

Curso de Introducción a la Respuesta de Derrames Accidentales de Petróleo y Ejercicios de Aplicación

IAPG-Colección



06A-62B.16 D44B 1996 0011241

Disposición final de residuos

INSTITUTO ARGENTINO DEL PETRÓLEO	
BIBLIOTECA	
INVENTARIO	11241
MATERIA	
UBICACIÓN	Est. COAGRESOS

Disposición Final de Residuos

*Ing. J. Marini
(IAPG)*

*Buenos Aires
26 al 29 de Noviembre de 1996*





DISPOSICIÓN DE RESIDUOS

Introducción

Como introducción vamos a definir el alcance de esta presentación, estableciendo qué entendemos por residuos en el particular caso de un derrame de petróleo.

Los destinos posibles de un derrame son:

- 1) El agua, la que sufre una serie de procesos físico-químicos o es metabolizado por microorganismos, o puede ser colectado en su superficie.
- 2) La atmósfera, a la que se evaporan las fracciones volátiles y en la que se degradan naturalmente.
- 3) Las costas, a las que el hidrocarburo llega como resultante de la acción de los vientos y corrientes marinas y en un volumen condicionado a los procesos correspondientes a los destinos anteriores.

Definidos los destinos, diremos que los residuos son lo recuperado en las aguas, el material contaminado de las costas y la importante cantidad de basura y desechos impregnados con hidrocarburos que llegan a ellas.

Clasificación

Los residuos pueden clasificarse en sólidos, que incluyen las llamadas bolas de alquitrán ("tar balls") y en líquidos, que consisten en hidrocarburos libres o emulsiones con agua de los compuestos más pesados del petróleo derramado.

Hay dos tipos de emulsiones: uno de ellos es la emulsión de petróleo en agua con un bajo contenido de ésta, hasta un 20/30%. El otro es la de agua en petróleo, cuyo contenido de agua puede llegar a ser muy alto (80/90%) y forman las llamadas mousse de chocolate, por tener un color marrón oscuro característico y ser muy viscosas y estables.

Las características de los residuos nos indican que, como regla general, sólo presentan problemas de disposición los derrames de hidrocarburos persistentes tales como los petróleos crudos, los combustibles refinados más pesados que el gas oil, éste incluido y los lubricantes.

Es deseable que el derrame sea colectado lo antes posible. Así será menor su viscosidad y estará menos contaminado. El tiempo y la acción de las olas facilita la formación de emulsiones y la incorporación por adsorción y absorción, de material sólido de todo tipo. Este es el residuo que normalmente llega a las costas, por lo que en ellas tendremos arena y piedra contaminada, vegetación y algas, maderas, plásticos, desechos en general y las mencionadas bolas de alquitrán que no son otra cosa que material aglutinado con las fracciones pesadas del derrame. Tienen pesos específicos variables y según su valor, se estabilizan a profundidades variables en la columna de agua o depositándose en el fondo, las más pesadas. Pueden recorrer grandes distancias y aparecer meses o aún años después de sucedido un derrame, pues son muy estables y difícilmente degradables.

Cada uno de los residuos requiere un tratamiento distinto y específico.

Veamos ahora cada etapa a seguir para solucionar el problema.

Almacenaje Temporal

El almacenaje temporal resulta de la necesidad de manipular, transportar y finalmente disponer de importantes volúmenes de residuos. Nos permite hacer una pre-clasificación y disponer de tiempo para elegir los métodos de disposición final más convenientes. Además, podremos resolver los problemas logísticos de la provisión de los equipos y elementos necesarios.

Es conveniente elegir un lugar de almacenaje cercano y más allá de los niveles esperados de pleamares y crecidas. Esto exige hacer el transporte en dos etapas: una de la costa al almacenaje y otra posterior, cuando sea posible, de éste hasta el lugar de disposición final. Se reduce la contaminación de caminos y accesos al restringir y ordenar la circulación de vehículos y personas.

Es fundamental la pre-clasificación, es decir, separar los hidrocarburos y líquidos de los sólidos y desechos en general. Si los hidrocarburos pueden bombearse a la temperatura ambiente, conviene almacenarlos directamente en tanques cerrados.

Si no fuera así, no conviene hacerlo, excepto que los tanques tengan serpentinas de calefacción que permitan calentar los hidrocarburos para reducir su viscosidad. En el caso de hidrocarburos pesados y emulsiones, es mejor optar por contenedores, piletones o tambores abiertos. Los piletones pueden excavarse en tierra o terraplenarse, impermeabilizándolos con láminas de polietileno gruesas (de 200 micrones o más). Es preferible que sean largos y angostos (2 m de ancho máximo) y de una profundidad de 1.50 m como máximo. En lugares de fuertes lluvias, se debe prevenir la entrada de los escurrimientos superficiales y dejar un margen suficiente sin llenar, para evitar los rebalses que extenderían la contaminación. Cuando se trabaja en zonas sensitivas, tales como médanos, es importante no perturbar la vegetación de fijación existente, pues facilitaría la erosión eólica. Una vez terminada la operación, al haberse vaciado los piletones, es necesario remover el polietileno y rellenarlos, dejando el área en su estado original.

Las bolsas de plástico no deben usarse para almacenaje sino sólo como medio de transporte, ya que pueden deteriorarse y perder por efecto del sol. Luego de vaciarse en destino, pueden re-usarse o se debe disponer de ellas sin contaminar el medio, por ejemplo incinerándolas junto con otros residuos.

Los hidrocarburos deben separarse del agua o arena u otros residuos durante el almacenaje temporario, para evitar transportes inútiles y costosos hasta el lugar de disposición final. Es necesario recalcar que el transporte es un rubro de costos muy importante en estas operaciones. Las formas de separación recomendables están resumidas en el cursograma incluido al final del texto.

Recuperación de los Hidrocarburos

En algunos casos, es posible la recuperación para su eventual procesamiento en refinería o su mezcla con productos terminados. Esta es la primera opción a considerar. En algunos países existen también contratistas que se especializan en el reciclaje o recuperación de productos de petróleo. Sin embargo, la calidad del producto recuperado debe ser buena, ya que las refinerías operan con alimentaciones que deben cumplir especificaciones con estrechos márgenes de tolerancia.

Por ejemplo, debe ser posible su bombeo y deben poseer un bajo contenido de sólidos. Para una refinería, el contenido de sales debe ser menor del 0.1% para alimentación y menos del 0.5% para su mezcla con fuel oil. Parte de los sólidos pueden separarse filtrándolos con una malla adecuada. Suponiendo que fuera posible su reciclaje, los potenciales usuarios pueden no tener disponible capacidad de proceso o de almacenaje, caso en el que será necesario pensar en un almacenaje intermedio. Una posibilidad es usar los tanques destinados a la recepción de "slops" y deslastre de buques, tanque para este propósito.

Los que más fácilmente pueden prepararse para su reciclaje son los hidrocarburos sin emulsionar colectados en el agua, pues sólo será necesario separar el agua por gravedad. Esto puede hacerse en los tanques de los buques o chatas de colección o en los camiones de vacío.

En las emulsiones debe separarse la fase Agua de la fase HC, lo que permite su decantación; las emulsiones inestables pueden tratarse con calor hasta una temperatura máxima de 80°C. En climas cálidos el calor del sol puede ser suficiente.

Las emulsiones estables tipo mousse de chocolate, son difíciles de romper y deben tratarse con productos químicos conocidos como desémulsificantes. Estos también reducen la viscosidad de la mayoría de los hidrocarburos, facilitando su bombeo. Una excepción a lo dicho son las mousses de fuel oil pesado, las que a pesar de tener una mayor viscosidad que la del fuel oil, son de más fácil bombeo en tiempos fríos. No existe un único producto químico eficaz para tratar todo tipo de emulsiones. Hay que hacer pruebas de campo y elegir el mejor. La dosificación típica es del 0.1% al 0.5% en volumen. La inyección del producto químico conviene hacerla a la cañería de trasvase de un tanque a otro de decantación, lo que mejora la mezcla y disminuye la cantidad de producto necesaria. Una vez decantada, el agua contendrá la mayor parte del producto usado y hasta 0.1% de hidrocarburos, por lo que debe tratarse antes de su descarga a un cuerpo de agua.

