

INTRODUCCION

El petróleo es la fuente principal de energía para muchas actividades humanas de la sociedad actual, tales como la industria, la minería y el transporte (otras fuentes de energía son el carbón, el gas natural y la caída de aguas de los ríos).

El petróleo y sus productos de refinación no son sustancias específicas y únicas, puesto que son mezclas de varios hidrocarburos y otros compuestos cuyas propiedades físicas y químicas son muy variadas. Este hecho determina su comportamiento e impacto en los elementos ambientales (recursos físicos, recursos biológicos y actividades socioeconómicas) cuando ocurre un derrame.

La explotación y el transporte de petróleo son las principales fuentes de contaminación por hidrocarburos ya que aproximadamente el 60% de la producción mundial de petróleo se transporta por vía marítima y se calcula que el 0.1% de ésta se derrama en el mar (mas o menos 2,2 millones de toneladas al año).

Se considera derrame o fuga de hidrocarburos a todo vertimiento o descarga de éstos en el ambiente, lo que origina que los hidrocarburos mencionados escapen del control de quienes los manipula.

Después que ocurre un derrame o fuga de hidrocarburos su comportamiento físico es un factor trascendental a considerar para evaluar los peligros sobre el ambiente. Así, por ejemplo, una vez que ha ocurrido la descarga o derrame de petróleo en el mar se forma una capa delgada sobre la superficie del agua y se producen diversos procesos físicos, químicos y biológicos que determinan el grado de daño que el hidrocarburo causa al ambiente marino. El conocimiento de estos procesos y la interacción que se da entre ellos es esencial para tomar apropiadas decisiones de respuesta a derrames.

Por lo tanto, siempre que se produzca un derrame o fuga el propietario o concesionario deberá adoptar las acciones inmediatas tendientes a la reparación, recuperación y/o limpieza necesarias del área afectada.

El petróleo, aunque no es necesariamente la más peligrosa de las sustancias transportada a granel por vía marítima, es indudablemente la más importante desde el punto de vista del tonelaje acarreado, y en consecuencia la sustancia de mayor posibilidad de derramarse en el mar y de producir daños en el medio marino.

Los productos refinados, para consumo doméstico, se transportan por rutas a los puntos de distribución y por mar a plantas de almacenamiento y distribución a lo largo de nuestra costa.

Como podemos deducir, la posibilidad de la ocurrencia de un siniestro marítimo que involucre derrame de hidrocarburos en el mar, no es remota.

Los daños que implican un derrame de petróleo podrían constituir una verdadera catástrofe así como los gastos que se deriven del mismo, fácilmente alcanzarían cifras cuantiosas.

Por lo expuesto un adecuado PLAN DE CONTINGENCIA para enfrentar derrames de hidrocarburos u otras sustancias nocivas al facilitar las operaciones de respuesta, es el elemento clave que permite transformar un eventual desastre en una situación de daños moderados.

DESARROLLO

DERRAMES DE HIDROCARBUROS:

Los accidentes de contaminación tanto en tierra como en los cuerpos de agua resultan inevitables en la industria petrolera, debido a los grandes volúmenes de hidrocarburos que se manejan. Siendo así, los derrames pueden provenir de dos fuentes :

- Terrestres : – Ruptura de ductos.
 - Pérdidas de plantas industriales.

b) Marinas : – Buque tanque (lavado y limpieza de tanques, carga y descarga, colisiones).

– Pozos mar adentro (ruptura de ductos, descontrol de producción).

EFECTOS AMBIENTALES

Un derrame de petróleo lleva consigo una serie de cambios progresivos de sus propiedades físico-químicas los cuales se atribuyen al proceso de intemperización, el cual incluye : evaporación, disolución, dispersión, oxidación, emulsificación, sedimentación y biodegradación.

La intemperización es la pérdida de ciertos componentes del petróleo a través de una serie de procesos naturales que comienzan una vez que ocurre el derrame y continúan indefinidamente.

EVAPORACIÓN :

Este proceso afecta la composición del producto derramado: aumenta su densidad y viscosidad y decrece su solubilidad en el agua, reduciendo así el nivel de toxicidad del producto.

En la medida que los compuestos más volátiles se evaporan, el petróleo se hace más pesado y puede llegar a hundirse. A las 24 horas casi el 40% del petróleo se ha evaporado.

