

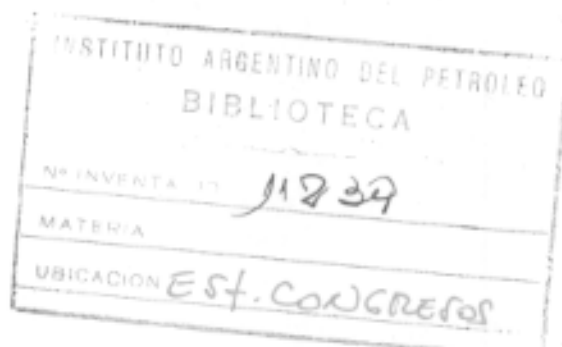
Curso de Introducción a la Respuesta de Derrames Accidentales de Petróleo y Ejercicios de Aplicación

IAPG-Colección



06A-628.16 D448 1996 0011239

Colectores, sorbentes y almacenaje
temporario



Opciones de Respuesta Parte II. Colectores, Sorbentes y Almacenaje Temporario

*Subprefecto H. Bozzini
(PNA)*



*Buenos Aires
26 al 29 de Noviembre de 1996*

PREFECTURA NAVAL ARGENTINA
SERVICIO DE SALVAMENTO, INCENDIO Y CONTAMINACION



DIVISION CONTAMINACION Y MERCANCIAS PELIGROSAS



PREFECTURA NAVAL ARGENTINA

DIVISION CONTAMINACION Y MERCANCIAS PELIGROSAS

CONTENCION Y RECUPERACION DE HIDROCARBUROS



Cuando el hidrocarburo se derrama sobre la superficie del mar, a menudo es deseable su remoción. El método más común es usar algún tipo de obstáculo en superficie para detener o reducir la extensión del hidrocarburo y concentrarlo en una capa de espesor considerable y pudiendo luego recuperarlo utilizando una bomba o sistema recuperador actuando en la interfase petróleo-agua.

En este trabajo se describen las distintas técnicas de contención y recuperación. Para este propósito han sido diseñados gran cantidad de equipos pero esta guía se limitará a describir los principales conceptos de diseño y rendimiento de las barreras y colectores, sus modos de operación y requerimientos para su mantenimiento.

CONTENCION

La contención del hidrocarburo flotante para la consiguiente recuperación o su desviación de las áreas sensitivas requieren alguna forma de barrera. Se han desarrollado muchos tipos diferentes de barreras. Están comprendidas las flotantes comerciales, sistemas de redes, barreras sorbentes, improvisadas, de burbujas y químicas. La selección de la barrera más apropiada dependerá de las condiciones particulares así como de la disponibilidad. Describiremos con mayor detalle las barreras comerciales ya que constituyen la forma más común de contención utilizada en control de derrames.

Barreras Comerciales

Los diseños varían considerablemente pero normalmente incorporan las siguientes características:

1. francobordo para prevenir o reducir el rebasamiento;
2. una parte sumergida (pollera) para prevenir o reducir el escape por debajo de la barrera;
3. una flotación de aire o de algún material flotante sólido;
4. un componente tensor longitudinal (cadena, cable o del propio material de la barrera) para contrarrestar los efectos de viento, olas y corrientes.

Las barreras se pueden clasificar en dos grandes tipos:

CORTINA: Proveen una pollera continua o pantalla flexible sumergida soportada por una cámara de flotación sólida o de aire usualmente de sección circular. Las barreras con flotación de aire requieren solamente una pequeña área de depósito una vez desinfladas, mientras que las que poseen flotación sólida resultan voluminosas para su estiba, pero son más resistentes a los daños. Las barreras de cortina tienen generalmente buena flotabilidad, velocidades moderadas de escape y son razonablemente fáciles de limpiar.

VALLA: Poseen una sección achatada y se mantienen verticalmente en el agua mediante una flotación integrada o externa. La flotación sólida integrada es la más frecuentemente usada en barreras de valla; pero si se usa flotación externa, la misma puede generar una turbulencia tendiente a perder hidrocarburo a baja velocidad de corriente. Tales diseños son voluminosos para la estiba y difíciles de limpiar. En general, las barreras de valla son más adecuadas para aguas calmas donde las velocidades de corriente son menores.

Muchas barreras de cortina y valla tienen elementos componentes comunes como varillas de sostén y/o lastre integral para mantenerlas verticales en el agua, conectores de unión de los tramos así como puntos de anclaje y remolque.

Comportamiento/Limitaciones:

La característica más importante de una barrera es su capacidad de contención o desviación del hidrocarburo, determinada por su comportamiento en relación con el movimiento del agua. Deberá ser flexible para contornear las olas y suficientemente rígida como para contener la mayor cantidad posible de hidrocarburo. Ninguna barrera puede contener hidrocarburo si es colocada en ángulo recto respecto de corriente con velocidad superior a 0,5 metros por segundo (1 nudo). La manera en que el hidrocarburo escapa y su relación con la velocidad del agua, depende más del tipo de petróleo que del diseño de la barrera. Los hidrocarburos de baja viscosidad escapan a velocidades menores que los productos más viscosos. Con los últimos, el hidrocarburo tiende a acumularse sobre el frente de la barrera y fluye verticalmente por debajo de la barrera mientras que los hidrocarburos de baja viscosidad son arrastrados en forma de gotas provenientes de la capa inferior del producto contenido (Figura 3). Las corrientes fluviales y de marea, el viento y las olas, pueden generar tanto corrientes superiores a las de escape como rebasamiento por salpicadura sobre la barrera del hidrocarburo contenido. La fuga puede también ser consecuencia de turbulencias producidas por la barrera y por lo tanto es deseable un perfil uniforme y sin salientes.