La arena puede usarse para separar emulsiones, siendo el método eficaz aún con emulsiones estables. La mezcla debe ser buena usando para ello, por ejemplo, mezcladoras de cemento. La relación de volúmenes emulsión/agua debe ser de 2:1 y puede esperarse una separación del 50% del agua emulsionada.

El lavado del residuo de las playas, tales como arena o canto rodado contaminados y desechos en general, puede hacerse ya sea con agua a baja presión, preferiblemente caliente (40/50°C) o con solventes pesados, diesel oil por ejemplo.

Los hidrocarburos separados pueden luego recuperarse por decantación. Este proceso puede ser hecho manualmente en pilotes construidos al efecto o usando equipos mecánicos. Se han usado con éxito desde mezcladoras de cemento a equipos lavadores de mineral, del tipo usado en minería. Se han probado varios equipos de diseño especial con resultados diversos. Nuevamente, el costo es el factor determinante en la elección del método apropiado.

Disposición Directa

Un método usado de disposición, cuando otros no son posibles, es el relleno en lugares autorizados. Es sin duda, muy discutible desde el punto de vista sanitario y ecológico, pero debe ser considerado como alternativa y hacerlo controladamente. El máximo contenido de hidrocarburos debe ser del 20%. Los lugares deben estar alejados de estratos fisurados o porosos, para evitar la contaminación de las napas subterráneas, especialmente cuando éstas sean usadas para consumo humano o industrial. El mezclado con residuos domiciliarios es otra alternativa, aunque la degradación natural de los hidrocarburos sea lenta en situaciones anaeróbicas. Sin embargo es aceptable pues el residuo domiciliario absorbe los hidrocarburos, por lo que se previene la contaminación subterránea. La mejor forma de hacerlo es en capas de 10 cm de espesor alternadas con capas de residuos domiciliarios. Finalmente se hace una cobertura de estos residuos, siendo posible el tránsito de vehículos, sin que salgan hidrocarburos a la superficie como resultado de la compresión del relleno.

También discutible, pero que es necesario considerar, es la alternativa de enterramiento de los residuos, cerca de la playa, incluso de las llamadas bolas de alquitrán, siendo preferible enterrar material poco contaminado solamente. El relleno debe taparse con una cubierta de 1 metros como mínimo, en todos los casos.

Otra posibilidad es apilar el material en pilas bajas que permitan la meteorización natural del contaminante por acción de los vientos y la luz solar. Esto es posible hacerlo en zonas no recreativas.

Estabilización

En las arenas contaminadas, mientras no contengan restos de madera o algas en exceso, pueden fijarse los hidrocarburos al material inerte, usando un compuesto inorgánico tal como la cal viva (óxido de calcio). El material resultante es inerte totalmente, de tal manera que los hidrocarburos no se desprenderán de la arena. Por esta razón se lo define como estabilizado, pudiendo almacenarse y transportarse sin problemas, para su uso en rellenos o construcción de caminos. La cal viva parece ser el material más adecuado y pueden usarse también cenizas del carbón o cemento.

Una ventaja indudable de la cal viva es que genera calor al reaccionar con el agua, lo que reduce la viscosidad de los hidrocarburos y facilita su absorción. La cantidad a usar depende fundamentalmente de la cantidad de agua presente en el residuo, por lo que conviene hacer ensayos de campo usando entre el 5 al 20% en peso de cal viva, del peso total a tratar.

El equipo a utilizar será el disponible, siendo aconsejable el uso de mezcladoras mecánicas de proceso continuo para disminuir el costo de mano de obra. Igual criterio es aplicable al equipo de manipuleo, carga y descarga.

Hay que vigilar dos aspectos: uno es el relativo al desprendimiento de cantidades considerables de polvos corrosivos y partículas respirables, por lo que el lugar debe estar alejado para evitar daños a terceros y el personal debe usar equipos de protección personal, tales como zapatos, ropas resistentes, guantes y máscaras faciales para proteger piel, ojos y boca.

Si el material será usado en construcción, deberá ser compactado con maquinaria vial.

Incineración

Es muy difícil lograr la combustión completa de los residuos, por lo que esta forma de disposición es recomendable sólo en áreas remotas. Habrá contaminación del aire, tanto con monóxido de carbono como partículas en suspensión y sedimentables, carbonosas y de todo tipo. el residuo del incinerador será alquitranado y de difícil disposición. La combustión directa sin incinerador, es mucho más contaminante y difícil de lograr.

Existen algunos diseño de incineradores portátiles bastante eficientes, que generan suficiente temperatura como para lograr una operación aceptable. Los de tambor rotativo y horno abierto son adecuados para hidrocarburos con un alto contenido de sólidos. Los hornos de uso industrial para la incineración de desechos, son la mejor alternativa a considerar si están disponibles razonablemente cerca y si el almacenaje temporario es posible durante el tiempo que demande la operación.

Hay algunos diseños bastante útiles y muy económicos que se fabrican con tambores de 200 litros, de los que la industria petrolera dispone sin problemas. Se necesita el suministro de aire comprimido de un compresor o soplante, que entra tangencialmente en un tambor abierto. Se pueden quemar bolas de alquitrán y desechos sólidos varios.

Biodegradación

Los procesos de degradación biológica son muy útiles para el tratamiento de residuos en tierra, aprovechando la presencia de microorganismos normales en un sustrato húmedo y de nutrientes en cantidad adecuada. La velocidad del proceso depende de múltiples factores, siendo el más importante la temperatura. En climas cálidos la eficiencia es mayor. En climas como el nuestro, es posible tratar hasta 10 kg/m² por año de residuos. La técnica consiste en mezclarlos, libres de agregados y otros desechos sólidos gruesos, con los 20 cm superiores de una tierra razonablemente fértil (presencia de microorganismos y nutrientes).

Debe luego ararse y rastrillarse mensualmente. Los compuestos muy pesados o resinosos no son fácilmente degradables, pudiendo permanecer por años en su condición original. Una vez terminado el tratamiento, la tierra es perfectamente apta para cualquier destino, excepto para la producción vegetal destinada al consumo humano o animal, caso en el que debiera evaluarse y controlarse la toxicidad residual de algunos compuestos orgánicos o metales pesados.

Planes de Contingencia

Los métodos de disposición, lugares de almacenaje temporario y los equipos y elementos disponibles, deben ser identificados y especificados para cada lugar en el que sea posible un derrame. Los procedimientos y medios deben formar parte de cada Plan de Contingencia, contando con la participación y aprobación previa de las autoridades competentes.

