



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN PETRÓLEOS**

TEMA:

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PROCEDIMIENTOS
OPERATIVOS EN CASO DE DERRAMES DE HIDROCARBUROS,
ENMARCADOS EN EL PLAN DE CONTINGENCIA DEL
TERMINAL PETROLERO DE LA LIBERTAD”**

PROYECTO PRÁCTICO DEL EXÁMEN COMPLEXIVO

“TRABAJO DE INVESTIGACIÓN”

AUTOR:

SHEILLA DENISSE GONZÁLEZ FRANCO

TUTOR:

ING. CARLOS ALFREDO MALAVÉ CARRERA, MSc.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2021

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA EN PETRÓLEO

TEMA:

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PROCEDIMIENTOS
OPERATIVOS EN CASO DE DERRAMES DE HIDROCARBUROS,
ENMARCADOS EN EL PLAN DE CONTINGENCIA DEL
TERMINAL PETROLERO DE LA LIBERTAD”**

PROYECTO PRÁCTICO DE EXAMEN COMPLEXIVO:

TRABAJO DE INVESTIGACION

AUTOR:

SHEILLA DENISSE GONZÁLEZ FRANCO

TUTOR:

ING. CARLOS ALFREDO MALAVÉ CARRERA, MSC.

LA LIBERTAD-ECUADOR

2021



La Libertad, 6 de agosto de 2021

CARTA DE ORIGINALIDAD

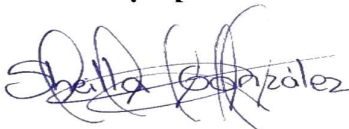
Ing. Rolando Calero, PhD
Director de la Carrera de Petróleos
Universidad Estatal Península de Santa Elena

Cumpliendo con los requisitos exigidos, envío a Uds. La Tesina Titulada “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS EN CASO DE DERRAMES DE HIDROCARBUROS, ENMARCADOS EN EL PLAN DE CONTINGENCIA DEL TERMINAL PETROLERO DE LA LIBERTAD”, para que se considera la Sustentación, señalando lo siguiente:

1. La investigación es original.
2. No existen compromisos ni obligaciones financieras con organismos estatales ni privados que puedan afectar el contenido, resultados o conclusiones de la presente investigación.
3. Constatamos que la persona designada como autora es el responsable de generar la versión final de la investigación.
4. El Tutor certifica la originalidad de la investigación y el desarrollo de la misma cumpliendo con los principios éticos.

Sheilla Denisse González Franco

Autor: Nombres y Apellidos

Firma: 

N° de Cédula: 2450006537

Correo: sheilla.gonzalezfranco@upse.edu.ec

Ing. Carlos Alfredo Malavé Carrera, MSc.

Autor: Nombres y Apellidos

Firma: 

N° de Cédula: 0912370095

Correo: cmalave@upse.edu.ec

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	viii
ABSTRACT	viii
CAPÍTULO 1	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.4 OBJETIVO GENERAL	4
1.4.1 Objetivos específicos	4
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	5
2.1 EL PETRÓLEO	5
2.1 Procesos naturales que actúan sobre los derrames de hidrocarburos	7
2.2 DISPERSIÓN QUÍMICA	8
2.2.1 Decidir el uso o no de dispersantes	9
2.2.2 Ventajas y desventajas del uso de dispersantes	10
2.3 CONTENCIÓN Y RECUPERACIÓN DE HIDROCARBUROS	15
2.3.1 BARRERAS	16
2.3.2 Tipos de barreras	17
2.3.4 Elección de una barrera de contención	20
2.3.5 Limitaciones y fallos de las barreras de contención	21
2.3.6 SKIMMERS	22
2.3.7 Tipos de skimmers	23
2.2.8 SORBENTES	25
2.4 EFECTOS DE UN DERRAME DE HIDROCARBUROS SOBRE ECOSISTEMAS ACUÁTICOS	27
2.4.1 Efectos ecológicos	27
2.4.2 Contaminación física de la biota y del hábitat	27
2.4.3 Peces	28

2.4.4 Mamíferos marinos	29
2.4.5 Tortugas marinas.....	29
2.4.6 Aves marinas	30
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA	31
3.1 Tipo de investigación	31
3.2 Recopilación de datos e información	31
3.3 Metodología de análisis	32
3.3.1 Revisión bibliográfica.....	32
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	35
CONCLUSIONES	39
RECOMENDACIONES	39
BIBLIOGRAFÍA	40
ANEXOS	41
Plan de Contingencia del Terminal Petrolero La Libertad	41
Figuras referentes al trabajo de estudio	49

