
Remediación de suelos contaminados con hidrocarburos.

Dr. Ignacio Daniel Coria

Ref.
Ingeniería y Gerenciamiento ambiental
UAIS-IGA-600-001

Agosto 2007

Abstract

Las actividades del hombre dan origen con frecuencia a consecuencias ambientales especialmente observables en el suelo, por ser éste el primer punto de contacto de una fuga accidental de sustancias líquidas o sólidas que pueden ser tóxicas. Si bien el suelo no es un medio importante en la dispersión de contaminantes, en combinación con el agua y en menor medida con el aire se transforma en un agente dispersante de la contaminación presente.

Se ha desarrollado en los últimos años una rama de la ingeniería llamada “Ingeniería de la Remediación” surgida de la necesidad de desarrollar técnicas y tecnologías para la recuperación ambiental de sitios degradados por la actividad humana.

Se ha desarrollado en los últimos años una rama de la ingeniería llamada “Ingeniería de la Remediación” surgida de la necesidad de desarrollar técnicas y tecnologías para la recuperación ambiental de sitios degradados por la actividad humana.

El conjunto de tecnologías de remediación se limitó en un principio a unas pocas utilizadas en todos los casos prescindiendo de las condiciones físicas, químicas y biológicas del medio. Actualmente ésta disciplina sigue en constante evolución a la luz de normativas ambientales, esfuerzos de investigación, actividades de las ONG’s vinculadas, organismos gubernamentales, etc.

La formación del suelo se origina en la interacción del “material madre” (roca madre o depósitos de materiales transportados por gravedad, viento, agua o hielo) con el clima, topografía, organismos y tiempo. Es la influencia conjunta de estos factores lo que determina las propiedades específicas del suelo y la aparición de tipos particulares de los mismos. Las fases sólidas (mineral y orgánica) constituyen alrededor del 50% del volumen de los suelos, mientras que el agua y el aire ocluidos constituyen el otro 50 %.

Las principales propiedades físico-químicas del suelo son: la porosidad, temperatura, acidez, redox, coloides, interacciones superficiales, la capacidad de intercambio iónico, textura, estructura, etc, propiedades a tener en cuenta a la hora de planificar la ejecución de una remediación de suelos contaminados.

Las actividades del hombre dan origen con frecuencia a consecuencias ambientales especialmente observables en el suelo, por ser éste el primer punto de contacto de una fuga accidental de sustancias líquidas o sólidas que pueden ser tóxicas. Si bien el suelo no es un medio importante en la dispersión de contaminantes, en combinación con el agua y en menor medida con el aire se transforma en un agente dispersante de la contaminación presente.

La contaminación accidental mas frecuente de suelos en **nuestro país** se verifica con hidrocarburos provenientes de instalaciones fijas como destilerías de petróleo, tanques subterráneos de estaciones de servicio, etc, o producidos por siniestros en rutas con derrame de derivados del petróleo.

En materia legal, la **ley de residuos tóxicos y peligrosos N° 24.051 en su decreto reglamentario N° 831/93**, establece valores guía de calidad de suelos para diferentes tipo de uso, los parámetros indicados son insuficientes por lo que se utilizan en la práctica diferentes legislaciones extranjeras. Otro problema legal es que la ley N° 24.051 no posee carácter de presupuestos mínimos con lo que su aceptación depende de cada estado provincial.

Las técnicas mas recientes de evaluación de suelos contaminados se fundamentan en la metodología de análisis de riesgo, **ASTM E1739/95** basada en el riesgo que presentan a la salud humana y al medio ambiente la sumatoria de riesgos individuales que presentan los agentes químicos presentes en el sitio. Una primera evaluación se basa en la comparación de los valores de contaminantes individuales hallados en suelo contra los valores de referencia, que son muy conservadores.

Remediación de suelos contaminados con hidrocarburos

El tratamiento y recuperación de suelos contaminados se puede definir como el conjunto de operaciones realizadas con el objetivo de controlar, disminuir o eliminar los contaminantes presentes.

Técnicas de Remediación in situ y ex situ.

