

PROYECTO DE DESCONTAMINACIÓN DE UN EMPLAZAMIENTO CONTAMINADO POR HIDROCARBUROS (ACTUALMENTE EN CURSO)

BARREALES FRESNO, Luis A. y DAMANTI, John F.

URS (anteriormente Dames & Moore), General Ramírez de Madrid 8, 6º, Madrid (España)

Tel.: +34 91 425 25 50. E-mail: luis_barreales@urscorp.com

RESUMEN

El subsuelo de una Instalación activa de Almacenamiento de Hidrocarburos (principalmente gasóleo, aceites minerales y fuel-oil), situada en un puerto marítimo comercial, se ha visto afectado por pérdidas, derrames y vertidos durante más de 60 años.

Una vez recopilada la información necesaria, se propuso la descontaminación de la Instalación en dos fases diferentes. Para la consecución de la primera fase, se seleccionaron los sistemas de extracción mediante Skimmers y Alto Vacío como los más idóneos para conseguir los objetivos propuestos. Una vez finalizada esta etapa inicial, actualmente en curso, se procederá a evaluar el estado del subsuelo de la Instalación y a proponer la siguiente etapa del proyecto, que permita la descontaminación total del mismo.

El subsuelo del emplazamiento ha sido ganado al mar, estando compuesto por rellenos heterogéneos de material volcánico. El nivel freático oscila entre 2 y 4,5 metros (m) bajo la superficie, ya que el acuífero está afectado por el movimiento de las mareas, en un rango de oscilaciones de la amplitud de onda entre 0,3 y 1,6 m, y con un desfase o retraso de marea respecto al puerto de hasta 3,5 horas.

Los hidrocarburos detectados se encontraban en forma de producto en fase libre en casi la totalidad del subsuelo del emplazamiento, con un rango de espesores entre 0,001 y 0,850 m. Su diferentes características físico-químicas, especialmente densidad, viscosidad y potencial de recuperación, han incidido de manera fundamental en los sistemas de remediación finalmente seleccionados.

Habiendo completado el 65 % del tiempo de actuación, las labores de remediación completadas hasta la fecha han permitido reducir el espesor aparente hasta valores por debajo del objetivo en un 80 % de la superficie sobre la que se ha actuado.

PALABRAS CLAVE: Hidrocarburos, relleno, marea, producto libre, viscosidad, fondos de tanque.

OBJETIVOS

Dadas las características del acuífero y de los hidrocarburos detectados, se propuso el objetivo de reducir el espesor aparente de producto en fase libre a menos de un centímetro, en las zonas con más de 10 centímetros, durante un año efectivo de remediación. La medición de espesores se realizará 3 meses después de la parada definitiva de los sistemas de remediación.

La etapa final consistirá en la descontaminación total del acuífero costero afectado, una vez evaluado el estado del mismo tras la consecución de la primera etapa del proyecto.

SITUACIÓN INICIAL

De cara a actualizar la configuración de los espesores aparentes de producto libre en los el subsuelo de la Instalación, se realizó una campaña de mediciones completa, ya que la última se había realizado unos 2 años antes. Los resultados obtenidos permitieron reconocer lo siguiente:

- Distribución de hidrocarburos en distintos penachos con configuración similar a la anterior.
- Existen piezómetros con producto entrampado (falso espesor aparente).
- Aparecen 2 tipos básicos de producto, con un rango de producto intermedio entre ambos extremos:
 - Fluido. Zona central y cargaderos de cisternas, correspondiente principalmente a pérdidas en tuberías y durante operaciones de carga y descarga.
 - Viscoso. Zona periféricas (cubetos), correspondiente principalmente a Fondos de Tanque.
- Transmisividades bajas, dentro de un rango variable entre 28 y 1,8 m²/día.
- En todos los casos, el producto desaparece total o parcialmente durante la pleamar y aparece durante la bajamar.
- Aparece un hidrocarburo muy viscoso (tipo alquitrán), no detectado en anteriores investigaciones.
- El espesor de producto en los 58 piezómetros existentes se situaba entre 0 y 90 cm.
- La amplitud de la onda de marea oscilaba entre los 1,6 m en la zona sur (próxima a la costa) y los 0,3 m en la zona norte.
- Existe un desfase de la onda de marea, respecto a la referencia en el puerto, de 0 horas en la zona sur y 3,5 h en la zona norte.

DESARROLLO DE LA ETAPA DE EXTRACCIÓN DE PRODUCTO LIBRE

La configuración de los mapas de espesores aparentes de producto sobrenadante permitió la selección de las zonas más afectadas por la aparición del mismo como zonas más idóneas para la realización de ensayos piloto.

Estos ensayos consistieron en la aplicación de 3 técnicas de extracción de producto:

- Extracción de producto mediante skimmers
- Extracción de producto mediante skimmers y Bajo Vacío
- “Bio-Slurping ” (Alto Vacío)

1. Sistema de Extracción mediante Skimmers

Un “Skimmer” es un sistema de recogida de líquidos sobrenadantes en agua, que presenta una boya calibrada según la densidad de estos líquidos. En los skimmers utilizados en este proyecto, de tipo “activo”, la boya calibrada está conectada a una bomba neumática que impulsa el producto hacia un punto de almacenamiento en superficie (Foto 1).



