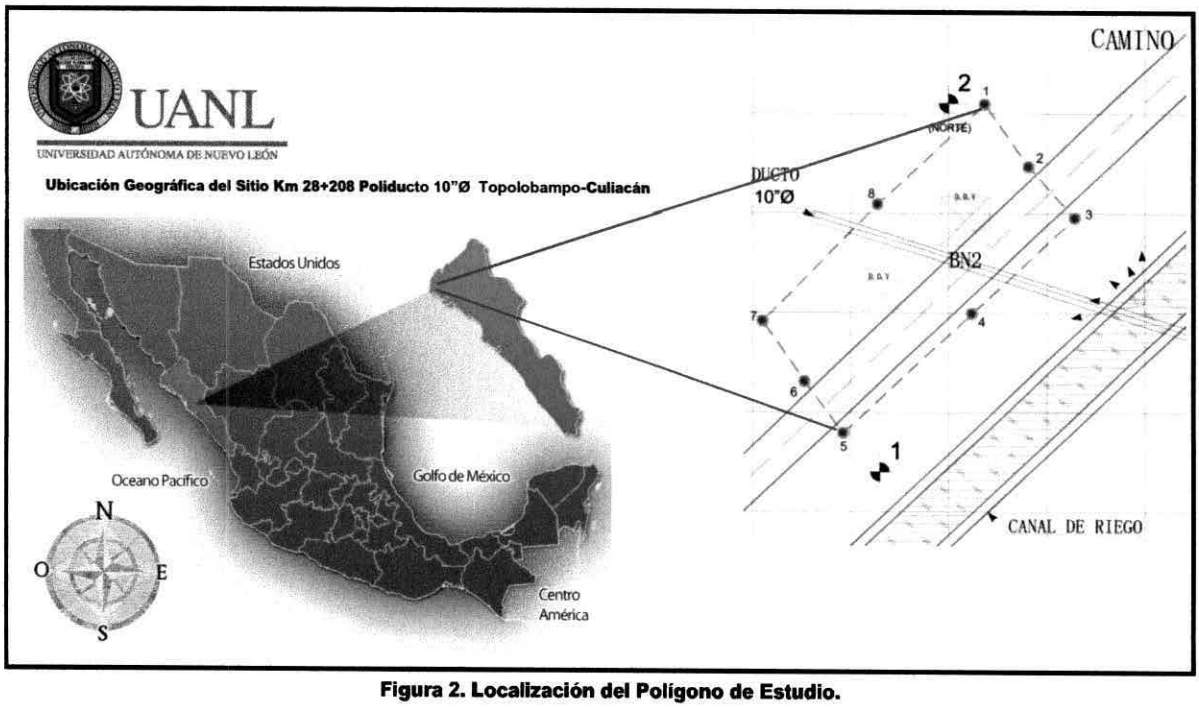


Figura 2. Localización del Polígono de Estudio.

En función a los resultados del estudio de caracterización y el balance de masa se observa lo siguiente: 1) los resultados analíticos dieron como resultado la presencia de hidrocarburos ligera (HFL) y Compuestos Orgánicos Volátiles (BTEX´s) (el producto derramado fue gasolina Px-Magna); 2) Durante los trabajos de caracterización del sitio con apoyo de un radar de penetración de suelos (GPR) se definieron 2 unidades estratigráficas principales: a) Unidad 1 de 0.00 hasta 3.60 m de profundidad (Arenas tipo granular, arcillo-arena), b) Unidad 2 de 3.60 a 4.80 m de profundidad (arenas finas, con pequeñas intercalaciones de cristales cuarcíferos). 3) la contaminación se detectó desde 1.20 m hasta 9.60 m de profundidad. 4) El área envolvente de la pluma contaminante fue de 344.510 m2 y el volumen de suelo afectado fue de 433.35 m3. 5) Durante los trabajos de caracterización no se localizaron cuerpos de agua cercanos, que pudieran haber sido afectados. Todo esto apoyado mediante las lecturas de radar como parte del método geofísico y las perforaciones realizadas durante el muestreo del área, sin encontrar ningún manto freático somero. Por tal motivo no fue necesario notificarle a la autoridad ambiental CNA (Comisión Nacional del Agua).

Los 433.35 m3 de suelo contaminado, serán saneados con base en Procesos autorizados por la Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas de la SEMARNAT, tomando como referencia los lineamientos marcados en la 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.

2. OBJETIVOS.

- ✓ Realizar la toma de muestras de suelo en 3 períodos a lo largo del proceso de saneamiento, para realizarles análisis en los parámetros de Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX´s.
- ✓ Interpretar e identificar, con base en los resultados de los análisis de laboratorio, la eficiencia del proceso para la toma de decisiones correctivas en caso de ser necesario.

3. ACTIVIDAD A REALIZAR.

Realizar el Muestreo de verificación con base a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, durante los trabajos de Remediación In Situ en el Km. 28+208, Poliducto 10"Ø del D.D.V. Topolobampo-Guamúchil-Culiacán., perteneciente al municipio de Ahome, Sin.

La Remediación se realizara In Situ se realizara a través de las técnicas de Bioventeo y Extracción de Vapores, se practicaran periodos de análisis, para seguimiento interno del avance de la restauración.

Durante el desarrollo de los trabajos de Saneamiento In Situ, a través de las técnicas de Bioventeo y Extracción de Vapores, se practicaran análisis, para 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. Los análisis también se podrán realizar con equipo portátil de campo Petroflag y/o en laboratorio.