Las técnicas in situ son de menor costo, de bajo impacto ambiental inducido pero existen muchas dudas sobre los resultados finales. Las técnicas ex situ se destacan por su efectividad, dado que el suelo contaminado es físicamente eliminado y el suelo nuevo que se incorpora se homogeniza con el anterior no contaminado, pudiendo controlarse mejor el proceso. El sistema se opera prescindiendo de los factores externos como el clima. Estas técnicas tienen el problema del alto costo.

Sistemas de tratamiento

Los sistemas de tratamiento se pueden dividir en: **No recuperación, Aislamiento de la contaminación y Recuperación.**

En el **primer caso** debe modificarse la asignación del suelo y delimitarse perfectamente el espacio afectado, además de efectuarse monitoreos que aseguren la imposibilidad de afectaciones a terceros.

El **aislamiento** consiste en establecer medidas correctas de seguridad que impida la progresión de la contaminación y mitigando los efectos adversos relacionados con la dispersión de sustancias contaminantes. El aislamiento puede utilizarse para evitar la creación de lixiviados o la infiltración en napas freáticas.

Las medidas de **recuperación** se dividen en tratamiento in situ, que implica la eliminación de contaminantes sin sacar el terreno, y ex situ donde el material a tratar se lleva a un espacio confinado o se trata en instalaciones adecuadas.

Elección de la mejor alternativa

La selección de la mejor tecnología de remediación debe surgir como consecuencia de estudios ambientales y de una valoración de los costos del proyecto. Los estudios ambientales se dividen en **estudios Fase I (Norma ASTM E1527-00) y de Fase II (Norma ASTM E1903-97).**

Los estudios de Fase I constituyen un registro histórico que no implica muestreos del lugar. Los estudios Fase II derivan en la instalación de pozos freatómetros para la evaluación del estado ambiental del subsuelo, donde se puede analizar la dispersión de los contaminantes en el área y en sentido vertical.

La construcción de al menos tres pozos **monitores** nivelados permite describir la dirección de escurrimiento freático y los **freatómetros** instalados permiten el muestreo del acuífero. Si los estudios realizados revelan la necesidad de tomar acciones correctivas, se realizan ensayos hidráulicos que permitan conocer mejor el subsuelo en general a efectos de seleccionar la mejor tecnología y adecuarla al lugar a remediar. Los resultados de análisis y las consideraciones para la instalación de un determinado sistema se vuelcan en lo que se conoce como RAP (Remedial Action Plan) y se eleva a la autoridad ambiental competente para su aprobación. No se podrá comenzar efectivamente la remediación hasta tener la aprobación de la propuesta.

Técnicas para la remediación de suelos

Bioventilación (In-situ): Se basa en la extracción de vapores del suelo mediante una diferencia de presión generada por el bombeo de aire desde el exterior. Se aplica en suelos no saturados contaminados con hidrocarburos. Los gases generados deben ser tratados, normalmente haciéndolos pasar por filtros que contengan sustancias retenedoras adecuadas para cada gas como, por ejemplo, carbón activado. Es una técnica de bajo costo y mínimo impacto. No tiene

aplicación para la recuperación de Fase Líquida No Acuosa (FLNA), situación que se verifica cuando el hidrocarburo llegó por percolación a impactar la napa.

Extracción de vapores del suelo(In-situ): Los compuestos volátiles se remueven en fase vapor del suelo mediante la obtención de un gradiente de presión/concentraciones por aplicación de vacío realizado a través de pozos de extracción. Se aplica para VOC's y algunos combustibles volátiles pero no es adecuado para aceites, hidrocarburos pesados y PCBs. No es efectivo en suelos saturados y alto contenido de finos. Es una tecnología disponible comercialmente que funciona bien en condiciones de suelo de permeabilidad alta. Los gases extraídos requieren tratamiento y los líquidos residuales tratamiento y disposición final. La eficiencia de remoción de algunos VOCs se limita en suelos muy secos y alto contenido orgánico.

Incineración (Ex -situ): Se somete el suelo contaminado con hidrocarburos a altas temperaturas(1200 °C) para que los contaminantes se evaporen y se quemen luego en condiciones controladas. Se requiere la depuración de gases . La disposición final de los suelos contaminados puede hacerse en hornos de cemento por la técnica denominada valorización de residuos lo que permite una eliminación segura de pasivos ambientales.