Estos porcentajes van variando de acuerdo al grado de viscosidad del hidrocarburo, por lo que el proceso de evaporación juega un papel muy importante en los derrames, en especial cuando se trata de gasolinas o crudos livianos.

DISOLUCIÓN :

Este proceso es aquel por el cual parte del hidrocarburo se disuelve en el volumen de la columna de agua y en los alrededores del derrame. El tiempo de disolución depende de la composición, tasa de esparcimiento, temperatura del agua, turbulencia y grado de dispersión.

Aunque el proceso comienza inmediatamente, es de largo plazo y continúa durante todo el proceso de degradación del hidrocarburo. Es de notar que los compuestos más ligeros son los más solubles en el agua y por lo tanto se convierten en los más tóxicos, por lo que es muy importante calcular su concentración, para estimar los posibles efectos tóxicos.

OXIDACIÓN :

Es la combinación química de hidrocarburos con el oxígeno atmosférico y contribuye a la descomposición o degradación final del petróleo. Cuanto más área expuesta exista, mayor será la oxidación y mayor la velocidad de degradación. Este proceso es lento puesto que sólo una pequeña cantidad de oxígeno puede penetrar en una mancha de petróleo.

La radiación ultravioleta solar produce la oxidación fotoquímica, dependiendo de la intensidad de la radiación

solar.

EMULSIFICACIÓN :

Este es el proceso por el cual un líquido se dispersa en otro líquido en forma de pequeñas gotitas, es decir como suspensión. Muchos hidrocarburos presentan una tendencia a absorber agua en emulsiones que pueden aumentar el volumen del contaminante en un factor entre 3 y 4. Estas emulsiones a menudo son extremadamente viscosas y como resultados de estos los demás procesos que harían que el hidrocarburo se disipe se ven retardados.

SEDIMENTACIÓN :

Puede suceder por dos mecanismos: el primero se define en la medida que el hidrocarburo se interperiza resultando en un incremento de su densidad respecto al agua circundante y por consiguiente se hunde. El segundo ocurre por la adhesión de las partículas suspendidas en la columna de agua al petróleo.

BIODEGRADACIÓN :

Este es el proceso por el cual la mancha desaparece del medio ambiente. Ciertas especies de bacterias marinas, hongos y otros organismos utilizan los hidrocarburos como fuente de alimento. Es un proceso natural y muy lento debido al agotamiento continuo de oxígeno, a la formación de emulsiones de agua en petróleo (mousse), etc.

La tasa de biodegradación depende del contenido de nutrientes (nitrógeno y fósforo), oxígeno disuelto, salinidad, área superficial del derrame y de la composición y tamaño de la población microbiana.

CONSECUENCIAS SOBRE EL AMBIENTE

Un derrame o descarga de hidrocarburo afecta básicamente a tres elementos del ambiente, los cuales son:

- Elementos abióticos (suelo, formaciones del relieve, geomorfología, etc).
- Elementos bióticos (flora y fauna).
- Elementos socioeconómicos (actividades humana, pesca, agricultura, lugares de esparcimiento de clubes, de recreación, de turismo, etc).

a) ELEMENTOS ABIÓTICOS :

- **SOBRE EL SUELO:** El petróleo contamina el suelo por su presencia y su permanencia en él. Esto depende del tipo de suelo lo cual es un producto de su composición y textura (tamaños de las partículas que lo forman) ya que según las características del suelo el petróleo se adherirá o penetrará con mayor o menor fuerza y por lo tanto permanecerá mayor o menos tiempo en ese ambiente. En general se puede afirmar que:
 - En suelos arenosos (suelos de grano grueso); el petróleo penetra con mayor rapidez, en mayor cantidad y a mayor profundidad (llega hasta la napa freática).
 - En suelos arcillosos o rocosos (suelos de grano fino); el petróleo no penetra con facilidad, penetra en poca cantidad y a poca profundidad y por ende se retira mediante recojo y/o lavados de manera rápida, por ejemplo, las playas arcillosas de la selva.
 - En suelos con alto contenido de materia orgánica el petróleo se adhiere fuertemente a las partículas y restos vegetales de tal manera que permanece por más tiempo en el ambiente por ejemplo, en suelos

de manglares y pantanos.

b) ELEMENTOS BIOTICOS :

Los derrames de petróleo pueden causar un daño considerable a los recursos biológicos en una variedad de formas:

- Mortalidad directa debido a sofocación, suciedad (cobertura) y asfixia, envenenamiento por contacto directo con petróleo (especialmente petróleo fresco), absorción de las fracciones tóxicas de la columna de agua (Ej. algas). La toxicidad del petróleo aumenta con la concentración de compuestos aromáticos no saturados y de baja ebullición. Las formas vivientes larvales o juveniles, por lo general son más sensibles.
- Mortalidad indirecta debido a la muerte de recursos alimenticios o a la destrucción o eliminación del hábitat.
- Incorporación de cantidades subletales de fracciones petrolíferas en los tejidos del cuerpo (Ej. ingestión), que disminuye potencialmente la tolerancia a otras tensiones (Ej. depredación y enfermedad).
- Reducción o destrucción de los alimentos o del valor comercial de pesquerías, debido a la degeneración del sabor por la absorción de hidrocarburos.
- Incorporación de sustancias potencialmente cancerígenas o mutagénicas en la cadena alimenticia.
- Comportamiento alterado de la biota que podría entorpecer las funciones ecológicas normales.

EQUIPOS Y TECNICAS PARA CONTROL DE DERRAME DE HIDROCARBURO

Los métodos y procedimientos para la contención y recuperación de un derrame en un medio acuático varían en función de los siguientes aspectos:

- Tipo de petróleo, el cual tiende a esparcirse formando una delgada película superficial, que dependiendo de la cantidad de producto derramado, cubre un área considerable y dificulta las labores de limpieza.
- Efecto de la velocidad de la corriente y del viento sobre la mancha, la cual puede desplazarse hacia zonas críticas o de sensibilidad ambiental
- Condiciones hidrográficas y meteorológicas, es necesario predeterminedar las condiciones ambientales que prevalecerán durante las operaciones de limpieza, es decir, aspectos tales como el viento, el oleaje, las corrientes, la temperatura, etc.

EQUIPOS PARA CONTROL DE DERRAME

En mar

En consecuencia la contención y concentración de un derrame de petróleo es fundamental y estas acciones deben ser efectuadas con tres objetivos principales:

- Cercar el derrame en un lugar determinado.
- Mantener el derrame alejado de un área crítica o de sensibilidad ambiental.
- Dirigir el derrame hacia un punto determinado.

Los equipos comúnmente usados para contener el petróleo derramado en el mar son:

- Barrera mecánicas
- Barreras neumáticas o de aire.
- Barreras químicas
- Barreras sorbentes
- Barreras improvisadas

La contención del petróleo es solamente una fase, tal vez la más importante de una operación completa, es por ello, que en las labores de control de un derrame de petróleo se pueden utilizar simultáneamente diferentes técnicas y equipos

• **BARRERAS MECANICAS**

Es un equipo mecánico o físico que se extiende sobre y por debajo de un cuerpo de agua con el objeto de contener, confinar y cercar el petróleo derramado y realizar inmediatas acciones de recuperación de dicho derrame.

Tipo de barreras mecánicas según su construcción

Se pueden clasificar en dos grupos: tipo valla y tipo cortina.

- Las barreras mecánicas tipo valla son construidas de material semi-rígido o rígido, tienen una pantalla vertical donde están acoplados los flotadores; y los elementos de lastre están colocados en la parte inferior de la pantalla.
- Las barreras mecánicas tipo cortina son construidas de material más flexible, con un elemento flotante continuo unido a una falda o faldón y los pesos de lastre colocados en su parte inferior. Algunas de estas barreras son infladas con aire antes de su despliegue y vaciadas cuando son recogidas.

• **BARRERAS NEUMATICAS DE AIRE**

El equipo consiste en una línea con perforaciones por donde se dejan escapar burbujas de aire bajo el agua, éstas suben hasta la superficie y se expanden. Durante su desplazamiento generan una corriente ascendente de agua, la misma que al llegar a la superficie se transforma en corrientes superficiales que se alejan del punto de afloramiento y pueden servir para contener una mancha de petróleo.

• **BARRERAS QUÍMICAS (AGLUTINANTES)**

Otro sistema de contención de petróleo es por medio de la aplicación de productos químicos llamados aglutinantes en la superficie de un cuerpo de agua. Estos productos son líquidos orgánicos con un alto peso molecular que, en comparación con el petróleo, poseen una mayor tendencia a la extensión por la superficie disponible del agua. De esta manera confinan la mancha de petróleo y previenen su extensión.