De tal forma que cuando se tenga la certeza de que se han alcanzado concentraciones por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en la Norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, se considerara realizar un "Muestreo Final Comprobatorio" con un laboratorio acreditado ante la EMA y PROFEPA, para la verificación de MFC se solicitara la presencia de la autoridad ambiental PROFEPA y el personal de Pemex Refinación Ductos Pacifico.

4. SELECCIÓN DE PARÁMETROS A ANALIZAR

Los parámetros a analizar en el laboratorio con base en el hidrocarburo derramado y detectado Px-Magna, son Hidrocarburos Totales del Petróleo Fracción Ligera y HAP´s, de acuerdo a la Norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, considerando los Límites Máximos Permisibles tal como se describe en la siguiente tabla:

Tabla 1.- Parámetros y Límites Máximos Permisibles para Uso de Suelo Agrícola de acuerdo a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

Parámetro	Límite Máximo Permisible (mg/kg) Uso de Suelo Agrícola
Hidrocarburos Totales del Petróleo Fracción Ligera	200
Benceno	6
Tolueno	40
Etilbenceno	10
Xilenos	40

Las técnicas analíticas que se utilizarán para la determinación en el laboratorio de los parámetros anteriormente mencionados, corresponden a los enlistados en la tabla 2.

Tabla 2.- Técnicas Analíticas para la Determinación de Hidrocarburos de acuerdo a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.	
Parámetro	**Método Analítico**
Hidrocarburos Fracción Ligera	NMX-AA-145-SCFI-2008
Benceno	NMX-AA-141-SCFI-2007
Tolueno	NMX-AA-141-SCFI-2007
Etilbenceno	NMX-AA-141-SCFI-2007
Xileno	NMX-AA-141-SCFI-2007

5. MUESTREO DE SUELO, NÚMERO DE PUNTOS Y PROFUNDIDADES DE MUESTREO.

Considerando que la superficie de la pluma contaminante es de 344.510 m2 y de acuerdo a lo marcado en la Norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, Tabla 4 (Número mínimo de puntos de muestreo de acuerdo con el área contaminada), que recomendaría ubicar 4 puntos para la toma de muestras de suelo. La cantidad de puntos de muestreo a establecer en cada período de evaluación es de 4 con la toma de muestras de suelo.

Por lo tanto se ubicaran 4 puntos de muestreo donde se realizara la perforación hasta 9.60 m de profundidad, los puntos serán distribuidos de forma representativa en el área de tratamiento para la toma de 8 muestras de suelo en cada punto a las profundidades de 1.20 m, 2.40 m, 3.60 m, 4.80 m, 6.00 m, 7.20 m, 8.40 m y 9.60 m.

Se presenta la relación de muestras de suelo que será obtenida y la profundidad, así como las muestras duplicadas que serán consideradas (1 por cada 10 muestras).

Tabla 3. Relación de pozos, muestras de suelo y profundidad a la que serán tomadas.			
Pozo No.	**Profundidad (m)**	**Profundidad de Muestras**	**Total de Muestras**
1	9.60	1.2 m, 2.4 m, 3.6 m, 4.8 m, 6.0 m, 7.2 m, 8.4 m y 9.6 m	8
2	9.60	1.2 m, 2.4 m, 3.6 m, 4.8 m, 6.0 m, 7.2 m, 8.4 m y 9.6 m	9*
3	9.60	1.2 m, 2.4 m, 3.6 m, 4.8 m, 6.0 m, 7.2 m, 8.4 m y 9.6 m	9*
4	9.60	1.2 m, 2.4 m, 3.6 m, 4.8 m, 6.0 m, 7.2 m, 8.4 m y 9.6 m	9*
Total de muestras			**35**

El tipo de muestreo que se propone en el sitio es tipo aleatorio, se realizara la ubicación de los puntos de muestreo mediante una distribución representativa en toda el área de la pluma contaminante, tal como se puede apreciar en la Figura 3.

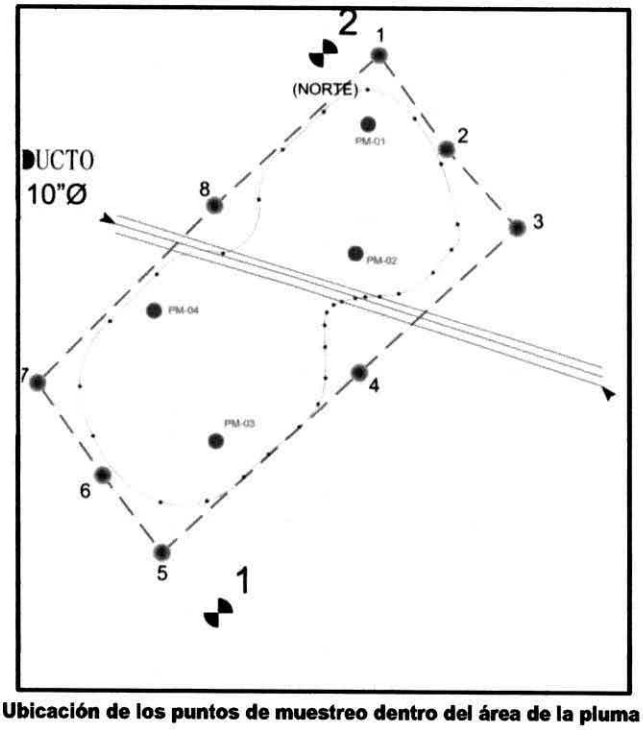


Figura 3. .- Ubicación de los puntos de muestreo dentro del área de la pluma contaminante.