Técnicas de remediación de aguas subterráneas

Air Sparging: Remoción de contaminantes por volatilización debida a la inyección de aire. Se lo utiliza para VOCs y combustibles. Funciona mejor en suelos de permeabilidad media a alta. No recupera FLNA y lo heterogéneo del suelo puede dejar zonas sin tratamiento adecuado. Se pueden generar vapores potencialmente peligrosos.

Skimming: Separación selectiva de derivados del petróleo sobrenadantes en agua mediante la utilización de membranas específicas. Apta especialmente para hidrocarburos en FLNA sobrenadante en agua subterránea. Pueden ser pasivos los que requieren el vaciado periódico o activos que disponen de un accionamiento para su vaciado continuo. Es una tecnología aplicable a espesores reducidos y presenta tiempos prolongados de remediación.

Bioslurping: Se combinan dos técnicas la bioventilación y la recuperación de FLNA por vacío. Consiste en la aplicación de alto vacío, del orden de 20" Hg, a través de lanzas que interceptan los niveles de interfase de producto sobrenadante. Es muy efectivo para la reducción de FLNA y remediación de la zona de aireación. Dado que el combustible, agua y aire se remueven en una sola corriente se pueden mezclar las fases y formar emulsiones que requieren separadores especiales de agua/hidrocarburo.

Remediación de suelo contaminado con hidrocarburo en Autopista Buenos Aires-Rosario, altura San Nicolás

El día 2 de diciembre de 2004, en Ruta 9, Km. 228,7 (a la altura San Nicolás, Provincia de Buenos Aires, en un lugar sin viviendas cercanas) se produjo el derrame de solvente producto del vuelco de un camión cisterna que se desplazaba en dirección Buenos Aires-Rosario. En la atención de la emergencia, se midieron los gases producidos para definir la habilitación de la autopista y se demarcó el sitio con cinta de seguridad. Al día siguiente se procedió al traslado del

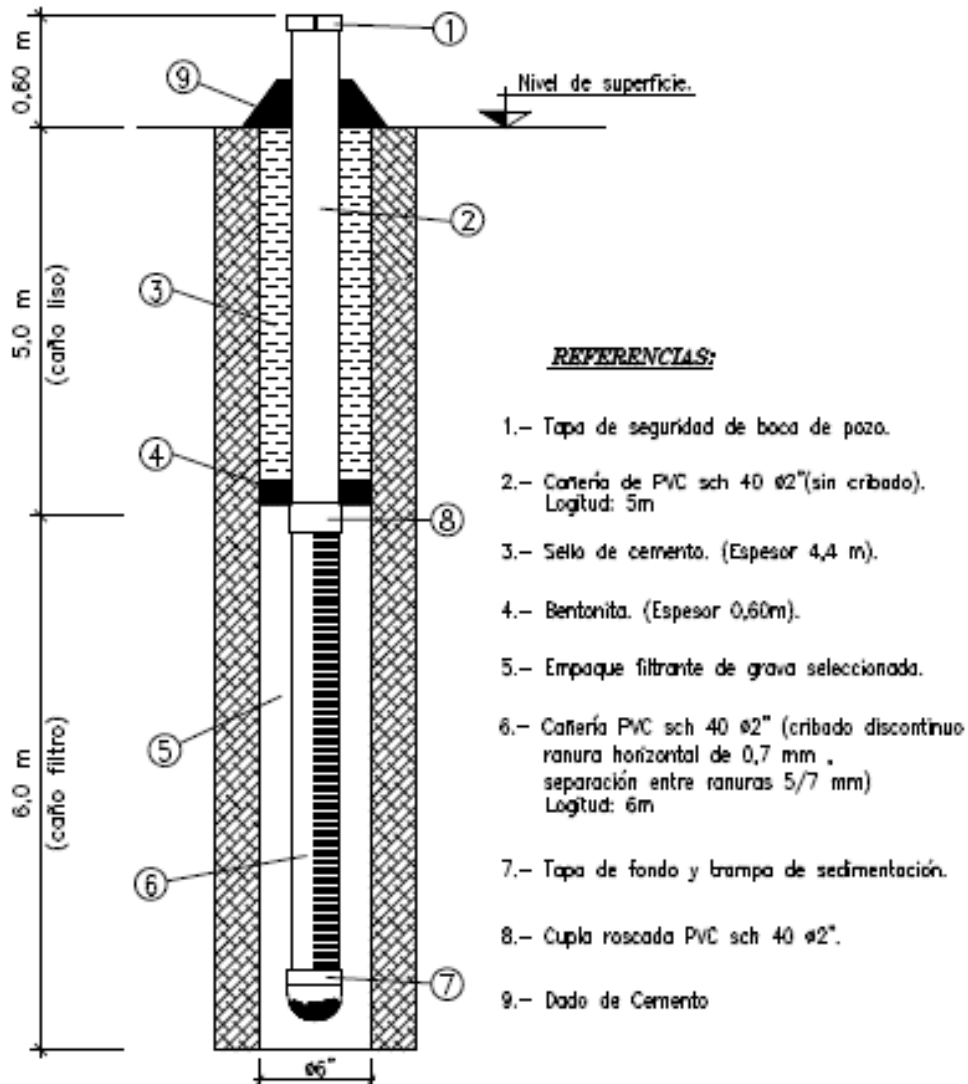
suelo más afectado, a fin de minimizar las consecuencias ambientales negativas, y para su tratamiento de acuerdo con la legislación vigente en la Provincia de Buenos Aires. Para cubrir el pozo generado por la remoción de tierra, se obtuvo tosca con la cual se realizó un terraplén de seguridad y se relleno parcialmente la parte del pozo más cercana a la ruta. Las tareas que se detallan a continuación estuvieron dedicadas al diagnóstico del impacto ambiental producido por el derrame: se realizó un muestreo de suelo, se realizaron pozos de sondeo, se determinó la cantidad de suelo contaminado mediante sonda para muestreo de vapores orgánicos, se realizó un muestreo de agua freática y se construyeron freatómetros para verificación de impacto en aguas subterráneas. Los análisis de laboratorio verificaron la presencia de hidrocarburos en las muestras de suelo, y también en la napa freática, aunque se logró rápidamente detener la extensión de la pluma contaminante. Luego se procedió a la recomposición topográfica del sitio.