El tamaño y longitud de los tramos también merecen especial consideración. El tamaño óptimo de una barrera está estrechamente relacionado al estado del mar en el cual será usada. Como regla general, será seleccionado el mínimo francobordo para evitar el rebasamiento. El calado de la pollera deberá ser de similar dimensión al del francobordo. Las barreras de tramos cortos son más fáciles de manipular y determinan una mayor integridad de la barrera ante la falla de uno de sus componentes. Esta ventaja debe balancearse contra la dificultad y tiempo que demanda conectar eficientemente los tramos. Los conectores interrumpen el perfil de la barrera y, dentro de lo posible se evitará que coincidan con el punto de mayor concentración de hidrocarburo. El diseño de los conectores deberá permitir una fácil maniobra de armado y desarmado tanto para el tendido como cuando la barrera está en el agua.

Otras características importantes son la fortaleza, facilidad y velocidad de tendido, confiabilidad, peso y costo. Una barrera deberá ser lo suficientemente robusta para cumplir su propósito y tolerar el trato inexperto, dado que no siempre esta disponible personal entrenado para su tendido. La solidez estructural y la durabilidad son necesarias para contrarrestar particularmente las fuerzas de la corriente y el viento actuantes sobre la barrera cuando ésta es remolcada o anclada. La facilidad y la

velocidad del tendido combinada con la confiabilidad son evidentemente muy importantes en condiciones de situación cambiantes y pueden influir en la elección.

Fuerzas Actuantes sobre la Barrera:

Para poder estimar aproximadamente la fuerza ejercida por la corriente sobre la barrera (F_c), expresada en kilogramos, actuante sobre el área sumergida (calado) (A_s), expresada en metros cuadrados, originada por una corriente con una velocidad (V_c), expresada en nudos, puede aplicarse la siguiente fórmula:

$$F_c = 26 \times A_c \times V_c^2$$

Cuando la barrera es remolcada, su velocidad en el agua deberá ingresarse como V_c en la fórmula anterior. Puede apreciarse que duplicando la velocidad de la corriente o del remolque, resulta un cuádruple incremento de la carga actuante sobre la barrera.

La fuerza ejercida directamente sobre el francobordo (A_f), expresado en metros cuadrados, por el viento (F_v), expresada en kilogramos, soplando a una velocidad de (V_v), expresada en nudos, puede tener un efecto considerable. Una fórmula similar a la anterior nos permitiera calcularla:

$$F_v = 26 \times A_f \times (V_v/40)^2$$

En ambos casos, las fuerzas combinadas de la corriente y el viento se sumarían si actuaran en la misma dirección sobre una barrera rígida. De hecho las barreras son flexibles y forman una curva. Además la barrera deberá ser remolcada o anclada formando un determinado ángulo respecto de la corriente. Ambos factores conducen a reducir las fuerzas actuantes sobre la barrera de tal manera que un considerable margen de seguridad está incluido en el resultado de estos cálculos. Sin embargo éstos proveen una guía útil para conocer la magnitud de tales fuerzas y pueden ayudar en la selección de los anclares y los remolcadores apropiados.

Sistemas de Redes

El uso de redes para contener bolas sólidas de alquitrán es una aplicación obvia y la extensión de su uso para contener hidrocarburos viscosos teóricamente representa un número de ventajas sobre las barreras convencionales. En particular, la estructura abierta de la trama ofrecerá menor resistencia al agua de tal manera que se pueden obtener tramos livianos pero resistentes, los cuales pueden ser realmente lo suficientemente largos para confinar el petróleo extendido sobre una gran área de superficie marítima. Como resultado de la menor resistencia de las redes al avance, es posible operar en corrientes mayores o barrer la superficie del mar a mayor velocidad que las empleadas con barreras convencionales.

Dos diseños básicos de red han sido desarrollados a raíz de la experiencia recogida de la industria pesquera: una larga doble red basada en el método de cerco que puede ser usada para confinar el hidrocarburo flotante, o puede ser anclada para proteger

áreas sensitivas; y una red de arrastre con una nasa separable, la que puede ser remolcada sobre la superficie del agua.

Aunque ninguno de estos diseños ha sido aún evaluado completamente durante un derrame real, los ensayos a gran escala sobre el terreno muestran algún tipo de promesa, especialmente en el caso del tipo de red de cerco utilizada para confinar y retener hidrocarburo. Sin embargo una vez que el hidrocarburo ha sido absorbido por la red, la trama se bloquea y la capacidad de retención del hidrocarburo es similar a la de las barreras convencionales.

