

La permeabilidad del suelo afecta la rapidez del movimiento del aire y del vapor a través del suelo; mientras mayor es la permeabilidad del suelo, este movimiento es más rápido y mayor la cantidad de vapor que puede extraerse. La estructura y estratificación del suelo son importantes, debido a que pueden afectar la forma y el lugar donde se extraerán los vapores del suelo. Las características estructurales como capas y fracturas pueden producir un flujo preferencial que puede llevar a tiempos de remediación demasiado extensos.

Un alto contenido de humedad puede reducir la permeabilidad del suelo y, en consecuencia, restringir el flujo a través de los poros del suelo. Los sistemas de SVE generalmente no son efectivos debajo del punto donde se presentan efectos capilares, a menos que se utilicen bombas para provocar un cono de depresión mayor.

El primer paso para construir un sistema de extracción de vapores del suelo consiste en instalar pozos de extracción de vapor y pozos de inyección (o respiraderos) en la zona contaminada. Los pozos de inyección de aire usan compresores de aire para forzar la entrada de aire en el suelo. Los respiraderos desempeñan la misma función que los pozos de inyección, pero son pasivos: en vez de bombear aire, simplemente constituyen un pasaje para que se introduzca aire en el suelo. Cuando el aire que entra pasa por el suelo camino a los pozos de extracción, los contaminantes se evaporan de los espacios entre las partículas del suelo, son arrastrados por el aire hasta los pozos y allí se extraen.

Los pozos de extracción de vapores pueden ser verticales u horizontales. Generalmente son verticales y penetran hasta las capas inferiores de la zona no saturada. Los vapores extraídos con este proceso por lo general son sometidos a un tratamiento de adsorción con carbón, incineración, oxidación catalítica o condensación. También se han usado otros métodos, como el tratamiento biológico y la oxidación ultravioleta. El tipo de tratamiento que se seleccione dependerá de los contaminantes presentes y su concentración. La adsorción con carbón es el tratamiento que más se usa para los vapores contaminados y se puede adaptar a una amplia gama de compuestos orgánicos

volátiles. Si se proyecta y se utiliza bien, el sistema de extracción de vapores del suelo es un proceso seguro que requiere pocas tareas de mantenimiento,

Extracción de vapores del suelo mejorada térmicamente. Se puede mejorar la extracción de vapores del suelo con la inyección de aire caliente o vapor en el suelo contaminado por medio de los pozos de inyección. El aire caliente o el vapor ayuda a aflojar algunos compuestos menos volátiles del suelo. Se han realizado demostraciones en gran escala de extracción de vapores del suelo con inyección de vapor, en varios lugares. Además del aire caliente o el vapor, otra mejora de la extracción de vapores del suelo es el uso de radiofrecuencias para calentar el suelo y vaporizar o volatilizar mejor los compuestos en suelos arcillosos y limosos.

Extracción de doble fase. La extracción de doble fase es un sistema de tratamiento similar a la extracción de vapores del suelo, pero los pozos de extracción son más profundos y llegan a la zona saturada, debajo de la napa freática. Se aplica un fuerte vacío por medio de los pozos de extracción para extraer simultáneamente agua subterránea y vapores del subsuelo. Cuando los vapores y el agua subterránea llegan a la superficie, se separan y se someten a un tratamiento. En suelos densos y arcillosos, la extracción de doble fase es más eficaz que el método corriente de extracción de vapores. Cuando la extracción de doble fase se combina con medidas biocorrectivas, aspersión de aire o bioaireación, la limpieza lleva menos tiempo.

El parámetro más importante en el diseño es el radio de influencia (RI). El RI se define como la mayor distancia desde un pozo de extracción a la cual se produce suficiente vacío y flujo de vapor como para inducir adecuadamente la volatilización y extracción de los contaminantes del suelo. Los pozos de extracción deben estar ubicados de tal manera que sus RI se traslapen y cubran completamente el área contaminada.

Para el diseño de estos sistemas son muy importantes los estudios piloto. Estos estudios proveen datos sobre la concentración de VOCs que serán extraídos durante las primeras etapas de operación del sistema, además de proporcionar los datos para el

diseño a escala. Los sistemas de SVE se deben diseñar para prevenir la infiltración de agua de la superficie, la que puede reducir la rapidez de flujo del aire y reducir las emisiones de vapor fugitivas.

Ventajas y desventajas de la extracción de vapor de suelos

Ventajas	Desventajas
Desempeño probado; equipo de fácil obtención; fácil instalación	Reducciones de concentración mayores al 90% son difíciles de alcanzar
Molestias mínimas en el lugar de operación	Tiene menor efectividad cuando se aplica a sitios con suelos poco permeables o estratificados
Tiempo de tratamiento corto (generalmente de 6 meses a 1 año en condiciones óptimas)	Puede requerir tratamientos costosos para descargar los vapores extraídos a la atmósfera
Costo competitivo: US \$20-50/ton de suelo contaminado	Generalmente se requiere permiso para las emisiones a la atmósfera
Puede aplicarse en sitios con producto libre y puede combinarse con otras tecnologías	Sólo se puede tratar la zona no-saturada del suelo; para suelos saturados y para agua subterránea se necesitan otros métodos de tratamiento

6.2.1.2.3 Extracción en dos fases

La extracción en dos fases (DPE), también conocida como extracción en multifase, es una tecnología de remediación *in situ*, que usa bombas para remover distintas combinaciones de agua subterránea contaminada, derivados del petróleo en fase separada y vapores de hidrocarburos de la zona sub-superficial.⁵⁵ Los líquidos y vapores extraídos se tratan y se llevan a disposición final o se reinyectan al suelo sub-superficial.

Aplicación

Los sistemas DPE pueden ser efectivos en la remoción de producto libre de la zona sub-superficial, reduciendo las concentraciones de hidrocarburos derivados del petróleo,

tanto en la zona saturada como en la zona no saturada del suelo sub-superficial. Generalmente están diseñados para maximizar la rapidez de extracción, pero esta tecnología también estimula la biodegradación de los constituyentes del petróleo en la zona insaturada, debido al incremento en el suministro de oxígeno. A menudo se seleccionan estos sistemas debido a su eficiencia, especialmente en suelos finamente particulados y en capas.

Diseño y operación de un sistema de extracción en dos fases

Se aplica vacío en la zona sub-superficial con el sistema DPE, lo que genera un gradiente en la presión de vapor hacia el pozo de vacío. Este gradiente se trasmite a la fase líquida sub-superficial. Estos líquidos están en una fase continua (agua o derivados de petróleo libres) y fluirán hacia el pozo de vacío, como consecuencia de este gradiente. Mientras mayor es el vacío que se aplica, mayor es el gradiente hidráulico que se obtiene, tanto en fase líquida como gaseosa, y mayor es la rapidez de recuperación de ambas fases.

El cono de depresión que se forma en el agua subterránea debido a la rapidez de recuperación, sirve para controlar hidráulicamente su migración y para incrementar la eficiencia de la extracción de vapor.

Si bien a esta tecnología se la conoce como extracción en doble fase, tiene muchas variantes. Cuando se aplica un vacío relativamente grande, se la conoce como sistema DPE de alto vacío. La tecnología DPE puede dividirse en dos grandes categorías:

- Se extraen juntos los líquidos sub-superficiales y el vapor del suelo, como una corriente de dos fases (líquido-vapor) de alta velocidad, utilizando una sola bomba.

- Los líquidos sub-superficiales y el vapor del suelo se extraen en forma separada, utilizando dos o más bombas.

Sistemas de una bomba: Estos sistemas cuentan con un flujo de aire de alta velocidad para suspender las gotas de líquido y arrastrarlas a través de un tubo de extracción hasta la superficie. Puede utilizarse para extraer agua subterránea o combinaciones de agua subterránea y productos en fases inmiscibles. Generalmente son más adecuados para suelos poco permeables y son difíciles de implementar en sitios donde existen variaciones substanciales en el nivel del agua subterránea.

Sistemas de dos o más bombas: El sistema de dos bombas más convencional, utiliza una bomba para extraer líquidos del pozo y un soplador superficial (la segunda bomba) para extraer el vapor del suelo. Existe una tercera configuración, que usa un total de tres bombas, un soplador superficial junto con una bomba de extracción de productos sobrenadantes y otra para extraer el agua subterránea. Estos sistemas de dos y tres bombas extraen los líquidos del pozo separados del vapor del suelo y tanto su aplicación como su operación son similares.

Los sistemas de extracción DPE de dos bombas son simplemente una combinación del sistema tradicional de extracción de vapor de suelos y sistemas de recuperación de aguas subterráneas y/o productos sobrenadantes. Ellos son más flexibles que los sistemas de una sola bomba, siendo más fáciles de operar para distintas condiciones del lugar, el nivel del agua subterránea fluctuante y una amplia variación de permeabilidad del suelo; pero los costos de los equipos son más altos.

Ventajas y desventajas de la extracción en dos fases

Ventajas	Desventajas
Probada efectividad en un amplio intervalo de condiciones. No requiere bombas de pozo profundo, pero es lo suficientemente flexible como para permitir su uso en caso de ser necesario	Los sistemas de una sola bomba son caros de implementar e ineficientes en suelos de media o alta permeabilidad. Los sistemas de dos bombas son ineficientes en suelos de baja permeabilidad
Molestias mínimas en el lugar de operación; puede utilizarse debajo de edificios sin excavación	Difficil de aplicar en sitios con nivel de agua fluctuante a menos que se utilicen bombas por debajo del cono de depresión
Tiempo de tratamiento corto (generalmente de 6 meses a 1 año en condiciones óptimas)	El tratamiento de los vapores extraídos y de separación de agua y aceite puede ser costoso
Aumenta substancialmente la rapidez de extracción del agua subterránea	Grandes volúmenes de agua extraída pueden requerir tratamiento
Puede aplicarse en sitios con producto libre y puede combinarse con otras tecnologías	Requiere equipos especializados con controles sofisticados
Puede reducir el costo de tratamiento del agua subterránea por medio de un stripping dentro del tubo de extracción de vacío	Requiere sistemas de monitoreo y control complejos durante la operación

6.2.2 ARSÉNICO

Para la descontaminación o remediación de suelos contaminados con elementos traza, como el arsénico, las principales alternativas de remediación son:⁵⁶

Remediaciones biológicas

- Medidas fitocorrectivas

Remediaciones físico-químicas

- Enjuague del suelo *in situ*
- Lavado del suelo

6.2.2.1 Remediaciones biológicas

En el caso del arsénico, así como para los metales pesados, las remediaciones biológicas no se basan en la biodegradación de los compuestos, sino en la estabilización o extracción de los elementos químicos presentes, tanto del suelo como del agua subterránea. Esta extracción se realiza por medio de la absorción de los elementos o compuestos químicos realizados por diversos tipos de plantas.