DISPOSICIÓN DE RESIDUOS - RECORDAR

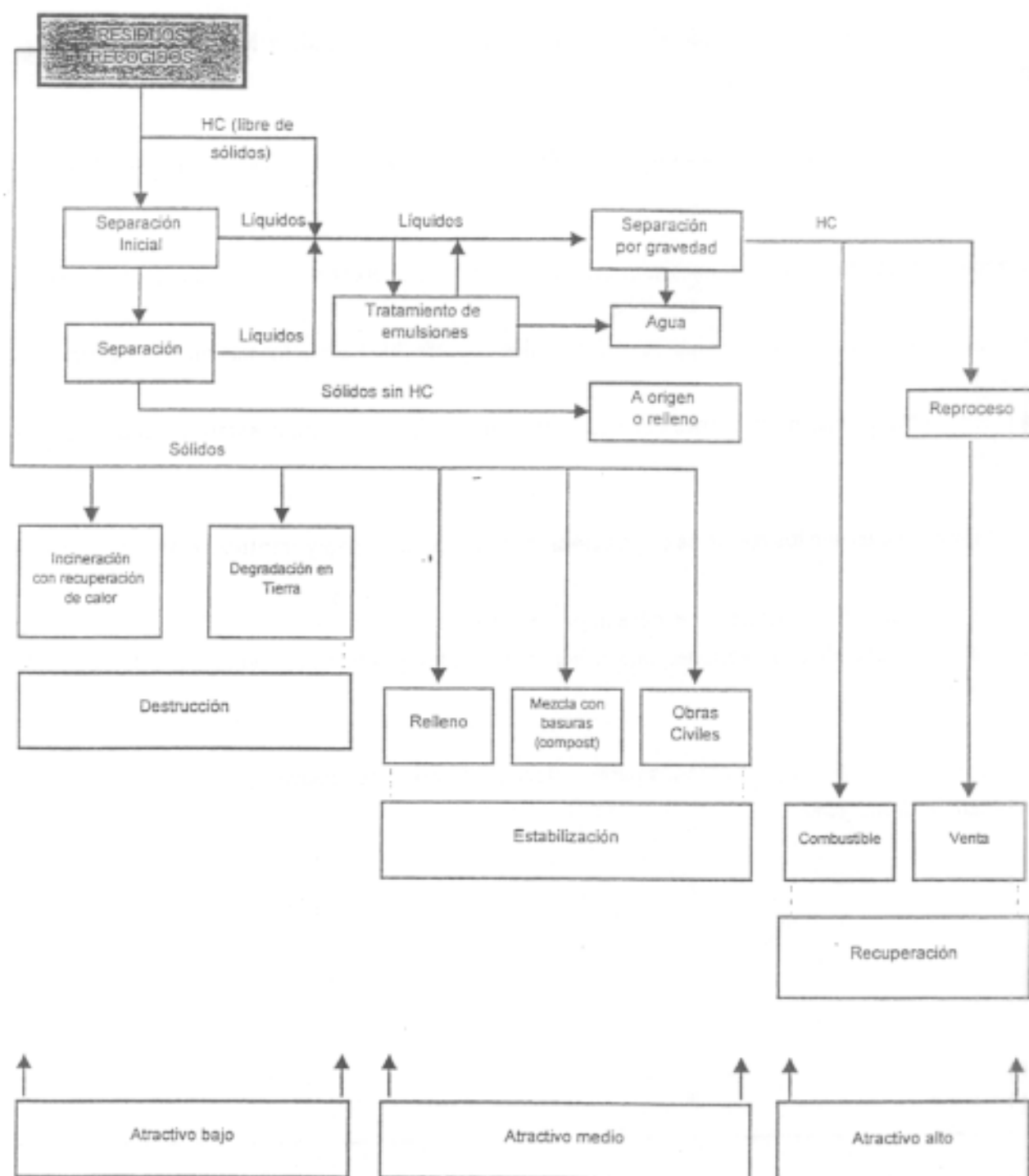
- 1) Es un problema mayor, sobre todo si el derrame llegó a la costa, donde a los hidrocarburos se suman grandes cantidades de desechos.
- 2) Cada técnica disponible es limitada. En un gran derrame, todas deben ser evaluadas y consideradas como opción.
- 3) En zonas con alto riesgo de derrames, a priori deben identificarse áreas para el almacenaje temporario.
- 4) La posibilidad de recuperación de hidrocarburos útiles es preferible a otras formas de disposición.
- 5) Las técnicas que eliminan los hidrocarburos son preferibles a las de relleno o enterramiento, aunque sean más costosas.
- 6) Lo más probable es que los costos de disposición, incluyendo manipuleo y transporte, sean considerables.
- 7) La vara de medida fundamental es siempre la protección del medio ambiente y la de la salud y bienestar comunitarios. Para ello, las acciones deben ser concertadas y acordadas con y por las autoridades competentes.
- 8) Los planes de disposición y los criterios para la elección de áreas de almacenaje y sacrificio, deben estar en el Plan de Contingencia.



Bibliografía

1. ITOPF - Reacción ante derrames de hidrocarburos en el mar, 1987
 2. CONCAWE - Report N° 3/80
 3. CONCAWE - Report N° 8/84
-

FORMAS PREFERIDAS DE DISPOSICIÓN DE RESIDUOS CON HC (HIDROCARBUROS)



OPCIONES PARA LA SEPARACIÓN Y ELIMINACIÓN DEL HIDROCARBURO Y DESPERDICIOS

LÍQUIDOS ---

- | | | |
|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Hidrocarburos no emulsificados | <ul style="list-style-type: none"> • Separación por gravedad del agua libre | <ul style="list-style-type: none"> • Utilización del hidrocarburo como combustible o combustibles para refinería |
| <ul style="list-style-type: none"> • Hidrocarburos emulsificados | <ul style="list-style-type: none"> • Tratamiento de emulsión para liberar el agua por: <ul style="list-style-type: none"> - Tratamiento con calor - Químicos para descomponer emulsiones - Mezclado con arena | <ul style="list-style-type: none"> • Utilización del hidrocarburo como combustible o combustible para refinería, • Quemado • Regreso de la arena separada al punto de origen |

SÓLIDOS ---

- | | | |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Hidrocarburo mezclado con arena | <ul style="list-style-type: none"> • Recolección del hidrocarburo líquido que filtre de la arena durante el almacenamiento temporal • Remoción del hidrocarburo de la arena por lavado con agua o solventes • Remoción de los sólidos por tamizado | <ul style="list-style-type: none"> • Utilización del hidrocarburo recuperado como combustible o combustible para refinería • Eliminación directa • Estabilización con material inorgánico • Degradación mediante compostaje o técnicas de compost • Incineración |
| <ul style="list-style-type: none"> • Hidrocarburo mezclado con cantos, piedras o cascajo | <ul style="list-style-type: none"> • Recolección del hidrocarburo líquido que filtre del material de playa durante el almacenamiento temporal • Remoción del hidrocarburo del material de playa por lavado con agua o solvente | <ul style="list-style-type: none"> • Eliminación directa • Incineración |
| <ul style="list-style-type: none"> • Hidrocarburo mezclado con madera, plásticos, algas y sorbentes | <ul style="list-style-type: none"> • Recolección del hidrocarburo líquido que filtre de los desperdicios durante el almacenamiento temporal • Lavado con agua del hidrocarburo adherido a los desperdicios | <ul style="list-style-type: none"> • Eliminación directa • Incineración • Degradación mediante compostaje o técnicas compost para hidrocarburo mezclado con algas o sorbentes naturales |
| <ul style="list-style-type: none"> • Grumos de alquitrán | <ul style="list-style-type: none"> • Separación de la arena por tamizado | <ul style="list-style-type: none"> • Eliminación directa • Incineración |

CRITERIOS PARA LA ELECCIÓN DE ZONAS DE SACRIFICIO Y DE ALMACENAJE TEMPORAL

1. ZONAS DE SACRIFICIO

Son aquellas zonas de la costa que serán usadas para colección del derrame.

Deben cumplir con las siguientes condiciones:

- 1.1 Por el sentido de las corrientes y la dirección, sea posible el llevar el derrame a ellas.
- 1.2 Ser zonas de baja sensibilidad relativa a los derrames, pero recordando que el nombre de tales zonas "sacrificio" no indica que las debemos dar por perdidas, pues deben ser recuperadas antes de dar por terminadas las tareas de limpieza.
- 1.3 Deben tener fáciles accesos por vía terrestre y vía agua.
- 1.4 Deben tener cerca la zona que se dedicará a almacenaje temporal.
- 1.5 Para cada lugar, puede haber más de una zona de sacrificio, de acuerdo con las probables direcciones del viento, corrientes y mareas.

2. ZONAS DE ALMACENAJE TEMPORAL

Son aquellas zonas en tierra en las que serán almacenados los desechos y residuos recogidos, para clasificarlos, tratarlos y decidir su destino final. Las condiciones que deben cumplir son:

- 2.1 Cerca de las zonas de sacrificio.
- 2.2 A una altura superior a las de pleamares o crecidas aún extraordinarias.
- 2.3 Fáciles accesos desde las zonas de sacrificio y a caminos.
- 2.4 Superficie suficiente como para manipular y almacenar los residuos.
- 2.5 Baja sensibilidad como recurso.
- 2.6 Características del terreno que permitan su recuperación.
- 2.7 Alejado lo más posible de áreas pobladas.
- 2.8 No sujeto a la acción de escurrimientos superficiales de agua o de fácil protección para los mismos.

LIMPIEZA DE COSTAS

CUANTIFICACIÓN DEL HIDROCARBURO EN LAS COSTAS

Al organizar una limpieza de costas y controlar su progreso, se debe hacer un estimado aproximado de cuánto hidrocarburo hay presente en una sección de costa. La distribución variable del hidrocarburo puede causar serios errores a nos ser que se tenga mucho cuidado en la estimación de la cantidad. La evaluación es mayormente visual y será imposible de efectuar si el hidrocarburo está bien escondido de la vista, por ejemplo, en la arena, nieve o entre la vegetación. Donde el hidrocarburo es visible, el problema puede ser atacado en dos etapas.