Cada punto de muestreo será georeferenciado mediante las unidades UTM, para su mejor localización.

Se deberá elaborar un informe de resultados, incluyendo una curva de degradación, destacando el avance de la restauración, en cada periodo de evaluación. Cuando los resultados de los análisis realizados alcancen valores por debajo de los Límites Máximos Permisibles establecidos en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, se habrá alcanzado los objetivos de saneamiento del suelo contaminado y se deberá programar de forma coordinada con la supervisión la notificación a la autoridad ambiental PROFEPA para la realización del Muestreo Final Comprobatorio.

6. TÉCNICA Y EQUIPO DE MUESTREO.

Se considera que el sitio en cuestión se encuentra dentro de la clasificación C o D según los estándares de la EPA/OSHA. Por lo tanto, se considera para la presente propuesta el empleo de equipo de protección personal Básico (casco, guantes, calzado de seguridad, traje tyvek/overol de algodón, lentes de seguridad y mascarillas para vapores orgánicos). En caso de encontrar algún ducto que no sea identificado y que pueda ser peligroso por parte de la supervisión, se suspenderán las actividades hasta que se considere que el sitio es seguro para poder laborar.

Una vez ubicados los puntos indicados, el muestreo se realizará la perforación con la ayuda de una maquina Airmobil 432 HP, perforadora tipo Wagon Dril, con dos ruedas neumáticas para su traslado, en camioneta pick up. La columna estára fabricada en acero de alta resistencia y está reforzada para uso rudo, que perfora con martillo de fondo de 2" a 6" en diámetros desde 2 ½ "(64 mm) hasta 8" (152mm) puede perforar hasta 80 mts.

Todo esto dependerá de la formación geológica existente en el sitio, además del apoyo de un compresor Atlas Copco XA-500 CD6 y el peso necesario de la herramienta para el diámetro a perforar (Figura 4), equipado con tubos de acero huecos de 2" de diámetro al que se le coloca un nucleador para recuperar la muestra, de tal manera que la maquina se coloca en el punto de muestreo e hinca los tubos de acero hasta la profundidad deseada por medio de empuje. (Figura 5). Antes de tomar la muestra, el nucleador se lavara con agua desionizada, jabón libre de fosfatos y alcohol isopropílico.

Figura 5. Equipo de perforación rotatorio apoyado mediante compresor de aire.

Para la colección de muestras de suelo a los intervalos definidos se usará un sistema de muestreo en cartucho de PVC de 2" (liner) (Figura 5).

Es necesario mencionar que este método de obtención de muestra es el más indicado para el manejo de muestras ambientales, ya que minimiza la contaminación cruzada. Para el caso de las zonas en donde la presencia de material consolidado o rocas no permitan el uso de cartuchos de PVC, se emplearán frascos de vidrio de 250 ml.

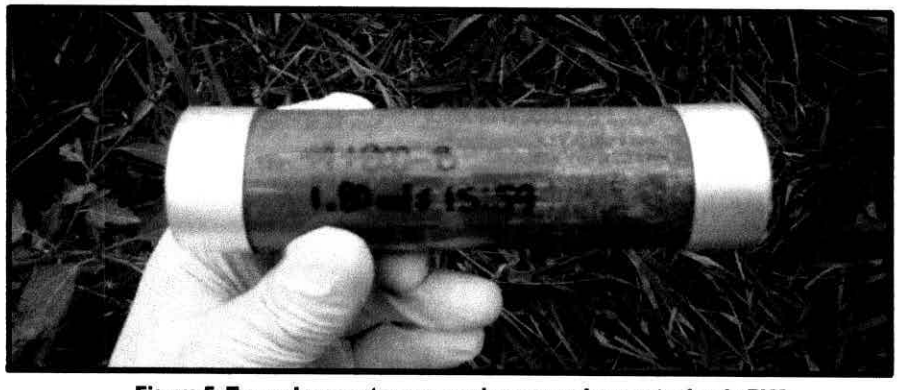


Figura 5. Toma de muestra con equipo manual en cartucho de PVC.

7. ENVASADO, ETIQUETADO Y PRESERVACION DE LAS MUESTRAS.

Al tomar la muestra, los cartuchos de PVC o frascos serán sellados de manera inmediata. Los equipos de Barrenación (brocas, tubos partidos, etc) serán lavados entre puntos de perforación, para evitar contaminación cruzada. Para ello se empleará agua y detergente libre de fosfatos (alconox).

Así mismo, todos los cartuchos de PVC y frascos serán identificados en campo con marcador indeleble, con una nomenclatura compuesta por el polígono de caracterización a las muestras de fondo, paredes y la identificación para las muestra que se tomaran en la celda de tratamiento, se identificara del punto y la profundidad de muestreo, asi como la hora de la toma de la muestra.

La colecta y envasado de muestras se llevara a cabo por personal acreditado para dicha actividad ante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA). Se obtendrán muestras simples del suelo de acuerdo a los criterios de colección y transporte establecidos por la NOM-138-Semarnat-SSA1-2012 para el análisis de los distintos parámetros en este caso fracción media y HAP´s.

A cada tubo de PVC o frasco, se le colocara una etiqueta conteniendo los siguientes datos:

- Identificación de la muestra.
- Fecha y hora de muestreo.
- Quien toma la muestra.
- Sitio de muestreo.
- Parámetros a analizar.
- Tipo de conservación, si así lo requiere.