6.2.2.1.1 Medidas fitocorrectivas

Las medidas fitocorrectivas consisten en el uso de plantas y árboles para limpiar el agua y el suelo contaminados.⁵⁷ Cultivar plantas en un lugar contaminado y en algunos casos cosecharlas, como método correctivo, es una técnica pasiva estéticamente agradable que aprovecha la energía solar y se puede usar junto con métodos de limpieza mecánicos o, en algunos casos, en vez de métodos de este tipo.

Fitocorrección (el prefijo fito- significa planta) es un término general que se refiere a varios usos de plantas para limpiar o corregir sitios extrayendo contaminantes del suelo y el agua. Las plantas actúan como filtros o trampas y pueden descomponer o degradar contaminantes orgánicos o estabilizar contaminantes metálicos.

Aplicación

Las medidas fitocorrectivas pueden usarse para limpiar metales, plaguicidas, solventes, explosivos, petróleo crudo, hidrocarburos poliaromáticos y lixiviados de vertederos. La fitocorrección se combina con otros métodos de limpieza, en la etapa de acabado. Aunque las medidas fitocorrectivas son mucho más lentas que los métodos mecánicos y llegan solamente hasta la profundidad a la cual llegan las raíces, pueden eliminar los últimos restos de contaminantes atrapados en el suelo que a veces quedan después de utilizar las técnicas mecánicas de tratamiento.

Generalmente las medidas fitocorrectivas se utilizan en lugares con baja concentración de contaminantes y en suelos, en cursos de agua y en agua subterránea poco profundos. Sin embargo, se ha observado que con árboles (en vez de plantas más pequeñas) se puede tratar la contaminación a mayor profundidad, porque las raíces de los árboles penetran a mayor profundidad en el suelo. El agua subterránea contaminada a gran profundidad se puede extraer por bombeo y usarla para regar arboledas, acercando de esa manera a las sustancias contaminantes con sus potenciales destructores, los microorganismos del suelo superior.

Se necesitan más investigaciones para estudiar los efectos que se producirían en la cadena alimentaria si algunos insectos y roedores pequeños comieran las plantas con metales acumulados y fuesen, a su vez, comidos por mamíferos de mayor tamaño. Por otra parte, todavía no se sabe si se pueden acumular contaminantes en las hojas y la madera de los árboles utilizados con fines de fitocorrección y, aún menos, si ellos son liberados después cuando se caen las hojas en el otoño o cuando se usa la leña o la corteza desmenuzada de los árboles.

Diseño y operación de un sistema fitocorrectivo

Estos sistemas se diseñan y operan de distinta forma, ya sea que se trate de medidas correctivas para metales o para contaminantes orgánicos, como se discute enseguida.

A.- Medidas correctivas para metales

En lugares contaminados con metales se usan plantas para estabilizar o retirar los metales del suelo y del agua subterránea, por medio de dos mecanismos: fitoextracción y rizofiltración.

La fitoextracción, conocida también como fitoacumulación, es la captación de metales contaminantes por las raíces de las plantas y su acumulación en los tallos y las hojas.

Algunas plantas absorben cantidades extraordinarias de metales, en comparación con otras. Se selecciona una de estas plantas o varias de este tipo y se plantan en un sitio, según los metales presentes y las características del lugar. Después de un tiempo, cuando las plantas han crecido, se cortan y se incineran o se deja que se transformen en abono vegetal para reciclar los metales. Este procedimiento se puede repetir la cantidad de veces que sea necesario para reducir la concentración de contaminantes en el suelo a límites aceptables. Si se incineran las plantas, las cenizas deben colocarse en un confinamiento para residuos peligrosos, pero la cantidad de ceniza será sólo alrededor del 10% del volumen de los desechos que habría que eliminar si se excavara el suelo contaminado para tratarlo.

Los mejores candidatos para la fitoextracción son el níquel, el cinc y el cobre porque son los preferidos de las 400 plantas, aproximadamente, que se sabe que absorben cantidades extraordinarias de metales. Se están estudiando y probando plantas que absorben plomo y cromo.

La rizofiltración (rizo- significa raíz) es una técnica prometedora para abordar el problema de la contaminación del agua con metales. La rizofiltración es similar a la fitoextracción, pero las plantas que se usan para la limpieza se cultivan en invernaderos con las raíces en agua, en vez de tierra. Cuando las plantas tienen un sistema de raíces bien desarrollado, se recoge agua contaminada de un vertedero, se transporta hasta el lugar donde están las plantas y se colocan las plantas en esta agua. Las raíces absorben el agua junto con los contaminantes. A medida que las raíces se saturan de contaminantes, se cortan y se eliminan. Además de extraer metales del agua, la rizofiltración puede ser útil para descargas industriales, escurrimiento de tierras agrícolas, drenaje de minas de ácidos y contaminantes radiactivos.

B.- Tratamiento de contaminantes orgánicos

Los contaminantes orgánicos son comunes en el medio ambiente. Hay varias formas en que se pueden usar plantas para la fitocorrección de estos contaminantes: fitodegradación, biodegradación mejorada de la rizosfera, bombeo orgánico y fitovolatilización.

La **fitodegradación** es un proceso mediante el cual las plantas degradan contaminantes orgánicos. En algunos casos, los contaminantes degradados en moléculas más simples se usan para acelerar el crecimiento de las plantas. Las plantas tienen enzimas, algunas de las cuales se descomponen y convierten desechos de municiones, otras degradan solventes clorados tales como tricloroetileno y otras degradan herbicidas.

La **biodegradación intensificada de la rizosfera** se produce en la tierra que rodea las raíces de las plantas (la rizosfera). Es un proceso mucho más lento que la fitodegradación. Los microorganismos (levaduras, hongos o bacterias) consumen y digieren sustancias orgánicas, de las cuales se alimentan y obtienen energía. Algunos microorganismos pueden digerir sustancias orgánicas tales como combustibles o solventes, que son peligrosas para los seres humanos, y descomponerlas en productos inocuos mediante la biodegradación. Las sustancias naturales liberadas por las raíces de las plantas (azúcar, alcohol y ácidos) contienen carbono orgánico, del cual se alimentan los microorganismos del suelo, y los nutrientes adicionales intensifican su actividad. Además, las plantas aflojan la tierra y transportan agua al lugar, facilitando así la biodegradación.

Los árboles pueden realizar una acción de **bombeo orgánico** cuando sus raíces bajan hacia la capa freática, formando una masa densa de raíces que absorbe una gran cantidad de agua. Los álamos, por ejemplo, absorben 113 litros de agua por día, y hay una variedad de álamo (*Populus deltoides*) que absorbe hasta 1 325 litros por día.

EVALUACIÓN Y PROPUESTAS DE REMEDIACIÓN PARA SUELOS CONTAMINADOS CON METALES PESADOS E HIDROCARBUROS DE PROCEDENCIA INDUSTRIAL
CAPÍTULO 6 - REVISIÓN A LAS ALTERNATIVAS DE REMEDIACIÓN

La acción de bombeo de las raíces disminuye la tendencia de los contaminantes superficiales a descender hacia el agua subterránea y el agua potable. En zonas agrícolas, los álamos plantados a lo largo de cursos de agua reducen el excedente de fertilizantes y herbicidas que va a parar a los cursos de agua y al agua subterránea. Asimismo, los árboles plantados en vertederos como sustitutos orgánicos de la tradicional capa de arcilla o de plástico absorben agua de lluvia que, de lo contrario, se filtraría por el vertedero y llegaría al fondo en forma de lixiviado contaminado.

La fitovolatilización se produce a medida que los árboles y otras plantas en crecimiento absorben agua junto con contaminantes orgánicos. Algunos de los contaminantes pueden llegar hasta las hojas y evaporarse o volatilizarse en la atmósfera. Los álamos, por ejemplo, volatilizan el 90% del tricloroetileno que absorben.

Ventajas y desventajas de las medidas fitocorrectivas

Ventajas	Desventajas
Puede adaptarse al tratamiento de distintos contaminantes, como metales y compuestos orgánicos	Sólo para lugares con contaminación poco profunda y no muy extensa
Es estéticamente agradable	No se conocen las consecuencias para la cadena alimentaria
Puede utilizarse junto con métodos de limpieza mecánicos	Se desconoce si los contaminantes acumulados en madera y hojas pueden ser reliberados al caer las hojas en otoño o al usar la madera como leña
Extrae contaminantes tanto del suelo como del agua subterránea, disminuyendo la tendencia de los contaminantes superficiales a descender hacia el agua subterránea	La factibilidad y nivel de descontaminación depende de la capacidad de cada planta de absorber cada metal o sustancia orgánica específica
Pueden incinerarse las plantas contaminadas, con una reducción del volumen a confinar a un 10% del necesario con técnicas de excavación	

6.2.2.2 Remediaciones físico-químicas

Las remediaciones físico-químicas consisten básicamente en el lavado o enjuague del suelo para extraer los contaminantes del mismo.

6.2.2.2.1 Enjuague del suelo *in Situ*

El enjuague del suelo *in situ* es una técnica de tratamiento que consiste en inundar suelos contaminados con una solución que conduce a los contaminantes hasta un lugar donde pueden extraerse.⁵⁸

El tipo de solución que se necesita para el tratamiento depende de los contaminantes que se hallen en el suelo. La solución de enjuague generalmente es uno de los siguientes líquidos:

- Agua
- Agua con aditivos tales como ácidos, bases o agentes tensoactivos
- Agua con solventes orgánicos

El agua se usa para tratar contaminantes que se disuelven fácilmente en ella. Una solución ácida es una mezcla de agua y un ácido, como nítrico o clorhídrico. Las soluciones ácidas se usan para extraer metales y contaminantes orgánicos, como los que se encuentran generalmente en el reciclaje de baterías o en procesos de cromado industrial. Por ejemplo, la contaminación con zinc, una de las posibles consecuencias de las operaciones de cromado, se trata con una solución ácida. Una solución básica es una mezcla de agua y una base como hidróxido de sodio. Las soluciones básicas se usan para tratar fenoles y algunos metales. Un agente tensoactivo puede ser un detergente o un dispersante. Los dispersantes facilitan la mezcla de sustancias que normalmente no

se mezclan, como aceite y agua. Por esta razón, las soluciones tensoactivas son eficaces para eliminar contaminantes oleosos.