Foto 1. Detalle de Skimmer activo.

2. Sistema de Extracción mediante Alto Vacío

Un sistema de Alto Vacío (Foto 2) es capaz de aplicar un vacío entre 0 y -1 bares, siendo el caudal obtenido muy variable en función de la capacidad de la bomba.

Este equipo puede actuar sobre varios puntos de extracción a la vez, cuyo número dependerá igualmente de la capacidad de la bomba, mediante la unión a una cabeza de pozo hermética (Foto 3) de la que sale la varilla de succión o “Slurper”. Adicionalmente, este sistema permite la extracción únicamente del aire contenido en los poros de la zona no saturada y



Foto 2. Equipo de Alto Vacío (“Bio-Slurping”).

fuerza una ventilación efectiva de la misma, provocando la entrada de aire del exterior y favoreciendo la volatilización y degradación de los hidrocarburos existentes (Bio-Slurping).

3. Resultados de los Ensayos Piloto

Los ensayos piloto se realizaron en 3 piezómetros seleccionados por la existencia de diferentes tipos de producto en cuanto a su viscosidad. Los resultados fueron los siguientes:

- Recuperación de producto con *skimmers*
 - En zona de producto fluido (tipo Diesel degradado = 1,8 cPoisies): hasta 36 litros/h de producto recuperado durante las dos horas en torno a la bajamar. Este sistema presenta funcionamiento continuo (24 h/día) pero efectivo durante unas 18 h/día (tiempo en el que existe producto en los pozos).
 - Producto viscoso (tipo Fuel Oil = 130 cPoisies): Sistema no operativo.
 - Producto intermedio entre ambos. de 15 a 30 l/h de producto recuperado. Funcionamiento continuo pero efectivo durante unas 18 h/día.
- Recuperación de producto con *skimmers* y *bajo vacío*. Se obtuvo la misma eficacia que el anterior, por lo que se desestimó por cuestiones económicas.
- Recuperación de producto mediante *Alto Vacío (Bio-Slurping)*
 - Producto Fluido. Presenta un rango de extracción similar a *skimmers*, por lo que se desestima por cuestiones económicas y logísticas.
 - Producto Viscoso. Presenta un rango de extracción de producto de 5 a 25 l. por cada bajamar. Este sistema presenta funcionamiento discontinuo (4 h. Durante cada bajamar como máximo, equivalentes a 8 h /día).
 - Producto Intermedio entre los anteriores. Presenta un rango de extracción similar a *skimmers*, por lo que se desestima por cuestiones económicas y logísticas.



Foto 3. Detalle de la cabeza de pozo y "Slurper" para Alto Vacío.

4. Características de los equipos instalados

Con los datos obtenidos mediante los ensayos piloto y la información recopilada del acuífero, se seleccionaron, como los equipos de remediación más idóneos, los *skimmers* para la extracción de producto fluido y el sistema de Alto Vacío para la extracción de producto viscoso.

Dado que el sistema de Alto Vacío es capaz de bombear agua y producto en fase libre a la vez, existía el riesgo de movilizar el producto de unas zonas a otras si éste era demasiado fluido, motivo que influyó decisivamente también a la hora de seleccionar este método como idóneo para la extracción de producto viscoso.

Se utilizaron finalmente 16 Skimmers activos de 2" y 3 equipos de Alto Vacío.

Los skimmers se utilizaron en cuatro zonas definidas de producto fluido. En las zonas con fluctuaciones del nivel freático superiores a 1 metro, fue necesaria la adquisición de skimmers especiales con movimiento de boya receptora de producto de 1,5 metros de recorrido, lo que permitió el funcionamiento de los mismos durante 24 horas diarias.



Figura 1. Detalle de la Instalación.

La capacidad media de los equipos de Alto Vacío era de 200 m³/h a -0,7 bares de vacío, conectados a unos 8 pozos cada uno. Dado que existían importantes oscilaciones mareales del nivel freático, el "slurper" o tubo de aspiración de los equipos de Alto Vacío, se instaló en cada piezómetro unos 10 cm. sobre la interfase aire-producto en bajamar, ya que es el momento de mayor cantidad de producto en los piezómetros.

Dado que el proyecto se ha desarrollado en una Instalación de Almacenamiento activa (Figura 1), se hizo necesaria la definición de un plan de actuaciones encaminadas a la consecución del proyecto sin influir en la actividad de la misma. Este plan se completó con la instalación de 23 nuevos piezómetros para la extracción mediante skimmers y 34 para la extracción mediante Alto Vacío.

RESULTADOS OBTENIDOS

Para una mejor visualización, se ha representado como Figura 2 la evolución de los espesores aparentes de producto libre frente al tiempo.

El área afectada por la aparición de producto en fase libre ha ido reduciéndose progresivamente hasta un 20 % del inicial en las zonas de actuación y hasta un 72 % en el total del área afectada por la aparición de producto en fase libre a los 8 meses del proyecto, siendo el período de extracción de 12 meses hábiles.