FIGURAS

Figura 1: Procesos de meteorización que afectan al crudo. (Fuente: OMI, 2005)	7
Figura 2: Masa de hidrocarburos dispersos (Fuente: Diario La Vanguardia).	9
Figura 3: Diagrama de un dispositivo típico de tangón rociador para la aplicación de dispersantes químicos desde un remolcador o un bote de trabajo (Fuente: OMI, 2005).	13
Figura 4: Avión aplicando dispersantes (Fuente: ARPEL, 2007).	14
Figura 5: Contención y recuperación de hidrocarburos flotantes (Fuente: Diario Milenio).	15
Figura 6: Partes de una barrera típica (Fuente: Casado, 2013).	17
Figura 7: Barrera de cortina de flotador macizo (Fuente: ITOPF, 2011).	18
Figura 8: Barrera de valla con flotación externa (Fuente: ITOPF, 2011).	19
Figura 9: Barrera de sellado con el litoral (Fuente: ITOPF, 2011).	19
Figura 10: Modos de fallo de las barreras. Las flechas indican la dirección de la corriente (Fuente: Fingas, 2016).	21
Figura 11: Conjunto skimmer, bomba de potencia y tanque de almacenamiento (Fuente: Casado, 2013).	22
Figura 12: Skimmer de vacío (Fuente: Casado, 2013).	23
Figura 13: Skimmer de vertedero (Fuente: Casado, 2013).	23
Figura 14: Skimmer tipo oleofílico (Fuente: Casado, 2013).	24
Figura 15: Peces muertos debido a un derrame de crudo. (Fuente: Diario El Tiempo).	29
Figura 16: Mamífero contaminado por un derrame de crudo. (Fuente: All you need is biology).	29
Figura 17: Tortuga marina manchada por hidrocarburos. (Fuente: Libertad Digital)....	30
Figura 18: Ave contaminada con hidrocarburos. (Fuente: All you need is biology)	30
Figura 19: Equipo de operación controlando un derrame de crudo. (Fuente: Ricsons, 2017).	34
Figura 20: Mapa de sensibilidad Provincia de Santa Elena, componentes físicos, sociales, ambientales y turísticos. (Fuente: SNAP y mapa turístico del Ecuador).	43
Figura 21: Mancha de hidrocarburo propagándose y fragmentándose (Fuente: Informe de derrame de crudo- - EP PETROECUADOR).	49
Figura 22: Skimmer recolectando hidrocarburo. (Fuente: Informe de derrame de crudo - EP PETROECUADOR).	49

Figura 23: Colocación de barreras, con la finalidad de contener y recoger el hidrocarburo. (Fuente: Informe de derrame de crudo - EP PETROECUADOR).....	49
Figura 24: Mancha de hidrocarburos en el mar. (Fuente: Informe de derrame de crudo - EP PETROECUADOR)	50
Figura 26: Transportando desechos del derrame de hidrocarburos para su disposición final. (Fuente: Informe de derrame de crudo- - EP PETROECUADOR).	50
Figura 25: Presencia de mancha de Fuel Oil N°4 en el mar. (Fuente: Informe de derrame de crudo - EP PETROECUADOR).....	50

TABLAS

Tabla 1: Características típicas de los productos petrolíferos. (Fuente: Casado, 2013)...	7
Tabla 2: Ventajas y desventajas del uso de dispersantes (Fuente: ExxonMobile, 2008).	10
Tabla 3: Tipos y usos de hidrocarburos y de dispersantes (Fuente: OMI, 2005).....	11
Tabla 4: Elección de barreras para distintas condiciones de operación (Fuente: OMI, 2005).....	20
Tabla 5: Características genéticas de los tipos de skimmers utilizados habitualmente. (Fuente: ITOPF, 2011)	25
Tabla 6: Capacidad de absorción de los sorbentes. (Fuente: OMI, 2005).....	26
Tabla 7: Ventajas y desventajas de los métodos operativos. operación (Fuente: OMI, 2005).....	37
Tabla 8: Capacidad de almacenamiento y bombeo de la institución o empresa. (Fuente: Plan de contingencia Terminal Petrolero La Libertad)	47
Tabla 9: Inventario de recursos disponibles y equipamiento básico para combatir derrame de hidrocarburos. (Fuente: Plan de contingencia Terminal Petrolero La Libertad)	48
Tabla 10: Materiales y químicos de descontaminación (dispersantes, absorbentes, digestores) (Fuente: Plan de contingencia Terminal Petrolero La Libertad).....	48

RESUMEN

Los derrames de hidrocarburos en el mar se producen durante las operaciones de carga, descarga de buques o en el abastecimiento de combustibles, aunque se ha mejorado las normativas que controlan estas operaciones, el riesgo de un derrame está presente.