Se está investigando el uso de agua con solventes orgánicos como solución de enjuague. Los solventes orgánicos, como el etanol, se usan para disolver ciertos contaminantes que el agua sola no puede disolver.

Aplicación

Con el enjuague del suelo *in situ* se obtienen resultados óptimos en lugares donde hay espacios en el suelo que permiten el paso de la solución de lavado. Si el suelo tiene un alto porcentaje de limo o arcilla, la solución de enjuague no podrá desplazarse fácilmente en su interior, de modo que no entrará fácilmente en contacto con los contaminantes, lo que limita la eficacia general del proceso de enjuague del suelo. Por otra parte, algunos líquidos de enjuague contienen aditivos que pueden contaminar el agua subterránea si no se retiran por completo.

En la selección de esta técnica influyen también los siguientes factores, entre otros:

- Se debe comprender bien el flujo del agua subterránea, a fin de proyectar el sistema de pozos para un lugar determinado. Posiblemente se necesiten extensos estudios sobre el terreno para lograr un conocimiento completo del flujo del agua subterránea.
- Es necesario conocer bien la composición y disposición de las capas rocosas subterráneas, para predecir el trayecto que seguirán el líquido de enjuague y los contaminantes y asegurarse así de que los contaminantes no se extiendan fuera del lugar donde se pueden recuperar.

- Como el enjuague del suelo *in situ* se adapta al tratamiento de determinados contaminantes, éste no es muy eficaz para los suelos contaminados con mezclas de sustancias peligrosas, como metales y aceites. Sería difícil preparar una solución de enjuague capaz de eliminar varios tipos diferentes de contaminantes al mismo tiempo y con la misma o similar eficacia.

Esta técnica puede tratar eficientemente los siguientes contaminantes:

- ✓ Metales pesados (plomo, cobre, zinc y otros)
- ✓ Solventes halogenados (tricloroetano, tricloroetileno, etc)
- ✓ Hidrocarburos aromáticos (benceno, tolueno, cresol, fenol, etc)
- ✓ Gasolina
- ✓ Combustóleo
- ✓ Bifenilos policlorados
- ✓ Clorofenol

Diseño y operación del sistema

El proceso comienza con la perforación de pozos de inyección y de extracción en el suelo contaminado. El número, la ubicación y la profundidad de los pozos de inyección y de extracción dependen de varios factores geológicos y de consideraciones técnicas. Los pozos pueden instalarse en forma vertical u horizontal. Además de la colocación de los pozos, deben trasladarse hasta el sitio otros equipos como, por ejemplo, un sistema de tratamiento de aguas residuales o construirlos en el lugar.

La solución de enjuague se introduce en los pozos de inyección por bombeo y atraviesa el suelo, arrastrando contaminantes mientras se dirige a los pozos de extracción. En los pozos de extracción se recoge la solución de enjuague mezclada con los contaminantes llamada elutriado.

El elutriado se extrae del suelo por bombeo en los pozos de extracción y generalmente pasa a un sistema de tratamiento de aguas residuales para retirar los contaminantes. Los contaminantes son tratados o eliminados y el agua tratada puede reutilizarse en la solución de enjuague o eliminarse de otra forma aceptable. Debido a que se trata de un proceso en ciclo, los sistemas de enjuague del suelo *in situ* a menudo se denominan sistemas de inyección y recirculación.

El humo o los vapores contaminados que puedan emitirse durante el tratamiento de las aguas residuales se recogen y se someten a un tratamiento.

Ventajas y desventajas del enjuague del suelo

Ventajas	Desventajas
Puede adaptarse al tratamiento de distintos contaminantes mediante el agregado de aditivos específicos al agua	Algunos líquidos de enjuague contienen aditivos que podrían contaminar el agua subterránea si no se retiran por completo
Como el enjuague se realiza en el sitio, se reduce la necesidad de excavación, movimientos o transporte de las sustancias peligrosas	Requiere la perforación de pozos de inyección y de extracción en el lugar
Es sumamente eficaz para el tratamiento de suelos con alta permeabilidad	Es ineficiente en suelos con alto contenido de limo o arcilla
El equipo es portátil y puede llevarse hasta el lugar de las operaciones	Exige una mayor comprensión de las características geológicas del sitio que otras técnicas
	No es muy eficaz para los suelos contaminados con una mezcla de sustancias peligrosas como metales y aceites

6.2.2.2 Lavado del suelo

El lavado del suelo es una técnica que consiste en el uso de líquidos (generalmente agua, a veces modificada con aditivos químicos) y un procedimiento mecánico para depurar el suelo.⁵⁹

Con este procedimiento se retiran contaminantes peligrosos y se los concentra, reduciendo su volumen.

Aplicación

El lavado del suelo se puede usar por sí solo, pero a menudo se usa combinado con otras técnicas de tratamiento. El uso principal del lavado del suelo es para reducir el volumen, concentrando los contaminantes en una masa relativamente pequeña de material. Cuanto mayor sea el porcentaje de arena gruesa y grava en el material que deba tratarse (que se puede limpiar y quizá llevar de vuelta al sitio), más eficaz será el lavado del suelo en función del costo.

El proceso de lavado del suelo puede reducir el volumen de material a tratar en un 90% (lo cual significa que sólo el 10% del volumen original necesitaría tratamiento posterior). Si los desechos tienen un alto porcentaje de limo fino y arcilla, entonces una parte mayor del material deberá ser sometida a otro tratamiento subsiguiente más costoso. Estos suelos no son los apropiados para un proceso de lavado.

El lavado del suelo se usa para tratar una amplia gama de contaminantes, como metales, gasolina, combustóleo y plaguicidas. El uso de esta técnica presenta varias ventajas:

- Crea un sistema cerrado que no se ve afectado por condiciones externas. Este sistema permite controlar las condiciones (como el pH y la temperatura) en las cuales se tratan las partículas del suelo.
- Permite excavar los desechos peligrosos y tratarlos *in situ*.
- Ofrece la posibilidad de retirar una gran variedad de contaminantes del suelo.

- Es eficaz en función del costo, porque puede usarse como tratamiento preliminar, reduciendo considerablemente la cantidad de material que necesitaría tratamiento posterior con otro método.
- Produce un material más uniforme, al cual se aplicarán otras técnicas de tratamiento.

Diseño y operación de un sistema de lavado de suelo

El suelo se compone de partículas finas (limo y arcilla) y partículas gruesas (arena y grava), material orgánico (plantas en estado de descomposición y materia animal), agua y aire. Los contaminantes tienden a unirse fácilmente, en forma química o física, al limo, la arcilla y el material orgánico. El limo, la arcilla y el material orgánico, a su vez, se unen físicamente a la arena y la grava. Cuando el suelo contiene una gran cantidad de arcilla y material orgánico, los contaminantes se unen más fácilmente a la tierra y, por lo tanto, son más difíciles de separar que cuando hay poca arcilla y material orgánico.

En el procedimiento de lavado del suelo se separa la tierra fina contaminada (limo y arcilla) de la tierra gruesa (arena y grava). Una vez concluido el procedimiento, la tierra de volumen más reducido, que contiene la mayoría de las partículas finas de limo y arcilla, puede ser sometida a un tratamiento ulterior con otros métodos (como incineración o medidas biocorrectivas) o se puede eliminar. La tierra más limpia, de mayor volumen, no es tóxica y se puede usar como tierra de relleno.

Durante el procedimiento de lavado, las partículas de grava y de arena más pesadas se asientan y son sometidas a pruebas para detectar la presencia de contaminantes. Si están limpias, este material se puede usar en el sitio o llevarse a otro lugar para usarlo como relleno. Si todavía quedan vestigios de contaminantes, se debe someter el material a otro ciclo de lavado, recogerlo para aplicarle un tratamiento diferente o eliminarlo en otro lugar.

El limo y la arcilla contaminados que están en el agua del lavado se asientan y se separan del agua del lavado. Como el agua del lavado ahora contiene contaminantes, es sometida a un tratamiento a fin de que se pueda reciclar para otros usos. Como ya se dijo, el agua de lavado podría contener aditivos, algunos de los cuales podrían interferir en el tratamiento. En ese caso, hay que retirar los aditivos o neutralizarlos con un tratamiento preliminar.

Después de separar el limo y la arcilla del agua del lavado se los somete a una prueba para determinar si contienen contaminantes. Si todos los contaminantes pasaron al agua del lavado y el limo y la arcilla están limpios, ellos se pueden usar en el sitio o se pueden llevar a otro lugar para usarlos como relleno. Si el material todavía está contaminado se debe someter a otro ciclo de lavado y recogerlo para aplicarle un tratamiento diferente o eliminarlo.