En primer lugar, la extensión de la contaminación a lo largo de la costa puede ser estimada y señalada en un gráfico o mapa a gran escala. En el caso de derrames masivos, un sobrevuelo en helicóptero es por lo general la forma más eficiente y conveniente de obtener una impresión general. Una aeronave de ala fija por lo general viaja a demasiada velocidad como para realizar una buena inspección costera a baja altura. La vigilancia aérea siempre debe ser combinada con pruebas selectivas a pie ya que muchas características de la costa tales como algas y arena negra pueden parecer como contaminación al ser avistada de lejos. Se debe prestar especial atención a la identificación de los lugares donde el carácter de la costa varía o donde la cobertura del hidrocarburo parece variar. Los binoculares son útiles, pero cualquier cambio detectado a distancia debe ser siempre verificado por una inspección de cerca.

La segunda etapa en la cuantificación del hidrocarburo atrapado comprende la selección de áreas representativas de la costa para calcular la cantidad de hidrocarburo presente. El área escogida debe ser lo suficientemente pequeña como para permitir una estimación precisa del volumen de hidrocarburo en un tiempo razonable, pero lo suficientemente grande como para que sea representativa de toda la sección similarmente afectada. El ejercicio debe repetirse en otras secciones donde el grado de cobertura pueda ser diferente.

Esta manera de cuantificar el hidrocarburo atrapado sólo proporciona una cifra aproximada debido a ciertas fuentes de error inevitables. En una playa arenosa el hidrocarburo puede penetrar al sustrato. Si la saturación es uniforme, se puede considerar como representativo del hidrocarburo un cuarto de la profundidad de arena manchada. La presencia de desperdicios o piedras y ranuras en las costas rocosas puede complicar la situación y conducir a errores al calcular los volúmenes de hidrocarburo en emulsiones de agua en hidrocarburo. Si no resulta práctico en algunas situaciones utilizar los anteriores métodos relativamente largos, siempre debe ser posible describir el grado de contaminación bien sea como leve, moderado o grave, comparando la costa contaminada con fotografías de referencia.

Procedimientos de Muestreo

La contaminación con hidrocarburo puede llevar a reclamos por compensación. Se requerirán pruebas que relacionen el daño o costos incurridos con el supuesto contaminante. A veces es fácil establecer la relación, pero en ciertas ocasiones será necesario realizar un análisis químico del hidrocarburo tomado de la fuente de la que se sospeche y en el área contaminada. No le es siempre posible al demandante potencial obtener una muestra de referencia de dicha fuente, pero el análisis de la muestra de contaminación por sí sola puede proporcionar suficiente evidencia circunstancial como para indicar el origen probable. Con el conocimiento de los procesos de intemperización junto con los registros de vientos y corrientes, es posible definir por deducción la posición aproximada de dónde puede haber sido derramado el contaminante.

Cualesquiera que sean las circunstancias particulares de un incidente, es importante que se preste atención especial a los procedimientos de muestreo de hidrocarburo y almacenamiento de muestras de manera de respaldar la credibilidad de cualquier evidencia analítica. Puede que sea necesario el asesoramiento legal para asegurar que las acciones tomadas durante el muestreo se ajusten a los requerimientos legales. Se deben tomar réplicas de las muestras, preferiblemente separando las muestras principales en sub-muestras en la presencia de un testigo independiente. Aunque para propósitos analíticos son suficientes unos pocos mililitros de hidrocarburo, el esfuerzo de obtener volúmenes mayores (250 ml) reducirá los costos de manejo y procesamiento de cantidades mínimas. Por lo general, se requiere un mínimo de tres sub-muestras para asegurar que las partes interesadas tengan la opción de análisis independientes. Los análisis químicos son relativamente costosos y por lo general sólo es necesario analizar las muestras claves para resolver un litigio.

Para evitar la contaminación de muestras durante el almacenamiento, se recomienda utilizar frascos de vidrio y éstos deben ser sellados y debidamente etiquetados. La información en la etiqueta debe incluir la localidad de donde proviene la muestra, fecha, hora, nombre, firma y dirección del recolector y el testigo. Se deben tomar precauciones para evitar el deterioro por evaporación o biodegradación de las muestras almacenadas. Se recomienda la refrigeración de las muestras en la oscuridad y a menos de 5°C.

ESTRATEGIA DE LIMPIEZA

Acciones Prioritarias

Las decisiones sobre prioridades de reacción deberán tomarse una vez considerados los conflictos potenciales de intereses. Por ejemplo, la utilización de las técnicas más efectivas puede resultar perjudicial para algunos ambientes susceptibles, mientras que en otros lugares, los intereses sobre las playas recreacionales pueden invalidar tales consideraciones. Esto requerirá de un juicio objetivo en base a cada localidad.

En la primera etapa, el hidrocarburo flotante que llega a la costa debe ser contenido y recogido lo más pronto posible para evitar que se mueva hacia zonas no contaminadas. Esto también aplica para las concentraciones grandes de hidrocarburo apresado que puede desprenderse y flotar, especialmente en regiones con cambios de marea. A veces pueden utilizarse barreras para mantener el hidrocarburo en la costa mientras se adelantan las operaciones de limpieza. Sin embargo, esta estrategia puede no ser apropiada para ambientes costeros susceptibles, donde puede ser preferible dejar que el hidrocarburo migre hacia zonas menos susceptibles.

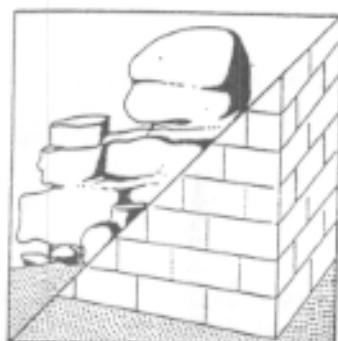
Si no existe riesgo de migración del hidrocarburo, por lo general es mejor esperar a que todo el hidrocarburo del derrame llegue a la costa antes de comenzar la operación de limpieza para evitar el tener que limpiar la misma área más de una vez. Sin embargo esta posibilidad debe ser sopesada contra la posibilidad de que el hidrocarburo se mezcle con el sustrato, o peor aún, que se entierre si se demora demasiado la limpieza. Esta etapa de la limpieza de costas es frecuentemente la más larga. Se requiere de gran cuidado para limitar las cantidades de material removido de la playa junto con el hidrocarburo, de manera de minimizar tanto el riesgo de una erosión subsiguiente como la cantidad de material que deberá ser eliminado.

Culminación de la Limpieza

Con frecuencia es difícil decidir en qué etapa debe culminar la operación de limpieza. Por lo general esto se determina por factores tales como la importancia que se da al área, la época del año y la tasa a la cual se espera que ocurra la limpieza natural. Los costos también juegan un papel determinante en esta decisión, ya que el esfuerzo requerido para lograr una mejora aumentará desproporcionadamente a medida que disminuye el hidrocarburo que permanece en la costa. Por esta razón una etapa final de limpieza exhaustiva sólo se requiere en zonas de alto valor recreativo durante o justo antes de la temporada de turismo.

Tipo y Rango de
Tamaño

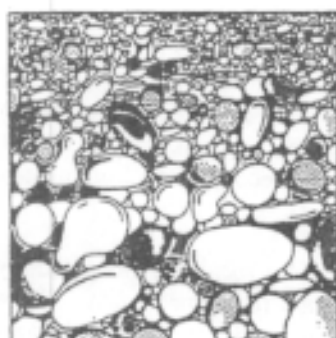
Comentarios



Rocas, Peñones y Estructuras construidas por el hombre

> 250 mm

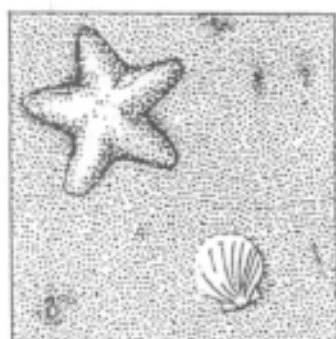
Con frecuencia el hidrocarburo es llevado hacia afloramientos y riscos por las olas reflejadas, pero puede ser lanzado a la zona de salpicado donde puede acumularse sobre superficies abruptas o porosas. En regiones de marea, el hidrocarburo se acumula en pozos entre las rocas y puede manchar rocas a todo lo largo del rango de marea. Este hidrocarburo por lo general es rápidamente limpiado por la acción de las olas, pero es más persistente en aguas protegidas.