El Terminal Petrolero de La Libertad está tendencioso a tener accidentes que pueden ocasionar derrames de hidrocarburos al mar y se puede producir la contaminación del medio marino costero; por lo que es de vital importancia conocer los instrumentos con los que dispone para combatir el derrame de hidrocarburos.

Los resultados del presente trabajo servirán para tomar en cuenta una optimización del plan de contingencia del Terminal Petrolero La Libertad, para de esta manera, si llega a producirse un derrame de crudo, se cuente con un procedimiento actualizado y óptimo para combatir dicho evento.

Palabras claves: Derrames / Hidrocarburos / Contaminación / Contingencia /Terminal Petrolero.

ABSTRACT

Oil spills at sea occur during loading operations, unloading ships or in the supply of fuels, although the regulations that control these operations have been improved, the risk of a spill is present.

The La Libertad Oil Terminal is prone to accidents that can cause oil spills into the sea and pollution of the coastal marine environment can occur; it is therefore vitally important to know the instruments at its disposal to combat the oil spill.

The results of this work will serve to consider an optimization of the contingency plan of the La Libertad Oil Terminal, so that, if an oil spill occurs, there is an updated and optimal procedure to combat this event.

Keywords: Spills / Hydrocarbons / Pollution / Contingency / Oil Terminal.

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUCCIÓN

La contaminación en el mar, causada por el derrame de hidrocarburos a través de los años ha sido reconocida y preocupado a la población. A pesar de la regulación de los buques petroleros es innegable que los derrames se produzcan, sobre todo en las operaciones de carga, descarga o mientras se realiza el abastecimiento de combustibles.

Para ello, se han desarrollado diversas técnicas como la contención y recolección de hidrocarburos mediante raseras, dispersión química y la utilización de material absorbente para combatir estos accidentes y prevenir un grave impacto en el ecosistema marino.

El Terminal Petrolero de La Libertad está expuesto a tener accidentes que pueden ocasionar derrames de hidrocarburos al mar y producir la contaminación del medio marino costero; por lo que es de vital importancia conocer los instrumentos con los que dispone para combatir el derrame de hidrocarburos.

El presente trabajo es una muestra detallada de los diferentes métodos operativos que existen en el Terminal Petrolero La Libertad para combatir los derrames de hidrocarburos, juntamente con una descripción del plan de contingencia con el que cuenta.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los derrames de hidrocarburos en el mar, a pesar de las mejoras en la normativa que regula las operaciones de los buques petroleros, es indudable que se seguirán produciendo, sobre todo los pequeños derrames (menores a 50 barriles) que se suscitan durante las operaciones de carga, descarga o mientras se realiza el abastecimiento de combustibles (OMI, 2005).

El Terminal Petrolero de La Libertad, realiza aproximadamente 130 maniobras de carga y descarga de hidrocarburos al mes, esto representa una cifra aproximada de 850.000 barriles de hidrocarburos. Por esto, la zona donde se ubica el Terminal, está expuesta a sufrir daños ambientales, ya que puede ocasionarse un derrame de hidrocarburos provocado por una rotura de bridas, mangueras, rebose de tanques de carga, fallas humanas y posibles varamientos de barcos tanqueros (Rios, 2015).

Por este motivo es de vital importancia, que el Terminal Petrolero La Libertad, cuya tarea principal es prevenir y controlar la contaminación; mantenga y mejore la calidad del ambiente marino y que contribuya a la reducción de daños en caso de contaminación, para lo cual debe contar con un plan de contingencia en caso de un derrame.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La prevención de la contaminación marina producida por vertidos accidentales de hidrocarburos constituye uno de los objetivos más importantes para la Organización Marítima Internacional (OMI) que ha llevado a cabo, con lo que ha conseguido reducir en una proporción superior a diez veces el máximo alcanzado hacia mediados de la década de 1970 (OMI, 2005).