Algunas características del proceso son:

- **Se separan las partículas finas (limo y arcilla) de las partículas gruesas (arena y grava)**
- **Reduce considerablemente la cantidad de tierra contaminada**
- **Es una alternativa con un costo relativamente bajo para separar los desechos y reducir al mínimo la cantidad de desechos que requieren un tratamiento ulterior**
- **Se usa equipo portátil que se puede llevar hasta el lugar de las operaciones**

Ventajas y desventajas del lavado del suelo

Ventajas	Desventajas
Puede utilizarse solo o combinado con otros métodos de tratamiento	Algunos líquidos de enjuague contienen aditivos que podrían contaminar el agua subterránea si no se retiran por completo
Reduce el volumen hasta en un 90% concentrando los contaminantes	En suelos con alto contenido de limos finos o arcilla la reducción de volumen es menor
Eficaz para varios contaminantes como metales, gasolina y combustóleo	Requiere de perforación de pozos de inyección y extracción en el lugar
Permite controlar las condiciones (como pH y temperatura) en las cuales se trata el suelo	
Se realiza en el sitio, reduciendo la necesidad de excavación, movimiento o transporte de sustancias peligrosas	
Produce un material más uniforme para otras técnicas de tratamiento	
El equipo es portátil y puede llevarse hasta el lugar de las operaciones	
Su costo es relativamente bajo	

Una vez evaluadas las distintas técnicas de remediación para los diversos grupos de contaminantes, se procederá a escoger la técnica de remediación adecuada para cada zona a remediar.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 INTRODUCCIÓN

El propósito de estudiar las distintas tecnologías de remediación es evaluar con cuál de ellas se pueden alcanzar los niveles esperados de limpieza, teniendo en cuenta el futuro uso del suelo. Para seleccionar la tecnología adecuada, se deben tener en cuenta diversos factores, tales como:

- Nivel de toxicidad,
- Rutas de exposición
- Implementación de la remediación
- Futuro uso de suelo
- Tiempo de remediación
- Costo de la remediación
- Efectos, a corto y largo plazo, de las tecnologías involucradas
- Uso del sitio durante la remediación
- Protección de la comunidad durante la remediación y su posterior uso de suelo
- Requerimiento de controles, por parte de las autoridades, durante la remediación y una vez finalizada.

Teniendo en cuenta los factores enumerados, se seleccionaron las alternativas más convenientes.

Como en el suelo del sitio de estudio están presentes dos contaminantes principales, el arsénico y TPH, ambos con concentraciones mayores que los RBC, se deben proponer alternativas de remediación para cada uno de ellos.

7.2 ALTERNATIVAS DE REMEDIACIÓN PROPUESTAS

Para seleccionar las alternativas de remediación adecuadas, en primer lugar, se deben descartar aquellas con escasa factibilidad de dar óptimos resultados debido a la alta concentración de contaminantes o al tipo de suelo inconveniente para la misma, como:

- **Aireación o aspersion de aire:** Es menos aplicable al diesel.
- **Bioextracción:** Sólo puede utilizarse en lugares donde la aireación sea adecuada, mientras que en las áreas a remediar el suelo es arcilloso con escasa aireación.
- **Bioventilación:** No es aplicable para ciertas condiciones, como en suelos de baja permeabilidad o con alto contenido de arcillas. Además, las altas concentraciones de contaminantes pueden ser tóxicas para los microorganismos.
- **Extracción de vapor de suelos:** El diesel y el queroseno, que son menos volátiles, no son bien removidos mediante esta tecnología, por lo que es más conveniente utilizar la bioventilación.
- **Extracción en dos fases:** Se utiliza para remover distintas combinaciones de agua subterránea contaminada, derivados del petróleo en fase separada y vapores de hidrocarburos de la zona sub-superficial, mientras que en las áreas a remediar no hay ni agua contaminada ni hidrocarburos libres.
- **Enjuague del suelo:** Si el suelo tiene un alto porcentaje de limo o arcilla, la solución de enjuague no podrá desplazarse fácilmente en su interior, de modo que no entrará fácilmente en contacto con los contaminantes, lo que limita la eficacia general del proceso de enjuague del suelo.

Otras técnicas, como la biodegradación y la atenuación natural, se basan en la degradación de los hidrocarburos a través de microorganismos o biodegradación. La remediación del diesel, al ser un hidrocarburo de peso medio y contener menor porcentaje de productos volátiles, es un caso típico para el uso de estas técnicas, pero en

este caso, no se dan las condiciones óptimas para que la biodegradación pueda llevarse a cabo debido a los siguientes factores:

- Los suelos que tienden a agrumarse (como las arcillas) son difíciles de airear, por lo que su contenido de oxígeno resulta bajo; la distribución de nutrientes se torna dificultosa y retienen la humedad durante períodos más prolongados después de las lluvias.**
- Durante los períodos de sequía, habitual en Ciudad Juárez, el contenido de humedad del área podría disminuir en exceso, por lo que podría ser necesario incrementarla. La erosión de los suelos en proceso de biodegradación puede darse durante períodos ventosos, en especial durante el traslado y/o roturado de la tierra.**
- La temperatura óptima es entre los 10 y 45°C**
- Las áreas contaminadas con diesel también presentan alta contaminación con Arsénico, y las concentraciones muy altas de compuestos orgánicos derivados del petróleo, o de metales pesados, puede ser tóxica e inhibir el crecimiento y la reproducción bacteriana.**

Una vez descartadas estas alternativas de remediación, la limpieza de las áreas contaminadas queda reducida al uso de los siguientes métodos:

- Bioceldas**
- Desorción Térmica a Baja Temperatura**
- Medidas Fitocorrectivas**
- Lavado del Suelo**

Debido a la presencia conjunta de diesel y arsénico, la mayoría de las áreas a remediar necesitarán tratamientos combinados que incluyen un pretratamiento como lavado de suelo, para la eliminación de metales pesados, seguido de un tratamiento como

desorción térmica a baja temperatura o bioceldas para la eliminación del diesel, y, por último, medidas fitocorrectivas para la etapa de acabado.

A continuación se propondrán las distintas alternativas de remediación para cada zona contaminada, teniendo en cuenta los contaminantes existentes en cada área.

7.2.1 ÁREA DEL ANTIGUO TANQUE SUBTERRÁNEO DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE

Contaminantes:

Diesel: con una concentración máxima de 27 200 ppm

Arsénico: con una concentración máxima de 81 ppm

Profundidad de la remediación: 6,1 m

Remediación propuesta:

Pretratamiento:

Se realizará un primer lavado de suelo con solución ácida, para la eliminación de arsénico y otro lavado posterior con un agente tensoactivo, para la eliminación de diesel. Esto garantiza la limpieza del suelo no arcilloso, el cual será sometido a medidas fitocorrectivas para su etapa de acabado.

Tratamiento:

Para el suelo arcilloso se utilizará la desorción térmica a baja temperatura (370°C) para la eliminación del diesel. Debido al suelo arcilloso, finamente graneado y cohesivo, se necesitará una trituración como paso previo. Si bien la presencia de metales en el suelo puede tener como consecuencias limitaciones en la disposición de los residuos sólidos generados por desorción y un mayor control de las emisiones aéreas debido a la emisión de metales, a temperaturas de operación normales los metales pesados no se

separan del suelo en grandes cantidades. Una vez libre de hidrocarburos este suelo se someterá a una etapa de acabado para la eliminación de arsénico y de posibles restos de diesel.

Acabado:

La etapa de acabado, tanto para el suelo arcilloso como para su componente de arena se realizará mediante medidas fitocorrectivas combinadas de fitoextracción (para la eliminación de arsénico) y biodegradación intensificada de la rizósfera (para la eliminación de restos de Diesel). Una vez que las plantas han crecido, se cortan, se incineran y se confinan las cenizas como residuo peligroso.

7.2.2 ÁREA DEL TANQUE SUPERFICIAL DE DIESEL

Contaminantes:

Diesel: con una concentración máxima de 16 300 ppm

Arsénico: con una concentración máxima de 63 ppm

Profundidad de la remediación: 3 m

Remediación propuesta:

Pretratamiento:

Se realizará un primer lavado de suelo con solución ácida, para la eliminación de arsénico y otro lavado posterior con un agente tensoactivo, para la eliminación de diesel. Esto garantiza la limpieza del suelo no arcilloso, el cual será sometido a medidas fitocorrectivas para su etapa de acabado.

Tratamiento:

Para el suelo arcilloso se utilizará la desorción térmica a baja temperatura (370°C) para la eliminación del Diesel. Debido al suelo arcilloso finamente graneado y cohesivo se

necesitará una trituración como paso previo. Si bien la presencia de metales en el suelo puede tener como consecuencias limitaciones en la disposición de los residuos sólidos generados por desorción y un mayor control de las emisiones aéreas debido a la emisión de metales, a temperaturas de operación normales los metales pesados no se separan del suelo en grandes cantidades. Una vez libre de hidrocarburos este suelo se someterá a una etapa de acabado para la eliminación de arsénico y de posibles restos de diesel.

Acabado:

La etapa de acabado, tanto para el suelo arcilloso como para su componente de arena se realizará mediante medidas fitocorrectivas combinadas de fitoextracción (para la eliminación de arsénico) y biodegradación intensificada de la rizósfera (para la eliminación de restos de Diesel). Una vez que las plantas han crecido, se cortan, se incineran y se confinan las cenizas como residuo peligroso.

7.2.3 ÁREA DE LA LAGUNA DE EVAPORACIÓN

Contaminantes:

Diesel: con una concentración máxima de 6 500 ppm

Arsénico: con una concentración máxima de 89 ppm

Profundidad de la remediación: 7,6 m

Remediación propuesta:

Pretratamiento:

Se realizará un primer lavado de suelo con solución ácida, para la eliminación de arsénico. Esto garantiza la limpieza del suelo no arcilloso, el cual será sometido a medidas fitocorrectivas para su etapa de acabado.

Tratamiento:

Debido a que la concentración de diesel es levemente superior que los niveles de RBC, no se realizará desorción térmica, sino que se procederá directamente a la etapa de acabado.

Acabado:

La etapa de acabado, tanto para el suelo arcilloso como para su componente de arena se realizará mediante medidas fitocorrectivas combinadas de fitoextracción (para la eliminación de arsénico) y biodegradación intensificada de la rizósfera (para la eliminación de restos de diesel). Una vez que las plantas han crecido, se cortan, se incineran y se confinan las cenizas como residuo peligroso.

7.2.4 ÁREA DE PROCESO QUÍMICO ACTUAL

Contaminantes:

Diesel: con una concentración máxima de 20 500 ppm

Arsénico: con una concentración máxima de 738 ppm

Profundidad de la remediación: 5 m

Remediación propuesta:

Pretratamiento:

Se realizará un primer lavado de suelo con solución ácida, para la eliminación de arsénico y otro lavado posterior con un agente tensoactivo, para la eliminación de diesel. Esto garantiza la limpieza del suelo no arcilloso, el cual será sometido a medidas fitocorrectivas para su etapa de acabado.