Barreras Sorbentes

Las barreras sorbentes usualmente consisten en un tubo de red o tejido relleno con material sorbente sintético o natural. Este tipo de barrera tiene poca robustez y en algunas aplicaciones requerirá soporte adicional. Algunas requerirán además flotabilidad adicional para evitar su hundimiento cuando se saturan de hidrocarburo y agua. Normalmente son empleadas en aguas de baja velocidad para contener finas capas de producto, dado que su eficiencia colectora decrece rápidamente una vez que las capas externas del material sorbente quedan saturadas de hidrocarburo. El manipuleo y la eliminación de las barreras embebidas de hidrocarburo pueden también causar un considerable problema. El uso de sorbentes será desarrollado más adelante en la sección que trata la Recuperación.

Barreras y Cercos improvisados

Cuando el equipo comercial no se halla disponible, es posible improvisar exitosamente el uso de barreras recurriendo a los materiales disponibles en la localidad. Por ejemplo, las barreras flotantes pueden ser construidas de madera, caña, tambores de combustible, mangueras y cubiertas de automotores; mientras que las barreras sorbentes pueden construirse con redes de pesca o alambre tejido relleno de paja, junco u otro producto autóctono similar.

En aguas de poca profundidad, las estacas de anclaje deben ser enterradas en el fondo para soportar las pantallas o mallas hechas de arpillera, junco, fardos de paja, caña, u otro material similar. En playas arenosas grandes pueden usarse topadoras para construir taludes de arena para contener el petróleo a lo largo de la costa. Un método similar puede ser usado para proteger estuarios angostos o lagunas interiores para prevenir el ingreso de hidrocarburos, aunque tales medidas temporarias deben ser consideradas cuidadosamente debido a las posibles consecuencias ecológicas. De ser necesario, un medio de asegurar el intercambio de masas de agua puede ser logrado mediante caños enterrados en la arena transversalmente a los taludes de arena y por debajo del nivel del agua.

Barreras de Burbujas

Bombeando aire en un tubo perforado colocado en el fondo, se puede producir una cortina ascendente de burbujas. Las burbujas de aire crean una contra corriente en la superficie del agua que permite retener el hidrocarburo en una corriente de hasta 0,7 nudos. Las barreras de burbujas a menudo son instaladas en forma

permanente para proteger los puertos donde las corrientes son relativamente bajas y donde las barreras flotantes impedirían el movimiento de buques. La verificación periódica de tales sistemas son esenciales para asegurar que los orificios de aire no se bloqueen con incrustaciones u organismos marinos. Pueden utilizarse sistemas portátiles los cuales son útiles para desviar el petróleo en aguas calmas, tales como pequeñas bahías con influencia mareológica o para ser colocadas a través de la entrada de dársenas de yates y fondeaderos náuticos.

Estos sistemas resultan costosos ya que para su funcionamiento requieren de compresores de media presión -15 kg/cm² - pero que suministren grandes volúmenes de aire. Además tienden, con su funcionamiento, a alterar el fondo removiendo el sedimento del lecho y depositándolo en forma de banco o barra, por lo cual requieren de monitoreo batimétrico para asegurar el tránsito seguro de las embarcaciones.

Barreras químicas

Ciertos elementos químicos, inhiben la extensión de los crudos de baja viscosidad reduciendo la tensión superficial del agua circundante. Están indicados para ser rociados a tasa de aplicación muy bajas (30 l/km) desde un bote o helicóptero rodeando la mancha para reducir su extensión, concentrándola y aumentando su espesor para permitir la recuperación. Experimentalmente esta técnica ha demostrado que, debido al alto costo de estas sustancias químicas, el reducido espesor de la película resultante y la poca duración del efecto contenedor, nunca ha sido conveniente su aplicación en gran escala en un derrame real.

RECUPERACION

La rápida recuperación del petróleo confinado es vital para evitar su escape y la contaminación de otras áreas. La recuperación puede ser llevada a cabo utilizando colectores de superficie (skimmers), bombas, sorbentes, técnicas manuales y equipo mecánico no especializado, tales como tanques atmosféricos.

Colectores

Todos los colectores poseen un elemento de recuperación, algún tipo de flotación, y una bomba para transferir el material recuperado a un depósito. Algunos diseños mas complicados incluyen propulsión propia y varios elementos colectores, tanques de depósito y sistemas separadores hidrocarburo/agua.

Se pueden clasificar en dos tipos básicos SUCCION y ADHESION. El concepto más simple es el sistema de succión en el cual el petróleo es colectado por una bomba o sistema de succión de aire en forma directa o por medio de un vertedero. Estos diseños tienden a ingresar grandes masas de agua conjuntamente con el hidrocarburo. Esto puede constituir una ventaja cuando se trata de hidrocarburos viscosos ya que la presencia en excesos de agua ayuda a mantener el flujo de los hidrocarburos que de otra manera tenderían a taponar los manguerotes y cañerías. Para recibir y separar el agua se requiere gran capacidad de depósito ya que frecuentemente representa más del 90% de la totalidad del material recuperado. Para los objetivos de los trabajos de control de

derrames de hidrocarburos, es recomendable la simple separación en tanque por diferencia de densidad.