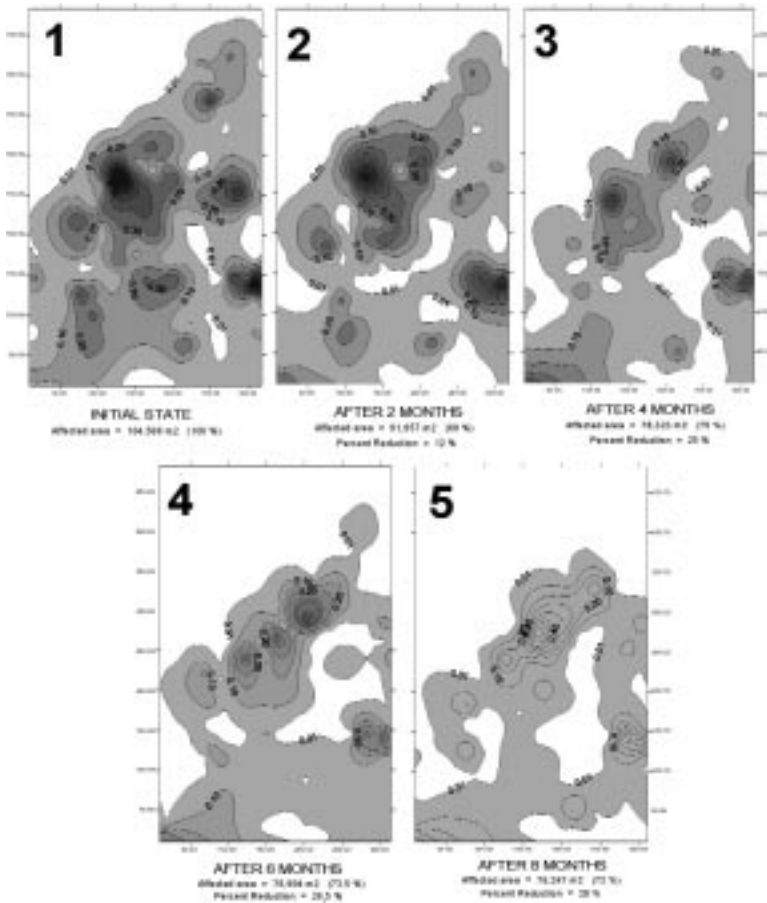


Figura 2. Evolución de los espesores aparentes de producto en fase libre en la Instalación, durante los 8 primeros meses de extracción.

La reducción del área afectada se ha representado como Gráfico 1. Tal y como se refleja en el gráfico, la reducción de los espesores superiores a 10 cm se ha hecho con gran rapidez, debido a que en primer lugar se extrae el producto contenido en los piezómetros y el que se encuentra en los alrededores de cada uno de ellos. Tras esta primera fase de extracción, el bombeo consigue atraer producto de los alrededores, lo que permite extraer aún grandes cantidades de producto y reducir la zona afectada por el mismo.

Sin embargo, al irse reduciendo progresivamente el producto alrededor de los pozos es más lenta la reducción definitiva hasta eliminarlo por completo, ya que la cantidad es menor y a los pozos le llega con más lentitud y de forma residual.

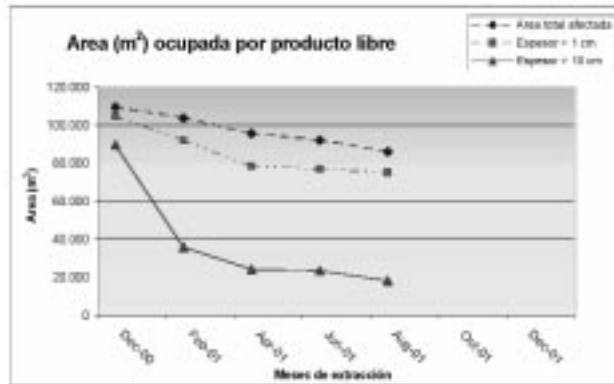


Gráfico 1. Evolución del área afectada por la aparición de producto en fase libre.

Se prevé que la evolución del área afectada por producto representada en el Gráfico 1 presente una tendencia más acusada hacia el descenso con la variación de los equipos de extracción hacia zonas donde aún no se ha actuado. La tendencia se hará más horizontal cuanto más cercana esté la finalización del proyecto.

También es previsible que al final del proyecto existan zonas amplias con espesores aparentes entre 0,1 y 1 cm.

CONCLUSIONES

Los sistemas de extracción mediante Skimmers y Alto Vacío han dado buenos resultados en cuanto a la extracción de hidrocarburos sobrenadantes específicos.

El sistema de Alto Vacío ha demostrado ser válido a su vez para la extracción de producto fluido y de hidrocarburos en fase volátil o degradados.

BIBLIOGRAFÍA

"Technology Profile: Vacuum-mediated LNAPL Free Product Recovery/Bioremediation (Bioslurper)", Air Force Center for Environmental Excellence, Issue 1 (March, 1994).