A pesar de las mejoras que se ha conseguido, seguirán produciéndose derrames de hidrocarburos. Estos derrames pueden tener un grave impacto en las actividades costeras y en aquellas actividades que suponen el uso y disfrute de los recursos marinos.

El Terminal Petrolero de La Libertad está propenso a tener accidentes que pueden ocasionar derrames de hidrocarburos al mar y se puede producir la contaminación del medio marino costero; por tal razón es de suma importancia investigar y verificar los medios con los que dispone el Terminal Petrolero de La Libertad, para afrontar un derrame de hidrocarburo.

1.4 OBJETIVO GENERAL

Comparar los procedimientos operativos propuestos en el Plan de Contingencia del Terminal Petrolero de La Libertad, a utilizarse en caso de presentarse derrames de hidrocarburos durante las maniobras de carga/descarga de los buques.

1.4.1 Objetivos específicos

- Describir los procedimientos operativos de dispersión química y contención–recuperación de hidrocarburos.
- Identificar los efectos de un derrame de hidrocarburos sobre ecosistemas acuáticos
- Determinar mediante revisión bibliográfica el procedimiento más adecuado a utilizarse en caso de producirse un derrame de hidrocarburos en el Terminal Petrolero de La Libertad

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 EL PETRÓLEO

El crudo es una mezcla compleja de hidrocarburos con pesos y estructuras moleculares diversas que comprende cuatro grupos químicos principales: parafínico, nafténico, aromático y asfaltenos. Estos hidrocarburos van desde sustancias altamente volátiles hasta ceras y compuesto asfáltico que no pueden ser destilados (OMI, 2005).

El fraccionamiento de un crudo produce las siguientes fracciones en orden creciente de puntos de ebullición y densidad: GLP (gases licuados), gasolina, queroseno, gas-oil, lubricantes, parafinas y asfaltos. Las propiedades específicas del crudo tienen una gran importancia debido a que estas determinarán el comportamiento del crudo sobre la superficie marina y en su velocidad de dispersión mediante procesos naturales (Casado, 2013).

Densidad relativa: Es la relación entre la masa de una sustancia y la masa de un mismo volumen de agua. La densidad condiciona la flotabilidad de los hidrocarburos e influye en los procesos de su propagación y dispersión natural. Esta magnitud se incrementa a medida que pasa el tiempo, por los procesos de envejecimiento del crudo, que afectan el movimiento del derrame, la extensión y dispersión en el agua. La densidad de los hidrocarburos puede expresarse de dos formas. En unidades de masa por unidad de volumen (kg/m^3), o bien, en función de la densidad API de acuerdo con la siguiente fórmula (Casado, 2013):

$$API = \frac{141,5}{\text{densidad relativa}} - 131,5$$

Tensión superficial: Es la fuerza de atracción existente entre las moléculas de la capa superficial de un líquido. En conjunto con la viscosidad, condicionan la extensión del crudo, tanto en la superficie marina como en la arena de la playa o suelo (Casado, 2013).

Viscosidad: Es el indicio de los hidrocarburos de su resistencia a fluir sobre una superficie. Es una función de la constitución química del crudo (menor cuanto mayor sea la proporción de fracciones ligeras) y de la temperatura (a menor temperatura mayor viscosidad). Los diferentes grados de viscosidad decrecen conforme aumenta la

temperatura; por lo tanto, la temperatura que posea el agua del mar y la absorción del calor del sol afectarán a la viscosidad aparente del crudo derramado(Casado, 2013).

Punto de fluencia: Es la temperatura por debajo de la cual los hidrocarburos no fluyen, al adquirir una estructura plástica o semisólida. Este efecto es la consecuencia de la formación interna de una estructura microcristalina. Si la temperatura ambiente se encuentra por debajo del punto de fluencia, los hidrocarburos se comportarán como sólidos(Casado, 2013).

Punto de inflamación: Es la temperatura mínima a la cual un vapor se inflama cuando es expuesto a una fuente de ignición. Es un factor importante en relación con la seguridad de las operaciones de limpieza, debido a que, muchos hidrocarburos pueden encenderse con facilidad si los componentes más volátiles no se han evaporado y dispersado en la atmósfera(Casado, 2013).

Solubilidad: Es la capacidad de disolución del crudo en el agua. Los componentes volátiles suelen ser las más solubles. Aunque la solubilidad es pequeña en comparación con la evaporación, pueden existir sustancias que produzcan una toxicidad significativa para la vida marina(Casado, 2013).