Enseguida se colocara un sello de custodia para asegurar la inviolabilidad de la muestra. La toma de las muestras se registrara en cadenas de custodia y hojas de campo por parte del laboratorio acreditado.

Las muestras envasadas se mantendrán en refrigeración a una temperatura de aproximadamente 4°C con hielo para su preservación durante su traslado al laboratorio en donde se efectuarían los análisis y respetando la caducidad de las muestras, que en este caso será de hasta 14 días para la fracción ligera y 14 días para los BTEX, que es el tiempo máximo de conservación por tipo de parámetro, de acuerdo a la tabla No. 5 (recipientes para las muestras, temperaturas de preservación y tiempo máximo de conservación por tipo de parámetro) de la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

8. PERSONAL INVOLUCRADO Y RESPONSABILIDADES.

PERSONAL	**RESPONSABILIDAD**
Responsable Técnico	Responsable técnico de los trabajos por parte de la Institución y/o compañía. Firmará minutas y cadenas de custodia por parte de la Institución y/o compañía.
Supervisor de campo	Supervisor de campo por parte de la Institución y/o compañía. Verificará la correcta ejecución de las actividades de envasado y preservación de las muestras, con apego a lo estipulado en el plan de muestreo. Llevará el registro fotográfico de las muestras envasadas. Así mismo, verificará la correcta ejecución de las actividades de perforación y toma de muestra, con apego a lo estipulado en el plan de muestreo.

Supervisor de PEMEX	Supervisor de los trabajos por parte de Pemex-Refinación. Verificará la correcta ejecución de los trabajos en general, con apego al plan de muestreo. Validará los trabajos del día con la firma de la minuta de trabajo correspondiente.
Técnico de Muestreo Acreditado	Técnico de muestreo acreditado. Colectará las muestras en campo y las trasladará al laboratorio para su envasado, etiquetado y preservado con base a lo estipulado en el plan de muestreo. Llenará las hojas de custodia correspondientes a los trabajos realizados y les presentará para firma por parte de los responsables de campo Institución y/o compañía y el personal de PROFEPA.

9. PERIODO DE REALIZACIÓN

Los muestreos y análisis deberán realizarse con una periodicidad preestablecida. Se propone la realización de los muestreos con base en la siguiente programación:

PROGRAMA DE ACTIVIDADES CALENDARIZADO PROPUESTO PARA EL DESARROLLODE LOS TRABAJOS RELACIONADOS CON LA REMEDIACION MEDIANTE LAS TECNICAS DE EXTRACCION DE VAPORES/BIOVENTEO.				
CONCEPTOS No.	DESCRIPCION	TIEMPO (MESES)		
		MES 1	MES 2	MES 3
1.00	PERFORACION VERTICAL DE POZOS DE 6" DE DIAM. PARA LA EXTRACCION DE MUESTRAS DE SUELO			
2.00	MUESTREO INICIAL PARA LA DETERMINACION DE TPH`s EN SUELO.			
3.00	MUESTREO INTERMEDIO PARA LA DETERMINACION DE TPH`s EN SUELO.			
4.00	MUESTREO FINAL PARA LA DETERMINACION DE TPH`s EN SUELO.			
5.00	ANALISIS PARA HIDROCARBUROS FRACCION MEDIA			
6.00	ANALISIS PARA HIDROCARBUROS HAPS.			
7.00	ANALISIS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLOGICOS			
8.00	EVALUACION DE LOS RESULTADOS Y APLICACIÓN DE MEDIDAS CORRECTIVAS (SI SE REQUIERE)			

1. INTRODUCCION.

El Muestreo Final Comprobatorio (MFC) es una figura jurídica relativamente nueva en la legislación ambiental mexicana. Con la entrada en vigor de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) en 2004 y la entrada en vigor al inicio de 2007 de su Reglamento se cuenta ahora con la base legal para su aplicación en el marco de la ejecución de un programa de remediación.

El Muestreo en materia de sitios contaminados es un instrumento técnico a través del cual se determina el grado de contaminación de un material. Este instrumento de investigación está señalado en dos sitios en el Reglamento de la LGPGIR.

Se le menciona en primer lugar como parte del Estudio de Caracterización de un sitio contaminado y tiene la finalidad de establecer el grado y extensión de contaminación, por lo tanto el muestreo de caracterización al inicio del proceso de la elaboración del programa de la remediación tiene como finalidad determinar cuál es la extensión y alcance de la responsabilidad y en consecuencia de ello determinar el área y volumen de materiales a remediar.

El Muestreo Final Confirmatorio (MFC) es aquel que se realiza al término del proceso de remediación y tiene como finalidad el determinar si se han alcanzado las concentraciones, niveles, límites o parámetros señalados en las normas oficiales mexicanas aplicables o en su caso, los niveles de remediación determinados con base en el estudio de evaluación de riesgo ambiental (Artículo 150 fracción III del RLGPGIR) y que no representan un riesgo a la salud o al ambiente. Es por ello que el Muestreo Final Comprobatorio (MFC) es un muestreo que se realiza con la finalidad de determinar si el material ha quedado "limpio", o no.

Dentro del procedimiento general de la remediación de un sitio, descrito en el Reglamento de la LGPGIR, el Muestreo Final Comprobatorio (MFC) funciona como un "control de salida o de terminación" de la responsabilidad y está asociado al denominado Aviso de Conclusión del Programa de Remediación del Sitio.