En contraposición, los colectores que incorporan materiales oleofilicos en forma de cintas, rodillos, discos o fibras sintéticas, a menudo logran coleccionar un gran porcentaje de hidrocarburo conjuntamente con el agua. En general, estos trabajan mejor con hidrocarburos de mediana viscosidad (entre 100 y 2000 centistokes), aunque los colectores con discos dentados o cintas con uniones de cadena han sido especialmente diseñados para coleccionar hidrocarburos pesados. Estos petróleos de alta viscosidad, como el fuel oil pesado (Bunker C) son extremadamente pegajosos y pueden resultar difíciles de remover de las superficies de adhesión, mientras en contraste, las emulsiones viscosas de agua/HC pueden a menudo ser no adhesivas. Aunque los hidrocarburos de baja viscosidad, como el diesel y el kerosene pueden ser recuperados, ellos no se acumulan en las superficies oleofilicas de los colectores en capas lo suficientemente gruesas como para lograr altos porcentajes de recuperación.

Los colectores son diseñados para que el elemento recuperador opere en la interfase hidrocarburo/agua. Esto a menudo es logrado por un sistema de autoflotación o lastrado y aunque las olas generalmente no afectan su rendimiento, ninguno es efectivo cuando la amplitud de las mismas es grande. Las unidades pequeñas son fácilmente barridas y desestabilizadas, mientras que las unidades mayores poseen gran inercia y no pueden seguir el perfil del oleaje. El rendimiento de los colectores es afectado negativamente por las corrientes al igual que las barreras flotantes. Esta limitación es parcialmente contrarrestada en algunos colectores autopropulsados con un sistema rotativo de cinta ya que de esta manera su velocidad relativa es efectivamente reducida a la del hidrocarburo flotante durante la traslación.

Otros diseños de colectores autopropulsados pueden ser efectivos en aguas calmas de puertos. Debido a que son relativamente costosos, a menudo combinan alguna función secundaria tal como la de coleccionar desperdicios o restos flotantes. Tales embarcaciones a menudo son parte integral de los planes de respuesta para terminales de petróleo y refinerías donde los riesgos son más probables.

Los colectores requieren energía para operar el elemento colector o para transferir el petróleo coleccionado al tanque de depósito. Muchos sistemas son diseñados con una fuente de energía integral. Puede usarse directamente propulsión diesel o impulsar con sistemas eléctricos, hidráulicos o neumáticos. Excepto por los motores a nafta todos pueden ser construidos para satisfacer las normas de seguridad impuestas en las destilerías, playas de tanques, y otras áreas restringidas donde puede existir riesgo de incendio o explosión. Cuando se utiliza tales motores en ambientes potencialmente peligrosos, deben realizarse verificaciones periódicas con explosímetros para constatar condiciones de operación seguras, dado que las fuentes de chispas no podrán ser nunca eliminadas totalmente.

La experiencia ha demostrado que el rendimiento de los colectores es pobre, a menos que puedan ser operados en aguas calmas conteniendo capas de hidrocarburo relativamente gruesas. Sin embargo, en estas situaciones, un simple sistema de succión como un camión atmosférico provisto de una simple cabeza de succión

colocada en la capa de petróleo puede lograr tasas de recuperación comparables o aún superiores.

Muchos factores deberán ser considerados cuando se selecciona un colector. Su aplicación de uso y las condiciones operacionales de uso deben ser consideradas antes que el criterio sobre tamaño, robustez y facilidad de operación, transportabilidad y mantenimiento sean tomadas en cuenta. Las consideraciones más importantes son la viscosidad y las propiedades adhesivas del hidrocarburo derramado, incluyendo cualquier cambio de tales propiedades con el transcurso del tiempo. En los derrames ocurridos en terminales portuarias y destilerías el tipo de hidrocarburo es conocido y por lo tanto el tipo óptimo de colector puede ser seleccionado con antelación.

Rendimiento/Limitaciones

La fase de bombeo en los procesos de colección a menudo determina el comportamiento general de un sistema porque todas las bombas pierden eficiencia, a medida que aumenta la viscosidad del hidrocarburo. Algunas bombas a tornillo poseen una gran tolerancia a la viscosidad y pueden aún operar con hidrocarburo solidificado, pero en cambio será limitativa la resistencia interna de los manguerotes y tuberías. Estos problemas pueden ser superados ingresando pequeñas cantidades de hidrocarburo en grandes volúmenes de agua o aire inducido que actuará como portador. Cuando la viscosidad se incrementa debido a formación de emulsiones agua -en-HC, se pueden emplear demulsificantes cuidando que ellos sean empleados con una buena mezcla. El calefaccionado con vapor también puede ser útil para reducir el taponamiento de bombas y manguerotes en climas fríos.

Los manguerotes que transfieren el HC desde el colector deberán estar dotadas de elementos de flotación para que no dificulten la flotabilidad y rendimiento del colector. Todos los manguerotes empetrolados pueden resultar difíciles de manipular y deberán poseer sistemas de acoplamiento efectivos pero simples. Será útil contar con una selección de adaptadores para acoplar manguerotes de diferente diámetro y uniones incompatibles.