Contenido de asfaltenos: El contenido de ceras y asfaltenos en un crudo es importante, debido a que determinan la formación y estabilidad de las emulsiones de agua en los hidrocarburos. A su vez, un elevado contenido de los mismos dificulta determinadas operaciones de combate del derrame y favorece la formación de sedimentos (Casado, 2013).

En la siguiente tabla se indican las propiedades más importantes de algunos de los hidrocarburos comúnmente transportados.

Clases de hidrocarburos	Densidad (kg/l) 15 °C	Viscosidad (mPa) a 20 °C	Punto de escurrimiento (°C)	Punto de inflamación (°C)
Petróleo crudo	0,8 – 0,95	1 – 100	+10 a -35	Variable
Gasolina	0,7 – 0,78	0,5	-	< 0
Queroseno	0,8	2	<-40	38 – 60

Jet Fuel	0,8	1,5 – 2	<-40	38 – 60
Combustible Diesel	0,85	5	-5 a -30	> 55
Fuel Oil ligero IFO 60	0,9	60 a 50 °C	+50 a -20	> 60
Fuel Oil medio IFO 180	0,9	180 a 50 °C	+30 a -20	> 60
Fuel Oil pesado IFO 380	0,99	380 a 50 °C	+30 a -20	> 60

Tabla 1: Características típicas de los productos petrolíferos. (Fuente: Casado, 2013)

2.1 Procesos naturales que actúan sobre los derrames de hidrocarburos.

Los hidrocarburos derramados sufren una serie de procesos conocidos como “meteorización” que modifican su comportamiento y características. Los principales factores que afectan el comportamiento de los hidrocarburos son:

- Características físicas de los hidrocarburos como la densidad relativa, la viscosidad y el punto de ebullición.
- La composición y las características químicas de los hidrocarburos.
- Las condiciones meteorológicas (estado del mar, luz solar y temperatura del aire).
- Las características del agua de mar (densidad relativa, corrientes, temperatura, presencia de bacterias, nutrientes y oxígeno disuelto, y sólidos en suspensión).

Conocer como interactúan estos procesos, y como transforman la naturaleza de los hidrocarburos es de gran valor en la lucha contra los derrames.

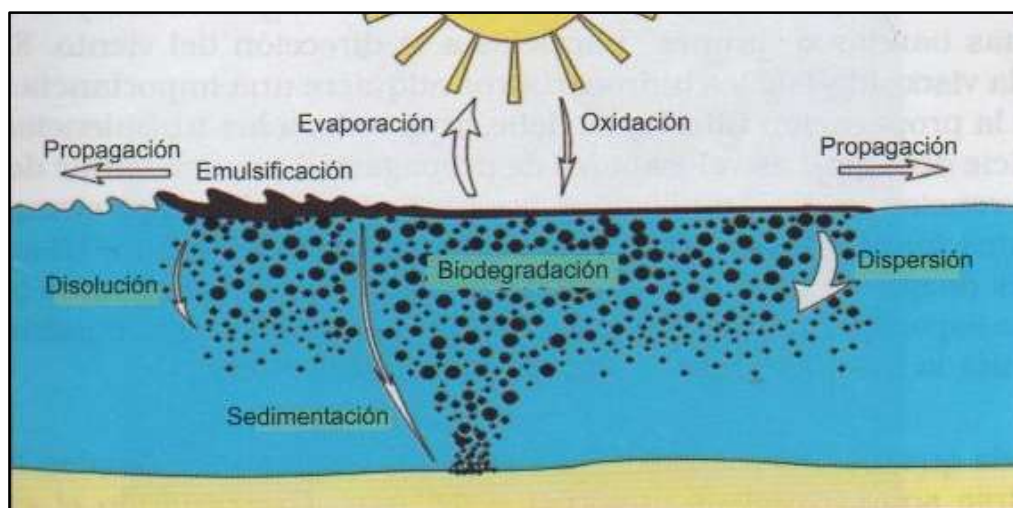


Figura 1: Procesos de meteorización que afectan al crudo. (Fuente: OMI, 2005)

2.2 DISPERSIÓN QUÍMICA

Los hidrocarburos derramados en el océano flotan y se propagan formando una mancha. La acción de las olas y la agitación debido a las mareas y corrientes, hacen que una fracción de los hidrocarburos se fragmenten formando pequeñas gotas que pueden ser arrastradas hacia el fondo en la columna de agua, este proceso conocido como dispersión, puede intensificarse si se aplican dispersantes (OMI, 2005).