Es con base en los resultados del Muestreo Final Comprobatorio (MFC) que se determina por parte de la autoridad competente en la materia, si pueden darse por concluidas las acciones de remediación o no. El criterio que se aplica en ello es la comparación de los resultados de los análisis químicos practicados a las muestras del material en remediación contra los Niveles de Remediación previamente autorizados.

2. OBJETIVOS DEL MUESTREO FINAL COMPROBATORIO (MFC).

- ✓ El Muestreo Final Comprobatorio (MFC) tendrá como objetivo el determinar si el material contaminado (el suelo) presenta concentraciones de contaminantes por arriba o por debajo de los Niveles de Remediación previamente autorizados, entendiendo por Niveles de Remediación los Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación (NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012).

- ✓ Los resultados de un Muestreo Final Comprobatorio (MFC) serán la base material para la toma de decisiones acerca del cumplimiento de la remediación con una certidumbre aceptable. Los objetivos de cumplimiento de la remediación en el sitio se integran a partir de

la definición de la cantidad total de suelo en evaluación de cumplimiento, la especificación de contaminantes a evaluarse (Fracción Media y HAP's), el establecimiento de los niveles de remediación (limpieza) a cumplirse en base a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

3. ACTIVIDAD A REALIZAR.

Realizar el Muestreo Final Comprobatorio (MFC) con base a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 y a la Guía Técnica de Orientación para la Planeación y Realización de Muestreos Finales Comprobatorios de SEMARNAT, después de los trabajos de Remediación In Situ en el Km. 28+208, Poliducto 10"Ø del D.D.V. Topolobampo-Guamúchil-Culiacán., perteneciente al municipio de Ahome, Sin.

4. DESCRIPCIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL SITIO.

El 24 de abril de 2011 siendo las 16:42 hrs, se presentó un derrame de hidrocarburo por toma clandestina descontrolada en el Km 28+208 del DDV Poliducto 10"Ø Topolobampo-Culiacán, perteneciente al municipio de Ahome, Sinaloa.

Se realizaron trabajos por parte del personal de Pemex Refinación Sector Ductos Topolobampo, para el control de la emergencia, en el sitio se derramo aproximadamente un volumen de 795.00 lt de producto (Gasolina Px-Magna); fue imposible realizar trabajos de recuperación de producto en el sitio ya que parte del mismo fue absorbido por el subsuelo, solo se eliminó y reparo la toma clandestina. (Figura 1).

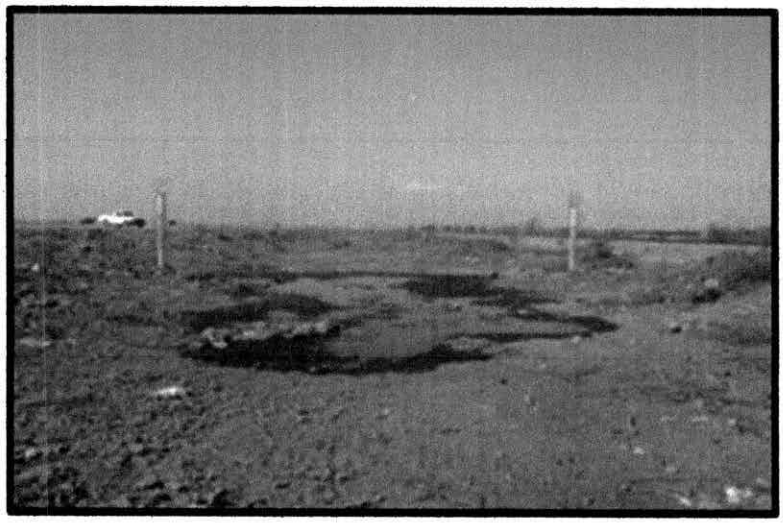


Figura 1. Sitio de muestreo Km 14+500 del Poliducto de 10"Ø del D.D.V. Topolobampo-Guamúchil-Culiacán.

La zona de estudio se encuentra a una altitud de 16 msnm con coordenadas UTM, donde X: 712,202.1670, Y: 2, 850,159.8570; localizado en el derecho de vía (DDV) km 28+208 del Poliducto de 10"Ø, Topolobampo-Guamúchil-Culiacán, Sector Ductos Topolobampo, perteneciente al municipio de Ahome, Sinaloa (Figura 2).