Cantos, Guijarros y Cascajo

2-250 mm

La penetración del hidrocarburo aumenta con el incremento del tamaño de las rocas. En áreas con oleaje fuerte, las piedras de la superficie se limpian rápidamente por abrasión, mientras que el hidrocarburo enterrado puede persistir por algún tiempo. Los hidrocarburos de baja viscosidad pueden ser lavados de la playa por el movimiento natural del agua.



Arena

0.1-2 mm

El tamaño de las partículas, la profundidad del nivel freático y las características de drenaje determinarán la penetración del hidrocarburo en la arena de las playas. Las playas de arena gruesa tienden a formar un banco de arena más empinado y se secan durante la marea baja, permitiendo que ocurra cierto grado de penetración, particularmente con hidrocarburos de baja viscosidad. El hidrocarburo por lo general se concentra cerca de la marca de la marea alta. La arena de grano fino casi siempre se encuentra en playas de perfil más plano, permaneciendo húmeda durante todo el ciclo de marea, de manera que ocurre poca penetración. Sin embargo, alguna cantidad de hidrocarburo puede quedar enterrada cuando queda expuesta a las olas rompientes por ejemplo, durante una tormenta.



Lodo (bancos de lodo, pantanos, manglares)

< 0.1 mm

Los grandes depósitos de pantano son característicos de los ambientes de baja energía. Ocurre poca penetración del hidrocarburo en el sustrato debido a que el sedimento está empapado de agua, pero el hidrocarburo puede permanecer sobre la superficie por largos períodos. Si el derrame coincide con una tormenta, el hidrocarburo puede quedar incorporado al sedimento y persistir indefinidamente. Las cuevas de animales y canales de raíces de plantas pueden facilitar la penetración del hidrocarburo.

TÉCNICAS DE LIMPIEZA

1) ROCAS, PEÑONES Y ESTRUCTURAS CONSTRUIDAS POR EL HOMBRE

Donde los vehículos o las embarcaciones puedan llegar hasta la orilla del agua, el hidrocarburo puede ser recogido utilizando recolectores, bombas o camiones de vacío. Muchos recolectores no trabajan bien en aguas poco profundas o con olas y un camión de vacío o tanque de remolque será más efectivo. Por lo general estos pueden recoger 20 m³ por día. Hasta donde sea posible, el agua limpia recogida junto con el hidrocarburo debe dejarse asentar y luego drenar antes de que el hidrocarburo sea trasladado para su eliminación. En ciertas costas, el hidrocarburo puede ser lavado de las rocas o piedras y recogido con barreras o sogas flotantes.

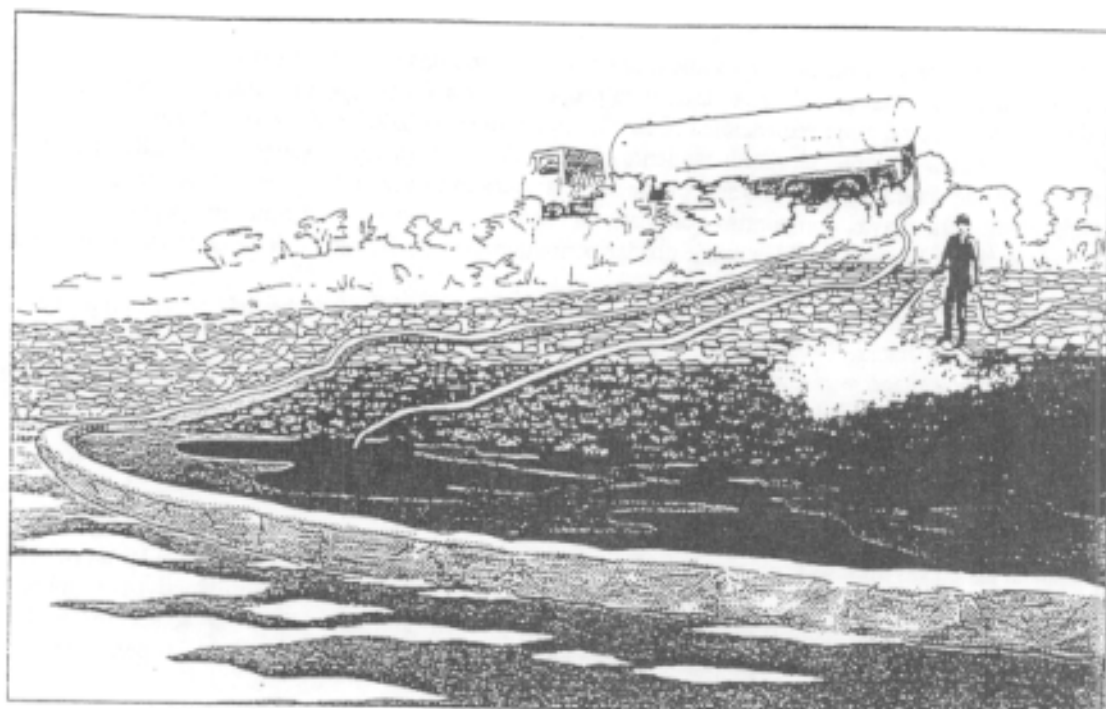
Donde los vehículos no puedan acercarse lo suficiente al agua, el hidrocarburo debe ser recogido manualmente utilizando baldes, palas u otros recipientes. Los tambores abiertos de 200 litros no son adecuados ya que son difíciles de mover sobre terrenos rocosos cuando están llenos. Sin embargo pueden ser transportados en embarcaciones pequeñas para recoger el hidrocarburo atrapado entre las rocas. Si el hidrocarburo es particularmente fluido, puede ser más fácil su manejo si es mezclado previamente con sorbentes.

Los más efectivos son los materiales sintéticos tales como la espuma de poliuretano expandida y las fibras de polipropileno. Estos tienden a ser costosos aunque algunos pueden ser usados repetidas veces. En ausencia de productos sintéticos, pueden utilizarse materiales naturales que se consigan en la zona, tales como paja, hojas de palma, conchas de coco, desecho de caña (bagazo), turba y plumas de pollo. La mezcla de hidrocarburo/sorbente pueden entonces ser recogida con horquillas y rastrillos y llevada en bolsas plásticas resistentes o recipientes pequeños desde el lugar de recolección.

En muchos casos, una vez que el hidrocarburo móvil ha sido recogido, el que permanece sobre las rocas, piedras grandes y estructuras construidas por el hombre puede dejarse para que se intemperice, ya que se formará rápidamente una película dura, minimizando el esparcimiento de la contaminación. Sin embargo donde las costas rocosas forman parte de lugares recreacionales, se pueden limpiar aún más lavándolas con agua a alta presión. Tanto el agua fría como la caliente puede utilizarse dependiendo del equipo disponible y el tipo de hidrocarburo; para desprender hidrocarburos viscosos a veces son necesarias altas temperaturas y hasta vapor. Por lo general el agua se calienta hasta 60°C y es rociada a 10-20 litros/minuto con un aspersor manual que opera entre 80 y 140 bar. El hidrocarburo desprendido en esta forma debe ser recogido, o de lo contrario puede contaminar superficies previamente limpias o no contaminadas. El hidrocarburo puede ser lavado hacia una barrera desplegada en la orilla del agua y recogido con recolectores o camiones de vacío (figura) o puede ser recogido mediante la colocación de sorbentes en la base de la superficie que está siendo limpiada. En los ambientes tropicales y subtropicales el lavado con agua caliente tiende a ser menos efectivo que en los climas templados, ya que el hidrocarburo expuesto al sol se seca, pegándose en las rocas. Las áreas pequeñas pueden limpiarse con chorros de arena a presión.

Mientras que la mayoría de las plantas y animales marinos pueden sobrevivir al efecto de una sola contaminación, cualesquiera de los métodos descritos anteriormente destruirían la mayor parte de la biota marina. También pueden ocurrir daños físicos a las superficies tratadas. Estos métodos deben ser reservados para áreas donde hay acceso fácil y donde el público quizás entre en contacto con el hidrocarburo de no tomarse alguna medida.

El uso de dispersantes a veces ayuda a la remoción del hidrocarburo aunque estos deben estar restringidos a las áreas donde el movimiento del agua permita su rápida dilución, evitando daños a la fauna marina susceptible. En algunos casos y particularmente en los hidrocarburos más viscosos, el dispersante simplemente actúa desprendiendo el hidrocarburo de la superficie y no provoca dispersión. En tales casos se deben hacer todos los esfuerzos posibles para recoger este hidrocarburo y evitar la recontaminación.