Los dispersantes se han utilizado para combatir derrames de hidrocarburos desde hace muchos años. Actualmente, los dispersantes están formulados para mitigar con rapidez y seguridad el daño potencial al ecosistema que plantea un gran derrame de hidrocarburos. De hecho, los dispersantes están considerados como una de las primeras opciones de mecanismo con las que cuentan los encargados como respuesta a los derrames. Es oportuno tener en cuenta, que no todos los derrames deben o necesitan ser tratados con dispersantes (Arpel, 2007).

Los dispersantes son agentes químicos que alteran el comportamiento físico de los hidrocarburos sobre la superficie del mar. Consisten en una mezcla de agentes tensioactivos disueltos en un solvente que contribuye a que esta penetre en los hidrocarburos, aumentando de esta forma la velocidad de formación de pequeñas gotas e inhibiendo su coalescencia (OMI, 2005).

Al dispersarse los hidrocarburos en la columna de agua, se generan los siguientes efectos:

- a) Evitan que los hidrocarburos se desplacen a causa de la acción del viento (a menudo hacia el litoral). En consecuencia, los dispersantes pueden contribuir a la protección del litoral y otras zonas sensibles que podrían verse afectadas si los hidrocarburos permanecieran en la superficie del mar.
- b) Amplían la exposición de la vida marina a los hidrocarburos en el lugar donde estos hayan sido dispersados. De este modo, los dispersantes potencian la toxicidad de los hidrocarburos.
- c) Potencian la biodegradación de los hidrocarburos en el medio marino. Los hidrocarburos finamente dispersados presentan una gran interfaz hidrocarburos/agua que favorece la biodegradabilidad de los hidrocarburos.

Entre aumentar la toxicidad y mejorar la biodegradación, es en la posibilidad de la rápida dispersión y dilución de los hidrocarburos en el medio marino donde radican las ventajas y desventajas del uso de dispersantes. Si la concentración de hidrocarburos dispersos se reduce rápidamente a un nivel seguro, el efecto será insignificante. Sin embargo, si la dilución de los hidrocarburos dispersos no es suficiente o es demasiado baja, debido por ejemplo a un intercambio deficiente de agua, en una zona restringida o en agua poco profundas la dispersión de los hidrocarburos puede tener efectos sobre los componentes sensibles del medio ambiente (OMI, 2005).



Figura 2: Masa de hidrocarburos dispersos (Fuente: Diario La Vanguardia).

2.2.1 Decidir el uso o no de dispersantes

La clave para tomar la decisión correcta en cuanto a que estrategia es la mejor respuesta a un derrame de hidrocarburos es la preplanificación. Sin ello, no se adoptarán las decisiones en manera oportuna. La clave es la preplanificación o también denominados planes de contingencia ante de derrames de hidrocarburos (Arpel, 2007).

Los planes de contingencia deben reflejar la política relativa al empleo de dispersantes. Para aquellas zonas marítimas compartidas por países vecinos, debe describirse una estrategia sobre el empleo de dispersantes en planes bilaterales o multilaterales para contingencias. Debe considerarse que el factor “tiempo” es el adversario más temible llegado el momento de considerar el empleo de dispersantes: una vez que los hidrocarburos se han meteorizado de forma significativa, lo más probable es que el empleo de dispersantes no resulte eficaz a causa del acrecentamiento de la viscosidad.

El proceso de planificación para contingencias resulta muy importante en la identificación de aquellas zonas en las que se pueden o no se pueden emplear dispersantes, tomando como referencia la sensibilidad de los recursos del medio ambiente y las condiciones hidrológicas. Al preparar un plan para contingencias, se deben incluir también las disposiciones relativas a la posibilidad de que un gran derrame pueda causar el agotamiento de las existencias de dispersantes a nivel local (OMI, 2005).

2.2.2 Ventajas y desventajas del uso de dispersantes

A continuación, se detalla las ventajas y desventajas del uso de agentes químicos (ExxonMobile, 2008).