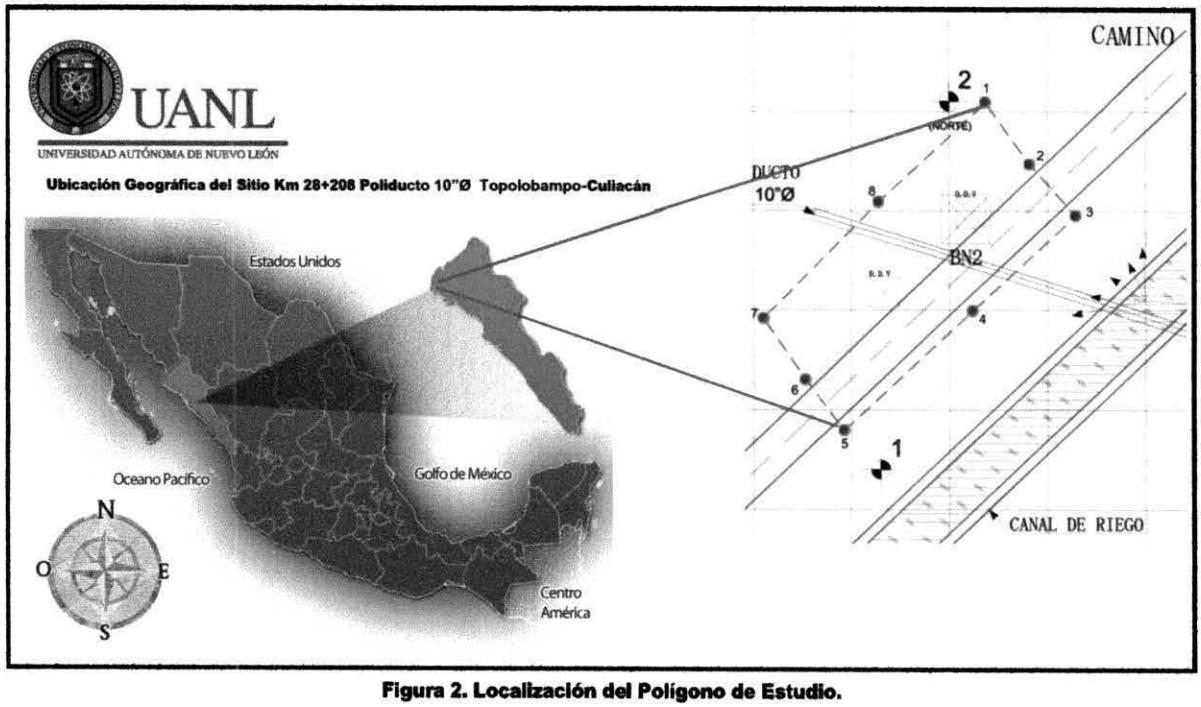


Figura 2. Localización del Polígono de Estudio.

En función a los resultados del estudio de caracterización y el balance de masa se observa lo siguiente: 1) los resultados analíticos dieron como resultado la presencia de hidrocarburos ligera (HFL) y Compuestos Orgánicos Volátiles (BTEX´s) (el producto derramado fue gasolina Px-Magna); 2) Durante los trabajos de caracterización del sitio con apoyo de un radar de penetración de suelos (GPR) se definieron 2 unidades estratigráficas principales: a) Unidad 1 de 0.00 hasta 3.60 m de profundidad (Arenas tipo granular, arcillo-arena), b) Unidad 2 de 3.60 a 4.80 m de profundidad (arenas finas, con pequeñas intercalaciones de cristales cuarcíferos). 3) la contaminación se detectó desde 1.20 m hasta 9.60 m de profundidad. 4) El área envolvente de la pluma contaminante fue de 344.510 m2 y el volumen de suelo afectado fue de 433.35 m3. 5) Durante los trabajos de caracterización no se localizaron cuerpos de agua cercanos, que pudieran haber sido afectados. Todo esto apoyado mediante las lecturas de radar como parte del método geofísico y las perforaciones realizadas durante el muestreo del área, sin encontrar ningún manto freático somero. Por tal motivo no fue necesario notificarle a la autoridad ambiental CNA (Comisión Nacional del Agua).

Los 433.35 m3 de suelo contaminado, serán saneados con base en Procesos autorizados por la Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas de la SEMARNAT, tomando como referencia los lineamientos marcados en la 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.

La Remediación se realizara In Situ se realizara a través de las técnicas de Bioventeo y Extracción de Vapores, se practicaran periodos de análisis, para seguimiento interno del avance de la restauración.

De tal forma que cuando se tenga la certeza de que se han alcanzado concentraciones por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en la Norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, se considerara realizar un "Muestreo Final Comprobatorio" con un laboratorio acreditado ante la EMA y PROFEPA, para la verificación de MFC se solicitara la presencia de la autoridad ambiental PROFEPA y el personal de Pemex Refinación Ductos Pacifico.

La intención de programar y realizar un "Muestreo Final Comprobatorio", es solicitar a la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) en el Estado de Querétaro, su presencia en el sitio de trabajo antes mencionado, para que verifique la toma de muestras de suelo y su envío al laboratorio certificado ante la EMA y Profepa para ser analizadas de acuerdo a normatividad, para corroborar que el material tratado se encuentra libre de contaminante o por debajo de los límites máximos establecidos en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

Si los resultados de los análisis de laboratorio, muestran concentraciones en los parámetros por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en la Norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, entonces se considerará que los trabajos de saneamiento han concluido exitosamente.

5. SELECCIÓN DE PARÁMETROS A ANALIZAR

Los parámetros a analizar en el "Muestreo Final Comprobatorio" con base en el hidrocarburo derramado y detectado Px-Magna, son Hidrocarburos Totales del Petróleo Fracción Ligera y HAP´s, de acuerdo a la Norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, considerando los Límites Máximos Permisibles tal como se describe en la siguiente tabla:

Tabla 1.- Parámetros y Límites Máximos Permisibles para Uso de Suelo Agrícola de acuerdo a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

Parámetro	Límite Máximo Permisible (mg/kg) Uso de Suelo Agrícola
Hidrocarburos Totales del Petróleo Fracción Ligera	200
Benceno	6
Tolueno	40
Etilbenceno	10
Xilenos	40

Las técnicas analíticas que se utilizarán para la determinación en el laboratorio de los parámetros anteriormente mencionados, corresponden a los enlistados en la tabla 2.