Los restos flotantes también pueden resultar un problema para algún tipo de colector, especialmente con aquellos con elementos móviles en contacto con el HC. Estos restos también pueden obturar bombas y manguerotes. Algunos diseños están dotados de malla gruesa para superar este inconveniente, pero tales filtros deberán ser mantenidos libres para que el flujo no sea interrumpido.

El rendimiento de los colectores puede, en ocasiones, estar limitado debido a la carencia de instalaciones adecuadas para el depósito temporario. Los sistemas que recuperan grandes volúmenes de agua conjuntamente con el HC necesitarán, particularmente, amplias instalaciones de depósito temporario para permitir la decantación del agua y su purga o drenaje antes que el HC sea transportado hasta su destino final.

Debido a las limitaciones a que son sometidos los colectores en el lugar del derrame, sus capacidades de diseño son raramente alcanzadas. La experiencia a

demostrado firmemente que no se puede esperar concentrar el HC suficientemente como para lograr los óptimos porcentajes de rendimiento logrados bajo condiciones de prueba. Los resultados de las pruebas pueden conducir a error y deberán ser utilizadas únicamente como elemento comparativo.

Sorbentes

Los sorbentes que puedan ser definidos como cualquier material que recuperará hidrocarburo mediante el principio de absorción o adsorción. Hay tres tipos básicos de sorbentes:

1. Materiales orgánicos naturales tales como corteza, hojarasca, paja, junco, plumas, bagazo;
2. Materiales minerales tales como vermiculita, perlita y ceniza volcánica;
3. Sorbentes orgánicos sintéticos tales como espuma de poliuretano y fibras de polipropileno.

Los sorbentes orgánicos sintéticos generalmente poseen la mayor capacidad para la retención del HC en relación con su propio volumen y pueden ser obtenidos en gran variedad de formas, incluyendo fibras, estopas, planchas y bloques. Son de alguna manera reutilizables. Algunos sorbentes, especialmente los naturales, pueden ser tratados con agentes oleofilicos o por calentamiento controlado lo que mejora la capacidad del material para ser impregnado preferentemente por el HC en lugar del agua. Esto incrementa su rendimiento y evita la saturación y hundimiento.

En general, el uso de sorbentes es únicamente apropiado en la etapa final de la limpieza o para resolver la recuperación de capas finas de lugares de difícil acceso. Se los aplica manualmente, o en el caso de utilizar material suelto en gran escala, mediante un soplador. En las áreas sensitivas, como las pantanosas, los sorbentes naturales pueden ser útiles para inmovilizar el HC y reducir así la cantidad libre de petróleo para afectar la vegetación y las aves. En tales casos puede ser conveniente dejar que el material impregnado en HC se degrade naturalmente, excepto que exista la probabilidad que su desplazamiento afecte otras áreas. De todas maneras, es normalmente necesario recuperar todo el material impregnado para que los problemas causados por el HC sólo no son incrementados. La recuperación manual es frecuentemente la única manera ya que la mayoría de los colectores se obturan con el material sorbente. La excepción son algunos colectores a cinta y las redes.

Agentes Solidificantes

Aunque no constituyen una técnica de recuperación en sí, se han desarrollado sustancias químicas que convierten el petróleo líquido en capas sólidas, facilitando de esta manera la recolección manual o por medio de redes. Mientras que estos productos químicos han resultado exitosos en los laboratorios, las dificultades para lograr la adecuada mezcla intensiva requerida y su alto costo son suficientes para desestimar su uso excepto para pequeños bolsones de HC localizados en áreas de acceso restringido.

Recuperación Manual

Donde el acceso es difícil, el HC deberá ser removido usando palas, baldes u otro equipo sencillo. La recolección manual de grandes cantidades de petróleo altamente viscoso y petróleo mezclado con restos, los cuales no son adecuados para ser recuperados por medio de colectores mecánicos, pueden ser apoyada mediante la utilización de equipo mecánico no específico para control de derrames. Por ejemplo, los petróleos viscosos y los restos pueden ser removidos del agua por palas mecánicas (grampas) o la pala de una retroexcavadora, dejando que el agua se filtre a través de los intersticios del equipo.

OPERACIONES MAR ABIERTO

Únicamente en condiciones especiales es posible utilizar un colector exitosamente sin la ayuda de una barrera, que restrinja la extensión el hidrocarburo sobre la superficie del mar para facilitar la concentración y retención, para su recuperación. Las técnicas para el tendido de las barreras determinarán a la larga la forma práctica de operar con los colectores.

Operaciones Multibuque

En un esfuerzo para evitar la extensión e incrementar el rango de intercepción, las barreras extensas de 300 metros o más deberán ser remolcadas en formación con forma de "U", "V" o "J" utilizando dos buques. El dispositivo colector puede ser remolcado conjuntamente con el dispositivo de barrera o ser instalado separadamente por un tercer buque detrás de la barrera. El colector deberá colocarse en la capa más gruesa, cuidando que no roce o dañe la barrera. El reflujo del oleaje de los colectores grandes puede interferir con el flujo del HC hacia el elemento colector y un hábil manipuleo del equipo es requerido, efectuando continuos ajustes a medida que cambian las condiciones mareológicas.