El hidrocarburo es lavado de un terraplén de piedras hacia una barrera para ser recuperado por un camión de vacío.

Las manchas a veces pueden ser limpiadas con cepillo frotando dispersante sobre el hidrocarburo o aplicándolo como un gel y luego lavando la mezcla del hidrocarburo/dispersante con chorros de agua. En esta etapa de la limpieza el hidrocarburo formará películas muy delgadas de manera que sólo se requerirán aplicaciones muy ligeras.

2) PEDREGULLO - CANTO RODADO

Este tipo de costa es probablemente la más difícil de limpiar bien porque la mayor parte del hidrocarburo habrá penetrado hacia lo más profundo del sustrato a través de los espacios entre las piedras. La primera etapa de limpieza de este tipo de costa sigue lineamientos similares al anterior: bombeo del hidrocarburo líquido donde sea posible o limpieza a mano. Las características de estas playas pueden dificultar el movimiento tanto de los vehículos como del personal.

El agua a alta presión puede ser utilizada para lavar el hidrocarburo de la superficie hacia la orilla del mar pero parte del hidrocarburo también será incorporado a la playa. Los hidrocarburos de baja viscosidad pueden ser lavados de entre las piedras y el uso de dispersantes a veces puede aumentar la eficacia del lavado. Inevitablemente parte del hidrocarburo penetrará aún más en la playa después de que las piedras de la superficie hayan sido lavadas. Esto filtrará lentamente o lo largo de un periodo de varias semanas o más.

La remoción de las piedras manchadas pocas veces será práctico y por lo general sólo será posible si se utilizan palas mecánicas. La remoción de piedras sólo debe ser considerada si existe la certeza de que no causará una erosión grave de la playa y que será posible eliminar el material.

Otro enfoque que puede ser utilizado en localidades sujetas a tormentas invernales fuertes, es el de cubrir el área manchada con piedras de una zona más arriba de la playa, para proporcionar así una superficie limpia durante el verano para aquellos que utilizan la playa como zona recreacional. Ocurrirá cierta intemperización durante el verano debido a las temperaturas veraniegas y entonces durante el reordenamiento natural de la playa que ocurre en el invierno, el hidrocarburo se descompondrá y dispersará. Este método sólo puede ser considerado donde la playa tenga una contaminación moderada y no siendo apropiado para playas compuestas por material más fino ya que el hidrocarburo tiende a migrar de nuevo a la superficie. El perfil de la playa también puede quedar permanentemente alterado y debilitadas las defensas naturales.

Un método de limpiar la película grasosa que a menudo persiste sobre las piedras después de su limpieza es el de empujar la capa superior de estas hacia el mar, donde la acción abrasiva de las olas las limpiará rápidamente. Sin embargo, esto obviamente no es apropiado si quedan expuestas las piedras de las capas inferiores. También debe considerarse que puede tomar varios años antes de que el perfil de una playa de cantos quede restaurado, ya que es necesario un oleaje vigoroso para que los cantos de este tamaño regresen hacia la parte superior de la playa.

3) PLAYAS ARENOSAS

Con frecuencia las playas arenosas son consideradas como recursos recreacionales valiosos y se les da prioridad de limpieza. Por otra parte, los bancos de arena intermareales a menudo son biológicamente productivos e importantes para las pesquerías comerciales. Las consideraciones ambientales pueden entonces dictar la selección de los métodos que probablemente causen el menor daño adicional, tales como los descritos más adelante para las costas pantanosas.

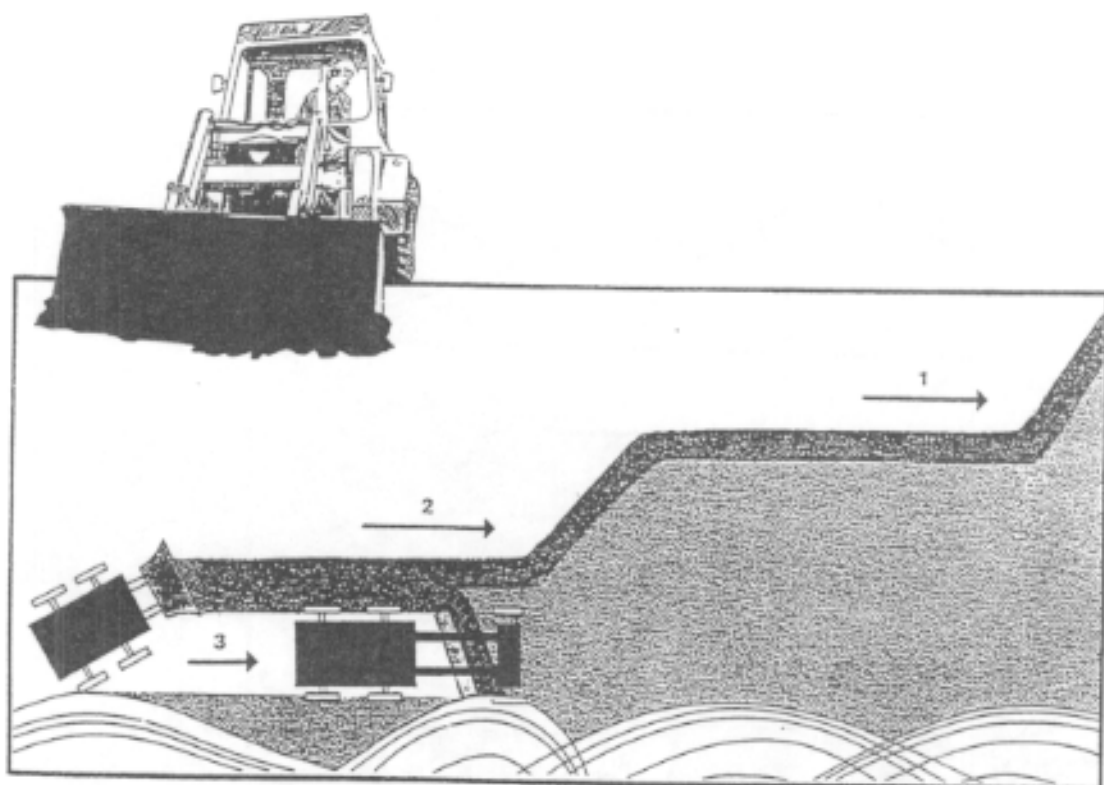
Las playas recreacionales a menudo tienen buen acceso aunque en algunas costas tendrán que ser construidas vías temporarias para permitir el paso de la maquinaria pesada hacia la playa. Mientras que el grueso del hidrocarburo puede ser removido de las playas arenosas con relativa facilidad, el deseo de limpiarlas rápidamente a veces causa dificultades. En un derrame masivo, debe establecerse un equilibrio entre la velocidad a la cual grandes cantidades de hidrocarburo pueden ser recogidas utilizando maquinaria pesada y el incremento en la contaminación del sustrato de la playa. Esto es determinado en gran medida por el tipo de playa. Las playas de arena gruesa con frecuencia no pueden soportar vehículo alguno sin que las ruedas o huellas se hundan en la arena haciendo que el hidrocarburo se mezcle aún más en la playa. Peor aún, los vehículos en la playa pueden quedar atascados con el peso de la carga.

Los métodos manuales deben utilizarse donde no exista acceso para vehículos ni sustrato firme en la playa, o si está demasiado lejos para que las bombas o mangueras de succión lleguen a la orilla del agua. El hidrocarburo así como los sorbentes y desperdicios manchados pueden ser recolectados en bolsas plásticas resistentes u otros recipientes transportados hacia la parte superior de la playa, por encima de la línea de agua.

Las playas llanas y de sustrato compacto pueden soportar vehículos pesados tales como niveladoras y palas mecánicas. La hoja de la niveladora se gradúa de manera que pase justo por debajo de la superficie de la playa y el hidrocarburo y la arena son acumulados en hileras paralelas a la costa (figura). Idealmente, la niveladora debe comenzar por la parte limpia de la playa y trabajar hacia arriba. Esto quizá tenga que ser modificado dependiendo del patrón de contaminación, estado de la marea y si la arena es suelta o compacta. El hidrocarburo acumulado es luego recogido con palas mecánicas. El trabajo puede realizarse sólo con palas mecánicas, aunque la cantidad de arena recogida será inevitablemente mayor. En todo caso, debe tenerse cuidado de asegurar que la remoción excesiva de arena no cause erosión a la playa.