Tabla 2.- Técnicas Analíticas para la Determinación de Hidrocarburos de acuerdo a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

Parámetro	Método Analítico
Hidrocarburos Fracción Ligera	NMX-AA-145-SCFI-2008
Benceno	NMX-AA-141-SCFI-2007
Tolueno	NMX-AA-141-SCFI-2007
Etilbenceno	NMX-AA-141-SCFI-2007
Xileno	NMX-AA-141-SCFI-2007

6. MUESTREO DE SUELO, NÚMERO DE PUNTOS Y PROFUNDIDADES DE MUESTREO.

Considerando que la superficie de la pluma contaminante es de 344.510 m2 y de acuerdo a lo marcado en la Norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, Tabla 4 (Número mínimo de puntos de muestreo de acuerdo con el área contaminada), que recomendaría ubicar 4 puntos para la toma de muestras de suelo. La cantidad de puntos de muestreo a establecer en cada período de evaluación es de 4 con la toma de muestras de suelo.

Por lo tanto se ubicaran 4 puntos de muestreo donde se realizara la perforación hasta 9.60 m de profundidad, los puntos serán distribuidos de forma representativa en el área de tratamiento para la toma de 8 muestras de suelo en cada punto a las profundidades de 1.20 m, 2.40 m, 3.60 m, 4.80 m, 6.00 m, 7.20 m, 8.40 m y 9.60 m. Se presenta la relación de muestras de suelo que será obtenida y la profundidad, así como las muestras duplicadas que serán consideradas (1 por cada 10 muestras).

Tabla 3. Relación de pozos, muestras de suelo y profundidad a la que serán tomadas.

Pozo No.	Profundidad (m)	Profundidad de Muestras	Total de Muestras
1	9.60	1.2 m, 2.4 m, 3.6 m, 4.8 m, 6.0 m, 7.2 m, 8.4 m y 9.6 m	8
2	9.60	1.2 m, 2.4 m, 3.6 m, 4.8 m, 6.0 m, 7.2 m, 8.4 m y 9.6 m	9*
3	9.60	1.2 m, 2.4 m, 3.6 m, 4.8 m, 6.0 m, 7.2 m, 8.4 m y 9.6 m	9*
4	9.60	1.2 m, 2.4 m, 3.6 m, 4.8 m, 6.0 m, 7.2 m, 8.4 m y 9.6 m	9*
Total de muestras			**35**

*Incluye muestra duplicada.

El tipo de muestreo que se propone en el sitio es tipo aleatorio, se realizara la ubicación de los puntos de muestreo mediante una distribución representativa en toda el área de la pluma contaminante, tal como se puede apreciar en la Figura 3.

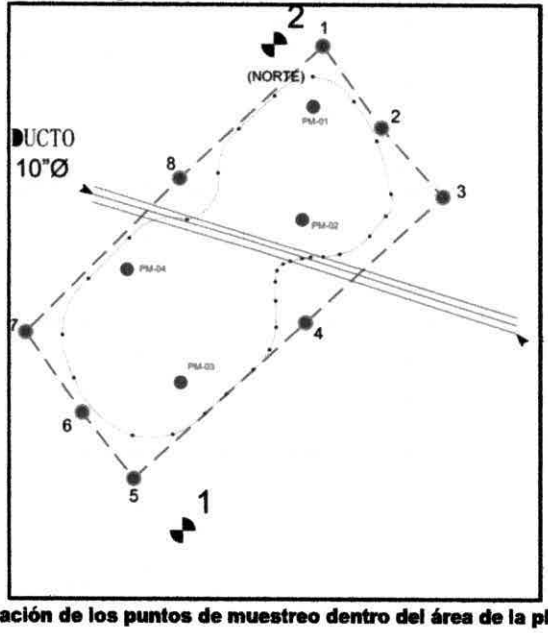


Figura 3. .- Ubicación de los puntos de muestreo dentro del área de la pluma contaminante.

Cada punto de muestreo será georeferenciado mediante las unidades UTM, para su mejor localización.

7. TÉCNICA Y EQUIPO DE MUESTREO.

Se considera que el sitio en cuestión se encuentra dentro de la clasificación C o D según los estándares de la EPA/OSHA. Por lo tanto, se considera para la presente propuesta el empleo de equipo de protección personal Básico (casco, guantes, calzado de seguridad, traje tyvek/overol de algodón, lentes de seguridad y mascarillas para vapores orgánicos). En caso de encontrar algún ducto que no sea identificado y que pueda ser peligroso por parte de la supervisión, se suspenderán las actividades hasta que se considere que el sitio es seguro para poder laborar.

Una vez ubicados los puntos indicados, el muestreo se realizará la perforación con la ayuda de una maquina Airmobil 432 HP, perforadora tipo Wagon Dril, con dos ruedas neumáticas para su traslado, en camioneta pick up. La columna estára fabricada en acero de alta resistencia y está reforzada para uso rudo, que perfora con martillo de fondo de 2" a 6" en diámetros desde 2 ½ "(64 mm) hasta 8" (152mm) puede perforar hasta 80 mts.

Todo esto dependerá de la formación geológica existente en el sitio, además del apoyo de un compresor Atlas Copco XA-500 CD6 y el peso necesario de la herramienta para el diámetro a perforar (Figura 4), equipado con tubos de acero huecos de 2" de diámetro al que se le coloca un nucleador para recuperar la muestra, de tal manera que la maquina se coloca en el punto de muestreo e hinca los tubos de acero hasta la profundidad deseada por medio de empuje. (Figura 5). Antes de tomar la muestra, el nucleador se lavara con agua desionizada, jabón libre de fosfatos y alcohol isopropílico.