Un diseño efectivo de la barrera para este propósito incorpora tensores separados de la tela de la barrera mediante riendas o vientos, o un sector de red por debajo de la pollera. Estos aditamentos favorecen para que la barrera conserve la posición vertical durante el remolque y le permiten la suficiente libertad para acompañar el movimiento de las olas. En contraste, aquellas barreras con el remolque fijado en su punto medio o en la línea de flotación tienen la tendencia de deslizarse sobre la superficie del agua.

Cuando se remolcan tramos de barrera en configuración "U" es recomendable utilizar un número impar de tramos para evitar tener una unión en el centro de la barrera por dónde el HC escaparía más fácilmente. Para evitar la gran tensión o las estrepadas en una barrera remolcada, los cabos y cables de las líneas de remolque deben ser lo suficientemente largos. Para remolcar una barrera de 300 metros de longitud deberán ser adecuados 50 metros o más.

El rendimiento de una barrera puede ser apreciado visualmente en el eje de la configuración "U" o "J". Las pérdidas por debajo de la barrera aparecerán como glóbulos o gotas aflorando entre 2 y 10 metros por detrás de la misma. Los remolinos



detrás de la barrera constituyen un signo de exceso de velocidad de remolque. La película oleosa, sin embargo, aparecerá siempre, aún cuando la barrera esté funcionando correctamente.

Para mantener tanto la correcta configuración de la barrera como la baja velocidad de remolque, (inferior a la velocidad de escape) se requieren buques que puedan cumplir tales funciones. Cada uno de los remolcadores no sólo requerirán de la mitad de su potencia para remolcar la barrera a una velocidad compatible con la contención del hidrocarburo, sino que también deberán ser capaces de la mayor maniobrabilidad a baja velocidad. A modo de guía, cada caballo de potencia, (HP) de un motor fuera de borda suministra una fuerza de remolque de aproximadamente 20 kg. Las unidades de superficie adecuadas con las que poseen doble hélice, paso variable y hélices transversales en proa y popa (bow/stern thrusters). El punto ideal para fijar el remolque a bordo del buque propulsor deberá ser encontrado por experiencia y deberá ser modificado acorde las condiciones de rumbo y dirección del viento. Por ejemplo, un buque con una sola hélice remolcando por popa será inmanioerable y es preferible fijar el remolque en un punto cercano al eje de giro vertical.

La buena maniobrabilidad también es una condición necesaria para las unidades de superficie utilizadas en el tendido y mantenimiento de los colectores en su posición correcta. para colocar el colector en posición y recuperarlo a bordo rápidamente es necesario contar con equipo de izado. La capacidad para concentrar los HC mediante el remolque de barreras puede resultar lenta y un solo colector puede ser suficiente para atender las necesidades de varias barreras.

El HC recuperado debe ser almacenado. Si la embarcación utilizada para posicionar el colector en el derrame tiene poca capacidad de almacenamiento, será necesario prever una embarcación complementaria o un contenedor flexible flotante. La transferencia de los hidrocarburos viscosos y las emulsiones agua-en-HC, desde los tanques de depósito temporario pueden ser motivo de dificultad y ello debe ser tenido especialmente en cuenta en el momento de seleccionar la instalación de depósito.

Operaciones Monobuque

La coordinación de operaciones con varias embarcaciones remolcando una barrera es harto difícil y en la práctica raramente es posible obtener un resultado notable. Una alternativa para esta situación es combinar las operaciones de contención, concentración, recuperación y depósito en una misma unidad de superficie. Esta técnica consiste en un tangón y un tramo pequeño de barrera, para contener y concentrar el hidrocarburo; una bomba de gran capacidad o un colector para recuperarlo y tanques para el depósito temporario de la mezcla hidrocarburo agua. Los sistemas monobuque operan satisfactoriamente hasta con mar 3 y algunos pueden recuperar petróleo viscoso, pero incorporando importantes cantidades de agua. Por tal motivo, la capacidad de los tanques deberá ser adecuada para permitir la decantación o incorporar algún sistema separador.

Mientras que los sistemas monobuque son más maniobrables que los multibuque, el ancho de barrido de los primeros es limitada y proporcional a la manga de

la unidad. Esta desventaja es menor cuando el hidrocarburo se desplaza en franjas angostas, por efecto del viento.

Dos simples técnicas pueden incrementar la limitada capacidad de captación de los sistemas monobuque, requiriendo ambas de embarcaciones auxiliares de apoyo y equipo de alguna manera significa introducir nuevamente los problemas de coordinación tratados anteriormente, aunque minimizadas por el escaso porte de las embarcaciones auxiliares empleadas.

La primera se efectúa mediante el remolque de un tramo de barrera fijado al buque colector. Ambas unidades mantendrán la formación con el propósito de desviar el hidrocarburo hacia el sistema barredor.

El segundo método requiere dos embarcaciones remolcando una apreciable longitud de barrera a una velocidad de 1 a 2 nudos. El hidrocarburo que escape del vértice por debajo de la barrera formará franjas angostas que podrán ser entonces recuperados por el sistema monobuque.