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • La remoción del petróleo de la superficie evita que este alcance las costas marinas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Puede perjudicar algunos organismos marinos que de otro modo no serían alcanzados por el petróleo.
<ul style="list-style-type: none"> • En muchos casos es el método de respuesta más rápida. 	<ul style="list-style-type: none"> • Si la dispersión no es completa, esto puede disminuir la efectividad de otros métodos usados.
<ul style="list-style-type: none"> • Puede usarse en corrientes fuertes y estados de mar donde el oleaje es alto. 	<ul style="list-style-type: none"> • El método no es efectivo con todos los tipos de petróleo ni en todas las condiciones.
<ul style="list-style-type: none"> • Reduce la posibilidad de contaminación de aves y mamíferos marinos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Al usarlo en la costa, puede aumentar la penetración del petróleo en los sedimentos.
<ul style="list-style-type: none"> • Inhibe la formación de emulsiones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Agrega nuevas sustancias extrañas al entorno marino.
<ul style="list-style-type: none"> • Aumenta el área de superficie del petróleo disponible para el proceso de degradación natural. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ventana de tiempo limitada para el uso.

Tabla 2: Ventajas y desventajas del uso de dispersantes (Fuente: ExxonMobile, 2008).

2.2.3 Tipos de dispersantes

Los primeros dispersantes se desarrollaron en los años 70 y se denominaron como “ordinarios” o “basados en hidrocarburos”. El disolvente utilizado era queroseno de bajo contenido aromático y baja concentración en agentes tensoactivos. Algunos de estos dispersantes todavía existen hoy día, pero son menos efectivos y deben usarse con tasas de tratamiento muy altas.

Además, en los años 70, al mezclar varios tipos de agentes tensoactivos, se produjeron por primera vez dispersantes con excelente rendimiento. A estos se les conocen como

dispersantes concentrados o de tercera generación. Las composiciones continuaron mejorando durante las décadas de los 80 y los 90, y los dispersantes modernos presentan un contenido en agentes tensoactivos mucho mayor que los dispersantes anteriores. (OMI, 2005)

A continuación, se muestra en términos generales, los tipos de hidrocarburos y la eficacia probable de estos distintos tipos de dispersantes.

Tipo de hidrocarburo	Tipo de dispersante		
	Ordinario	Concentrado	
		Aplicación diluido en agua	Aplicación puro
Fuel ligero	(1)	(1)	(1)
Productos petrolíferos y crudos con alto régimen de propagación (viscosidad baja)	✓	✓	✓
Crudos asfálticos, hidrocarburos residuales y meteorizados con bajo régimen de propagación (viscosidad alta)	(2)	X	(2)
Crudos céreos	(2)	X	(2)
Emulsiones de agua en hidrocarburos	(2)	X	(2)
Hidrocarburos que no se propagan	X	X	X
<p>Notas</p> <p>1: En este caso la aplicación de dispersantes debe tener exclusivamente el fin de controlar un riesgo de incendio. No se suelen emplear los dispersantes en tales fueles debido a su alta velocidad de evaporación y su alta toxicidad.</p> <p>2: La eficacia estará muy limitada o no será eficaz.</p> <p>X: El dispersante no será eficaz.</p> <p>✓: El dispersante debe ser eficaz con hidrocarburos recién derramados.</p>			

Tabla 3: Tipos y usos de hidrocarburos y de dispersantes (Fuente: OMI, 2005).

2.2.4 Técnicas de aplicación

Los dos métodos básicos para la aplicación de los agentes dispersantes son:

- Aplicación con embarcaciones
- Aplicación aérea

Aplicación con embarcaciones

Los dos métodos de aplicación de los dispersantes mediante embarcaciones son la aspersión a través de una serie de boquillas instaladas en brazos en barreras fuera de borda, o el riego con monitores contra incendios. Este sistema de trabajo con embarcaciones es lento, el ancho de vía de aspersión es limitado, y se usa principalmente para derrames pequeños cercanos a tierra firme (ExxonMobile, 2008).

Embarcaciones con brazos de aspersión

1. Se utilizan brazos de aspersión con boquilla para producir una versión plana y uniforme de gotas muy pequeñas, pero no en forma de niebla o neblina.
2. Los brazos de aspersión se deben colocar lo más adelante posible para minimizar el impacto de las olas producidas por la proa.
3. La energía mecánica adicional producida por la estela que deja la embarcación de aspersión aumenta la dispersión.

El equipo para embarcaciones con brazos de aspersión debe:

- Ser fácil de transportar y de cargar.
- Ser liviano, pero resistente.
- Ser de instalación fácil y rápida.
- Tener como parte integrante del sistema una bomba con manómetro indicador de presión en la salida principal de la bomba.
- Estar equipado con boquillas para producir una aspersión plana de gotas muy pequeñas que golpean el agua en una línea perpendicular en la dirección del desplazamiento de la embarcación.