Luego de los estudios realizados, la metodología que se utilizó para proceder a la remediación del suelo contaminado fue una combinación de dos técnicas: Extracción por Alto Vacío (EAV) o Bioslurping y Extracción de Vapores del Suelo (SVE). El concepto principal en que se basa la técnica de EAV es la reducción de la Fase Líquida No Acuosa (FLNA). El sistema de bioslurping permite la recolección de FLNA de la superficie freática, así como volúmenes relativamente bajos de agua y vapores/gases del suelo, en la misma corriente de tratamiento, utilizando un mecanismo de elevación de aire creado por una bomba de vacío ubicada en superficie. El agua freática es posteriormente separada de los hidrocarburos para su tratamiento y disposición. El hidrocarburo separado es a su vez recuperado en forma independiente para su reciclado o disposición. El sistema de bioslurping actúa mediante la generación de vacío para crear un gradiente de presiones negativas necesario para forzar el movimiento de la FLNA hacia el pozo de extracción. La acción de “slurping” (succión por sorbeteo) del sistema alterna entre la recuperación de líquidos (producto de fase libre o agua subterránea) y los gases del suelo. Las tasas de remoción de gases dependen de las tasas de recuperación de fluidos que presentan los pozos de extracción. La técnica de SVE, a su vez, promueve la biodegradación in situ de compuestos orgánicos y tiene la ventaja de que, al ser comercialmente difundida, el equipamiento necesario para aplicarla está disponible en el mercado.

A comienzos del 2005, el equipamiento para la remediación se encontraba ya totalmente listo y probado. La Secretaría de Política Ambiental de la Provincia de Buenos Aires autorizó la metodología de remediación propuesta, aunque las tareas de remediación se vieron demoradas por factores climáticos. En noviembre de 2005, poco menos de un año después del derrame, la remediación estaba concluida. Se realizaron varios muestreos para detectar la presencia de solvente en suelo y agua freática que dieron resultado negativo. A posteriori, la Secretaría de Política Ambiental extendió el certificado final de remediación.

Se adjunta a continuación un diagrama del freatómetro realizado y una fotografía que muestra una etapa de las tareas realizadas.

Freatímetro





Nota: los métodos descritos son aquellos que han demostrado eficiencia de acuerdo a la experiencia en tareas de campo de quien suscribe.