Control de las Operaciones

Una dificultad común en las operaciones de recuperación es el control de los movimientos y las tareas de las unidades de superficie asegurando que las mismas están actuando en las áreas dónde se verifica la mayor concentración de las capas más gruesas de hidrocarburo.

Esto puede ser logrado utilizando aeronaves dotadas con equipos de comunicaciones capaces de lograr enlace aire/mar. (Frecuencias del Servicio Móvil Marítimo). Los helicópteros tienen la capacidad de mantenerse suspendidos y pueden operar desde una base cercana al derrame dado que no necesitan instalaciones especiales para operar.

OPERACIONES EN AGUAS INTERIORES

Contención en el Origen

Excepcionalmente puede ser práctico contener el HC derramado mediante barreras amarradas en las adyacencias de la fuente del derrame, tal como un buque tanque averiado o un pozo en mar abierto. En algunos puertos las barreras son colocadas rutinariamente alrededor de los buques tanques durante la transferencia de sus cargamentos.

Sin embargo es difícil mantener las barreras en la posición deseada. A menudo las aguas están demasiado expuestas o las corrientes son demasiado fuertes para que dichos tendidos sean efectivos. Además la colocación de barreras cercanas al origen del derrame pueden crear riesgo de incendio e interferir en los intentos de derivar el derrame. En los casos que se prevé una rápida degradación natural, el uso de barreras es, en todo caso, inadecuado y puede facilitar la formación de emulsiones agua-en-HC.

Protección de Areas Sensitivas

A menudo, las barreras son utilizadas cerca de la costa para proteger áreas sensitivas como estuarios, costas de bajo nivel energético, áreas de recreo, y tomas de agua. En la práctica puede ser imposible proteger todos estos lugares simultáneamente. Por lo tanto deberá efectuarse un cuidadoso planeamiento para identificar, en primera instancia, aquellos que pueden ser protegidos por barreras en forma efectiva, y en segunda establecer el orden de prioridades.

Una ventaja de tal previsión es que se puede seleccionar el tipo de barreras más apropiadas, sus amarres, fondeos y la contención del hidrocarburo. El planeamiento es particularmente significativo en las terminales de petróleo e instalaciones similares, donde es previsible la fuente, el tipo de HC y el volumen esperado.

El reconocimiento aéreo es valioso para identificar los lugares adecuados para la utilización de barreras. En la selección de la ubicación y el método de tendido de la barrera será necesario compatibilizar entre requerimientos opuestos.

Por ejemplo, aunque puede ser deseable proteger la totalidad de un río, el estuario puede resultar demasiado ancho o las corrientes demasiado fuertes para lograr tal cometido. Será necesario buscar, aguas arriba, una ubicación más apropiada, teniendo en cuenta la necesidad de acceso para el tendido de la barrera y la recuperación del hidrocarburo contenido. Si el contaminante no es recuperado a medida que llega, se acumulará en el seno de la barrera moviéndose hacia el centro del río donde las corrientes más veloces pueden arrastrarlo por debajo de la contención.

Frecuentemente en lugar de intentar la contención es mejor utilizar las barreras para desviar el hidrocarburo hacia aguas relativamente calmas donde pueda ser recuperado.

Siguiendo este principio un río puede ser protegido colocando una barrera oblicuamente a la dirección de la corriente. De ser necesario mantener la libre navegación los tramos pueden escalonarse desde las riberas opuestas.

Derivación del Petróleo

Otra manera de proteger áreas sensitivas con las fuertes corrientes es el uso de barreras para desviarlo. Sin embargo, esto constituye una solución temporaria y será necesario prestar atención hacia que lugar se está derivando el hidrocarburo para evitar que esto no cause problemas mayores.

Fijación de Barreras

La correcta fijación es primordial ya que el rendimiento de la barrera depende del apropiado ángulo de desviación, teniendo en cuenta la fuerza prevaleciente de la corriente. Para mantener este ángulo y evitar la formación de bolsones, serán necesarios varios puntos de anclaje. Sin embargo, tender múltiples fondeos constituye una tarea que requiere cierta habilidad, a menudo irrealizable durante una emergencia.

Un ancla tipo Danforth es efectiva en fondos de arena y lodo mientras que un ancla de cepo es mejor para tenedores pedregosos. De ser posible, pueden moldearse bloques de concreto para obtener convenientes y confiables puntos de fijación, pero su peso deberá ser al menos tres veces el peso requerido para compensar su pérdida de peso una vez sumergido.

Una embarcación de apoyo con equipo de izado será necesaria para manejar fondeos pesados. En áreas de alto riesgo, como las terminales de petróleo, puede disponerse de puntos de amarre fijos en lugares claves. Los tramos de barrera de longitud apropiada pueden ser almacenadas en estos lugares, en rolos u otros sistemas que permitan un rápido tendido.

Si las líneas son muy cortas la barrera no acompañará las olas y las estrepadas soltarán los fondeos. Por el contrario, si éstos son muy largos será difícil que la barrera mantenga su posición. Un tramo de cadena pesada u otro peso entre el fondeo y la línea mejora el tenedero de un ancla, y el uso de una boya entre la barrera y el ancla evitará el hundimiento del extremo de la primera, absorbiendo las cargas de las estrepadas. Igualmente un peso colgado de la línea de fondeo evita que esta flote en la superficie cuando está floja.