Tratamiento:

Para el suelo arcilloso se utilizará la desorción térmica a baja temperatura (370°C) para la eliminación del diesel. Debido al suelo arcilloso finamente graneado y cohesivo, se necesitará una trituración como paso previo. Si bien la presencia de metales en el suelo puede tener como consecuencias limitaciones en la disposición de los residuos sólidos generados por desorción y un mayor control de las emisiones aéreas debido a la emisión de metales, a temperaturas de operación normales los metales pesados no se separan del suelo en grandes cantidades. Una vez libre de hidrocarburos, este suelo se someterá a una etapa de acabado para la eliminación de arsénico y de posibles restos de diesel.

Acabado:

La etapa de acabado, tanto para el suelo arcilloso como para su componente de arena se realizará mediante medidas fitocorrectivas combinadas de fitoextracción (para la eliminación de arsénico) y biodegradación intensificada de la rizósfera (para la eliminación de restos de diesel). Una vez que las plantas han crecido, se cortan, se incineran y se confinan las cenizas como residuo peligroso.

7.2.5 ÁREA DE PROCESO QUÍMICO ANTIGUA

Contaminantes:

Arsénico: con una concentración máxima de 78 ppm

Profundidad de la remediación: 0,15 m

Remediación propuesta:

Debido a que sólo existe contaminación por arsénico y de manera superficial, sólo se procederá a la etapa de acabado.

Acabado:

La etapa de acabado se realizará mediante medidas fitocorrectivas de fitoextracción para la eliminación de arsénico. Una vez que las plantas han crecido, se cortan, se incineran y se confinan las cenizas como residuo peligroso.

7.2.6 PERÍMETRO DE LA PROPIEDAD

Contaminantes:

Arsénico: con una concentración máxima de 16 ppm

Profundidad de la remediación: 0,30 m

Remediación propuesta:

Debido a que sólo existe contaminación por arsénico y de manera superficial, sólo se procederá a la etapa de acabado.

Acabado:

La etapa de acabado se realizará mediante medidas fitocorrectivas de fitoextracción para la eliminación de arsénico. Una vez que las plantas han crecido, se cortan, se incineran y se confinan las cenizas como residuo peligroso.

7.2.7 ÁREA DEL CÁRCAMO DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS

Contaminantes:

Diesel: con una concentración máxima de 1 300 ppm

Arsénico: con una concentración máxima de 2,6 ppm

Profundidad de la remediación: 5 m

Remediación propuesta:

Debido a que los contaminantes se encuentran en concentraciones menores a los RBC, sólo se llevará a cabo la etapa de acabado.

Acabado:

La etapa de acabado se realizará mediante medidas fitocorrectivas combinadas de fitoextracción (para la eliminación de arsénico) y biodegradación intensificada de la rizósfera (para la eliminación de restos de Diesel). Una vez que las plantas han crecido, se cortan, se incineran y se confinan las cenizas como residuo peligroso.

7.2.8 ÁREA DEL MONTÍCULO DE ANHIDRITA

Contaminantes

Arsénico: con una concentración máxima de 3,2 ppm

Plomo: 66 ppm

Profundidad de la remediación: 0,30 m

Remediación propuesta:

Debido a que sólo existe contaminación por metales pesados (arsénico y plomo), y de manera superficial, sólo se procederá a la etapa de acabado.

Acabado:

La etapa de acabado se realizará mediante medidas fitocorrectivas de fitoextracción para la eliminación de arsénico. Una vez que las plantas han crecido, se cortan, se incineran y se confinan las cenizas como residuo peligroso.

Tabla 3.1

LISTA DE MUESTRAS

N° de Muestras	Ubicación	Profundidad [m]	Metales ICP	Metales TCLP	TPH 418,1	VOCs 8020	VOCs 8060	SO ₄ ²⁻	Fluoruros	Monitoreo en Campo
24	B1, B2, B3, B4	0,15; 0,31; 1,52; 3,05; 4,57; 6,10	5 c/punto (20 Total)	1c/punto (4 Total)	24 Total	--	24 Total	2 c/punto (8 Total)	2 c/punto (8 Total)	(8) Todas las muestras
16	U1, U2, U3, U4	0,15; 0,31; 1,52; 3,05; 4,57; 6,10	3 c/punto (12 Total)	1c/punto (4 Total)	16 Total	--	16 Total	--	--	Todas las muestras
4	O1	0,15; 0,31; 1,52; 3,05; 4,57; 6,10	3 Total	1 Total	4 Total	--	4 Total	2 Total	2 Total	Todas las muestras
52	L1, L2, L3, L4	0,15; 0,31 0,61; 0,91; 1,22; 1,52; 2,13; 2,74; 3,35; 3,96; 4,57; 6,10; 7,62	12 c/punto (48 Total)	1 c/punto (4 Total)	52 Total	---	52 Total	4 c/punto (16 Total)	4 c/punto (16 Total)	Todas las muestras
1	L5	1,52	1 Total	1 Total	1 Total	--	1 Total	1 Total	1 Total	Todas las muestras
8	A1, A2	1,52; 3,05; 4,57; 6,10	3 c/punto (6 Total)	1 c/punto (2 Total)	8 Total	8 Total	--	--	--	Todas las muestras
65	P1, P2, P3, P4, P5	0,15; 0,31 0,61; 0,91; 1,22; 1,52; 2,13; 2,74; 3,35; 3,96; 4,57; 6,10; 7,62	12 c/punto (60 Total)	1 c/punto (5 Total)	65 Total	--	65 Total	4 c/punto (20 Total)	4 c/punto (20 Total)	Todas las muestras
6	H (U/A Areas) 3	0,15; 0,31	1 c/punto (3 Total)	1 c/punto (3 Total)	6 Total	6 Total	--	1 c/punto (3 Total)	1 c/punto (3 Total)	Todas las muestras
12	H (P/L Areas) 12	0,15	6 Total	6 Total	12 Total	--	12 Total	1 c/punto (6 Total)	1 c/punto (6 Total)	Todas las muestras
2	H (O Areas) 2	0,15	1 c/punto (2 Total)	1 c/punto (2 Total)	2 Total	--	2 Total	1 c/punto (2 Total)	1 c/punto (2 Total)	Todas las muestras
4	H (Reserva) 2	0,15; 0,31	1 c/punto (2 Total)	1 c/punto (2 Total)	--	--	4 Total	1 c/punto (2 Total)	1 c/punto (2 Total)	Todas las muestras
194	MUESTRAS TOTALES		161	34	190	30	164	60	60	194

TABLA 3.2
ANÁLISIS EN EL ÁREA DEL ANTIGUO TANQUE SUBTERRÁNEO DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE (U)

Muestra	Profundidad [m]	Fecha de muestreo	Arsénico	Bario	Cadmio	Cromo	Mercurio	Níquel	Plata	Plomo	Selenio	Benceno	Etilbenceno	Tolueno	Xilenos Totales	TPH
U1	1,52	11-Nov-96	< 0,8	36,8	< 0,08	NM	< 0,004	< 0,6	< 0,04	12,9	< 2	ND	ND	ND	ND	< 10
	3,05	11-Nov-96	< 0,02	0,058	< 0,002	< 0,05	< 0,0001	< 0,015	< 0,001	< 0,04	< 0,05	ND	ND	ND	ND	< 10
	4,57	11-Nov-96	11,4	155	< 0,08	NM	0,2	4,86	< 0,04	< 1,6	< 3	ND	ND	ND	ND	< 10
	6,10	11-Nov-96	6,9	28,7	< 0,08	NM	0,06	< 0,6	< 0,04	< 1,6	< 2	ND	ND	ND	ND	< 10
U2	1,52	11-Nov-96	< 0,02	0,962	< 0,002	< 0,05	< 0,0001	< 0,015	< 0,001	< 0,04	< 0,05	ND	ND	ND	ND	27192
	3,05	11-Nov-96	20,6	155	< 0,08	NM	0,23	10	< 0,04	22	< 2	ND	ND	ND	ND	2503
	4,57	11-Nov-96	10,8	94,9	< 0,08	NM	0,2	5,6	< 0,04	9,95	< 2	ND	ND	ND	ND	15918
	6,10	11-Nov-96	12,7	106	< 0,08	NM	0,06	< 0,6	< 0,04	10	< 2	ND	ND	ND	ND	9830
U3	1,52	11-Nov-96	< 0,02	0,365	< 0,002	< 0,05	< 0,0001	< 0,015	< 0,001	< 0,004	< 0,05	ND	ND	ND	ND	< 10
	3,05	11-Nov-96	15,3	102	< 0,08	NM	0,6	7,63	< 0,04	13,7	< 2	ND	ND	ND	ND	< 10
	4,57	11-Nov-96	12,6	113	< 0,08	NM	0,4	5,19	< 0,04	19,5	< 2	ND	ND	ND	ND	< 10
	6,10	11-Nov-96	12,6	85,3	< 0,08	NM	0,36	5,83	< 0,04	10	< 2	ND	ND	ND	ND	< 10
U4	1,52	12-Nov-96	< 0,02	0,063	< 0,002	< 0,05	< 0,0001	0,226	< 0,001	< 0,04	< 0,05	ND	ND	ND	ND	105
	3,05	12-Nov-96	24	37,7	< 0,08	NM	0,14	8,21	< 0,04	17,1	< 2	ND	ND	ND	ND	81,5
	4,57	12-Nov-96	9,7	226	< 0,08	NM	0,08	< 0,6	< 0,04	7,43	< 2	ND	ND	ND	ND	< 10
	6,10	12-Nov-96	10,7	43,4	< 0,08	NM	0,14	< 0,6	< 0,04	7,8	< 2	ND	ND	ND	ND	3743
MU1	0,15	14-Nov-96	< 0,8	69,8	< 0,08	NM	0,072	6,6	< 0,04	65,6	< 2	ND	ND	ND	ND	6397
	0,31	14-Nov-96	81,1	66	3,68	NM	0,081	15,3	< 0,04	76,6	< 2	ND	ND	ND	ND	8643

TABLA 3.3
ANÁLISIS EN EL ÁREA DEL TANQUE SUPERFICIAL DE DIESEL (A)