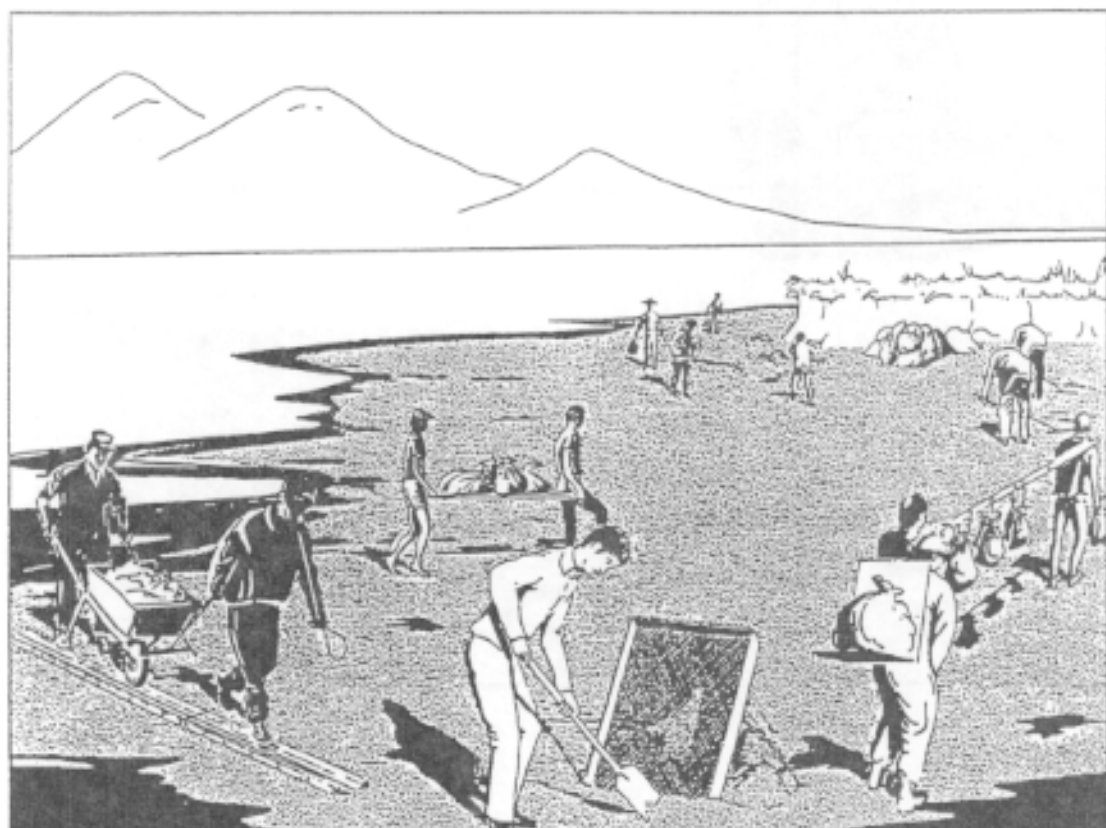
La arena y desperdicios moderadamente contaminados se limpian mejor con cuadrillas de hombres trabajando conjuntamente con palas mecánicas, utilizándose estas últimas sólo para el transporte del material recolectado a los puntos temporales de almacenamiento en la parte superior de la playa. Por lo general, una persona recoge entre 1 y 2 m³ por día utilizando este método. Las palas mecánicas y otra maquinaria pesada pueden recoger la arena manchada directamente en una medida entre 100-200 m³/día/máquina. Sin embargo como regla general, el contenido del hidrocarburo de la arena recogida por las máquinas es de sólo 1 a 2%, mientras que el recogido manualmente contiene 5 a 10% de hidrocarburo. Esto es debido a que la maquinaria pesada tiende a mezclar el hidrocarburo con la arena y es menos selectiva en lo que recoge, con el resultado de que se recoge por lo menos tres veces más arena en comparación con los métodos manuales.

Para hacer el uso más eficiente de cada pala mecánica, las cuadrillas de limpieza deben recoger la arena manchada y formar pilas o llenar tambores de 200 litros colocados a intervalos a lo largo de la playa. Para evitar que el hidrocarburo se esparza hacia la parte superior de la playa, la pala mecánica debe trabajar lo más cerca posible del comienzo de la zona no contaminada. Los vehículos equipados con neumáticos de baja presión son por lo general los más adecuados.



Una niveladora es utilizada sistemáticamente en una playa con contaminación uniforme para concentrar el hidrocarburo en hileras y su posterior recolección por una pala mecánica para traslado a un depósito temporal

Donde no exista la posibilidad de hacer llegar vehículos hasta la playa, la arena contaminada deberá ser llevada de la playa en bolsas plásticas. Son adecuadas las bolsas resistentes tales como las utilizadas para fertilizantes. No deben llenarse por completo debido a la dificultad de llevarlas a través de la arena blanda. Se puede utilizar una carretilla para cargar las bolsas. Las bolsas plásticas expuestas al sol directo por más de 10 días, comenzarán a deteriorarse por lo que no debe demorarse la eliminación de dichas bolsas.



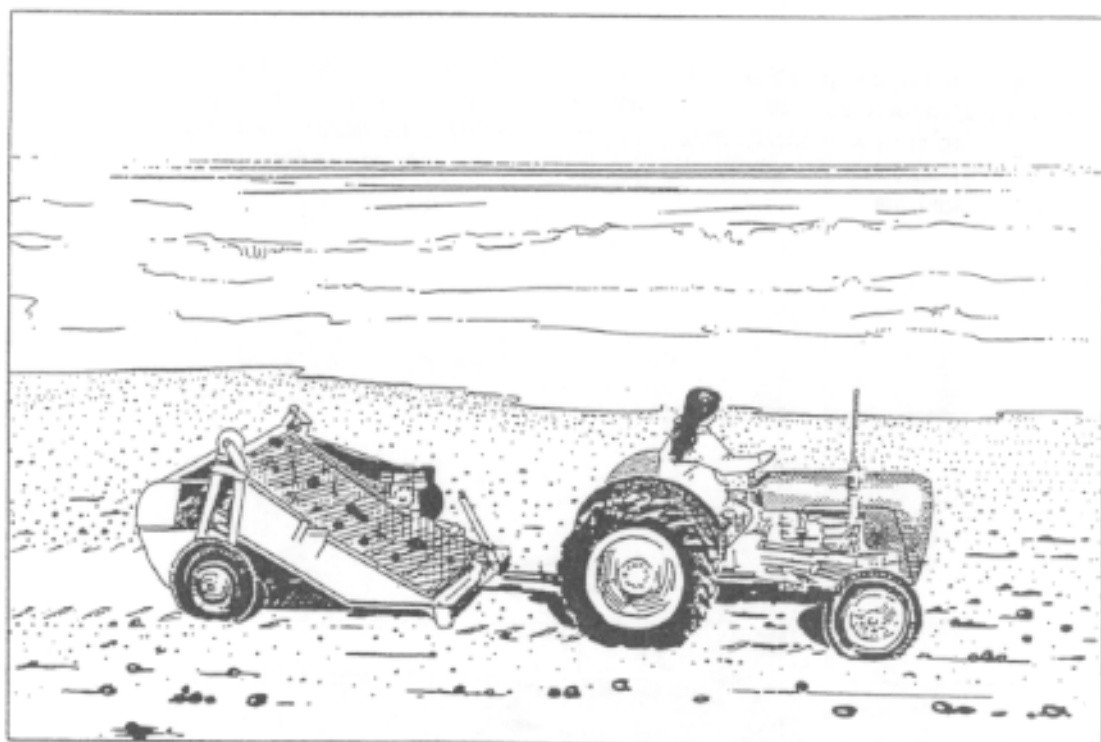
Limpieza de una playa moderadamente contaminada utilizando métodos manuales

Después de que la mayor parte del material contaminado ha sido recogido de la playa, es probable que el restante sea grasoso y descolorido. Generalmente no estará lo suficientemente limpio para una playa recreacional y será necesaria una etapa final. Pueden utilizarse dispersantes aplicados por mochilas, vehículos agrícolas o aeronaves. El dispersante debe permanecer en contacto con la playa contaminada durante 30 minutos antes de que sea lavado por la marea alta. En regiones donde no hay cambios de marea o en áreas sin suficiente oleaje, será necesario el lavado con chorros de agua para lograr una buena dispersión.