Figura 5. Equipo de perforación rotatorio apoyado mediante compresor de aire.

Para la colección de muestras de suelo a los intervalos definidos se usará un sistema de muestreo en cartucho de PVC de 2" (liner) (Figura 5).

Es necesario mencionar que este método de obtención de muestra es el más indicado para el manejo de muestras ambientales, ya que minimiza la contaminación cruzada. Para el caso de las zonas en donde la presencia de material consolidado o rocas no permitan el uso de cartuchos de PVC, se emplearán frascos de vidrio de 250 ml.

Figura 5. Toma de muestra con equipo manual en cartucho de PVC.

8. ENVASADO, ETIQUETADO Y PRESERVACION DE LAS MUESTRAS.

Al tomar la muestra, los cartuchos de PVC o frascos serán sellados de manera inmediata. Los equipos de Barrenación (brocas, tubos partidos, etc) serán lavados entre puntos de perforación, para evitar contaminación cruzada. Para ello se empleará agua y detergente libre de fosfatos (alconox).

Así mismo, todos los cartuchos de PVC y frascos serán identificados en campo con marcador indeleble, con una nomenclatura compuesta por el polígono de caracterización a las muestras de fondo, paredes y la identificación para las muestra que se tomaran en la celda de tratamiento, se identificara del punto y la profundidad de muestreo, asi como la hora de la toma de la muestra.

La colecta y envasado de muestras se llevara a cabo por personal acreditado para dicha actividad ante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA). Se obtendrán muestras simples del suelo de acuerdo a los criterios de colección y transporte establecidos por la NOM-138-Semarnat-SSA1-2012 para el análisis de los distintos parámetros en este caso fracción media y HAP´s.

A cada tubo de PVC o frasco, se le colocara una etiqueta conteniendo los siguientes datos:

- Identificación de la muestra.
- Fecha y hora de muestreo.
- Quien toma la muestra.
- Sitio de muestreo.
- Parámetros a analizar.
- Tipo de conservación, si así lo requiere.

Enseguida se colocara un sello de custodia para asegurar la inviolabilidad de la muestra. La toma de las muestras se registrara en cadenas de custodia y hojas de campo por parte del laboratorio acreditado.

Las muestras envasadas se mantendrán en refrigeración a una temperatura de aproximadamente 4°C con hielo para su preservación durante su traslado al laboratorio en donde se efectuarían los análisis y respetando la caducidad de las muestras, que en este caso será de hasta 14 días para la fracción ligera y 14 días para los BTEX, que es el tiempo máximo de conservación por tipo de parámetro, de acuerdo a la tabla No. 5 (recipientes para las muestras, temperaturas de preservación y tiempo máximo de conservación por tipo de parámetro) de la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

9. PERSONAL INVOLUCRADO Y RESPONSABILIDADES.

PERSONAL	**RESPONSABILIDAD**
Responsable Técnico	Responsable técnico de los trabajos por parte de la Institución y/o compañía. Firmará minutas y cadenas de custodia por parte de la Institución y/o compañía.
Supervisor de campo	Supervisor de campo por parte de la Institución y/o compañía. Verificará la correcta ejecución de las actividades de envasado y preservación de las muestras, con apego a lo estipulado en el plan de muestreo. Llevará el registro fotográfico de las muestras envasadas. Así mismo, verificará la correcta ejecución de las actividades de perforación y toma de muestra, con apego a lo estipulado en el plan de muestreo.
Supervisor de PEMEX	Supervisor de los trabajos por parte de Pemex-Refinación. Verificará la correcta ejecución de los trabajos en general, con apego al plan de muestreo. Validará los trabajos del día con la firma de la minuta de trabajo correspondiente.
Técnico de Muestreo Acreditado	Técnico de muestreo acreditado. Colectará las muestras en campo y las trasladará al laboratorio para su envasado, etiquetado y preservado con base a lo estipulado en el plan de muestreo. Llenará las hojas de custodia correspondientes a los trabajos realizados y les presentará para firma por parte de los responsables de campo Institución y/o compañía y el personal de PROFEPA.

10. PERIODO DE REALIZACIÓN

Se estima que para la perforación de los 4 pozos y la realización de la toma de muestras se requiere de 5 días hábiles, y la participación de personal de laboratorio y personal de campo.

PROGRAMA DE ACTIVIDADES CALENDARIZADO PROPUESTO PARA EL DESARROLLODE LOS TRABAJOS RELACIONADOS CON LA REMEDIACION MEDIANTE LAS TECNICAS DE EXTRACCION DE VAPORES/BIOVENTEO.				
CONCEPTOS	**D E S C R I P C I O N**	**TIEMPO (MESES)**		
No.		**MES 1**	**MES 2**	**MES 3**
1.00	PERFORACION VERTICAL DE POZOS DE 6" DE DIAM. PARA LA EXTRACCION DE MUESTRAS DE SUELO			
4.00	MUESTREO FINAL PARA LA DETERMINACION DE TPH`s EN SUELO.			
5.00	ANALISIS PARA HIDROCARBUROS FRACCION MEDIA			
6.00	ANALISIS PARA HIDROCARBUROS HAPS.			
7.00	ANALISIS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLOGICOS			