

Recuperación y contención en el mar

Directrices de buenas prácticas para el personal de
manejo de incidentes y respuesta a emergencias



IPIECA

La asociación de la industria global del petróleo y del gas para cuestiones medioambientales y sociales

Piso 14, City Tower, 40 Basinghall Street, Londres EC2V 5DE, Reino Unido

Teléfono: +44 (0)20 7633 2388 Fax: +44 (0)20 7633 2389

Correo electrónico: info@ipieca.org Sitio web: www.ipieca.org



Asociación Internacional de Productores de Petróleo y Gas

Oficina registrada

Piso 14, City Tower, 40 Basinghall Street, Londres EC2V 5DE, Reino Unido

Teléfono: +44 (0)20 3763 9700 Fax: +44 (0)20 3763 9701

Correo electrónico: reception@iogp.org Sitio web: www.iogp.org

Oficina de Bruselas

Boulevard du Souverain 165, 4th Floor, B-1160 Bruselas, Bélgica

Teléfono: +32 (0)2 566 9150 Fax: +32 (0)2 566 9159

Correo electrónico: reception@iogp.org

Oficina de Houston

10777 Westheimer Road, Suite 1100, Houston, Texas 77042, Estados Unidos

Teléfono: +1 (713) 470 0315 Correo electrónico: reception@iogp.org

Informe de IOGP N.º 522

Fecha de publicación: 2015

© IPIECA-IOGP 2015 Todos los derechos reservados.

Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse, almacenarse en un sistema de recuperación ni transmitirse de ninguna forma ni por ningún medio, ya sea electrónico, mecánico, de fotocopiado, grabación u otro modo, sin el consentimiento previo de IPIECA.

Descargo de responsabilidad

Si bien se han realizado todos los esfuerzos posibles para garantizar la exactitud de la información contenida en esta publicación, ni IPIECA, IOGP ni ninguno de sus miembros pasados, presentes o futuros garantizan su exactitud; y tampoco, independientemente de la posible negligencia de los mencionados, asumirán ninguna responsabilidad por cualquier uso previsto o imprevisto que se haga de esta publicación. Por consiguiente, dicho uso se hará bajo el riesgo propio del receptor, teniendo en cuenta que cualquier uso por parte del receptor constituye un acuerdo con los términos de este descargo de responsabilidad. La información contenida en esta publicación no pretende ser una asesoría profesional de los diversos contribuidores de contenidos y ni IPIECA, IOGP ni sus miembros aceptan ningún tipo de responsabilidad por las consecuencias del uso o mal uso de tal documentación. Este documento puede proporcionar orientación que sea complementaria a los requisitos de la legislación local. Sin embargo, nada de su contenido pretende sustituir, enmendar, anular o de algún otro modo alejarse de dichos requisitos. En el caso de que exista un conflicto o contradicción entre las estipulaciones de este documento y la legislación local, prevalecerán las leyes aplicables.

Recuperación y contención en el mar

Directrices de buenas prácticas para el personal de
manejo de incidentes y respuesta a emergencias

Prólogo

Esta publicación es parte de la serie Guía de Buenas Prácticas de IPIECA-IOGP, que resume los puntos de vista actuales sobre las buenas prácticas con relación a una variedad de temas sobre preparación y respuesta ante derrames de hidrocarburos. La serie pretende contribuir a alinear las prácticas y actividades de la industria, informar a los grupos de interés y servir como herramienta de comunicación para fomentar la conciencia y la educación.

La serie actualiza y sustituye la consolidada "Serie de informes sobre derrames de hidrocarburos" de IPIECA, que se publicó entre 1990 y 2008. Aborda temas que son ampliamente aplicables tanto a la exploración como a la producción, así como a las actividades de navegación y transporte.

Las revisiones se están llevando a cabo por el Proyecto conjunto del sector (JIP, por sus siglas en inglés) sobre respuesta ante derrames de hidrocarburos de IOGP-IPIECA. El JIP se estableció en 2011 para implementar oportunidades de aprendizaje con respecto a la preparación y respuesta ante derrames de hidrocarburos, después del impacto en abril de 2010 con el control del pozo petrolífero en el Golfo de México.

Nota sobre las buenas prácticas

"Buenas prácticas" en este contexto es una declaración de directrices, prácticas y procedimientos reconocidos internacionalmente que capacitarán al sector del petróleo y del gas para tener un nivel de desempeño aceptable en lo que concierne a la salud, la seguridad y el medio ambiente.

El concepto de buena práctica para un tema en particular cambiará con el tiempo a la luz de los avances tecnológicos, la experiencia práctica y la comprensión científica, así como los cambios en el entorno político y social.

Contenido

Prólogo	2	Fallas por salpicaduras	22
Introducción	4	Daños a la barrera	23
Aspectos generales	5	Otras limitaciones	23
Barreras de contención	5	Avances tecnológicos	24
<i>Configuración de la barrera</i>	6	Recursos de respuesta	26
<i>Tasa de encuentro</i>	6	Embarcaciones	26
<i>Tasa de recuperación diaria</i>	6	Barreras de contención	27
Componentes de la recuperación	7	Dispositivos de recuperación	28
Consideraciones acerca de los residuos	7	Almacenamiento de residuos	29
Recursos de apoyo y consideraciones logísticas	8	Equipo auxiliar	30
Métodologías de contención y recuperación	9	Personal	30
Configuraciones de embarcaciones y de remolque	9	Seguimiento y vigilancia	31
<i>La configuración en "J"</i>	9	<i>Apoyo aéreo</i>	31
<i>La configuración en "U"</i>	10	<i>Tecnologías para detección de derrames montadas en embarcaciones</i>	32
<i>La configuración en "V"</i>	10	Seguridad	33
<i>Sistema de una sola embarcación de barrido lateral</i>	11	Peligros medioambientales	33
<i>Sistema de embarcación única con empleo de un paraván</i>	11	Monitoreo de gases	34
<i>Métodos mejorados de contención y recuperación</i>	12	Evaluación de riesgos	34
Gestión de las operaciones de contención y recuperación en el mar	13	Medidas de preparación	35
Operaciones simultáneas (SIMOPS)	13	Ejercicios prácticos, capacitación y simulacros	36
Eficiencia de la contención y recuperación en el mar	14	Comando y control	37
Desafíos	16	Comunicaciones	37
El comportamiento de los hidrocarburos y la "ventana de oportunidad"	16	Gestión de incidentes para contención y recuperación	38
<i>Evaporación</i>	16	Realidades de la contención y recuperación; historial de un caso	39
<i>Extensión</i>	17	El incidente del derrame del Montara en 2009	39
<i>Fragmentación</i>	18	Conclusiones	41
<i>Emulsificación</i>	19	Lista de acrónimos	42
<i>Dispersión natural</i>	19	Referencias y lecturas adicionales	43
¿Qué significado tiene esto para las operaciones de contención y recuperación en el mar?	20	Agradecimientos	44
Consideraciones medioambientales	20		
Limitaciones operativas	21		
Tipos y causas de fallas en las barreras	21		
Fallas por corriente y arrastre	21		
Fallas por drenaje	22		

Introducción

El objetivo primordial para cualquier operador es evitar derrames de hidrocarburos. Sin embargo, a pesar de todos los esfuerzos para reducir la probabilidad de la ocurrencia de un derrame, siempre prevalecerá un riesgo residual. Esto puede mitigarse aún más mediante el empleo de medidas robustas de preparación. El planificador debe considerar la gama de opciones de respuesta disponibles y determinar las medidas de preparación más adecuadas a través de un proceso de análisis de beneficio ambiental neto (ABAN).

La contención y recuperación en el mar es solo una de las muchas opciones de respuesta disponibles del conjunto de herramientas para respuestas a derrames de hidrocarburos. Esta opción involucra el encuentro y la recolección de hidrocarburos en la superficie del mar. Se utilizan barreras flotantes o "booms" para reunir y concentrar el hidrocarburo derramado en la superficie del mar hasta obtener un espesor adecuado de la superficie que permita su eliminación mecánica usando un dispositivo de recuperación como un desnatador o *skimmer*, el cual bombea el hidrocarburo desde la superficie del agua hacia dispositivos de almacenamiento temporal.

La eficacia en la contención y recuperación puede reducir:

- el impacto en la fauna, como aves marinas, peces y mamíferos;
- el impacto en el medio ambiente costero sensible al eliminar los hidrocarburos flotantes en el mar;
- la complejidad y la duración de una respuesta en la costa, y
- el volumen de residuos generados por una respuesta.

La contención y recuperación en el mar a menudo es considerada la opción de respuesta principal o predilecta debido al impacto neutro neto que se percibe de su operación en el medio ambiente. Sin embargo, al igual que todas las opciones de respuesta, la eficacia general de la contención y recuperación puede verse limitada por una combinación de restricciones operativas, medioambientales y logísticas, de la forma que se indica a continuación:

- Restricciones operativas: tiempo de movilización e implementación del equipo; tasa de encuentro; idoneidad y eficiencia del *skimmer*; competencia del personal de respuesta; tiempo de inactividad debido a mantenimiento; reparaciones y apoyo logístico.
- Restricciones relacionadas con el clima: condiciones meteorológicas y del mar adecuadas para la seguridad en las operaciones durante las horas de luz natural y dentro de las limitaciones del equipo implementado.
- Restricciones logísticas: disponibilidad de embarcaciones equipadas adecuadamente, soporte de vigilancia aérea y tiempo de tránsito; requisito de instalaciones adecuadas para el almacenamiento y la eliminación de mezclas de agua e hidrocarburos, logística de embarcaciones y operadores, por ejemplo, la organización de personal y los cambios de tripulaciones, el suministro de alimentos, agua y consumibles, y la gestión de aguas negras y residuos del personal.
- Restricciones relacionadas con la seguridad y la salud: no consideración del mayor potencial de lesiones al personal de respuesta por la implementación y la operación de equipos y los efectos en la salud de la exposición a los hidrocarburos.
- Consideraciones medioambientales: mayor huella ecológica por los hidrocarburos quemados por las embarcaciones, el equipo de recuperación y las aeronaves que participan en la observación de equipos, así como los impactos del manejo, transporte y tratamiento/eliminación de residuos.

Se sabe por experiencia que la eficiencia de las operaciones de contención y recuperación en el mar pueden variar ampliamente en función de las restricciones anteriores, y la recuperación generalmente se limita a entre el 5 y el 20% del volumen inicial derramado. Se debe considerar la eficacia de este método al seleccionar entre las opciones de respuesta disponibles durante el proceso del ABAN. Este método debe incorporarse, cuando resulte posible, junto con otras opciones de respuesta disponibles en un esfuerzo por generar la estrategia de respuesta multifacética más adecuada.

Aspectos generales

Los componentes principales de un sistema de contención y recuperación son los siguientes:

- una barrera para encontrar y contener los hidrocarburos;
- un dispositivo de recuperación, más comúnmente un skimmer, para retirar el hidrocarburo, y
- una bomba para transferir el hidrocarburo recolectado y la mezcla de agua al dispositivo de almacenamiento temporal.

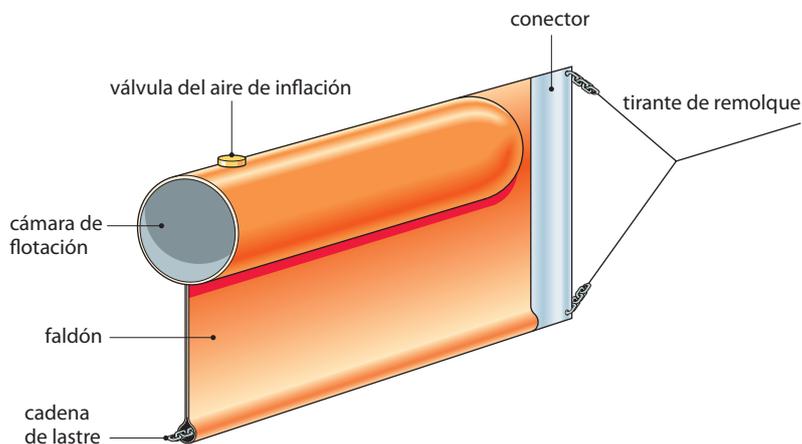


Izquierda:
contención y
recuperación
en el mar

Barreras de contención

Una barrera de contención se compone de una cámara de flotación (es decir, un compartimento lleno de aire o de espuma) que ofrece capacidad de flotación, y un faldón que cuelga debajo de la superficie del mar. El faldón generalmente se refuerza con una cadena o un cable de lastre para absorber las fuerzas de tensión ejercidas sobre la barrera; una cadena de lastre también proporciona peso que ayuda a la barrera a mantener la orientación vertical (Figura 1). La función combinada de estos componentes es ofrecer una barrera que se puede utilizar para encontrar y contener el hidrocarburo derramado.

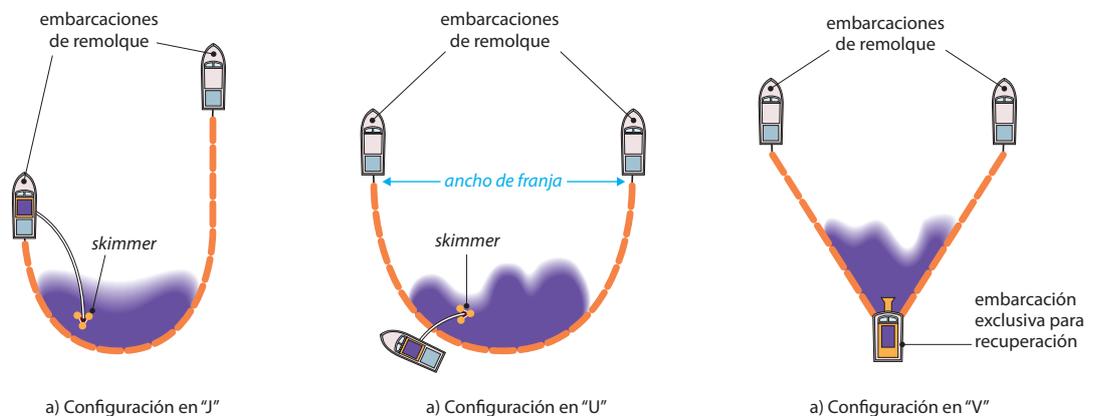
Figura 1 Componentes de una barrera inflable



Configuración de la barrera

Una vez implementada, una barrera de contención se remolca hacia el hidrocarburo flotante, generalmente esto lo realizan dos embarcaciones, y normalmente se forma una configuración de “U”, “J” o “V” (ver Figura 2). A medida que se encuentra el hidrocarburo, este se concentra en el ápice de la barrera. El desnatado puede iniciar una vez que haya una concentración o un espesor adecuado de hidrocarburos en el ápice.

Figura 2 Configuraciones de barrera utilizadas para contener y recuperar hidrocarburos simultáneamente



Tasa de encuentro

La tasa a la cual se puede capturar el hidrocarburo derramado dentro de la barrera se conoce como tasa de encuentro, y es un producto de:

- el ancho de franja de la configuración de la barrera;
- la velocidad a la cual se remolca la barrera, y
- el espesor y la continuidad de la mancha de hidrocarburo que se encuentra.

Las siguientes acciones pueden ayudar a maximizar la tasa de encuentro:

- Comenzar las operaciones de contención a la primera oportunidad, antes de que la mancha empiece a extenderse y fragmentarse.
- Mantener la configuración de la barrera, usando el máximo ancho de franja y la velocidad de remolque óptima para la configuración seleccionada.
- Utilizar los recursos de vigilancia aérea para dirigir las embarcaciones a las zonas donde puedan encontrar el hidrocarburo de mayor espesor.
- Cuando sea posible, se debe utilizar tecnología que permita una operación más rápida, por ejemplo, sistemas de recolección más rápidos.

Tasa de recuperación diaria

Entre las acciones que pueden incrementar la tasa de recuperación diaria se incluyen las siguientes:

- optimización de la logística de apoyo, como embarcaciones, cambios de tripulación y el uso de las horas de luz natural;
- suministro de almacenamiento adecuado, y
- uso de tecnología como cámaras de infrarrojo y radar de banda X para permitir operaciones de recuperación nocturnas o en condiciones de poca visibilidad.

Componentes de la recuperación

Se utiliza una variedad de diferentes tipos de *skimmers* para recuperar el hidrocarburo acumulado desde el ápice de la barrera y transferirlo a los tanques de almacenamiento de las embarcaciones o a un sistema de almacenamiento flotante exclusivo para este fin. Los sistemas de desnatado generalmente constan de los siguientes componentes comunes:

- una fuente de alimentación;
- un método de flotación para crear una plataforma estable;
- un método de recuperación para retirar el hidrocarburo de la superficie del agua, y
- una bomba con las respectivas mangueras para transferir el hidrocarburo recuperado.

La selección del tipo de *skimmer* adecuado dependerá de los siguientes factores:

- el tipo/características físicas del hidrocarburo;
- las condiciones medioambientales, y
- las condiciones operativas durante la respuesta.

En función de sus principios de operación, generalmente se agrupan los *skimmers* en las siguientes categorías:

- *skimmer* con vertedero: se utiliza para recuperar hidrocarburos de medios a pesados;
- *skimmers* oleofílicos: se utilizan para recuperar hidrocarburos de medios a ligeros;
- *skimmers* hidrodinámicos, y
- otros: por ejemplo, de paleta, de banda, de arrastre, etc.

A medida que los hidrocarburos se meteorizan y sus propiedades cambian, será necesario revisar y corregir la selección del *skimmer* para garantizar la máxima eficiencia.

Algunas de las tecnologías más avanzadas que se encuentran en el diseño de los *skimmers* pueden incluir las siguientes:

- tecnología de bombeo de avanzada;
- uso de filtros para residuos;
- puertos de inyección de vapor (para uso más eficiente en temperaturas extremadamente frías);
- inyección anular de agua (para ayudar a bombear productos de alta viscosidad), y
- propulsores para maniobrar el *skimmer* en el ápice de la barrera y obtener un rendimiento óptimo.

Consideraciones acerca de los residuos

Antes de la recuperación, la transferencia o la manipulación de hidrocarburos, es importante tener en cuenta los requisitos reglamentarios locales y asegurar su cumplimiento. También es vital contar con un plan detallado de gestión de residuos para asegurar el manejo y la eliminación adecuada de los productos recuperados.

Independientemente del dispositivo de recuperación que se utilice, es inevitable que se recolecte agua junto con el hidrocarburo y se transfiera al dispositivo de almacenamiento temporal. Para reducir el volumen de agua recuperada, algunas embarcaciones pueden usar separadores de agua/aceite a bordo. Aunque en el ambiente de relativamente baja energía del dispositivo de almacenamiento temporal, la mezcla recuperada de hidrocarburo y agua empezará a separarse, en algunas jurisdicciones puede permitirse decantar el agua recuperada para regresarla al mar y así maximizar el espacio de almacenamiento disponible para el hidrocarburo recuperado. El uso de decantado se aborda en IPIECA-IOGP, 2013.

Recursos de apoyo y consideraciones logísticas

Para asegurar que las operaciones de contención y recuperación se realicen de manera segura y eficaz, es de fundamental importancia el uso de embarcaciones adecuadamente especificadas y que lleven el equipo adecuado. Las principales especificaciones para las embarcaciones de implementación incluyen:

- un espacio despejado en la cubierta;
- tener la popa descubierta, de ser posible;
- suficiente tracción a punto fijo;
- capacidad de maniobrar y/o remolcar a baja velocidad;
- alojamiento/albergue para el personal de respuesta, y
- almacenamiento a bordo para el hidrocarburo recuperado.

La contención es más eficaz cuando las embarcaciones de implementación son apoyadas por recursos y logística que puede ofrecer orientación para ayudar a las embarcaciones a encontrar las mayores concentraciones de hidrocarburos en superficie. Entre estos recursos se incluyen los siguientes:

- vigilancia aérea, incluido el uso de aerostatos;
- radar para detección de derrames de hidrocarburos (OSDR, por sus siglas en inglés);
- cámaras de infrarrojo, y
- boyas de seguimiento a la deriva.

El éxito de una operación de contención y recuperación en el mar depende de que se cuente con personal de respuesta capacitado y competente para garantizar que las operaciones se conduzcan de manera segura y eficiente.

Métodologías de contención y recuperación

Hay una cantidad de metodologías disponibles para el personal de respuesta en operaciones de contención y recuperación en el mar.

Configuraciones de embarcaciones y de remolque

Como se describe en la página 6, las barreras de contención se remolcan en diferentes configuraciones para encontrar, reunir, concentrar y contener el hidrocarburo flotante para la recuperación eficaz en la superficie del mar antes de transferirlo posteriormente a los dispositivos de almacenamiento temporal. La longitud de una barrera de contención utilizada en las diferentes configuraciones es generalmente de 200 a 500 metros. Más allá de esta longitud, la coordinación entre las embarcaciones se vuelve más compleja y aumenta el riesgo de dañar la barrera, limitando potencialmente su eficacia.

Una barrera de contención se conecta generalmente a la embarcación o embarcaciones de remolque mediante una línea de remolque, la cual debe tener la resistencia suficiente para soportar las fuerzas que se generan. Las líneas de remolque tienen generalmente una longitud de 50 metros y están construidas de un material flotante para reducir el riesgo de obstruir el propulsor de la embarcación u otros obstáculos bajo la superficie.

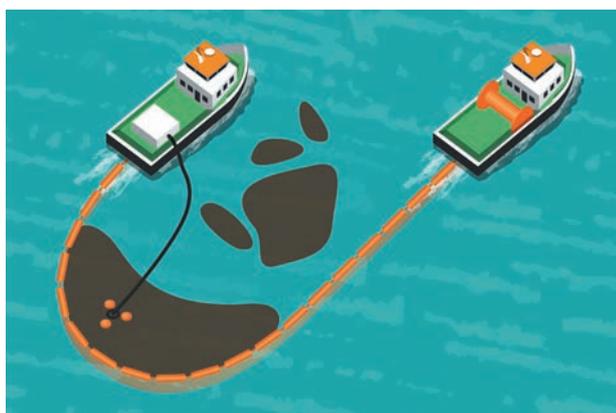
Las configuraciones convencionales de las barreras, como regla general, se limitan a una velocidad de desplazamiento en el agua de aproximadamente 0,75 nudos. Las velocidades mayores pueden provocar fallas en la barrera (pérdida de contención del hidrocarburo en el ápice) y/o daño a la barrera.

La opción de configuración de la barrera varía en función de la naturaleza del derrame, la extensión y la distribución del hidrocarburo y la disponibilidad de embarcaciones y recursos.

La configuración en "J"

Esta configuración se realiza por medio de dos embarcaciones que remolcan la barrera de contención en forma de "J"; la cual tiene la ventaja de que es posible continuar el desnatado mientras se realiza el remolque. (Figura 3). Esta se logra al mantener el hidrocarburo recolectado en el ápice de la barrera cerca de la embarcación de arrastre, la cual contiene el sistema de desnatado y de almacenamiento temporal.

Figura 3 La configuración en "J"



OSRL

La configuración en "U"

Al igual que en la configuración en "J", la configuración en "U" utiliza, como mínimo, dos embarcaciones. Sin embargo, la configuración en "U" permite un ancho de franja mayor que la configuración en "J" (ver Figura 4), la cual puede servir para incrementar la tasa de encuentro. Una vez que el hidrocarburo se ha contenido en el ápice de la barrera, se puede adoptar una configuración en "J" para recuperar el producto utilizando una de las dos embarcaciones de remolque. Si hay disponible una tercera embarcación, se puede mantener la configuración en "U" mientras esta embarcación recupera el producto del ápice de la barrera, permitiendo así operaciones continuas.

Figura 4 La configuración en "U"



La configuración en "V"

Dos embarcaciones remolcan la barrera de contención en una configuración en "V", mientras que una tercera embarcación, exclusiva para la recuperación del hidrocarburo derramado, se coloca en el ápice de la barrera (Figura 5). Esta configuración permite un incremento marginal de la velocidad y un ancho de franja mayor, incrementando así la tasa de encuentro de la configuración. Con una embarcación de recuperación colocada en su sitio, esta configuración puede incrementar la duración de la operación y, así mismo, la cantidad de hidrocarburos recuperados, siempre y cuando haya suficiente capacidad de almacenamiento disponible.

Figura 5 La configuración en "V"



Sistema de una sola embarcación de barrido lateral

En ciertas situaciones, donde los recursos son limitados o donde un gran ancho de franja resulta menos ventajoso (como en el caso de un derrame pequeño o muy fragmentado), se puede implementar un sistema de una sola embarcación. Existen varios enfoques para permitir que una sola embarcación realice las operaciones de contención y recuperación, las cuales, de requerirse, se pueden realizar simultáneamente. El sistema de una sola embarcación de barrido lateral involucra la implementación de una sola barrera soportada por un brazo (estabilizador) que se extiende desde un lado de la embarcación; también se puede utilizar un *skimmer* para recuperar el hidrocarburo contenido directamente para almacenarse a bordo de la embarcación (Figura 6). Un sistema de una sola embarcación tiene menos restricciones logísticas y una mayor capacidad de maniobra que los sistemas que utilizan dos o más embarcaciones. Sin embargo, debido al ancho de franja más reducido, la tasa de encuentro puede verse ampliamente reducida comparada con la de las configuraciones de barrera más convencionales. Para maximizar la tasa de encuentro, es posible implementar sistemas de barrido en ambos lados, uno a cada lado de la embarcación.

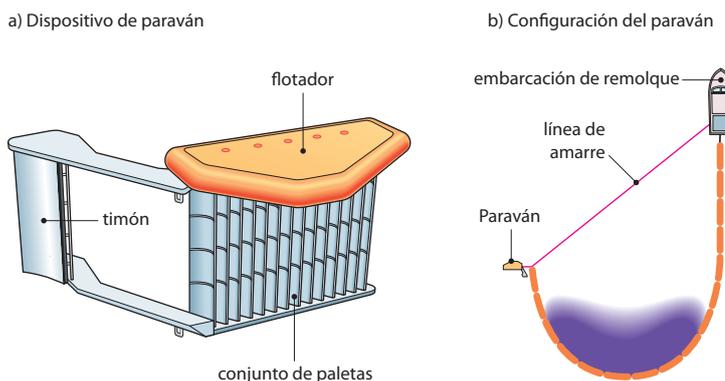
Figura 6 Operaciones de una sola embarcación de barrido lateral



Sistema de embarcación única con empleo de un paraván

Si la disponibilidad de embarcaciones es limitada, se puede implementar un paraván en lugar de una segunda embarcación de remolque o estabilizadores. El paraván se une al extremo alejado de la barrera y su posición en el agua se controla desde la embarcación por medio de una sola línea de amarre (Figura 7). Esto permite guiar la barrera a la posición óptima para encontrar el hidrocarburo.

Figura 7 Ejemplo de la configuración con dispositivo de paraván y embarcación única



El uso de la configuración con dispositivo de paraván y embarcación única reduce la complejidad de la operación y el riesgo de colisión asociado con la operación de dos embarcaciones cercanas, además de que una vez desplegado y en marcha, es relativamente fácil de mantener. Sin embargo, es posible que no tenga la capacidad de ofrecer un ancho de franja tan amplio como las configuraciones de remolque de dos embarcaciones.

Métodos mejorados de contención y recuperación

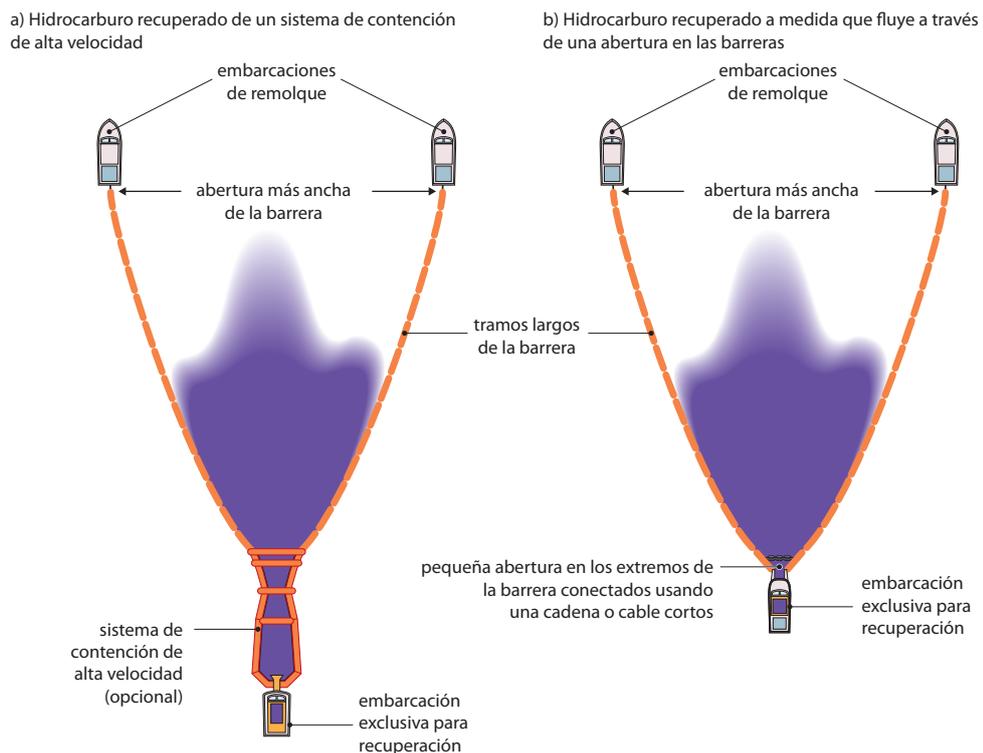
Cuando hay suficientes embarcaciones disponibles, la tasa de encuentro y recolección de hidrocarburos puede mejorarse mediante una configuración de "contención mejorada". En esta configuración, se logra una abertura frontal mucho más ancha al unir dos extensiones largas de barrera con un cable o una cadena. Además, se puede concentrar aún más el hidrocarburo en el ápice de la barrera con la adición de un sistema de contención de alta velocidad, el cual no solo concentra el hidrocarburo sino que también permite una mayor velocidad de remolque sin pérdida de hidrocarburos, así como proporcionar una instalación para la separación del agua antes de que el hidrocarburo sea recolectado por una embarcación exclusiva para la recuperación o un skimmer integrado (Figura 8a).

Una opción adicional es crear una pequeña abertura en el ápice usando una cadena o un cable corto para conectar los extremos de la barrera y hacer que uno de los sistemas previos de contención y recuperación le siga detrás para recolectar el hidrocarburo concentrado a medida que escapa a través de la abertura (Figura 8b).

El método de contención mejorado requiere una estrecha coordinación de las embarcaciones y tripulaciones de respuesta competentes.

Figura 8 Configuración de contención mejorada

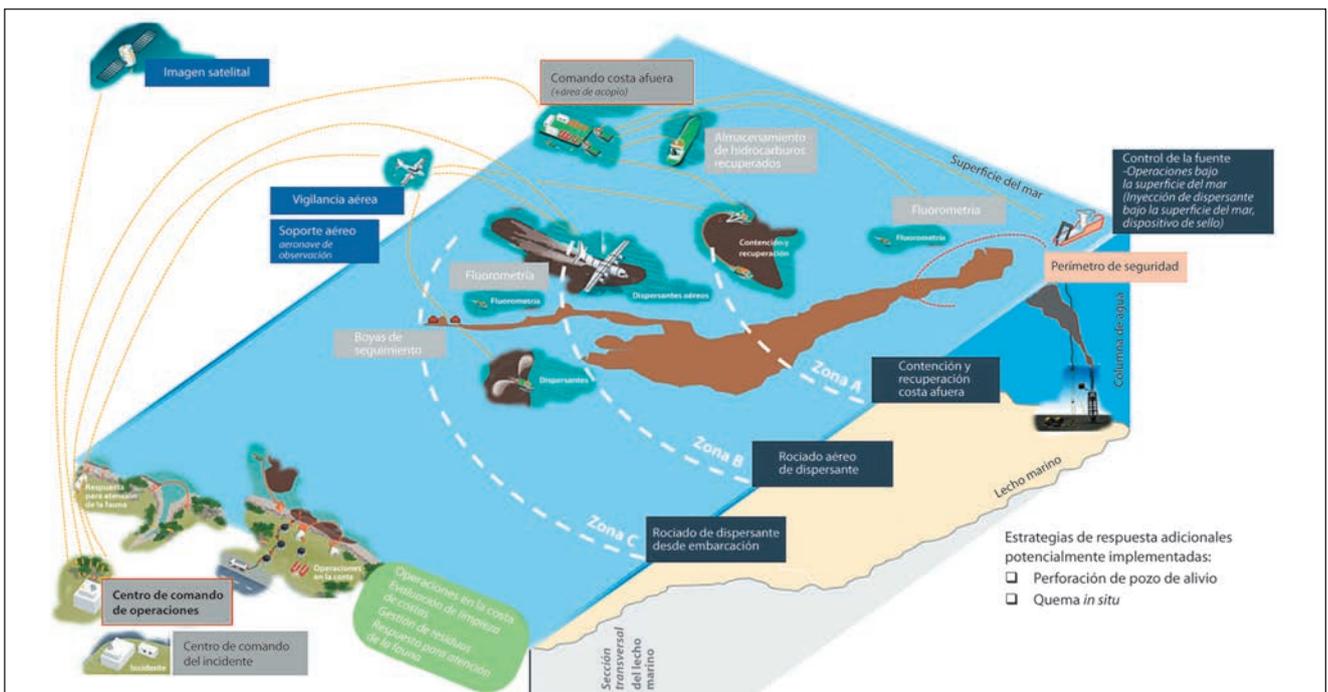
El método de contención mejorada permite una abertura frontal ancha en la barrera e incluye una embarcación exclusiva que le sigue detrás para recuperar el hidrocarburo; también puede incorporar un sistema de contención de alta velocidad para ofrecer una mejor contención y separación del hidrocarburo a mayores velocidades de remolque.



Gestión de las operaciones de contención y recuperación en el mar

Para maximizar la eficacia del esfuerzo de respuesta en general, se deben implementar las opciones de respuesta más eficaces y que resulten más ventajosas lo más cerca de la fuente que sea posible, en función de las limitaciones de seguridad y de operación, y se deben adoptar medidas suplementarias a partir de esta ubicación. Este enfoque se conoce como el modelo del “cono de respuesta” (Figura 9). Esta forma de optimizar los recursos puede ayudar a maximizar la extracción del hidrocarburo de la superficie del agua.

Figura 9 Opciones optimizadas de respuesta, el modelo del “cono de respuesta”



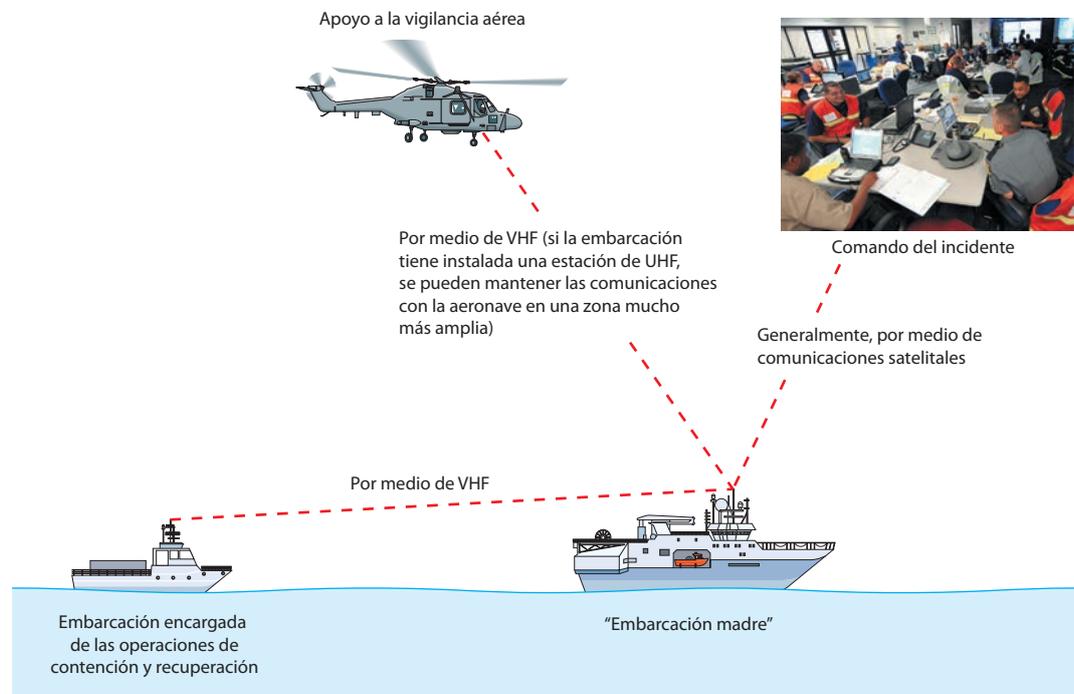
Operaciones simultáneas (SIMOPS)

En incidentes de gran tamaño, se emplean varias técnicas de respuesta al mismo tiempo. Se debe tener cuidado para evitar conflictos en áreas en que embarcaciones y aeronaves trabajan muy cerca. La coordinación de las operaciones simultáneas (SIMOPS) es fundamental para garantizar la seguridad de los participantes, y para asegurar la asignación eficaz y eficiente de los recursos de respuesta. A menudo, las SIMOPS se coordinan desde un centro de comando del incidente en tierra, y son apoyadas por embarcaciones de comando en el campo.

Cuando varias embarcaciones participan en las operaciones de contención y recuperación en la misma zona, puede considerarse el uso de “embarcaciones madre” (Figura 10) para ayudar a mantener líneas de comunicación claras y un esfuerzo de respuesta coordinado. También se puede utilizar una embarcación madre para ofrecer apoyo adicional a las embarcaciones que realizan las operaciones de respuesta, el cual puede incluir el suministro de:

- equipo de reemplazo o adicional;
- avituallamiento para las tripulaciones de las embarcaciones;
- equipo de protección personal (EPP), y
- almacenamiento temporal del producto recuperado.

Figura 10 Ejemplo de comunicación operativa eficaz



La demarcación y la gestión eficaces de las zonas de la operación designadas bajo el modelo del "cono de respuesta" ayudarán a asegurar que la implementación de los métodos de respuesta seleccionados sea complementaria. Por ejemplo, no resultaría adecuado desarrollar las operaciones de contención y recuperación en una zona donde se haya tratado el hidrocarburo con dispersante.

La coordinación de las SIMOPS se puede mejorar si las embarcaciones cuentan con un sistema de identificación automática (AIS, por sus siglas en inglés) para permitir el rastreo de sus movimientos desde el centro de comando del incidente, ofreciendo al equipo de gestión del incidente (EGI) una representación visual del lugar donde las embarcaciones y aeronaves están operando.

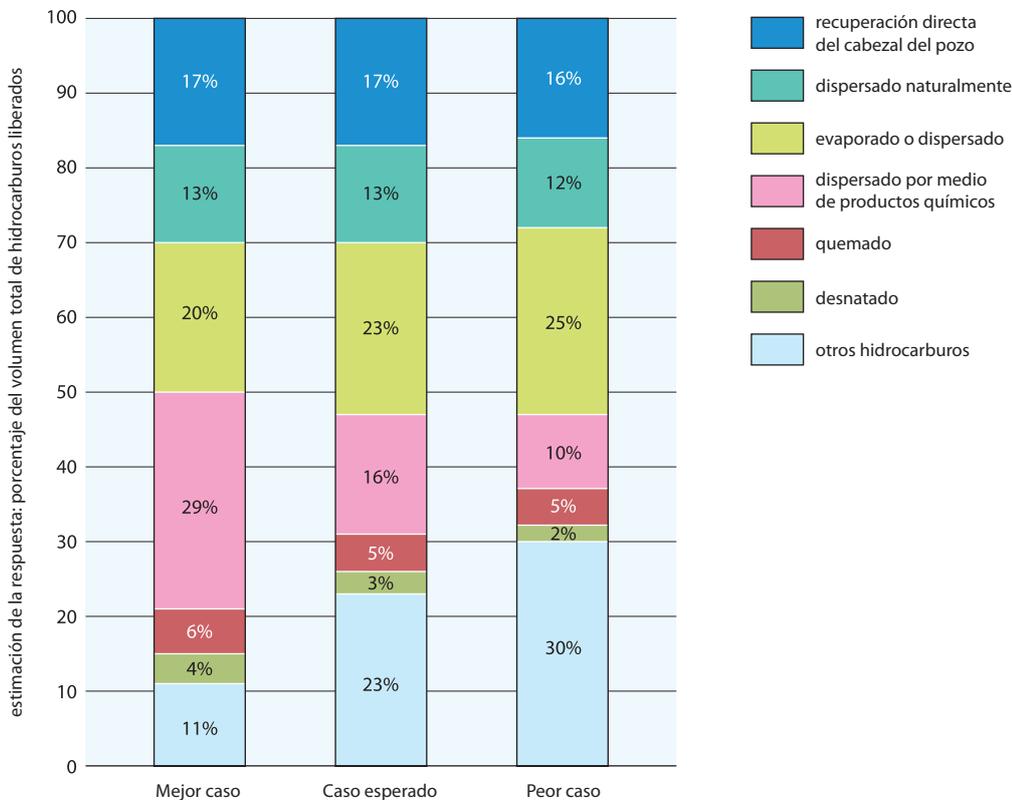
Eficiencia de la contención y recuperación en el mar

La experiencia obtenida de respuestas a derrames de hidrocarburos ha demostrado que es posible contener y recuperar aproximadamente del 5 al 20% del volumen del hidrocarburo derramado. Los siguientes incidentes ofrecen ejemplos:

- **MV Erika: derrame de buque tanque, 1999:** se derramaron aproximadamente de 19.000 a 20.000 toneladas de combustóleo pesado n.º 6 frente a la costa occidental de Francia. El hidrocarburo permaneció en la superficie del agua alrededor de dos semanas, pero las condiciones meteorológicas adversas obligaron a que la contención y recuperación se restringiera a únicamente unos cuantos días de buen clima. Se estima que se recuperó un total de 1200 toneladas (aproximadamente el 6% del volumen inicial derramado). (Fuente: CEDRE, 2009.)

- Incidente del Montara:** reventón de pozo, 2009: se derramaron aproximadamente 4800 m³ de crudo ligero durante un reventón de pozo en el campo Montara en el mar de Timor. Las condiciones meteorológicas y del mar eran favorables para las operaciones de contención y recuperación en el mar, las cuales las realizaron dos embarcaciones trabajando juntas del 5 de septiembre al 30 de noviembre. En total, se recuperaron 844 m³ de hidrocarburo emulsionado, de los cuales, 493 m³ eran de hidrocarburo crudo, aproximadamente un 10% del total derramado. (Fuente: CEDRE, 2009.)
- Incidente del Macondo, 2010:** se derramaron aproximadamente 4,9 millones de barriles durante el derrame de hidrocarburos en el Golfo de México. Se ha estimado que únicamente se logró extraer alrededor del 4% del hidrocarburo por medio de la contención y recuperación (Figura 11). Las opciones de respuesta primaria identificadas durante el incidente fueron la aplicación de dispersante y la quema *in situ*. Por lo tanto, el equipo esencial de apoyo, como los recursos de vigilancia aérea, fue asignado a estas opciones de respuesta en lugar de a las operaciones de contención y recuperación. Esto destaca el éxito de una respuesta integrada donde se empleó una variedad de opciones de respuesta.

Figura 11 Estimaciones de la respuesta expresadas como porcentajes del valor acumulado del hidrocarburo derramado durante el incidente del Macondo, hasta el 14 de julio de 2010 en el mejor caso, el caso esperado y el peor caso



Fuente: adaptado de FISG, 2010

Nota: estas estimaciones sirvieron únicamente como una guía para la respuesta nacional al incidente del Golfo del Deepwater Horizon MC252.

Desafíos

Hay una cantidad de factores que pueden reducir la eficiencia de las operaciones de contención y recuperación en el mar. Estas requieren de una consideración cuidadosa durante las fases de planificación para contingencias para derrames de hidrocarburos y de respuesta.

Entre los desafíos, se incluyen los siguientes:

- la disponibilidad de apoyo logístico (incluidas las embarcaciones) para una respuesta escalada;
- la posibilidad de la distribución y la fragmentación rápidas del hidrocarburo;
- las condiciones medioambientales predominantes (estado del mar, corrientes, viento);
- la capacidad de las embarcaciones para remolcar y maniobrar a bajas velocidades;
- las tasas de encuentro limitadas debido a las bajas velocidades de remolque y al reducido ancho de franja;
- la capacidad de almacenamiento temporal costa afuera frente a las tasas de recuperación del *skimmer*;
- la disponibilidad de personal competente para realizar y apoyar la operación;
- el campo de visión limitado provocado por la baja altura del ojo sobre el nivel del mar o mal clima, y
- falta de apoyo aéreo y comunicaciones.

Un alto nivel de preparación puede ayudar a superar estos desafíos, y puede mejorar e incrementar la eficiencia de la respuesta. Los elementos clave para generar la preparación de la respuesta incluyen:

- comprender las propiedades, el destino y los efectos potenciales del hidrocarburo;
- usar los mapas de sensibilidad y el modelado de derrames de hidrocarburos (es decir, predecir la trayectoria del hidrocarburo derramado y dónde es probable que tenga un impacto);
- seleccionar el equipo adecuado para responder al tipo de hidrocarburo derramado;
- capacitar a los equipos de respuesta para familiarizarlos con el equipo y comprender las técnicas de respuesta adecuadas;
- fomentar en los equipos de respuesta la generación de una interfaz eficiente entre los equipos con diferentes funciones en la respuesta, y
- realizar simulacros periódicos que incluyan la movilización del equipo de respuesta.

El comportamiento de los hidrocarburos y la “ventana de oportunidad”

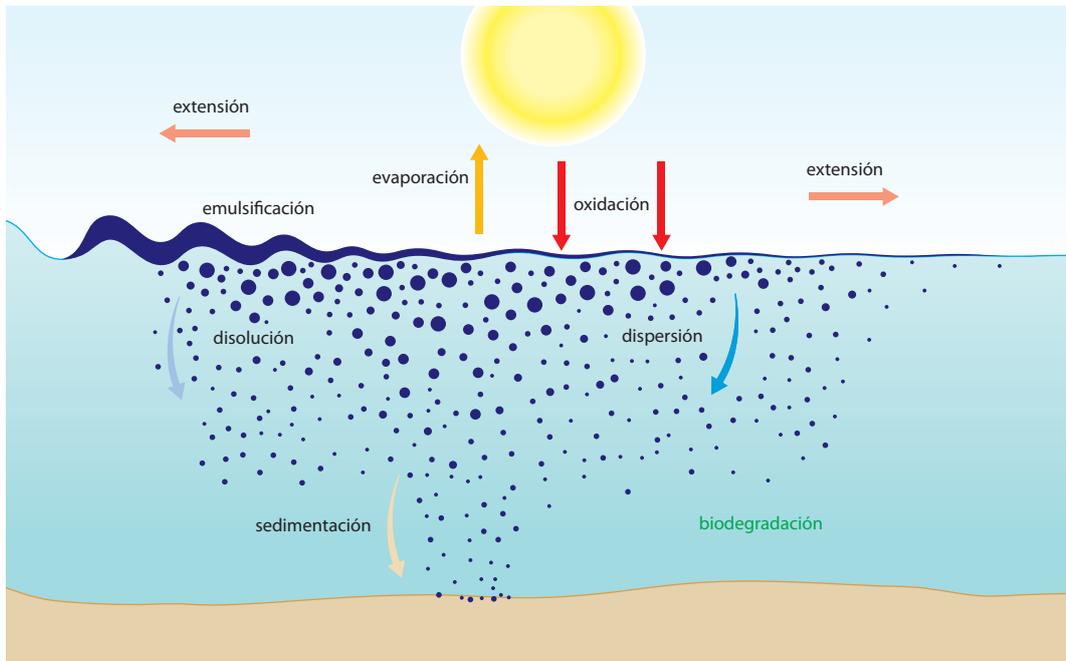
El éxito de un método de respuesta depende de que la respuesta se realice durante un marco temporal específico en el cual esa respuesta en particular logrará obtener el mayor grado de éxito. Este marco temporal se conoce como “ventana de oportunidad”. Para las operaciones de contención y recuperación en el mar, la ventana de oportunidad generalmente será lo más pronto posible después de que haya ocurrido la descarga de hidrocarburos, es decir, entre más temprano inicien las operaciones de contención y recuperación, más eficacia tendrán.

Cuando se descargan hidrocarburos al medio ambiente marino, estos quedan sujetos a los procesos de meteorización natural. Los procesos de meteorización que son más pertinentes para las operaciones de contención y recuperación en el mar son la evaporación, la distribución, la fragmentación y la emulsificación. Las propiedades químicas del hidrocarburo en cuestión y las condiciones medioambientales al momento de la descarga determinan la tasa y el tipo de meteorización que sucede (Figura 12).

Evaporación

La evaporación de los componentes más ligeros y volátiles de cualquier hidrocarburo inicia tan pronto como el hidrocarburo ingresa al medio ambiente marino. La tasa de evaporación depende de las características de la destilación (volatilidad) del producto, la temperatura ambiente, la velocidad del

Figura 12 El proceso de meteorización de los hidrocarburos



Fuente: adaptado de ITOPF

viento y el estado del mar, y pueden aumentar a medida que el hidrocarburo se distribuye y el espesor de la mancha se reduce. En general, la mayoría de los componentes más ligeros se evaporan dentro de las primeras 24 horas después de ocurrida la descarga.

Aunque el proceso de evaporación reduce el volumen total de hidrocarburos en la superficie del mar, la viscosidad del hidrocarburo restante se incrementará. Esto influye en la selección del dispositivo de recuperación y puede afectar la tasa de recuperación del hidrocarburo derramado.

La evaporación de los componentes más ligeros del hidrocarburo también puede crear un peligro de presencia de gases para el personal de respuesta. Por lo tanto, es esencial que, como mínimo, se cuente con monitoreo de gases para la protección de la fuerza laboral. La seguridad del personal siempre reviste la mayor importancia.

Extensión

El hidrocarburo derramado se extiende rápidamente después de haber sido descargado, cubriendo rápidamente una amplia zona y reduciendo su espesor hasta alcanzar un espesor de equilibrio.

La velocidad a la que el hidrocarburo se extiende depende de varios factores, entre estos:

- la viscosidad del hidrocarburo: un hidrocarburo de baja viscosidad se extiende a una velocidad mayor que los crudos medios o pesados. Esto se define por la gravedad específica del hidrocarburo, la cual se expresa generalmente como grados API;
- el aire ambiental y temperatura del mar: a medida que la temperatura aumenta, la viscosidad del hidrocarburo se reduce, aumentando así la velocidad de extensión, y
- la velocidad de la corriente y del viento: las velocidades mayores de la corriente y el viento aceleran la extensión del hidrocarburo generada por la gravedad.

Los efectos de la corriente y el viento significan que el hidrocarburo derramado generalmente no se extiende de manera uniforme o a un espesor uniforme. Esta extensión no uniforme puede ocasionar que hasta un 90% del volumen del hidrocarburo se concentre en tan solo un 10% de la zona impactada.

Extensión no uniforme del hidrocarburo bajo la influencia de la gravedad, el viento y las corrientes de superficie.



OSRL

Fragmentación

Una vez que el hidrocarburo derramado ha empezado a extenderse, también empieza a fragmentarse, separándose en manchas, chorros o hileras bajo la influencia del viento y las corrientes de superficie. La fragmentación incrementa adicionalmente al área total de cobertura, dejando áreas de agua abierta "limpia", intercaladas con manchas de hidrocarburo de la superficie.

Hidrocarburo fragmentado en forma de hileras corriendo paralelas a la dirección del viento.



OSRL

Emulsificación

La emulsificación ocurre cuando la acción del oleaje ocasiona que gotas de agua queden suspendidas en el hidrocarburo derramado para formar una emulsión de agua en aceite. Este proceso incrementa la viscosidad del hidrocarburo y su persistencia en el medio ambiente marino.

Las emulsiones pueden ser estables o inestables, exhibiendo cada tipo propiedades físicas diferentes. Las emulsiones estables tienen un mayor contenido de agua (generalmente mayor al 70%) y generalmente presentan una mayor viscosidad; pueden permanecer estables durante varias semanas, a menos que se traten con productos químicos para romper emulsiones o que se expongan al calor. Estas emulsiones persistentes muestran un color rojizo marrón y a menudo se conocen como “espuma de chocolate”. Una emulsión inestable tiene menor contenido de agua (generalmente menor al 50%) después del mezclado. Las emulsiones inestables se descomponen generalmente en fases acuosa y oleosa distintas tan pronto como desaparece la energía de mezclado o después de un aumento en la temperatura. Una emulsión inestable puede descomponerse después de algunos días o puede persistir un periodo tan breve como 24 horas, por ejemplo, cuando se forma una emulsión a medida que la mancha se enfría durante la noche, pero se rompe cuando el sol calienta el hidrocarburo en las horas de luz diurna. Las emulsiones inestables conservan el color del petróleo original, es decir, marrón oscuro o negro.

Las condiciones medioambientales, en particular, la energía del oleaje, juegan un papel decisivo en el proceso de emulsificación, donde las condiciones de alta energía tienen un mayor efecto de mezclado que las condiciones tranquilas de baja energía. Cuanto mayor sea el efecto de mezclado, más agua se incorporará a la emulsión, por lo que el volumen de la misma aumentará. En algunas circunstancias, el volumen de una emulsión de agua en aceite puede ser hasta un 80% mayor que el volumen del hidrocarburo derramado originalmente.



Hidrocarburo emulsionado en el mar.

Dispersión natural

Las olas y la turbulencia en la superficie del mar provocan que una parte del hidrocarburo se rompa para formar gotas más pequeñas que se mezclan en la parte superior de la columna de agua. Este es un proceso natural, el cual, con el paso del tiempo, puede reducir ampliamente el volumen de hidrocarburos en la superficie del mar. En algunas circunstancias, estas gotas de hidrocarburos dispersadas naturalmente pueden volver a coalescer en la superficie cuando la energía del oleaje disminuye.

¿Qué significado tiene esto para las operaciones de contención y recuperación en el mar?

Las operaciones de contención y recuperación en el mar son más eficientes cuando se realizan en zonas con mayor concentración del hidrocarburo derramado. Estas son generalmente las zonas con menor evaporación, extensión y fragmentación.

El modelado de derrames de hidrocarburos y la vigilancia (incluida la teledetección) pueden ayudar en la localización y la cuantificación del hidrocarburo derramado, permitiendo que las embarcaciones de contención y recuperación estén en el lugar y el tiempo correctos para maximizar la tasa de encuentro del hidrocarburo.

Es necesario comprender y monitorear los procesos de meteorización, de forma que se pueda hacer la mejor selección del equipo de recuperación. Esto, a su vez, garantizará que no se comprometa la eficiencia de la operación de recuperación. Por ejemplo, si un tipo de hidrocarburo y las condiciones medioambientales indican que el hidrocarburo derramado emulsionará rápidamente, será preferible seleccionar *skimmers* mecánicos o con vertedero (ver página 7) debido a su versatilidad y su capacidad de recolectar el producto en diferentes etapas de meteorización.

Consideraciones medioambientales

La combinación de una amplia variedad de condiciones medioambientales, en particular la visibilidad, la altura de las olas o la velocidad de la corriente y el viento, influirán en las decisiones relacionadas con el tipo específico de equipo de contención que se seleccione y la viabilidad de las operaciones de respuesta.

Se deberá tener cuidado al momento de evaluar estas consideraciones medioambientales. Por ejemplo, en un mar agitado con olas de 4 metros, periodos de onda cortos y mar transversal impulsado por las olas es probable que se eviten las operaciones de respuesta en el mar debido a preocupaciones de seguridad del personal de respuesta; sin embargo, un oleaje con olas de 4 metros, pero un periodo de onda significativamente mayor, puede resultar adecuado.

Debido a que la viabilidad de la respuesta y la selección del equipo adecuado dependen de las circunstancias precisas al momento de la descarga, no resultaría práctico intentar especificar las limitaciones medioambientales definitivas relacionadas con las operaciones de respuesta en el mar en general. Sin embargo, se pueden considerar las directrices indicativas que se muestran en la Tabla 1 desde una perspectiva del desempeño del equipo.

Tabla 1 Directrices acerca de las limitaciones medioambientales para la contención y recuperación convencionales

Limitaciones medioambientales generales*			
Visibilidad	Altura máxima de la ola	Corriente/velocidad de remolque máxima	Velocidad máxima del viento
Horas de luz natural, niebla	2,5 metros	0,75 nudos	20 nudos

*La seguridad del personal reviste la mayor importancia. Se debe tomar una decisión de respuesta en cada etapa operativa.

Los desarrollos recientes se han enfocado en expandir la gama de condiciones medioambientales en las cuales se puede lograr la contención y recuperación exitosa en el mar, en particular, en mejorar la capacidad de las barreras de contención para desempeñarse de manera eficaz en corrientes de mayor velocidad y en condiciones más extremas de vientos y olas.

Limitaciones operativas

Además de gestionar los desafíos y las limitaciones que implican las condiciones medioambientales y los procesos de meteorización del hidrocarburo, también será responsabilidad del personal de respuesta maximizar la eficacia general de la operación de respuesta.

Por ejemplo, cuando la capacidad de responder de manera segura se ve influida por factores medioambientales como vientos fuertes y condiciones del mar o temperaturas extremas, la implementación de un sistema de una sola embarcación puede resultar adecuada, ya que podría ofrecer mayor flexibilidad y reducir las restricciones logísticas. Sin embargo, otras limitaciones operativas también podrían contrarrestar esta ventaja.

La necesidad de mantener operaciones eficientes de contención y recuperación en el mar cuando el hidrocarburo se ha extendido significativamente y se ha fragmentado sobre grandes zonas geográficas, plantea un desafío operativo adicional. Esto requiere de la atención cuidadosa en el enfoque de la respuesta y la selección del equipo adecuado.

Tipos y causas de fallas en las barreras

Las operaciones de contención no siempre logran ser exitosas. Cuando este caso sucede, la causa generalmente recae en una de las categorías que se presentan a continuación.

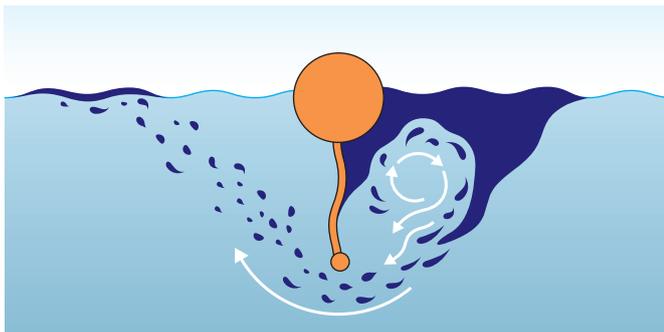
Fallas por corriente y arrastre

Las fallas por corriente y arrastre ocurren cuando la corriente de la superficie es demasiado fuerte o las embarcaciones se mueven más rápidamente que la velocidad máxima de remolque para las barreras de contención (generalmente, alrededor de 0,75 nudos para una barrera convencional).

Durante las fallas por corriente, la velocidad de la barrera a través del agua provoca que esta se aplane sobre la superficie del mar permitiendo que el hidrocarburo escape. Esto también puede ocurrir cuando el viento y la corriente están presentes en direcciones opuestas.

Durante las fallas por arrastre, la velocidad de la barrera a través del agua crea un vórtice que permite que el hidrocarburo pase por debajo del faldón de la barrera (Figura 13).

Figura 13 *Falla de la barrera por arrastre del hidrocarburo*

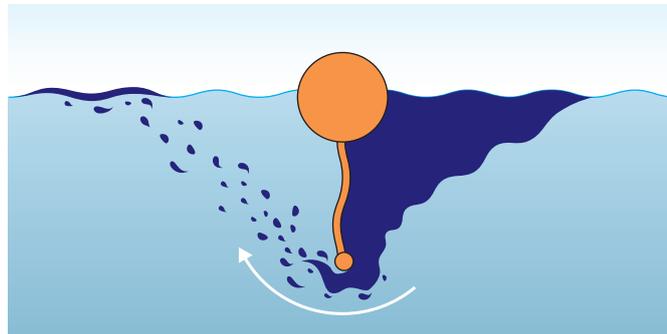


Las pistas visuales de fallas de la barrera incluyen la aparición de vórtices detrás del ápice de la barrera y arrastre del hidrocarburo concentrado. Es normal ver un lustre ligero detrás del ápice incluso en las operaciones de mayor éxito. Generalmente, las fallas de la barrera ocurren cuando las embarcaciones están remolcando demasiado rápidamente o cuando el tipo o la capacidad de la barrera no son adecuados para las circunstancias en la cual se está implementando. Ambos tipos de fallas se pueden evitar o mitigar mediante capacitación a las tripulaciones de las embarcaciones.

Fallas por drenaje

Las fallas por drenaje ocurren cuando el volumen del hidrocarburo concentrado en el ápice de la barrera excede la capacidad máxima de retención del tipo de barrera que se está empleando (Figura 14). A medida que aumenta el volumen del hidrocarburo encontrado, este es empujado hacia abajo del flanco del faldón de la barrera. Si el volumen creciente de hidrocarburo agobia la capacidad de retención de la barrera, el hidrocarburo recolectado es empujado por debajo del faldón y escapa. Para evitar que ocurran fallas por drenaje, el hidrocarburo contenido debe recuperarse y transferirse a dispositivos de almacenamiento temporal antes de que la barrera alcance la capacidad máxima.

Figura 14 *Falla de la barrera por drenaje del hidrocarburo a medida que se excede la capacidad de retención de la barrera*



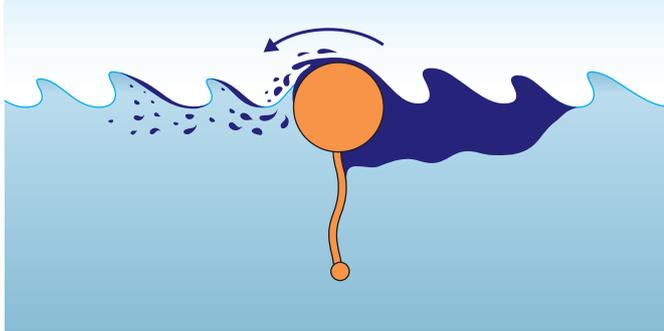
Fallas por salpicaduras

Las fallas por salpicaduras ocurren cuando la acción de las olas es demasiado para la barrera que se está utilizando. Las olas con una longitud de onda reducida y gran amplitud (pendiente de ola alta) son más propensas a causar fallas por salpicaduras que las olas con una longitud de onda amplia y amplitud reducida (pendiente de ola baja). Las olas pronunciadas son generadas normalmente por fuertes vientos de superficie, especialmente al moverse en contra de la corriente.

El perfil redondeado de la cámara de inflación de una barrera de contención ayuda a contrarrestar el efecto al "seguir" a todas las olas, excepto las más pronunciadas. Esta característica de seguimiento de la ola es una consideración clave del diseño en un sistema eficaz de contención y recuperación. Otras características de diseño que reducen este efecto son los francobordos altos (es decir, la distancia desde la línea del agua hasta la parte superior de la barrera) y la inclusión de una cámara de lastre de agua en lugar de un faldón tradicional. La naturaleza de los hidrocarburos derramados crea un efecto de calma en la superficie, el cual, por sí mismo, puede ayudar al personal de respuesta contribuyendo a reducir la pérdida de contención provocada por fallas por salpicadura.

En la Figura 15 de la página 23 se ilustra la falla de una barrera debido a salpicaduras en condiciones de olas de alta amplitud.

Figura 15 *Falla de la barrera debido a salpicaduras en condiciones de olas de gran amplitud*



Daños a la barrera

Las barreras de contención están diseñadas para ser robustas y capaces de resistir implementaciones repetidas y por tiempos prolongados en una variedad de entornos costa afuera. A pesar de esto, pueden ocurrir daños si se exceden los parámetros de operación segura.

Pueden ocurrir daños a la barrera cuando la cadena o los cables de tensión fallan y la fuerza de remolque se ejerce a través del material de la barrera. Esto ocurre a menudo cuando se opera la barrera fuera de sus parámetros de diseño o cuando se remolca demasiado rápidamente. Para evitar este tipo de falla, es esencial contar con una comunicación clara entre las embarcaciones para evitar daños al equipo o lesiones al personal. La competencia de la tripulación es esencial para la implementación segura y eficaz de una barrera de contención. La capacitación y los simulacros juegan un importante papel para mantener la competencia de la tripulación al generar conciencia de las limitaciones de los diferentes tipos de barreras y los posibles impactos en el desempeño de la embarcación.

También pueden ocurrir daños cuando la barrera de contención recoge residuos flotantes que pueden perforar o desgarrar el material de la barrera.

Otras limitaciones

Hay una variedad de factores que tienen el potencial de afectar las operaciones de contención y recuperación en el mar. Estas incluyen:

- mantenimiento y reparación del equipo;
- tiempo de navegación hacia y desde el sitio del derrame hasta un puerto o instalación portuaria;
- cambios en la tripulación;
- logística de las embarcaciones como carga de combustible, avituallamiento (alimentos, agua, etc.), y
- gestión de residuos, incluido el almacenamiento disponible, el tiempo necesario para transferir el hidrocarburo recuperado de los *skimmers* a los tanques o barcasas de las embarcaciones, etc.

Avances tecnológicos

En años recientes, se ha dado un enfoque a incrementar las tasas de encuentro para equipararlas con las tasas de recuperación relativamente altas de los *skimmers* modernos, ofreciendo así una mayor eficacia para las operaciones de contención y recuperación en el mar. Los avances tecnológicos en el diseño del sistema de contención incluyen:

- diseño mejorado para reducir el tiempo de implementación;
- diseño hidrodinámico para permitir mayor velocidad de remolque;
- separación integrada de hidrocarburo/agua dentro de la barrera;
- sistema de redes para reducir la velocidad de superficie del hidrocarburo y el agua contenidos;
- almacenamiento temporal de hidrocarburo contenido dentro de la estructura, y
- *skimmers* mejorados integrados en las barreras activas.

Los métodos de contención convencionales pueden proporcionar grandes amplitudes de franja, pero generalmente se limitan a velocidades de corrientes/remolque de alrededor de 0,75 nudos. Esta configuración es eficaz para lograr una alta tasa de encuentro en escenarios donde las operaciones de contención comienzan en etapas tempranas de la meteorización o se desarrollan cerca de la superficie de una descarga continua.

Los sistemas de contención de alta velocidad ofrecen una amplitud de franja menor, pero pueden operar a velocidades de corriente/remolque de hasta 5 nudos. En escenarios donde el hidrocarburo se ha extendido y fragmentado significativamente, o donde se requiere maniobrabilidad, dichos sistemas pueden lograr una tasa de encuentro mayor que los métodos convencionales de contención.

Barrera de alta velocidad con red integrada para reducir la velocidad del hidrocarburo/agua en superficie.

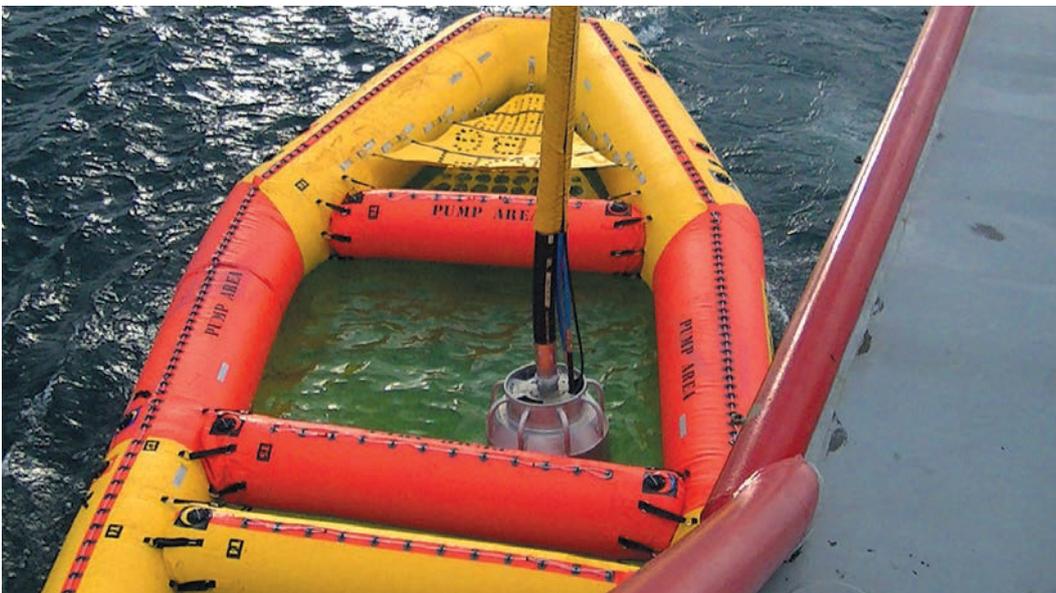


Desmi

Las capacidades de la placa de identificación del *skimmer* (es decir, las capacidades de operación publicadas por los fabricantes) pueden ser relativamente altas, de hasta 300 m³ por hora en algunos dispositivos. Sin embargo, aunque los *skimmers* y las bombas de transferencia pueden ser técnicamente capaces de lograr dichos niveles de rendimiento, estas capacidades pueden no ser representativas de la tasa de encuentro efectiva en un escenario real. En la práctica, hay una variedad de factores adicionales, como el espesor de la mancha o la tasa de encuentro, la viscosidad del hidrocarburo, la disponibilidad de suficiente capacidad de almacenamiento, etc. que influirán en el nivel de rendimiento.

Las mejoras en la tecnología de desnatado están ayudando a mejorar la eficiencia para la recuperación de hidrocarburos. Estas incluyen la aplicación de un recubrimiento de fibra para los *skimmers* de disco y la introducción de desnatado de disco/cilindro ranurado.

La capacidad de las instalaciones de almacenamiento temporal puede tener un impacto en la cantidad de hidrocarburos recuperados en el mar. En años recientes, se han desarrollado sistemas de contención integrados que combinan contención de alta velocidad con capacidad de almacenamiento temporal; en algunos casos estos pueden contener hasta 30 m³ de hidrocarburo. Aunque estos beneficios son tangibles, la necesidad de contar con almacenamiento temporal o intermedio sigue siendo importante para el éxito de las operaciones. Un desafío adicional que plantean tanto las barreras integradas como las convencionales es la recolección de residuos que, en potencia, pueden obstruir la barrera y/o el dispositivo de recuperación del hidrocarburo.



NOPI

Almacenamiento temporal integrado en el ápice de la barrera.

Recursos de respuesta

Las operaciones de contención y recuperación en el mar dependen de la combinación y la integración de una cantidad de recursos, incluidos:

- embarcaciones;
- barreras de contención;
- dispositivo de recuperación;
- almacenamiento de residuos;
- equipo auxiliar, y
- personal capacitado y competente.

Embarcaciones

Para una operación típica de contención y recuperación en el mar, se requiere una embarcación de implementación y, como mínimo, una embarcación de remolque. Estas pueden ser embarcaciones que han sido diseñadas específicamente para operaciones de respuesta a derrames o pueden ser embarcaciones de oportunidad (VOO, por sus siglas en inglés), es decir, embarcaciones comerciales y recreativas (por ejemplo, embarcaciones de arrastre) aportadas por los propietarios para brindar asistencia durante una respuesta a derrames de hidrocarburos.

Algunas organizaciones tienen criterios o estándares específicos (generalmente relacionados con la seguridad) que todas las embarcaciones que toman parte en una respuesta deben cumplir. Se debe realizar un estudio de la embarcación antes del inicio de las operaciones para garantizar que satisfaga los requisitos de seguridad y reglamentarios. También se debe considerar el medio ambiente operativo en el cual la embarcación deberá operar; por ejemplo, para operar en entornos árticos, se requiere de embarcaciones rompehielos.

De manera ideal, una embarcación adecuada para implementación debe tener:

- espacio adecuado de cubierta para cargar, asegurar e implementar el equipo de respuesta de manera segura;
- popa abierta;
- una grúa de cubierta para elevar equipo, con carga de trabajo razonablemente segura a un alcance extendido;
- un medio de (o la capacidad de tener instalada) comunicación de embarcación a embarcación y de embarcación a aire;
- tanques de la embarcación certificados adecuadamente con capacidad de almacenar hidrocarburos recuperados, o espacio adecuado/apropiado para tanques de almacenamiento temporal, y
- alojamiento e instalaciones adecuados para el personal a bordo.

Será necesario considerar un método para transferir y transportar el hidrocarburo recuperado. En algunos casos, particularmente en climas fríos, se requerirán tanques con calefacción para asegurar que el hidrocarburo no se vuelva demasiado viscoso al momento de bombearse.

Durante operaciones prolongadas y donde las transferencias de barco a barco están permitidas, se debe considerar el uso de una embarcación independiente para llevar y traer suministros y producto recuperado entre las embarcaciones de contención y recuperación y la costa, o a una embarcación de almacenamiento en campo para descargar producto. Esto permitirá que las embarcaciones de trabajo permanezcan en la estación en modo de recuperación durante periodos prolongados para maximizar las tasas de encuentro.

Barreras de contención

En la Tabla 2 se presenta una comparación de los sistemas de contención, con un resumen de sus ventajas y desventajas.

Tabla 2 Ventajas y desventajas de los diferentes tipos de barreras de contención

	Descripción	Ventajas	Desventajas
Barreras convencionales			
	Las barreras inflables convencionales se utilizan generalmente para actividades costa afuera, ya que tienen buenas características de seguimiento del oleaje. Aunque hay muchas variaciones de las barreras convencionales costa afuera, los principios de operación siguen siendo los mismos.	La implementación y el mantenimiento de una barrera convencional son procesos relativamente sencillos y, por lo tanto, este tipo de barrera es idealmente adecuada para derrames en los que es necesario implementar y recuperar la barrera con frecuencia a medida que las embarcaciones "cazan" el hidrocarburo. Las barreras de inflación convencionales requieren considerablemente menos espacio de almacenamiento.	Para completar el sistema, es necesario identificar un dispositivo de recuperación adecuado y una instalación para el almacenamiento de los residuos. Las barreras convencionales son sensibles a daños provocados por residuos en el agua. Las barreras inflables requieren un tiempo de implementación generalmente mayor.
Sistemas activos			
	Los sistemas activos de barreras incorporan una bomba o un <i>skimmer</i> dentro de la estructura de la barrera para crear un sistema de contención y recuperación combinado o integrado. El dispositivo de recuperación se coloca en el ápice para extraer el hidrocarburo contenido. Las barreras activas están generalmente equipadas con dispositivos con una alta tasa de recuperación.	Se logra una mayor conveniencia de operación con una cantidad menor de componentes que se deben implementar, operar y mantener en un sistema de contención y desnatado integrado. Los sistemas activos tienen un potencial de recuperación mayor.	Las barreras activas son más complicadas de implementar, recuperar, mantener y reparar que las barreras convencionales. Recolectan una cantidad considerable de agua junto con el hidrocarburo, por lo que son más adecuadas para usarse en zonas con mayor concentración/espesor de hidrocarburos.
Sistemas de alta velocidad			
	Los sistemas de alta velocidad tienen la capacidad de ser remolcados a mayores velocidades. Algunos incorporan instalaciones de almacenamiento temporal y un separador de hidrocarburo/agua para aumentar la eficiencia de la respuesta.	Los sistemas de alta velocidad se pueden remolcar a mayores velocidades y, por lo tanto, tienen una mayor tasa de encuentro. La incorporación de almacenamiento temporal y un separador con vertedero maximiza la cantidad de hidrocarburo que se recupera y minimiza la cantidad de agua que se incorpora.	Generalmente, se requiere una embarcación exclusiva para recuperar hidrocarburos desde la barrera, ya que el ápice se encuentra a una distancia considerable de las embarcaciones de remolque; alternatively, una vez lleno, el remolque puede detenerse y se puede utilizar una de las embarcaciones de remolque para recuperar el hidrocarburo. Los sistemas de alta velocidad son proclives a recolectar residuos que pueden reducir la eficiencia de la contención y tienen el potencial de causar daños al sistema.

Dispositivos de recuperación

En la Tabla 3 se presenta una comparación de los sistemas de recuperación, con un resumen de sus ventajas y desventajas.

Tabla 3 Ventajas y desventajas de los diferentes tipos de dispositivos de contención

	Descripción	Ventajas	Desventajas
Skimmers oleofilicos			
	Un <i>skimmer</i> oleofilico usa bandas, cepillos, discos, cilindros o cuerdas que tienen propiedades oleofilicas (afines al aceite). La superficie oleofilica recoge el hidrocarburo que se extrae, a continuación, por medio de raspadores y se bombea al dispositivo de almacenamiento.	La cantidad de agua recolectada se reduce al compararse con otros tipos de <i>skimmers</i> . En condiciones óptimas, hasta un 95% del líquido recuperado es hidrocarburo.	Los <i>skimmers</i> de disco y cilindro no son adecuados para usarse con hidrocarburos pesados y pierden la eficiencia si el hidrocarburo emulsiona (es decir, el alto porcentaje de agua inhibe la capacidad del hidrocarburo para adherirse a la superficie oleofilica). Excepto algunos <i>skimmers</i> de cepillo, el uso de los <i>skimmers</i> oleofilicos generalmente se limita a aguas relativamente tranquilas.
Skimmers con vertedero			
	Un <i>skimmer</i> con vertedero coloca el extremo de un vertedero en la interfaz aceite/agua y el hidrocarburo fluye hacia la zona de recolección desde donde se puede bombear para su almacenamiento.	Los <i>skimmers</i> con vertedero generalmente tienen una mayor capacidad de recuperación y son eficaces para usarse en algunos hidrocarburos de alta viscosidad (los rangos de viscosidad recomendados dependen del modelo y el fabricante).	Los <i>skimmers</i> con vertedero son sensibles a las condiciones meteorológicas y tienden a recuperar una proporción relativamente grande de agua. Los <i>skimmers</i> con vertedero generalmente requieren monitoreo continuo y ajustes frecuentes de parte del operador para garantizar la máxima eficiencia.
Skimmers mecánicos			
	Un <i>skimmer</i> mecánico extrae físicamente el hidrocarburo de la superficie del agua mediante el uso de redes, cilindros, bandas transportadoras (por ejemplo, el <i>skimmer</i> Marco Belt) o cubos operados por grúas.	Los <i>skimmers</i> mecánicos son eficaces en hidrocarburos de alta viscosidad y en hidrocarburos meteorizados o emulsionados. Pueden operar en áreas donde haya presencia de pequeñas cantidades de residuos.	Para maximizar la eficiencia de la operación, se prefiere una capa espesa de hidrocarburo. Puede ser necesaria la inyección de agua o vapor para permitir la transferencia del hidrocarburo al dispositivo.

Almacenamiento de residuos

En la Tabla 4 se presenta una comparación de las instalaciones para almacenamiento de residuos, con un resumen de sus ventajas y desventajas.

Tabla 4 Ventajas y desventajas de los diferentes tipos de instalaciones para almacenamiento de residuos

	Descripción	Ventajas	Desventajas
Contenedores intermedios en volumen (IBC, por sus siglas en inglés) o barriles			
	Los IBC son contenedores de plástico con una capacidad cúbica de alrededor de 1-2 m ³ rodeados de un marco de metal. Se pueden almacenar y asegurar fácilmente en la cubierta.	Los IBC/barriles son fácilmente disponibles y se pueden transportar con facilidad.	Los IBC ocupan un valioso espacio en la cubierta y tienen capacidad limitada.
Dispositivos de almacenamiento mini e inflables			
	Las barcazas inflables para almacenamiento se componen de una prolongación lateral saliente inflada con un faldón de plástico flotando debajo. Generalmente tienen una capacidad de hasta 50 m ³ . También hay disponibles vejigas de almacenamiento flotantes que se pueden enrollar para almacenarse y después implementarse en la superficie del agua donde se expanden a medida que los líquidos recuperados se transfieren desde los <i>skimmers</i> .	El hidrocarburo recuperado no se almacena a bordo de la embarcación de remolque. Las barcazas o vejigas de almacenamiento se pueden remolcar por medio de una embarcación separada, permitiendo la continuación de las operaciones de contención por periodos prolongados. Una vez desinfladas, se pueden almacenar en áreas relativamente pequeñas.	Las barcazas de almacenamiento son susceptibles a daños, lo que puede generar la pérdida del hidrocarburo recuperado. La maniobrabilidad de la embarcación de remolque puede verse restringida debido a la proximidad de una o más barcazas o vejigas de almacenamiento. Pueden ser necesarios preparativos especiales para la recuperación de la barcaza en un puerto. El diseño grande de algunas barcazas evita su utilización en aguas poco profundas.
Tanques			
	Estos son los tanques de almacenamiento interno propios de las embarcaciones de remolque; la capacidad varía en función de la embarcación.	El hidrocarburo se almacena internamente a bordo de la embarcación de remolque sin tener que abastecerse en el almacenamiento temporal. Algunas embarcaciones tienen tanques con calefacción que pueden ayudar a reducir la viscosidad del hidrocarburo.	Los sistemas internos de la embarcación pueden no cumplir los requisitos reglamentarios para la manipulación del hidrocarburo recuperado. Los propietarios de las embarcaciones no siempre están dispuestos a almacenar hidrocarburos en los tanques de sus barcos.

Nota: es necesario considerar opciones de transferencia para los residuos; las bombas de transferencia de la embarcación o las bombas portátiles se requerirán para transferir el hidrocarburo recuperado del almacenamiento temporal al intermedio. En algunos lugares, es posible que se apliquen reglamentos para la transferencia de barco a barco.

Equipo auxiliar

Se requieren varios artículos de equipo auxiliar cuando se utilizan opciones de contención y recuperación en el mar. Estos artículos incluyen:

- equipo de seguridad como los dispositivos para monitoreo del aire y equipo de protección personal (EPP);
- una fuente de alimentación para el carrete de la barrera (de usarse), skimmer y bombas: esto a menudo será en la forma de un paquete hidráulico o los sistemas hidráulicos a bordo de la embarcación;
- mangueras hidráulicas u otros medios para conectar la fuente de alimentación al skimmer y las bombas; estas necesitan tener la longitud suficiente para implementar el equipo en el ápice de la barrera;
- mangueras para la descarga del hidrocarburo;
- inflador de aire;
- dispositivos de flotación para las mangueras y boyas;
- bridas para remolcar las barreras;
- artículos consumibles (combustible, aceite, materiales absorbentes, cuerdas, etc.);
- equipo para descontaminación;
- equipo para lavado del personal, el equipo y las embarcaciones, y
- embarcación de apoyo; esta sería una embarcación de propósito múltiple que puede realizar tareas que incluyen el monitoreo del aire, la eliminación de residuos y la reinflación de las cámaras de aire.

Personal

El siguiente personal clave es esencial para las operaciones exitosas de contención y recuperación en el mar.

- **Capitán de la embarcación:** responsable de la seguridad de la embarcación y la tripulación y de supervisar o llevar a cabo los movimientos de la embarcación.
- **Supervisor de cubierta:** debe estar designado para gestionar las operaciones de cubierta y orientar al capitán de la embarcación acerca de las velocidades de remolque. Esta función es el enlace principal de las comunicaciones entre el puente y la cubierta de la embarcación. Cuando sea posible, el supervisor de cubierta debe mantener una función de supervisión estrictamente, enfocándose en monitorear las técnicas de implementación y garantizar la seguridad de las operaciones.
- **Tripulaciones de implementación:** deben tener el tamaño suficiente para realizar operaciones en cubierta, pero debe limitarse al personal que sea esencial para las actividades de implementación para mantener la eficacia y la seguridad de las operaciones.

El personal operativo a cargo de las operaciones de contención y recuperación en el mar requerirá capacitación y un alto nivel de competencia para realizar operaciones seguras y eficaces.

Las embarcaciones abastecidas para la respuesta necesitan tener una tripulación lo suficientemente grande para operar la embarcación y brindar apoyo a las operaciones de implementación de la barrera y recuperación del hidrocarburo. Generalmente, esta tripulación contará con experiencia marítima sustancial y, al menos, algún grado de conocimiento local. Si se prevén operaciones nocturnas, se requerirán miembros adicionales de la tripulación para formar dos turnos.

Donde sea viable, es preferible capacitar a las tripulaciones de las embarcaciones antes de la ocurrencia de algún derrame. Por ejemplo, una empresa petrolera que realice actividades de exploración y producción costa afuera tendrá sus propias embarcaciones y tripulaciones, y en este caso se debe establecer un programa de capacitación para generar competencia en la tripulación.

En otras circunstancias, en particular donde se abastecen embarcaciones de oportunidad durante una respuesta, será necesario abastecer personal de respuesta experimentado para supervisar a las tripulaciones de las embarcaciones y ofrecerles capacitación sobre la marcha al realizar operaciones de contención y recuperación.

Como mínimo, el personal debe estar capacitado en:

- los requisitos de salud y seguridad para realizar operaciones de contención y recuperación y en seguridad en el mar en general;
- realizar verificaciones previas a la implementación y operación segura del equipo;
- configuraciones y técnicas de remolque, y
- las causas de fallas de la barrera y la manera de evitarlas.

Se debe realizar la capacitación regular planificada, incluidos los ejercicios prácticos y los simulacros, para mantener la competencia del personal capacitado. Estos eventos pueden ser más eficaces mediante el uso de “imitaciones de hidrocarburo” como palomitas de maíz u otros objetos de ayuda flotantes, que se pueden emplear para añadir realismo a un simulacro.

Seguimiento y vigilancia

Apoyo aéreo

Uno de los desafíos de la contención eficaz es la visibilidad del hidrocarburo al operar a nivel del mar. La vigilancia aérea (por ejemplo, mediante el uso de aeronaves o aerostatos) puede ser útil para incrementar la eficiencia de las operaciones de contención y recuperación en el mar al usar la vista desde la altura para guiar a las embarcaciones de recuperación hacia las zonas de mayor concentración de hidrocarburos. Las aeronaves y las embarcaciones requieren un medio adecuado de comunicación, de preferencia radios de frecuencia ultra alta (UHF, por sus siglas en inglés), frecuencia muy alta (VHF, por sus siglas en inglés) o alta frecuencia (HF, por sus siglas en inglés) marinas.

La aeronave asignada para la respuesta puede servir como un recurso de propósitos múltiples, realizando una cantidad de funciones en apoyo de una gama amplia de técnicas de respuesta, incluidas:

- cuantificación e identificación de manchas (por ejemplo, el código de apariencia de hidrocarburos del Acuerdo de Bonn²)
- actuar como avión de observación para monitorear y guiar las operaciones, incluidas la contención y recuperación, la aplicación de dispersante y la quema *in situ*;
- llevar a cabo operaciones de aplicación aérea de dispersante, y
- observación de la fauna.

Los sistemas aéreos no tripulados (UAS, por sus siglas en inglés) tienen la posibilidad de llenar un vacío importante en la capacidad de vigilancia, con la capacidad de operar a una escala asociada tradicionalmente con aeronaves de ala fija y hasta a escalas casi *in situ* (tácticas cercanas). Algunos tienen capacidad de vuelo a bajas alturas, con grados de flexibilidad de vuelo y sin exposición humana. Por lo tanto, pueden complementar a las aeronaves tripuladas y, por supuesto, a los satélites. Los UAS representan una nueva tecnología en el dominio civil, y vale la pena considerar su potencial y los desafíos relacionados, los cuales se delimitan en IPIECA-IOGP (2014) y en API (2013).

² El código de apariencia de hidrocarburos del Acuerdo de Bonn (BAOAC, por sus siglas en inglés) es una serie de cinco categorías o “códigos” que describen la relación entre la apariencia del hidrocarburo en la superficie del mar y el espesor de la capa de hidrocarburo. Ver: www.bonnagreement.org/site/assets/files/3952/current-status-report-final-19jan07.pdf

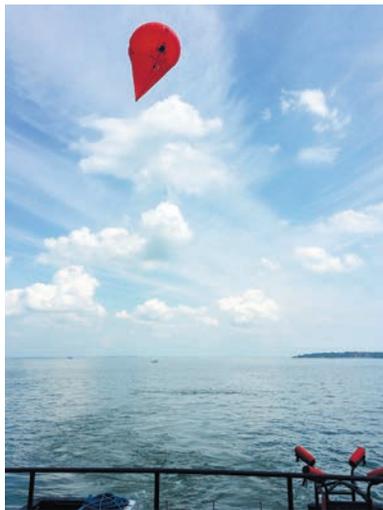
En el futuro, los UAS jugarán un papel cada vez más importante en las operaciones de respuesta a derrames de hidrocarburos, y su mercado probablemente crecerá rápidamente en los próximos años. La industria debe asegurarse de estar lista para aprovechar eficazmente esta tecnología, por lo que se requiere de un estrecho monitoreo de sus desarrollos dentro de los siguientes años, tanto en los requisitos técnicos como reglamentarios.

Tecnologías para detección de derrames montadas en embarcaciones

Los aerostatos fijos son una alternativa de bajo perfil a las aeronaves tripuladas. Los aerostatos fijos son globos flotantes llenos de helio, atados a una embarcación por medio de una línea de unión. Se instala una cámara, la cual puede incluir sensores de imágenes térmicas, en la parte inferior del globo. Esto puede ofrecer una transmisión directa en vivo para ayudar al capitán de la embarcación. Adicionalmente, en función de la capacidad de transmisión de datos del sistema y de la embarcación, puede ser posible transmitir datos del derrame directamente al centro de comando del incidente.

Derecha: un aerostato fijo atado a una embarcación por medio de una línea de unión.

Extremo derecho: ejemplo de transmisión directa en vivo desde un aerostato fijo.



OSRL



OSRL

Al contrario de las aeronaves, que solo pueden permanecer en la escena y proporcionar ayuda a las embarcaciones durante un periodo breve, un aerostato puede implementarse desde una embarcación y brindar cobertura casi continua durante el periodo de la operación.

Se deben considerar la planificación cuidadosa y el control del espacio aéreo si se van a utilizar estos dispositivos simultáneamente con aeronaves de vuelo a baja altitud; en algunas partes del mundo, pueden aplicarse restricciones reglamentarias. Cada vez más, las tecnologías de infrarrojo y de espectro múltiple están disponibles para ofrecer una aproximación del espesor relativo del hidrocarburo en condiciones de luz variable.

Los sistemas de radar para detección de derrames de montaje en embarcaciones han evolucionado para permitir la detección de derrames de hidrocarburos hasta a 12 millas náuticas de la embarcación (sujeto a la altura del ojo del radar). Los radares tienen la capacidad de definir detalles de la mancha por medio del monitor de pantalla montado en el puente para destacar información como el tamaño de la mancha y otros datos de utilidad.

Seguridad

Las operaciones de contención y recuperación en el mar son peligrosas por naturaleza y se deben adoptar medidas para proteger al personal de la respuesta. Los riesgos a la salud y la seguridad del personal, como en las operaciones cerca del agua, y la exposición a los elementos, son típicos de cualquier operación costa afuera, y se incrementan por las condiciones que se enfrentan durante la contención y recuperación de hidrocarburos. Las cubiertas resbaladizas, los peligros de tropiezos provocados por mangueras enredadas, las cuerdas de remolque sujetas a altas tensiones y las largas jornadas de trabajo bajo alta presión plantean peligros adicionales a las tripulaciones y los equipos de respuesta. El hidrocarburo flotante también puede plantear peligros de inhalación e incendio y explosión en función de la volatilidad del hidrocarburo y su estado de meteorización.

Se debe conducir las operaciones de tal forma que se aboquen a reducir a un mínimo el riesgo a la salud y la seguridad de todo el personal. Se debe operar el equipo de acuerdo con las directrices recomendadas por el fabricante, dentro de las limitaciones especificadas y de acuerdo con las buenas prácticas y procedimientos de operación. También es esencial que el personal de respuesta utilice el EPP correcto y que se realice el monitoreo de aire/gas de la manera que se describe más adelante en esta sección.

Es de primordial importancia que se establezca una capacitación suficiente y un nivel de competencia base antes del inicio de las operaciones. Se debe ofrecer una sesión informativa diaria acerca de la seguridad, basada en la evaluación de riesgos específica para la operación, a todo el personal a bordo de la embarcación por parte de una persona calificada. El personal que normalmente no forma parte de la tripulación de la embarcación debe recibir información de seguridad en general y de procedimientos de emergencia; esta normalmente la ofrece el capitán de la embarcación o un miembro de la embarcación nominado.

Durante una respuesta real, los patrones de trabajo serán diferentes a la rutina regular de un personal de respuesta. La fatiga plantea un posible promotor de riesgos y es necesario considerar las jornadas de trabajo y los cambios de tripulación; estos deben seguir el plan de seguridad desarrollado por el equipo de gestión del incidente. Se debe emprender una planificación cuidadosa para asegurar que las embarcaciones puedan promover el bienestar del personal, incluido el suministro de artículos médicos, personal de primeros auxilios capacitado y evacuación médica en caso de presentarse la necesidad.

Peligros medioambientales

El personal que realiza las operaciones de contención y recuperación en el mar está expuesto a los peligros medioambientales, muchos de los cuales se pueden mitigar a través de la planificación y la capacitación adecuadas. Normalmente, las operaciones de contención y recuperación no se deben realizar en condiciones que excedan las limitaciones prescritas relacionadas con la seguridad del personal y los recursos, la pérdida incrementada de eficiencia de la respuesta y los peligros adicionales asociados con algunas condiciones del mar. La deshidratación, el estrés por frío/calor, la insolación y los mareos son también consideraciones importantes que se deben gestionar adecuadamente. El equipo de gestión del incidente debe apoyar las operaciones de campo al ofrecer orientación en seguridad; sin embargo, los capitanes de las embarcaciones y los supervisores de cubierta deben asegurarse de que se respeten las buenas prácticas de seguridad en todo momento. Los patrones de turnos que se introducen durante los periodos de trabajo pueden evitar la exposición prolongada a las condiciones predominantes, especialmente al trabajar en temperaturas extremas y en otras condiciones medioambientales.

Monitoreo de gases

A medida que los hidrocarburos se evaporan, liberan gases a la atmósfera que pueden ser nocivos para la salud. Al trabajar con hidrocarburos o cerca de estos, es importante realizar protocolos específicos de ingreso al sitio; las embarcaciones deben aproximarse a la zona de operaciones a barlovento mientras se realiza monitoreo de gas atmosférico, lo cual debe continuar a lo largo de la operación. Se debe monitorear la dirección del viento continuamente y, si las concentraciones alcanzan un nivel inseguro, las embarcaciones deben evacuar la zona con vientos de costado hasta alcanzar una zona segura. Los monitores de gases deben medir:

- sulfuro de hidrógeno (H₂S);
- oxígeno;
- compuestos orgánicos volátiles (VOC, por sus siglas en inglés);
- monóxido de carbono;
- límite inferior de explosión (LEL, por sus siglas en inglés) (basado en el metano), y
- benceno.

Algunos tipos de hidrocarburos emiten más H₂S y VOC que otros, por lo que es importante conocer el tipo de hidrocarburo o las propiedades previstas del hidrocarburo. Se pueden utilizar monitores de gas personales y de área para monitorear los niveles de gases, y siempre se debe hacer un plan de evacuación de emergencia y comunicarlo antes de entrar a la zona de operaciones.

Evaluación de riesgos

Las operaciones de contención y recuperación en el mar se realizan en entornos cambiantes y, en ocasiones, impredecibles. La operación en dichos entornos puede ser una situación potencialmente estresante para el personal, lo que puede significar que el personal de respuesta participe en largas jornadas de trabajo realizando operaciones que pueden ser muy diferentes a su trabajo cotidiano. Estos factores adicionales pueden agravar aún más los riesgos asociados con la contención y recuperación en el mar.

Se deben desarrollar y revisar evaluaciones de riesgos específicas para el sitio y la operación de forma regular. También puede ser necesario actualizar las evaluaciones de riesgo cuando ocurre algo que altere el entorno operativo; por ejemplo, este puede ser un cambio en el clima o el uso de un tipo diferente de equipo. Se debe implementar un proceso de evaluación de riesgos dinámico y utilizarse en todas las embarcaciones y en todos los sitios de trabajo para asegurar que las actividades se desarrollen en todo momento con las mitigaciones de riesgo adecuadas instauradas.

Como parte del régimen de seguridad, se deben realizar sesiones informativas al inicio de cada periodo de operaciones para asegurarse de que el personal de respuesta continúe consciente de los peligros y las medidas de control y, especialmente, de la forma en que dichas medidas se pueden ajustar para considerar, por ejemplo, el pronóstico del clima para un periodo particular o las variaciones en las tareas y las funciones.

Las cinco etapas de una evaluación de riesgos específica para el sitio y la operación son:

- identificar los peligros;
- determinar quién está expuesto a cada peligro;
- evaluar la forma en que las personas pueden ser impactadas por este peligro e identificar las medidas para controlar el riesgo;
- registrar la evaluación e implementar las medidas de control del riesgo, y
- revisar la evaluación y actualizarla cuando sea necesario.

Medidas de preparación

La prevención de un derrame de hidrocarburos es siempre uno de los objetivos de la industria del petróleo y el transporte. Sin embargo, aunque se toman medidas significativas para evitar la ocurrencia de un derrame, siempre permanece un riesgo residual.

La preparación es un elemento fundamental al momento de establecer un esquema conceptual para una respuesta robusta con la capacidad de enfrentar escenarios que varían desde derrames pequeños hasta el peor caso verosímil, de la forma definida en la evaluación de riesgos para derrames de hidrocarburos.

Los componentes fundamentales del proceso de preparación son:

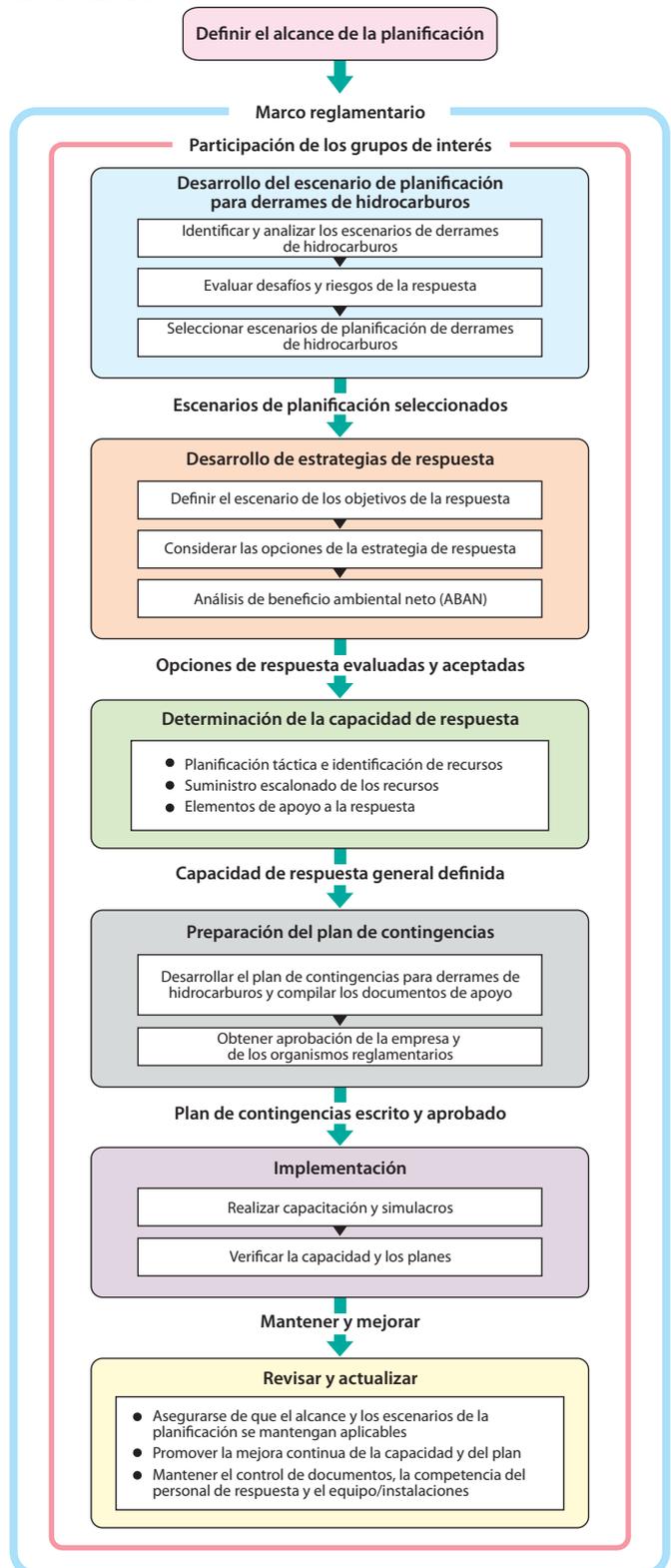
- desarrollo del escenario de planificación para derrames de hidrocarburos;
- desarrollo de estrategias de respuesta;
- determinación de la capacidad de respuesta;
- documentación de la planificación para contingencias;
- implementación, y
- revisión y actualización.

Se pueden encontrar detalles adicionales en la Guía de buenas prácticas acerca de la planificación para contingencias para derrames de hidrocarburos sobre el mar de IPIECA-IOGP (IPIECA-IOGP, 2015a).

Las consideraciones específicas durante la fase de planificación que son pertinentes a la contención y recuperación en el mar incluyen:

- selección del tipo, número y cantidad de barreras de contención, de acuerdo con la ubicación de la operación y el riesgo o los riesgos asociados
- selección del dispositivo de recuperación más eficiente, de acuerdo con los volúmenes esperados y los cambios previstos en las características del hidrocarburo, así como las condiciones medioambientales predominantes;
- opciones de almacenamiento para el hidrocarburo/agua recuperados, con capacidad suficiente de alojar los volúmenes que, en potencia, se podrían recuperar durante un periodo de operaciones;
- acceso a embarcaciones adecuadas para la implementación y la operación seguras y eficaces del equipo;
- proximidad a puertos e instalaciones portuarias que actúen como áreas de almacenamiento para la movilización del personal y el equipo, así como la recepción de hidrocarburo/agua impregnada, y
- acceso a personal de respuesta competente y capacitado, o la implementación de la capacitación adecuada a este personal de respuesta.

Figura 16 El proceso de planificación para contingencias para derrames de hidrocarburos



Al realizar la planificación de respuesta táctica para la contención y recuperación en el mar, se debe considerar la filosofía de la preparación y respuesta escalonada, especialmente al considerar el tamaño y la ubicación de las reservas que se deben establecer, identificar los lugares donde se deben abastecer las embarcaciones y determinar las escalas cronológicas para la implementación.

A menudo, hay un deseo de predecir la cantidad de equipo de respuesta requerido basado en una fórmula matemática que usa el volumen estimado de hidrocarburo derramado como dato de entrada. Este enfoque implica una variedad de desafíos, por ejemplo, durante la fase de planificación, es posible que no se pueda predecir el tamaño final de una respuesta. Por lo tanto, se prefiere generalmente que los planificadores establezcan las capacidades de respuesta haciendo un mayor hincapié en factores como la capacidad de escalar los recursos e implementarlos en cascada en el escenario de una respuesta para generar la capacidad requerida. Para obtener orientación adicional acerca de este tema, consulte la Guía de buenas prácticas de IPIECA-IOGP acerca de la preparación y respuesta escalonada (IPIECA-IOGP, 2015b).

Ejercicios prácticos, capacitación y simulacros

Los ejercicios prácticos, la capacitación y los programas de simulacros son una parte importante de los preparativos de emergencia para contaminación por hidrocarburos. Estos programas a menudo comparten una variedad de elementos comunes, aunque los aspectos específicos serán determinados por el plan de contingencias para derrames de hidrocarburos de una operación o los requisitos reglamentarios.

Las personas con funciones de respuesta de emergencia deben recibir capacitación relacionada con la función que desempeñan. Esto garantiza que el personal esté totalmente consciente de sus funciones asignadas y que tenga práctica en la ejecución de esas funciones.

Un programa de simulacros y ejercicios prácticos puede ofrecer la garantía de que el equipo, la logística, los sistemas y las comunicaciones que se requieren durante una respuesta a derrame de hidrocarburos estén preparados. Los simulacros son de mayor utilidad cuando están vinculados directamente con los escenarios descritos en el plan de contingencias para derrames de hidrocarburos.

El Convenio internacional sobre cooperación, preparación y lucha contra la contaminación por hidrocarburos de 1990 (Convenio OPRC) obliga a los gobiernos que han ratificado el Convenio a establecer un programa de simulacros para las organizaciones de respuesta para contaminación por derrames de hidrocarburos, junto con la capacitación del personal pertinente.

Los operadores de instalaciones costa afuera deben buscar integrar sus programas dentro del marco conceptual gubernamental, donde estos se han desarrollado a nivel nacional.

Un simulacro típico debe incluir una variedad de participantes, incluidos los siguientes:

- equipo de gestión del incidente;
- equipo de respuesta en campo;
- terceros de apoyo (por ejemplo operador de embarcación o barcaza);
- reguladores, y
- grupos de interés.

Capacitación para implementación de barreras de contención.



OSRL

Comando y control

Un equipo de gestión del incidente (EGI), que normalmente se ubica dentro del puesto de comando del incidente (PCI), es responsable de adquirir valiosa información de campo para determinar las opciones de respuesta más apropiadas para el incidente. Cada elemento de la operación debe recibir un documento informativo y acerca de la tarea antes de llevarse a cabo las operaciones. En el caso de la contención y recuperación en el mar, esto podría incluir:

- un plan de seguridad;
- la estructura del comando;
- la zona de operación;
- embarcaciones, equipo y personal necesarios;
- instrucciones específicas para las técnicas de uso de las barreras;
- un plan de gestión de residuos;
- un plan de comunicaciones;
- aviso de otras operaciones que se realicen en la misma zona, y
- cualquier cambio importante en los objetivos del incidente o las prioridades.

El EGI es también responsable de coordinar el esfuerzo logístico para apoyar al incidente. Esta actividad puede ir desde organizar los alimentos y el agua para el personal hasta proporcionar la cantidad adecuada de radios de VHF para lograr operaciones eficientes en el campo. Para las opciones de contención y recuperación en el mar, los requisitos logísticos pueden ser muchos e incluir los siguientes:

- embarcaciones de abastecimiento adecuadas;
- transporte de personal y equipo y continuidad de personal;
- preparación de la extracción de residuos recubiertos e impregnados de hidrocarburos de las embarcaciones;
- abastecimiento y adquisición de consumibles como EPP, materiales absorbentes y combustibles;
- mantenimiento, reparación y reemplazo de equipos;
- establecimiento de redes de comunicación adecuadas, y
- apoyo y orientación en materia de seguridad.

Comunicaciones

El establecimiento de una comunicación eficaz para las operaciones de contención y recuperación es esencial para garantizar operaciones seguras y eficaces. La comunicación ineficaz entre el PCI y las embarcaciones, entre el soporte de vigilancia aérea y las embarcaciones o entre el puente y la cubierta puede ocasionar una recuperación no exitosa del hidrocarburo o a situaciones inseguras o accidentes.

Un plan de comunicación debe incluir:

- señales de llamadas y frecuencia de transmisión de los recursos implementados;
- métodos de comunicación y métodos alternativos, y
- protocolos de comunicación de emergencia.

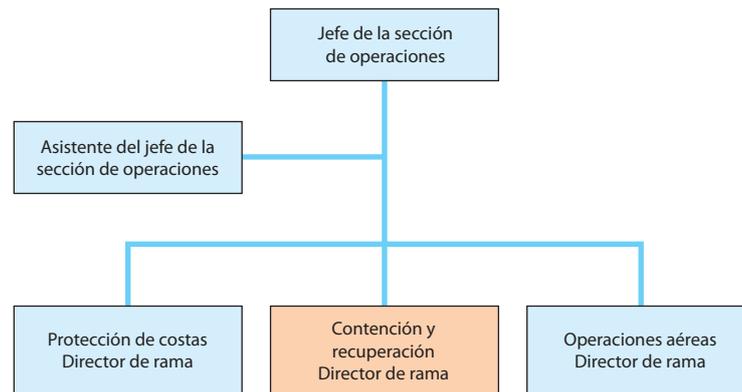
Los métodos de comunicación pueden incluir radios de varias bandas, teléfonos satelitales y teléfonos móviles (celulares). El equipo de comunicación en las embarcaciones puede variar, particularmente cuando las embarcaciones de oportunidad se utilizan en una respuesta; lo cual puede dar como resultado la necesidad de adaptar los métodos de comunicación implementados.

Gestión de incidentes para contención y recuperación

Un sistema de gestión de incidentes (SGI) como el sistema de comando del incidente (SCI, por sus siglas en inglés) puede ofrecer beneficios a una respuesta, lo que permite la gestión de una respuesta a gran escala al definir el comando y el control en grupos y equipos manejables de varias funciones. Los aspectos fundamentales de un SGI dependen de la gestión de acuerdo con los objetivos. Un SGI incluye terminología estandarizada, funciones y responsabilidades definidos y líneas de comunicación claras.

La contención y recuperación en el mar debe emprenderse como parte de la sección de operaciones de un SGI y se puede establecer como una rama o un grupo. Finalmente, el director o el supervisor responsable de la contención y recuperación deben informar al jefe de la sección de operaciones (ver Figura 17).

Figura 17 Ejemplo de la estructura del comando de incidentes para la sección de operaciones



Tanto las comunicaciones formales como las informales serán críticas para organizar un esfuerzo de respuesta eficaz y coordinado. Se pueden cotejar los datos de todas las secciones de la respuesta para ayudar a comunicar un plan de acción del incidente (PAI) exhaustivo que contenga los objetivos y las prioridades de la operación.

Es responsabilidad del director de rama de contención y recuperación (o similar) coordinar los recursos de contención y recuperación. Esto involucra una coordinación y cooperación estrecha con otros elementos del EGI, incluidos los siguientes.

- Operaciones aéreas;
- Operaciones de quema in situ;
- Operaciones de dispersante;
- Control de la fuente;
- Logística, y
- Planificación.

Realidades de la contención y recuperación; historial de un caso

El incidente del derrame del Montara en 2009

El incidente del Montara ocurrió en agosto de 2009 como resultado del reventón de un pozo en el mar de Timor, frente a la costa norte de Australia Occidental. Se liberaron aproximadamente 4800 toneladas de crudo ligero ceroso, que formó grandes mareas negras en la superficie del mar.

El relato verbal de un miembro del equipo de respuesta costa afuera se reproduce a continuación, junto con mensajes clave de la situación real.



Recuperación de hidrocarburos usando un skimmer con vertedero.

Mensaje de la situación real: Los *skimmers* de baja eficiencia pueden inundar con agua excesiva rápidamente el almacenamiento costa afuera.

Relato verbal: *"Recuperamos alrededor de 30 toneladas de líquido al día, una parte del cual era agua. De manera ideal, pudimos haber extraer el agua por decantado, pero no se obtuvo la aprobación para hacerlo. Había capacidad de almacenamiento limitada en cubierta y esto realmente ralentizó nuestro progreso; ya que a medida que se llenaba, teníamos que esperar a que se vaciara por parte de otra embarcación".*

Mensaje de la situación real: Una tripulación capacitada, buena comunicación y embarcaciones adecuadas son esenciales para una respuesta segura y eficaz.

Relato verbal: *"La barrera se dañó debido a las intensas fuerzas ejercidas sobre ella, es necesario desplazarse a velocidades muy lentas al remolcar". De manera ideal, sería preferible una embarcación de remolque pequeña, pero tanto la embarcación de implementación como la de remolque eran grandes".*

Mensaje de la situación real: En un entorno costa afuera, la seguridad reviste la mayor importancia y los peligros a menudo se exageran.

Relato verbal: *"El calor era también un gran problema al trabajar en cubierta, la mayoría de los días era superior a los 50 °C lo que convertía a la deshidratación en un peligro mayor. Teníamos refugio muy reducido en cubierta. Desde el punto de vista de la logística, este era un derrame de manejo difícil, ya que estábamos operando a 230 km de tierra y, por lo tanto, la evacuación médica y el soporte eran algo remoto".*

Mensaje de la situación real: Los residuos en la superficie pueden impedir las tasas de recuperación.

Relato verbal: *“Los residuos se convirtieron en el principal problema. Con frecuencia, hay grandes cantidades de residuos flotando costa afuera; trozos de madera, plástico, poliestireno, etc. Estos en realidad se interponen cuando estás tratando de trabajar, se concentran en la barrera y no hay manera eficaz de deshacerse de ellos sin liberar el hidrocarburo que has logrado reunir. Además, cuando se acumulan, dañan la barrera. También plantean un problema para los skimmers y pueden obstruir las mangueras”.*

Mensaje de la situación real: La transferencia del producto debe formar parte del sistema de contención y recuperación.

Relato verbal: *“Con hidrocarburos de alta densidad, la contención no es en realidad el problema”. Tampoco es el problema la recuperación utilizando el skimmer; el problema es bombear el hidrocarburo viscoso hacia arriba a los tanques de almacenamiento”.*

Mensaje de la situación real: El almacenamiento de los residuos es a menudo el factor limitante.

Relato verbal: *“El almacenamiento es otro problema mayor, y puede ser realmente el factor limitante cuando se trata de la contención y recuperación. El almacenamiento en cubierta es naturalmente muy limitado, y aunque el bombeo hacia los tanques de la embarcación pueda parecer la solución obvia, a los propietarios de las embarcaciones a menudo no les gusta tener sus tanques llenos de hidrocarburos. Una solución que he visto que funciona bien es disponer de barcasas de almacenamiento que pueden ir y venir entre nuestra embarcación y la costa para llevarse el hidrocarburo que hemos recuperado”.*



OSRL

Mensaje de la situación real: Las condiciones meteorológicas costa afuera a menudo limitan las oportunidades de realizar operaciones de contención y recuperación.

Relato verbal: *“Hay una ventana de oportunidad muy reducida para las operaciones de contención y recuperación en términos de condiciones meteorológicas”. En algunas partes del mundo, por ejemplo, en el mar del Norte, las condiciones meteorológicas pueden ser inadecuadas para las operaciones, en algunos casos. Muchas respuestas a derrames incluyen tener que esperar el clima lo suficientemente adecuado para empezar el trabajo. Otras restricciones incluyen la horas de luz natural para operar con seguridad (a menos que se disponga de tecnología de teledetección), la fatiga impuesta en el personal durante periodos prolongados de respuesta también pueden reducir la eficiencia de la operación”.*

Conclusiones

La contención y recuperación en el mar es una herramienta valiosa dentro del conjunto de herramientas para respuestas a derrames de hidrocarburos, ya que extrae físicamente el hidrocarburo derramado de la superficie del mar. Al igual que en todas las opciones de respuesta, el personal de respuesta puede enfrentarse a una multitud de desafíos que tienen el potencial de reducir la eficacia general de la contención y recuperación como opción de respuesta. Sin embargo, con una planificación rigurosa y un esquema conceptual de preparación robusto que permitan el acceso rápido al equipo adecuado y a recursos calificados y capacitados, la contención y preparación en el mar sigue siendo un método eficaz y una parte importante del conjunto de herramientas para respuestas.

Para maximizar la protección de la amplia gama de recursos medioambientales que pueden verse afectados por un derrame, es importante considerar cada opción del conjunto de herramientas, de forma que se pueda seleccionar la combinación óptima de las opciones de respuesta de acuerdo con los resultados de un análisis de beneficio ambiental neto completo.

Lista de acrónimos

EGI	Equipo de gestión del incidente
EPP	Equipo de protección personal
E&P	Exploración y producción, por sus siglas en inglés
GIRG	Grupo mundial de respuesta de la industria, por sus siglas en inglés
GPG	Guía de buenas prácticas
HF	Alta frecuencia, por sus siglas en inglés
IOGP	Asociación Internacional de Productores de Petróleo y Gas
IPIECA	Asociación para la Conservación Ambiental de la Industria Petrolera Internacional
ISB	Quema <i>in situ</i> , por sus siglas en inglés
OSCP	Plan de contingencias para derrames de hidrocarburos, por sus siglas en inglés
PAI	Plan de acción del incidente
PCI	Puesto de comando del incidente
SCI	Sistema de comando del incidente
SIMOPS	Operaciones simultáneas, por su nombre en inglés
SGI	Sistema de gestión de incidentes
UHF	Frecuencia ultra alta, por sus siglas en inglés
VHF	Frecuencia muy alta, por sus siglas en inglés
VOC	Compuesto orgánico volátil, por sus siglas en inglés

Referencias y lecturas adicionales

API (2013). *Remote Sensing in Support of Oil Spill Response. Planning Guidance*. API Technical Report 1144 (September 2013). www.oilspillprevention.org/~media/oil-spill-prevention/spillprevention/r-and-d/oil-sensing-and-tracking/1144-e1-final.pdf

Bonn Agreement Oil Appearance Code (BAOAC). Available at: www.bonnagreement.org/publications

CEDRE (2015). Case study of the MV *Erika* tanker spill. Available on the Cedre website at: <http://www.cedre.fr/en/Our-resources/Spills/Spills/Erika>

DOI/NOAA (2010). *BP Deepwater Horizon Oil Budget: What Happened to the Oil?*

EOSP (2012). Integrated Response Concept. Enhancing Oil Spill Preparedness website. Available at: www.eosp-preparedness.net/integrated-response-concept

FISG (2010). *Oil Budget Calculator: Deepwater Horizon*. A report to the National Incident Command, produced by the Federal Interagency Solutions Group, Oil Budget Calculator Science and Engineering Team, November 2010. www.restorethegulf.gov/sites/default/files/documents/pdf/OilBudgetCalc_Full_HQ-Print_111110.pdf

Hall, C. J., Henry, W. J. III, and Hyder, C. R. (2011). Hopedale Branch: A Vessel of Opportunity Success Story. In *International Oil Spill Conference Proceedings: March 2011*, Vol. 2011, No. 1, pp. abs407. doi: <http://dx.doi.org/10.7901/2169-3358-2011-1-407>

IPIECA-IOGP (2013). *The use of decanting during offshore oil spill recovery operations*. Report of the IOGP Global Industry Response Group (GIRG) response to the Macondo incident off the Gulf of Mexico in April 2010. Proyecto conjunto del sector sobre respuesta ante derrames de hidrocarburos de IOGP-IPIECA (OSR-JIP). <http://oilspillresponseproject.org>

IPIECA-IOGP (2014). *An Assessment of Surface Surveillance Capabilities for Oil Spill Response using Airborne Remote Sensing*. Work Package 2 ('Surface Surveillance') of the IOGP Global Industry Response Group (GIRG) response to the Macondo incident in the Gulf of Mexico in April 2010. Proyecto conjunto del sector sobre respuesta ante derrames de hidrocarburos de IOGP-IPIECA (OSR-JIP). <http://oilspillresponseproject.org>

IPIECA-IOGP (2015a). *Contingency planning for oil spills on water*. IPIECA-IOGP Good Practice Guide Series, Oil Spill Response Joint Industry Project (OSR-JIP). IOGP Report 519. <http://oilspillresponseproject.org/completed-products>

IPIECA-IOGP (2015b). *Tiered preparedness and response*. IPIECA-IOGP Good Practice Guide Series, Oil Spill Response Joint Industry Project (OSR-JIP). IOGP Report 526. <http://oilspillresponseproject.org/completed-products>

ITOPF (2011). *Use of booms in oil pollution response*. ITOPF Technical Information Paper 03. Available at: www.itopf.com/knowledge-resources/documents-guides/document/tip-3-use-of-booms-in-oil-pollution-response

NOFI (2009). *Efficiency of NOFI Current and Harbour Buster Systems Compared to Conventional oil Booms*. NOFI Document no. L600-H-550. NOFI Tromsø AS internal document, Kvaløya, Norway.

OSRL (2015). *Containment and Recovery Field Guide*. Available at: www.oilspillresponse.com/technical-library/?tag=field%20guides&p=2

Agradecimientos

Este documento fue escrito por Shane Jacobs (OSRL) bajo el auspicio del grupo de trabajo de Contención y Recuperación en el Mar. Se agradecen ampliamente los conocimientos, los aportes y la orientación de los miembros de la Red de Respuesta Mundial (GRN, por sus siglas en inglés).

Esta página se ha dejado intencionalmente en blanco

IPIECA

IPIECA es la asociación de la industria global de hidrocarburos y del gas para cuestiones medioambientales y sociales. Desarrolla, comparte y fomenta las buenas prácticas y el conocimiento para ayudar a la industria a mejorar su desempeño medioambiental y social; y es el canal de comunicación principal que la industria tiene con las Naciones Unidas. A través de sus grupos de trabajo dirigidos por miembros y del liderazgo de sus directivos, IPIECA reúne la experiencia técnica colectiva de las compañías y asociaciones del petróleo y del gas. Su posición única dentro de la industria permite a sus miembros responder con eficacia a los principales asuntos medioambientales y sociales.

www.ipieca.org



IOGP representa a la industria procesadora de materias primas del petróleo y del gas ante organizaciones internacionales como la Organización Marítima Internacional, los convenios de mares regionales del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) y otros grupos que se encuentran bajo el auspicio de las Naciones Unidas. A nivel regional, IOGP es el representante de la industria ante la Comisión Europea y el Parlamento Europeo y la Comisión OSPAR para el Nordeste atlántico. Igualmente importante es el papel de IOGP en la elaboración de las mejores prácticas, especialmente en las áreas de salud, seguridad, medio ambiente y responsabilidad social.

www.iogp.org