Otro método particularmente apropiado para playas ligeramente contaminadas es el de arar o escarificar periódicamente la zona de la playa afectada en la marea baja. El hidrocarburo se mezclará entonces con un volumen mayor de arena y se verá expuesto con más frecuencia a los procesos de intemperización.

La arena gruesa puede ser liberada del hidrocarburo pasando grandes volúmenes de agua a través de secciones de la playa. Se pasa agua de mar a través de una bomba de alta capacidad y se distribuye a través de una serie de mangueras a baja presión. Al dirigir el agua hacia un área pequeña de la playa el hidrocarburo flotará y podrá ser lavado hacia la orilla del agua para ser recogido. El método es lento y está limitado al tratamiento de pequeñas áreas.

El material que queda después de la limpieza de playas de arena seca por lo general tiene forma de pequeños nódulos de arena contaminada de hasta 50 mm en diámetro. Estos junto con los grumos de alquitrán empujados hasta la línea de agua superior, pueden ser recogidos utilizando máquinas para limpiar playas que rozan la superficie de la playa y pasan la arena a través de una serie de tamices que vibran o rotan (figura). Los grumos manchados son retenidos dentro del vehículo mientras que la arena limpia cae de nuevo a la playa. Tales máquinas fueron originalmente diseñadas para la recolección general de desperdicios en la playa.



Dispositivo para limpieza de playas movilizado por un tractor para la recolección de grumos de alquitrán y desperdicios

Si el derrame coincide con la época de turismo puede que sea necesario reacondicionar la playa a su estado original en el menor tiempo posible. Se puede traer arena limpia de otros sitios y esparcirla sobre la arena que tenga algún remanente de hidrocarburo. En la medida de lo posible, esta arena limpia debe tener el mismo tamaño de grano que el material natural de manera que no altere las características físicas y biológicas de la playa. De utilizarse una arena más fina, existe el riesgo de que el agua se la lleve demasiado rápidamente. Cuando se tenga notificación con suficiente antelación de la llegada de un derrame a la playa puede ser aconsejable mover la parte de la arena por encima de la línea de marca alta. Este material podrá ser entonces repuesto después de la limpieza.

4) COSTAS PANTANOSAS

Siempre que sea posible es preferible dejar que el hidrocarburo que llegue a este tipo de costas se degrade naturalmente, en especial en los lugares donde haya contaminado la vegetación. A menudo se ha visto que las actividades que debían limpiar la contaminación han resultado en un daño mayor que el ocasionado por el hidrocarburo mismo debido al daño físico y la erosión del sustrato.

La vegetación de los pantanos a menudo sobrevive a una sola contaminación y en varios casos se ha observado que crecen nuevas plantas a través de una cubierta de hidrocarburo. Donde la remoción del hidrocarburo sea esencial para evitar que se traslade a otro sitio se pueden utilizar chorros de agua a baja presión para escurrirlo hacia aguas abiertas donde pueda ser contenido dentro de una barrera para su posterior recolección. Esta técnica se realiza mejor si se dirigen los chorros desde el agua en embarcaciones de poco calado. Si las poblaciones de aves se ven amenazadas, puede considerarse la poda y remoción de la vegetación, pero esto debe ser sopesado contra el daño a largo plazo ocasionado por el pisoteo de la vegetación.

Consideraciones similares son aplicables a los manglares. Donde los árboles sean particularmente densos y exista un alto riesgo de que el hidrocarburo sea arrastrado más adentro hacia las arenas del manglar, puede que sea necesario remover parte de la vegetación para permitir el acceso y de manera que el hidrocarburo pueda ser lavado. Esto puede evitar la destrucción de manglares en un área más amplia pero debe tenerse en cuenta que esto acarreará un daño local y es probable que la recuperación sea lenta.



Daño ocasionado por el paso de un vehículo sobre un pantano salino

ORGANIZACIÓN

La organización de la fuerza hombre encargada de la limpieza de la costa afectada es vital para el éxito de la operación. Esto se puede lograr mediante la división de la costa afectada en áreas pequeñas y puede ser aconsejable relacionar estas divisiones según el tipo de costa. Se asigna un supervisor en cada área con la fuerza hombre dividida en cuadrillas. A cada equipo se le asigna la limpieza de una sección de la playa en base a la cantidad de material que cada persona puede recoger en un día; por ejemplo, en una playa arenosa 1-2 m³/día. El personal tendrá entonces la satisfacción de completar la tarea de cada día y observar el progreso que ha hecho, mientras que la playa es limpiada metódicamente sector por sector. Una cuadrilla debe estar compuesta por unas diez personas y un jefe y cada supervisor debe ser responsable por unas diez cuadrillas. Aunque en principio las estructuras de comando militar se prestan bien para este tipo de operación, tiende a dar por resultado que las cuadrillas son demasiado grandes requiriendo alguna modificación. En costas de marea el trabajo debe ser organizado de manera que coincida con el ciclo de marea, con períodos de descanso y alimentación durante la marea alta. El trabajo nocturno por lo general es ineficiente aún cuando se disponga de iluminación apropiada.

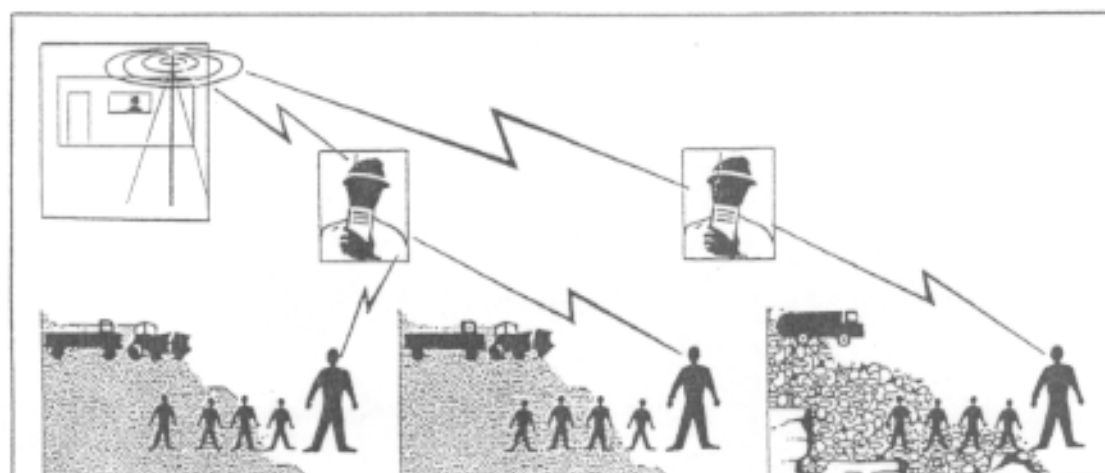


Diagrama esquemático de la organización y líneas de comunicación entre el puesto de comando, supervisores y cuadrillas de limpieza de costas

El equipo debe ser organizado de manera que complemente la fuerza hombre. Los vehículos que trabajan en la playa deben limitarse al área de trabajo mientras que los camiones de gran capacidad que transportan el material recolectado hacia los lugares de almacenamiento o eliminación deben quedarse fuera de la playa para mantener separadas las áreas limpias de las contaminadas. Esto no sólo limita el número de vehículos en la playa sino que también ayuda a reducir la cantidad de hidrocarburo transferido directamente desde las playas hacia las vías de acceso. El manchado de las carreteras puede ser evitado forrando los camiones con plástico.

El acceso a ciertas zonas de trabajo tendrá que ser restringido para minimizar el daño a las dunas de arena y defensas naturales del mar. El tráfico alrededor del lugar de trabajo debe estar controlado de manera que los camiones puedan moverse sin obstáculos. También puede requerirse la presencia de la policía para cerrar el acceso a la playa y caminos a fin de velar por la seguridad del público, especialmente donde se utilicen vehículos pesados.

Deben mantenerse registros diarios de la fuerza hombre y equipos empleados en cada área, ya que estos son esenciales para la preparación posterior de los reclamos por compensación. El mantenimiento de un registro al mismo tiempo de las cantidades de hidrocarburos y desperdicios recogidos, permite que se evalúe fácilmente el progreso. Además de los informes escritos, el estado de cada área de trabajo y la ubicación de la fuerza hombre y equipo pueden ser convenientemente señalados en un mapa a gran escala.