• **BARRERAS SORBENTES**

Este tipo de equipo de contención puede ser empleados para proteger la orilla costera o playas, son equipos de fácil maniobrabilidad.

Existen varios tipos de barreras flotantes confeccionadas con materiales sorbentes que pueden ser utilizadas tanto en el agua como en la playa para proteger la orilla.

• **BARRERAS IMPROVISADAS**

La experiencia ha demostrado que cuando se produce un derrame y no se dispone de barreras comerciales, se puede utilizar como equipo de contención una barrera, es decir, que tenga un francobordo, un elemento de flotación y lastre. En aguas tranquilas una barrera improvisadas es tan eficiente como una de tipo comercial. Se puede idear rápidamente un barrera con simples troncos .

En tierra

La primera acción a considerar cuando sucede un derrame en tierra, es detener el esparcimiento del mismo lo más cerca posible de la fuente del derrame y realizar una evaluación detallada de la situación antes de comenzar las labores de limpieza que permitan determinar el destino de la mancha de petróleo en lo referente a su extensión superficial, su infiltración en el suelo y las posibilidades de contaminación de cuerpos de agua.

El método más utilizado para interceptar el movimiento horizontal del petróleo en el subsuelo es la construcción de zanjas en su trayectoria. Para ello se necesita:

- Excavaciones y equipo manual
- Material de soporte
- Bombas de agua

Dependiendo de la profundidad de la zanja se colocan soportes a los lados, preferiblemente entablado vertical o recubrimiento de las paredes con material impermeable, para evitar que el petróleo contamine las áreas vecinas.

Estas zanjas de intercepción pueden ser construidas si el nivel freático está situado a menos de 3 metros por debajo de la superficie del terreno.

RECOLECCION DEL DERRAME

En mar

En caso de ocurrir un derrame accidental de hidrocarburos, una medida para evitar que el impacto ambiental sobrepase los pronósticos de prevención de la contaminación, es la de confinar y recuperar el producto, lo que se logra utilizando barreras de contención, equipos recolectores de bombeo, equipos mecánicos no especializados, además de técnicas manuales.

Los equipos de recolección de petróleo, los podemos definir como aquellos diseñados mecánicamente para remover el petróleo desde la superficie del agua.

Los recolectores contienen elementos de recuperación, tanques integrales de almacenamiento y/o sistemas posterior de separación aceite-agua.

Por lo general, los recolectores se utilizan una vez que el derrame ha sido confinado utilizando barreras flotantes a fin de evitar que las capas de petróleo lleguen a las playas, por lo que debemos tener en consideración la profundidad del agua y condiciones climatológicas para obtener al máximo de eficiencia durante el proceso de recolección. Si bien las ensenadas y estuarios proveen buenas condiciones para la recolección, las operaciones pueden resultar tediosas debido a la poca profundidad que estos accidentes geográficos presentan.

En tierra

Unos de los métodos más utilizados para efectuar la recolección, es la excavación de fosas para concentrar el petróleo y su posterior remoción mecánica.

Los materiales y equipos necesarios son principalmente:

- Máquinas excavadoras
- Camiones de volteo
- Palas y rastrillo manuales
- Desnatadores portátiles

- Camiones de vacío

Es importante tener presente al construir estas fosas, que las mismas no debe hacerse donde puedan causar perturbaciones mayores, por ejemplo, remoción de capas impermeables del suelo y que el petróleo alcance capas más profundas. Contener el petróleo en fosas si éste es muy volátil puede incrementar el riesgo de incendio, y en el caso de grandes derrames, los costos de excavación aumentan excesivamente con un aumento de la profundidad.

Para remover el petróleo del nivel freático se utilizan distintos sistemas de bombeo. El tiempo requerido en las labores de recolección es mayor que el necesario para el combate de un derrame en la superficie, ya que la tasa de movimiento del petróleo es menor en el acuífero y deberá pasar mucho tiempo para que todo el petróleo que halla penetrado al subsuelo llegue al lugar de recolección.

TRATAMIENTO QUIMICO POR DISPERSANTES

Dependiendo del lugar donde se produzca el derrame, la zonas circundantes, los recursos en peligro, etc., se deberán tomar las decisiones más convenientes que llevarán al uso de técnicas muy diversas, las cuales se pueden llevar a cabo por separado y más frecuentemente de manera conjunta. Dentro de estas técnicas de respuesta, se encuentra el uso de dispersantes de derrame de hidrocarburos. En los últimos tiempos se ha logrado avances significativos tanto en el campo de los dispersantes como en el de sus técnicas de aplicación.