Muestra	Profundidad [m]	Fecha de muestreo	Arsénico	Bario	Cadmio	Cromo	Mercurio	Níquel	Plata	Plomo	Selenio	Benceno	Etilbenceno	Tolueno	Xilenos Totales	TPH
A1	1,52	15-Nov-96	< 0,8	92,4	<0,08	NM	0,016	11,4	<0,04	< 1,6	<2	ND	ND	ND	ND	125
	3,05	15-Nov-96	< 0,02	0,24	< 0,002	< 0,05	< 0,0001	<0,015	<0,001	<0,04	< 0,05	ND	ND	ND	ND	124
	4,57	15-Nov-96	<0,8	108	<0,08	NM	0,01	< 0,6	<0,04	<1,6	<2	ND	ND	ND	ND	139
A2	6,10	15-Nov-96	< 0,8	39,3	<0,08	NM	0,008	<0,6	<0,04	<1,6	< 2	ND	ND	ND	ND	187
	1,52	15-Nov-96	< 0,02	0,109	< 0,002	< 0,05	< 0,0001	<0,015	<0,001	<0,04	< 0,05	ND	ND	ND	ND	73,1
	3,05	15-Nov-96	47,4	70,1	<0,08	NM	0,038	< 0,6	<0,04	< 1,6	39,7	ND	ND	ND	ND	89,2
HA1	4,57	15-Nov-96	<0,8	77,2	<0,08	NM	0,015	< 0,6	<0,04	< 1,6	< 2	ND	ND	ND	ND	85,6
	6,10	15-Nov-96	< 0,8	77	<0,08	NM	0,018	<0,6	<0,04	<1,6	< 2	ND	ND	ND	ND	98,9
	0,15	15-Nov-96	< 0,02	0,042	< 0,002	< 0,05	< 0,0001	<0,015	<0,001	<0,004	< 0,05	ND	ND	ND	ND	501
HA2	0,31	15-Nov-96	63,8	56	4	NM	0,021	< 0,6	<0,04	78,5	< 2	ND	ND	ND	ND	16311
	0,15	15-Nov-96	< 0,02	0,05	< 0,002	< 0,05	< 0,0001	0,226	<0,001	<0,04	< 0,05	ND	ND	ND	ND	10418
	0,31	15-Nov-96	< 0,8	35,1	<0,08	NM	0,01	< 0,6	<0,04	74,2	< 2	ND	ND	ND	ND	6502

TABLA 3.4
ANÁLISIS EN EL ÁREA DE LA LAGUNA DE EVAPORACIÓN (L)

Muestra	Profundidad [m]	Fecha de muestreo	Arsénico	Bario	Cadmio	Cromo	Mercurio	Níquel	Plata	Plomo	Selenio	Benceno	Etilbenceno	Tolueno	Xilenos Totales	Diclorobenceno	TPH
L1	0,91	13-Nov-96	0,443	0,08	<0,08	< 0,05	<0,0001	<0,015	<0,001	<0,04	<0,05	0,443	0,08	< 0,08	< 0,05	ND	<0,015
		12-Nov-96	19,9	126	< 0,08	NM	0,16	8,66	< 0,04	17,7	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	75,2
L2	0,31	12-Nov-96	15,7	131	<0,08	NM	0,09	7,13	< 0,04	10,5	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	35,4
	0,61	12-Nov-96	19,5	102	<0,08	NM	0,08	8,03	< 0,04	16,9	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	69,2
	0,91	12-Nov-96	15	448	<0,08	NM	0,11	6,86	< 0,04	13,3	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	<10
	1,22	12-Nov-96	22,2	81,1	<0,08	NM	0,2	7,64	< 0,04	13,4	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	<10

TABLA 3.4
ANÁLISIS EN EL ÁREA DE LA LAGUNA DE EVAPORACIÓN (L)

Muestra	Profundidad [m]	Fecha de muestreo	Arsénico	Bario	Cadmio	Cromo	Mercurio	Níquel	Plata	Plomo	Selenio	Benceno	Etilbenceno	Tolueno	Xilenos Totales	Diclorobenceno	TPH
	1,52	12-Nov-96	19,6	44,9	<0,08	NM	0,08	7,52	<0,04	14,5	<2	ND	ND	ND	ND	ND	<10
	2,13	12-Nov-96	19	43	<0,08	NM	0,09	6,2	<0,04	15,9	<2	ND	ND	ND	ND	ND	<10
	2,74	12-Nov-96	21,9	97,5	<0,08	NM	0,11	9,11	<0,04	15,9	<2	ND	ND	ND	ND	ND	<10
	3,35	12-Nov-96	40,2	70,7	<0,08	NM	0,14	9,96	<0,04	22,1	<2	ND	ND	ND	ND	ND	743
	3,96	12-Nov-96	32,7	93,7	<0,08	NM	0,035	10,5	<0,04	<1,6	<2	ND	ND	ND	ND	ND	483
	4,57	12-Nov-96	13,9	46	<0,08	NM	0,04	<0,6	<0,04	<1,6	<2	ND	ND	ND	ND	ND	<10
	6,10	12-Nov-96	<0,02	0,1045	<0,002	<0,05	<0,0001	<0,015	<0,001	<0,04	<0,05	ND	ND	ND	ND	ND	<10
	7,62	12-Nov-96	11,1	50,8	<0,08	NM	0,035	<0,6	<0,04	<1,6	<2	ND	ND	ND	ND	ND	<10
	0,15	12-Nov-96	19,2	35	<0,08	NM	0,083	8,34	<0,04	<1,6	<2	ND	ND	ND	ND	ND	135
L3	0,31	12-Nov-96	22	20,7	<0,08	NM	0,059	9,58	<0,04	<1,6	<2	ND	ND	ND	ND	ND	<10
	0,61	12-Nov-96	21	50	<0,08	NM	0,088	9,65	<0,04	<1,6	30,2	ND	ND	ND	ND	ND	<10
	0,91	12-Nov-96	17,3	111	<0,08	NM	0,3	7,98	<0,04	19,5	<2	ND	ND	ND	ND	ND	<10
	1,22	12-Nov-96	19,1	132	<0,08	NM	0,1	8,59	<0,04	17,2	<2	ND	ND	ND	ND	ND	<10
	1,52	12-Nov-96	16,6	274	<0,08	NM	0,08	7,03	<0,04	11,3	<2	ND	ND	ND	ND	ND	81,2
	2,13	12-Nov-96	<0,02	0,43	<0,002	<0,05	<0,0001	<0,015	<0,001	<0,04	<0,05	ND	ND	ND	ND	ND	86,2
	2,74	12-Nov-96	17,1	275	<0,08	NM	0,08	7,81	<0,04	11,2	<2	ND	ND	ND	ND	ND	92,8
	3,35	12-Nov-96	32,7	91,6	<0,08	NM	0,1	10,2	<0,04	17,9	<2	ND	ND	ND	ND	ND	83
	3,96	12-Nov-96	19,2	116	<0,08	NM	0,21	8,24	<0,04	10,3	<2	ND	ND	ND	ND	ND	92
	4,57	12-Nov-96	17,3	1745	<0,08	NM	0,15	4,33	<0,04	7,9	<2	ND	ND	ND	ND	ND	55,5
	6,10	12-Nov-96	32,3	213	1,07	NM	0,12	<0,6	<0,04	8,9	<2	ND	ND	ND	ND	ND	221
	7,62	12-Nov-96	36,9	69,8	<0,08	NM	0,12	<0,6	<0,04	11,8	<2	ND	ND	ND	ND	ND	450
	0,15	12-Nov-96	59,1	13,7	2,77	NM	0,074	<0,6	<0,04	<1,6	<2	ND	ND	ND	ND	ND	243
L4	0,31	12-Nov-96	55,3	7,01	<0,08	NM	0,132	<0,6	<0,04	<1,6	<2	ND	ND	ND	ND	ND	1146
	0,61	12-Nov-96	31,6	19,2	2,03	NM	0,108	<0,6	<0,04	54,1	<2	ND	ND	ND	ND	ND	<10
	0,91	12-Nov-96	<0,02	0,076	<0,002	<0,05	<0,0001	<0,015	<0,001	0,745	<0,05	ND	ND	ND	ND	ND	40,3
	1,22	12-Nov-96	42,8	74,1	<0,08	NM	0,146	<0,6	<0,04	99,8	<2	ND	ND	ND	ND	ND	<10
	1,52	12-Nov-96	30,5	69	<0,08	NM	0,078	<0,6	<0,04	71,1	30,2	ND	ND	ND	ND	ND	1532

TABLA 3.4
ANÁLISIS EN EL ÁREA DE LA LAGUNA DE EVAPORACIÓN (L)