Cuando se tiende una barrera desde la costa es posible amarrarla a puntos fijos de tierra. En una costa arenosa que carezca de tales facilidades, un tronco enterrado constituye un excelente punto de anclaje. En zonas de marea donde las barreras están instaladas permanentemente o donde se requiere el tendido frecuente, es necesario disponer de un anclaje deslizante para conseguir alguna estanqueidad entre la barrera y la costa en cualquier condición de marea.

Otros usos de las Barreras

Al igual que otros elementos flotantes, el hidrocarburo se acumula bajo la influencia del viento y las corrientes, en determinados lugares a lo largo de la costa. Las barreras además sirven para concentrar el hidrocarburo y evitar que en caso de cambiar las condiciones hidrometeorológicas, se desplace hacia otro lugar. Esto no solo minimiza la extensión de la contaminación sino que permite la recuperación controlada del hidrocarburo confinado.

Dado que los restos flotantes siempre están asociados al derrame, los colectores que se vayan a emplear deberán ser capaces de operar en presencia de tales materiales. Es posible que sea necesario trabajar desde embarcaciones de poco calado, aunque generalmente si se cuenta con buenas rutas de acceso, una plataforma firme o un área plana despejada, cercana al punto de recuperación de hidrocarburo.

Las barreras también pueden ayudar a contener el petróleo proveniente del lavado de playas y rocas durante la limpieza de costa. El hidrocarburo puede ser confinado y conducido hacia el sistema recuperador desplazando la barrera. En algunas circunstancias, barreras sencillas descartables de material sorbente pueden ser utilizadas para recuperar capas delgadas de hidrocarburo.



Inspección y Mantenimiento

El posicionamiento de una barrera cambiará a medida que se modifiquen las condiciones de viento, corriente y marea. Será necesario la frecuente verificación y reacondicionamiento de los amarres. El hidrocarburo contenido y los restos flotantes deberán ser removidos de inmediato dado que de otra manera el rendimiento de la barrera se vería seriamente comprometido. En aquellos casos que se verifiquen altas temperaturas durante el día y bajas durante la noche se deberá prever el margen de dilatación suficiente en aquellas barreras del tipo inflable. Esto puede llevarse a cabo reduciendo la presión durante el día e inflándolas nuevamente durante la noche.

Es aconsejable que se difunda la posición en los Avisos a los Navegantes y por intermedio de las Estaciones Costeras colocando en horas nocturnas señales luminosas indicando la posición. Las barreras de colores brillantes son más visibles de día y fácilmente localizadas por los reflectores durante la noche.

Los colectores también requieren de supervisión para constatar que el hidrocarburo está ingresando normalmente y que los restos flotantes no impiden el normal funcionamiento ni provocan daños al sistema.

Muchos colectores están dotados de enrejados los cuales pueden ser obturados por bolsas plásticas, maderas y el mismo petróleo con mucha más frecuencia que la deseada. Las reparaciones generalmente requieren de personal idóneo y una cantidad de repuestos. Durante la noche deberán efectuarse inspecciones periódicas y de ser necesario los equipos colectores serán operados bajo la iluminación de reflectores.

Para mantener un rendimiento elevado, la tasa de recuperación deberá ajustarse a las condiciones reinantes, el tipo de hidrocarburo y conjugando la cantidad de petróleo que se vaya concentrando en el lugar de recuperación. Si tan solo están presentes pequeñas cantidades de hidrocarburo, la operación de los colectores se deberá hacer por intervalos para evitar la excesiva extracción de agua.

Después de ser usados los colectores deberán ser limpiados y recorridos para corregir los desgastes y daños producidos. Lanzas de vapor o solventes de hidrocarburos pueden ser utilizados, pero los dispersantes no deberán ser utilizados para limpiar elementos oleofílicos los que deberán ser lavados con diesel-oil.

Los colectores y sus fuentes de energía deberán ser protegidos de golpes y la humedad de los ambientes salinos que causan la corrosión de sus partes metálicas. Las fibras absorbentes, cintas de goma y materiales plásticos componentes de los colectores reducirán su vida útil de ser expuestos por tiempo prolongado a los rayos solares. Las inspecciones periódicas y las pruebas de funcionamiento son esenciales dado que se trata de equipo cuyo uso es infrecuente y existe la tendencia a que partes vitales falten o se pierdan.

El correcto retiro, mantenimiento y almacenamiento de las barreras, protegidas de la luz solar directa, también es vital para prolongar su vida útil y asegurarse que están siempre listas para ser utilizadas al mínimo aviso. Las barreras después de su uso requieren limpieza y esto constituye cierta dificultad según sea el

diseño. Generalmente se realiza la limpieza con dispersantes o vapor, pero siempre que se utiliza un producto químico es importante asegurarse primero que la tela de la barrera es inmune a dicho producto. Deberán tenerse a mano juegos de reparación para poder superar roturas menores las cuales de alguna manera podrían anular un tramo completo o la totalidad de la barrera.

C3: CODECON/WS4/CONTRECU.