Dispersantes

Los dispersantes son mezclas que permiten que una mancha de hidrocarburo se fragmente en gotas muy pequeñas las que se dispersan por la masa de agua a consecuencia del movimiento natural de ésta.

El componente clave de un dispersante es un agente superficial activo (surfactante), el cual tiene una estructura molecular tal que una parte de la molécula tiene una afinidad por el aceite (oleófilo) y el otro tiene una afinidad por el agua (hidrófila).

Tipos de Dispersantes

- Hidrocarburo o dispersantes convencionales, que están basados en disolventes de hidrocarburos y contienen entre el 15 y 25% surfactante. Ellos son destinados para una aplicación neta y no deben ser prediluidos con agua de mar porque ésta lo vuelve inefectivos.
- Concentrado o con la misma mezcla de dispersantes, los que están basados en alcohol o solvente glicol y usualmente contiene una alta concentración de componentes surfactantes. Contienen más ingredientes que los dispersantes corrientes y suelen provocar una dispersión mas rápida y mejor que los hidrocarburos. Ellos pueden ser aplicados puros o prediluidos con agua de mar.

Eficacia de los Dispersantes

La medida en que se pueda dispersar una mancha de hidrocarburos dependerá en gran medida de su temperatura de fluidez y de su viscosidad a la temperatura del agua de mar. La exposición a la intemperie y la emulsificación hacen aumentar rápidamente la viscosidad y la temperatura de fluidez. Incrementando por tanto su resistencia a la dispersión. También entran en juego el estado del mar, su temperatura y su salinidad. El usuario debe tener en cuenta las propiedades físicas del hidrocarburo, la temperatura y el estado del mar en el momento de producirse el derrame y el tipo de dispersante disponible.

TECNICAS DE ELIMINACION DE LOS HIDROCARBUROS Y DE LOS DESECHOS OLEOSOS CONTAMINADOS

La mayoría de las operaciones de limpieza de derrame de hidrocarburos, particularmente aquellas que se efectúan en playas, dan como resultado la recolección de cantidades sustanciales de hidrocarburos y de desechos oleosos contaminados, los cuales, eventualmente, deben ser tratados.

Idealmente casi todo el hidrocarburo que sea posible recolectar deberá ser procesado mediante una refinería, o una planta de reciclaje. Desafortunadamente, esto es raramente posible, debido a la acción atmosférica sobre el hidrocarburo y a la contaminación con desechos, y por esto generalmente se requiere alguna forma de eliminación. Esto incluye, deposición directa estabilización para uso de mejoramiento de tierras, o afirmado de carreteras, y destrucción, mediante procesos biológico o incineración. La opción se escogida para la eliminación dependerá de la cantidad y tipo de hidrocarburo y desechos, de la ubicación del derrame, de las consideraciones legales y del medio ambiente, y de los probables costos involucrados. En el caso de grandes derrames puede ser necesario almacenar el material recolectado por algún tiempo, antes de que pueda ser tratado. El objeto del presente trabajo es describir las diversas opciones disponibles y su aplicación.

CONCLUSIONES

- El conocimiento de los factores que intervienen en le comportamiento de un derrame es necesario porque permite aplicar los métodos más eficaces y económicos para controlarlo.
- Por más pequeño que sea un derrame en tierra, trabajo de recolección, limpieza y restauración del área dañada dan lugar a gastos significativos por el tipo de equipos que se debe utilizar (camiones, retroexcavadoras, cisternas, etc.) y por la duración de los trabajos, generalmente mayores a una semana.
- La existencia de áreas críticas en un país, será un factor determinante de la capacidad de respuesta ante la emergencia de un derrame de hidrocarburos. En la respuesta a un derrame de hidrocarburo, el conocimiento de las áreas críticas en la zona amenazada, permitirá utilizar de forma optima los recursos de limpieza disponible ; pues por lo común será imposible toda el área y se requerirá establecer prioridades.
- Debido a que las condiciones ambientales son cambiantes es importante conocer sus variaciones periódicas y estacionales .Asimismo debe tenerse en cuenta que las condiciones durante la emergencia puede diferir considerablemente de los valores promedios registrados
- Es muy importante estar preparado para estos casos de contingencia, pues las estadísticas muestran que la ocurrencia de derrame de hidrocarburos no sigue patrones muy definidos .