Muestra	Profundidad [m]	Fecha de muestreo	Arsénico	Bario	Cadmio	Cromo	Mercurio	Níquel	Plata	Plomo	Selenio	Benceno	Etilbenceno	Tolueno	Xilenos Totales	Diclorobenceno	TPH
	1,52	12-Nov-96	19,6	44,9	<0,08	NM	0,08	7,52	<0,04	14,5	<2	ND	ND	ND	ND	ND	<10
	2,13	12-Nov-96	19	43	<0,08	NM	0,09	6,2	<0,04	15,9	<2	ND	ND	ND	ND	ND	<10
	2,74	12-Nov-96	21,9	97,5	<0,08	NM	0,11	9,11	<0,04	15,9	<2	ND	ND	ND	ND	ND	<10
	3,35	12-Nov-96	40,2	70,7	<0,08	NM	0,14	9,96	<0,04	22,1	<2	ND	ND	ND	ND	ND	743
	3,96	12-Nov-96	32,7	93,7	<0,08	NM	0,035	10,5	<0,04	<1,6	<2	ND	ND	ND	ND	ND	483
	4,57	12-Nov-96	13,9	46	<0,08	NM	0,04	<0,6	<0,04	<1,6	<2	ND	ND	ND	ND	ND	<10
	6,10	12-Nov-96	<0,02	0,1045	<0,002	<0,05	<0,0001	<0,015	<0,001	<0,04	<0,05	ND	ND	ND	ND	ND	<10
	7,62	12-Nov-96	11,1	50,8	<0,08	NM	0,035	<0,6	<0,04	<1,6	<2	ND	ND	ND	ND	ND	<10
	0,15	12-Nov-96	19,2	35	<0,08	NM	0,083	8,34	<0,04	<1,6	<2	ND	ND	ND	ND	ND	135
L3	0,31	12-Nov-96	22	20,7	<0,08	NM	0,059	9,58	<0,04	<1,6	<2	ND	ND	ND	ND	ND	<10
	0,61	12-Nov-96	21	50	<0,08	NM	0,088	9,65	<0,04	<1,6	30,2	ND	ND	ND	ND	ND	<10
	0,91	12-Nov-96	17,3	111	<0,08	NM	0,3	7,98	<0,04	19,5	<2	ND	ND	ND	ND	ND	<10
	1,22	12-Nov-96	19,1	132	<0,08	NM	0,1	8,59	<0,04	17,2	<2	ND	ND	ND	ND	ND	81,2
	1,52	12-Nov-96	16,6	274	<0,08	NM	0,08	7,03	<0,04	11,3	<2	ND	ND	ND	ND	ND	86,2
	2,13	12-Nov-96	<0,02	0,43	<0,002	<0,05	<0,0001	<0,015	<0,001	<0,04	<0,05	ND	ND	ND	ND	ND	92,8
	2,74	12-Nov-96	17,1	275	<0,08	NM	0,08	7,81	<0,04	11,2	<2	ND	ND	ND	ND	ND	83
	3,35	12-Nov-96	32,7	91,6	<0,08	NM	0,1	10,2	<0,04	17,9	<2	ND	ND	ND	ND	ND	92
	3,96	12-Nov-96	19,2	116	<0,08	NM	0,21	8,24	<0,04	10,3	<2	ND	ND	ND	ND	ND	55,5
	4,57	12-Nov-96	17,3	1745	<0,08	NM	0,15	4,33	<0,04	7,9	<2	ND	ND	ND	ND	ND	221
	6,10	12-Nov-96	32,3	213	1,07	NM	0,12	<0,6	<0,04	8,9	<2	ND	ND	ND	ND	ND	450
	7,62	12-Nov-96	36,9	69,8	<0,08	NM	0,12	<0,6	<0,04	11,8	<2	ND	ND	ND	ND	ND	243
	0,15	12-Nov-96	59,1	13,7	2,77	NM	0,074	<0,6	<0,04	<1,6	<2	ND	ND	ND	ND	ND	1146
L4	0,31	12-Nov-96	55,3	7,01	<0,08	NM	0,132	<0,6	<0,04	<1,6	<2	ND	ND	ND	ND	ND	<10
	0,61	12-Nov-96	31,6	19,2	2,03	NM	0,108	<0,6	<0,04	54,1	<2	ND	ND	ND	ND	ND	<10
	0,91	12-Nov-96	<0,02	0,076	<0,002	<0,05	<0,0001	<0,015	<0,001	0,745	<0,05	ND	ND	ND	ND	ND	40,3
	1,22	12-Nov-96	42,8	74,1	<0,08	NM	0,146	<0,6	<0,04	99,8	<2	ND	ND	ND	ND	ND	<10
	1,52	12-Nov-96	30,5	69	<0,08	NM	0,078	<0,6	<0,04	71,1	30,2	ND	ND	ND	ND	ND	1532

TABLA 3.5
ANÁLISIS EN EL ÁREA DE PROCESO QUÍMICO ACTUAL (P)

Muestra	Profundidad [m]	Fecha de muestreo	Arsénico	Bario	Cadmio	Cromo	Mercurio	Níquel	Plata	Plomo	Selenio	Benceno	Etilbenceno	Tolueno	Xilenos Totales	Diclorobenceno	TPH
P1	0,15	15-Nov-96	< 0,8	63,2	< 0,08	NM	0,028	< 0,6	< 0,04	59	< 2	ND	ND	ND	0,2283	ND	14,8
	0,31	15-Nov-96	< 0,8	60,4	< 0,08	NM	0,028	< 0,6	< 0,04	62,4	< 2	ND	ND	ND	ND	0,2337	< 10
	0,61	15-Nov-96	< 0,8	42,9	< 0,08	NM	0,033	< 0,6	< 0,04	139	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	< 10
	0,91	15-Nov-96	< 0,8	46,4	< 0,08	NM	0,025	< 0,6	< 0,04	116	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	38,3
	1,22	15-Nov-96	63	44,1	1	NM	0,028	< 0,6	< 0,04	66,1	41	ND	ND	ND	0,2303	0,2329	122
P2	1,52	15-Nov-96	66,7	86,4	2,52	NM	0,054	5,4	< 0,04	73,3	42,9	ND	ND	ND	ND	ND	3219
	2,13	15-Nov-96	0,534	0,09	< 0,002	< 0,05	< 0,0001	< 0,015	< 0,001	< 0,04	< 0,05	ND	ND	ND	ND	ND	20460
	2,74	15-Nov-96	< 0,8	89,1	< 0,08	NM	0,033	12,4	< 0,04	132	32	ND	ND	ND	ND	ND	301
	3,35	15-Nov-96	36,7	120	< 0,08	NM	0,036	12,3	< 0,04	< 1,6	21	ND	ND	ND	ND	ND	48,5
	0,15	14-Nov-96	195	50,2	7,42	NM	0,069	< 0,6	< 0,04	171	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	235
P3	0,31	14-Nov-96	138	36,8	5,53	NM	0,035	< 0,6	< 0,04	111	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	250
	0,61	14-Nov-96	144	46,1	5,24	NM	0,033	< 0,6	< 0,04	15,9	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	209
	0,91	14-Nov-96	223	82,6	8,73	NM	0,057	10,7	< 0,04	< 1,6	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	175
	1,22	14-Nov-96	19	0,057	0,715	< 0,05	< 0,0001	< 0,015	< 0,001	< 0,04	< 0,05	ND	ND	ND	ND	ND	294
	1,37	14-Nov-96	209	69,4	7,8	NM	0,072	< 0,6	< 0,04	24	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	31,2
P4	1,52	14-Nov-96	208	39,7	7,63	NM	0,076	5,72	< 0,001	24,4	< 2	ND	ND	ND	ND	0,2267	< 10
	2,13	14-Nov-96	102	14,6	4,6	NM	0,081	< 0,6	< 0,04	42,2	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	13142
	2,29	14-Nov-96	225	30,6	9,27	NM	0,047	< 0,6	< 0,04	59,3	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	6405
	2,74	14-Nov-96	185	41,5	7,55	NM	0,033	4,28	< 0,04	31,9	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	821
	3,10	14-Nov-96	< 0,02	0,01	< 0,002	NM	< 0,0004	< 0,015	< 0,001	< 0,04	< 0,05	ND	ND	ND	ND	ND	NM
P5	3,35	14-Nov-96	80,9	13,9	3,85	NM	0,023	12,5	< 0,04	< 1,6	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	174
	3,96	14-Nov-96	71,7	50,6	< 0,08	NM	0,042	12,7	< 0,04	< 1,6	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	< 10
	4,57	14-Nov-96	222	40	8,12	NM	0,033	3,75	< 0,04	< 1,6	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	498
	0,15	14-Nov-96	230	48,3	8,47	NM	0,074	8,24	< 0,04	106	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	2781
	0,31	14-Nov-96	330	52,2	12,2	NM	0,069	< 0,06	< 0,04	68,9	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	279
P6	0,61	14-Nov-96	12,3	0,038	0,474	< 0,05	< 0,0001	0,091	< 0,001	< 0,04	< 0,05	ND	ND	ND	ND	ND	270
	0,91	14-Nov-96	214	33,1	6,86	NM	0,04	7,24	< 0,04	< 1,6	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	191

TABLA 3.5
ANÁLISIS EN EL ÁREA DE PROCESO QUÍMICO ACTUAL (P)

Muestra	Profundidad [m]	Fecha de muestreo	Arsénico	Bario	Cadmio	Cromo	Mercurio	Níquel	Plata	Plomo	Selenio	Benceno	Etilbenceno	Tolueno	Xilenos Totales	Diclorobenceno	TPH
	1,22	14-Nov-96	361	30,5	12,3	NM	0,035	10,1	< 0,04	< 1,6	< 2	ND	ND	ND	ND	0,2404	192
	1,52	14-Nov-96	323	40	10,9	NM	0,035	47,9	< 0,04	< 1,6	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	185
	2,13	14-Nov-96	639	46,2	19,8	NM	0,055	11,9	< 0,04	< 1,6	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	243
	2,74	14-Nov-96	738	45,4	24,7	NM	0,059	13,3	< 0,04	< 1,6	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	233
	3,35	14-Nov-96	656	27,9	23,6	NM	0,064	11	< 0,04	< 1,6	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	216
	3,96	14-Nov-96	263	69,2	9,17	NM	0,069	18,4	< 0,04	< 1,6	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	192
	4,57	14-Nov-96	377	49,6	13,3	NM	0,074	16,2	< 0,04	< 1,6	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	313
	0,15	14-Nov-96	169	88,2	7,27	NM	0,052	6,26	< 0,04	140	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	< 10
P4	0,31	14-Nov-96	174	72,4	7,49	NM	0,057	6,29	< 0,04	122	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	< 10
	0,61	14-Nov-96	1	0,039	< 0,002	< 0,05	< 0,0001	< 0,015	< 0,001	< 0,04	< 0,05	ND	ND	ND	ND	0,2094	< 10
	2,74	14-Nov-96	30,4	25,4	< 0,08	NM	0,023	12,1	< 0,04	< 1,6	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	13,5
	2,90	14-Nov-96	29,1	35	< 0,08	NM	0,033	12,9	< 0,04	< 1,6	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	18,5
	3,10	14-Nov-96	30	65,3	< 0,08	NM	0,023	6,4	< 0,04	< 1,6	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	9,04
	3,35	14-Nov-96	174	67,5	6,22	NM	0,028	< 0,6	< 0,04	48,1	< 2	ND	ND	0,2038	ND	ND	10896
	3,66	14-Nov-96	< 0,8	76,3	< 0,08	NM	0,004	< 0,6	< 0,04	< 1,6	< 2	ND	0,2178	ND	0,2803	ND	9407
	3,96	14-Nov-96	208	39,2	7,7	NM	0,052	< 0,6	< 0,04	71	< 2	ND	ND	ND	0,2115	ND	20866
	0,15	15-Nov-96	< 0,8	77,6	< 0,08	NM	0,02	10,4	< 0,04	< 1,6	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	373
P5	0,31	15-Nov-96	< 0,02	0,046	< 0,002	< 0,05	< 0,0001	< 0,015	< 0,001	< 0,04	< 0,05	ND	ND	ND	ND	ND	< 10
	0,61	15-Nov-96	< 0,8	88,1	< 0,08	NM	0,033	12,6	< 0,04	< 1,6	29,3	ND	ND	ND	ND	ND	115
	0,91	15-Nov-96	< 0,8	106	< 0,08	NM	0,015	11,9	< 0,04	34,4	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	52,6
	1,22	15-Nov-96	< 0,8	98,1	< 0,08	NM	0,018	13,5	< 0,04	< 1,6	36,7	ND	ND	ND	ND	ND	52,9
	1,52	15-Nov-96	< 0,8	49,8	< 0,08	NM	0,021	11,6	< 0,04	< 1,6	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	55
	2,13	15-Nov-96	< 0,8	64,6	< 0,08	NM	0,025	14,7	< 0,04	< 1,6	< 2	ND	ND	ND	0,2085	0,2309	12
	2,74	15-Nov-96	38	61,3	< 0,08	NM	0,035	8,66	< 0,04	< 1,6	34,5	ND	ND	ND	ND	ND	37,1
	3,10	15-Nov-96	53,1	51,7	1,75	NM	0,04	< 0,6	< 0,04	41,4	18,3	ND	ND	ND	ND	ND	11649
	3,35	15-Nov-96	34,6	14,9	< 0,08	NM	0,025	< 0,6	< 0,04	50,3	7,04	ND	ND	ND	ND	ND	650
HP1	0,15	15-Nov-96	< 0,02	0,04	< 0,002	< 0,05	< 0,0001	< 0,015	< 0,001	< 0,04	< 0,05	ND	ND	ND	ND	ND	130

TABLA 3.5
ANÁLISIS EN EL ÁREA DE PROCESO QUÍMICO ACTUAL (P)

Muestra	Profundidad [m]	Fecha de muestreo	Arsénico	Bario	Cadmio	Cromo	Mercurio	Níquel	Plata	Plomo	Selenio	Benceno	Etilbenceno	Tolueno	Xilenos Totales	Diclorobenceno	TPH
HP2	0,15	14-Nov-96	< 0,02	0,045	< 0,002	< 0,05	< 0,0001	0,054	< 0,001	< 0,04	< 0,05	ND	ND	ND	ND	ND	47
HP4	0,15	15-Nov-96	13	0,052	0,489	< 0,05	< 0,0001	< 0,015	< 0,001	< 0,04	< 0,05	ND	ND	ND	ND	ND	206
HP5	0,15	15-Nov-96	33,7	0,034	1,22	< 0,05	< 0,0001	< 0,015	< 0,001	< 0,04	< 0,05	0,2093	ND	ND	ND	0,5924	577
HP6	0,15	15-Nov-96	< 0,02	0,051	< 0,002	< 0,05	< 0,0001	< 0,015	< 0,001	< 0,04	< 0,05	ND	ND	ND	ND	ND	2388
HP7	0,15	15-Nov-96	< 0,02	0,065	< 0,002	< 0,05	< 0,0001	< 0,015	< 0,001	< 0,04	< 0,05	ND	ND	ND	ND	0,297	2314

TABLA 3.6
ANÁLISIS EN EL ÁREA DE PROCESOS QUÍMICOS ANTIGUA (O)

Muestra	Profundidad [m]	Fecha de muestreo	Arsénico	Bario	Cadmio	Cromo	Mercurio	Níquel	Plata	Plomo	Selenio	Benceno	Etilbenceno	Tolueno	Xilenos Totales	Diclorobenceno	TPH
O1	1,52	14-Nov-96	< 0,8	21	< 0,08	NM	< 0,004	< 0,6	< 0,04	116	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	< 10
	3,10	14-Nov-96	< 0,02	0,06	< 0,002	< 0,05	< 0,0001	< 0,015	< 0,001	< 0,04	< 0,05	ND	ND	ND	ND	ND	< 10
	3,20	14-Nov-96	< 0,8	41,9	< 0,08	NM	0,057	8,23	< 0,04	39,2	< 2	ND	ND	ND	0,2427	ND	< 10
	4,57	14-Nov-96	< 0,8	35	< 0,08	NM	0,037	6,93	< 0,04	20,1	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	< 10
HO1	6,10	14-Nov-96	< 0,8	87,4	< 0,08	< 0,05	0,042	5,96	< 0,04	< 1,6	< 2	ND	ND	ND	ND	0,2396	< 10
	0,15	14-Nov-96	77,9	66,9	2,88	NM	0,033	12	< 0,04	100	< 2	ND	ND	ND	ND	0,2346	< 10
HO2	0,15	14-Nov-96	< 0,02	69,2	< 0,08	NM	0,042	9,7	< 0,04	149	< 2	ND	ND	ND	ND	0,3302	< 10

TABLA 3.7
ANÁLISIS EN EL PERÍMETRO DE LA PROPIEDAD (B)

Muestra	Profundidad [m]	Fecha de muestreo	Arsénico	Bario	Cadmio	Cromo	Mercurio	Níquel	Plata	Plomo	Selenio	Benceno	Etilbenceno	Tolueno	Xilenos Totales	Diclorobenceno	TPH
B1	0,15	15-Nov-96	< 0,02	0,061	< 0,002	< 0,05	< 0,0001	< 0,015	< 0,001	< 0,04	< 0,05	ND	ND	ND	0,2369	ND	45
	0,31	15-Nov-96	< 0,8	69,5	< 0,08	NM	0,015	9,52	< 0,04	< 1,6	27	ND	ND	ND	ND	ND	113
	0,15	13-Nov-96	< 0,8	67,5	< 0,08	NM	0,04	6,23	< 0,04	38,6	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	7,78
B2	0,31	13-Nov-96	< 0,02	0,067	< 0,002	< 0,05	< 0,0001	< 0,015	< 0,001	< 0,04	< 0,05	ND	ND	ND	ND	ND	< 10
	1,52	13-Nov-96	< 0,8	57,7	0,845	NM	0,069	6,67	< 0,04	< 1,6	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	23
	3,10	13-Nov-96	< 0,8	70,8	1,05	NM	0,055	< 0,6	< 0,04	< 1,6	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	288
B3	4,57	13-Nov-96	< 0,8	39,1	< 0,8	NM	0,035	< 0,6	< 0,04	< 1,6	< 2	ND	ND	ND	ND	0,3703	282
	6,10	13-Nov-96	< 0,8	58,6	1,23	NM	0,035	6,53	< 0,04	< 1,6	< 2	ND	ND	ND	ND	0,3026	161
	0,15	13-Nov-96	< 0,02	0,115	< 0,002	< 0,05	< 0,0001	< 0,015	< 0,001	< 0,04	< 0,05	ND	ND	ND	ND	0,5699	101
B4	0,31	13-Nov-96	< 0,8	57	0,601	NM	0,04	5,7	< 0,04	< 1,6	< 2	ND	ND	ND	ND	0,2782	100
	1,52	13-Nov-96	< 0,8	68,4	0,883	NM	0,035	7,62	< 0,04	< 1,6	< 2	ND	ND	ND	ND	0,3529	174
	3,10	13-Nov-96	< 0,8	24,5	0,835	NM	0,04	11,1	< 0,04	< 1,6	< 2	ND	ND	ND	ND	0,4186	105
B4	4,57	13-Nov-96	< 0,8	66	1,05	NM	0,055	9,56	< 0,04	< 1,6	< 2	ND	ND	ND	ND	0,3482	87,1
	6,10	13-Nov-96	< 0,8	28,2	< 0,08	NM	0,045	< 0,6	< 0,04	< 1,6	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	131
	0,15	13-Nov-96	15,7	67,6	< 0,08	NM	0,074	7,49	< 0,04	< 1,6	15,7	ND	ND	ND	ND	ND	20,9
B4	0,31	13-Nov-96	11,4	58,8	< 0,08	NM	0,059	5,34	< 0,04	< 1,6	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	< 10
	1,52	13-Nov-96	< 0,02	0,397	< 0,002	< 0,05	< 0,0001	< 0,015	< 0,001	< 0,04	< 0,05	ND	ND	ND	ND	ND	< 10
	3,10	13-Nov-96	< 0,8	26,6	< 0,08	NM	0,059	8,16	< 0,04	< 1,6	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	< 10
B4	4,57	13-Nov-96	< 0,8	95,9	< 0,08	NM	0,035	6,55	< 0,04	< 1,6	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	< 10
	6,10	13-Nov-96	< 0,08	35,8	0,73	NM	0,025	< 0,6	< 0,04	< 1,6	< 2	ND	ND	ND	ND	ND	37

TABLA 4.1
CONTROL DE MUESTRAS

Punto de Muestreo	Nombre	Ubicación	Profundidad Pies	Muestra	Fecha Muestreo	Fecha Resultados		Resultados					
						02/11/00	02/18/00	TPH Metales	PCBSVOC	VOC	pH	CN	Sólidos
R1	R1	Cárcamo de tratamiento de residuos	14-16 FT.	014	02/11/00	02/18/00	X	X	X	X			
D1	D1	Tanques de diesel	18-20 FT	011	02/11/00	02/18/00	X	X	X	X			
D2	D2	6 m aguas abajo del sondeo BH-1	9-11 FT	022	02/15/00	02/18/00	X	X	X	X			
S1	S1	Entre los dos tanques sépticos	14-16 FT.	006	02/09/00	02/15/00	X	X	X	X	X	X	X
S2	S2	Antiguo tanque séptico	8-10 FT	002	02/09/00	02/15/00	X	X	X	X	X	X	X
Para las tres muestras compuestas AN1, AN2, AN3, AN4 y AN5	M1	Superficie montículo de anhidrita-muestra compuesta	2 FT	016	02/11/00	02/18/00	X	X	X				
	M2	Muestra compuesta debajo de la interfase	3-5 FT	018	02/15/00	02/18/00	X	X	X	X	X	X	X
	M3	Muestra compuesta en la interfase	+/- 1 FT.	017	02/11/00	02/18/00	X	X	X	X	X	X	X
I1	I1	Entre la planta y el montículo de anhidrita	38-40 FT	008	02/11/00	02/18/00	X	X	X	X	X	X	X
E1	E1	Superficie terreno adyacente al este - muestra compuesta	0-1 FT	019	02/15/00	02/18/00	X		X				X
E2	E2	Terreno con excavación - muestra compuesta	0-1 FT	020	02/15/00	02/18/00	X		X				X