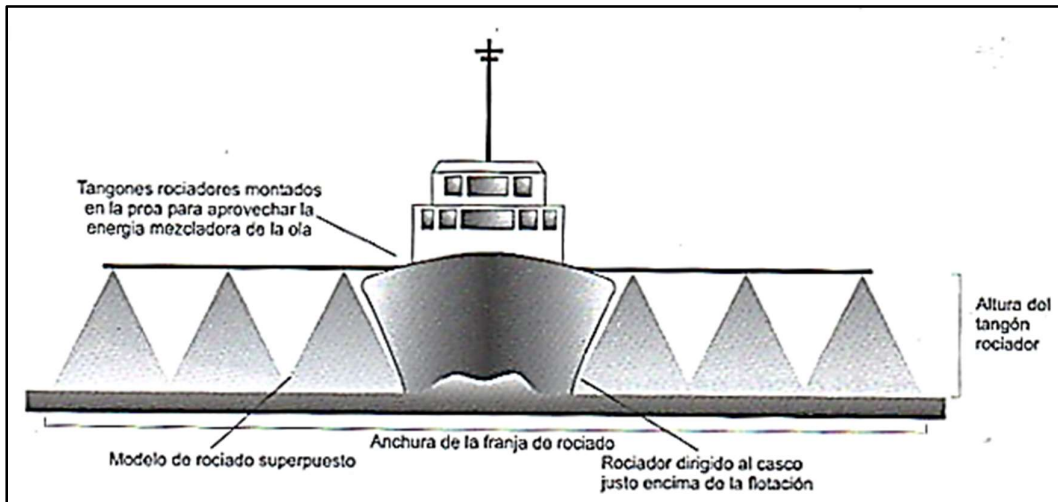


Figura 3: Diagrama de un dispositivo típico de tangón rociador para la aplicación de dispersantes químicos desde un remolcador o un bote de trabajo (Fuente: OMI, 2005).

Embarcaciones con monitores contra incendio u otros sistemas de aspersión de un solo punto

Estos equipos constituyen plataformas efectivas para la aplicación de los agentes dispersantes, siempre y cuando sean apropiadas las boquillas empleadas, las presiones, tasas de flujo, medidores de los agentes dispersantes y las prácticas de manejo de las embarcaciones.

Existen dos sistemas de aplicación de agentes dispersantes con monitores contra incendio. El primero es un paquete que utiliza la inyección de productos químicos en los flujos de agua mediante presión positiva y el segundo es un sistema que utiliza descargadores para trasladar el agente dispersante al flujo de agua.

Las mayores desventajas de este sistema son el control inadecuado sobre la cantidad de los agentes dispersantes que se mezclan con la corriente de agua y la rigidez ante las amplias gamas de flujo y presiones. Ambos sistemas aplican el agente dispersante diluido en agua en concentraciones típicas de 5 a 10% (ExxonMobile, 2008).

Aplicación aérea

Se pueden emplear helicópteros y aeronaves de ala fija para aplicar los dispersantes desde el aire. Por cuestiones de seguridad, se emplean habitualmente aeronaves con dos motores como mínimo. Las aeronaves pequeñas transportan menores cantidades de

dispersante, pero pueden maniobrar con más facilidad que las grandes aeronaves sobre zonas de hidrocarburos dispersos (ExxonMobile, 2008).



Figura 4: Avión aplicando dispersantes (Fuente: ARPEL, 2007).

Deben tenerse en cuenta varios factores para la aplicación de los agentes dispersantes desde una aeronave:

- Al igual que en las embarcaciones, un diseño apropiado de los tanques, bombas y boquillas es importante. El tamaño de las gotas pequeñas de agente dispersante entre 0,01 – 0,03 pulgadas (300 – 700 micras) se considera típicamente óptimo para una aplicación efectiva.
- Algunos helicópteros y aviones grandes pueden tratar en un día áreas más amplias que las embarcaciones, especialmente si las capas de petróleo se encuentran costa afuera o en áreas remotas.
- Los helicópteros y avionetas de ala fija son más apropiados para los derrames pequeños o capas de petróleo fragmentadas que se encuentran cerca de la costa.

2.3 CONTENCIÓN Y RECUPERACIÓN DE HIDROCARBUROS

Cuando se derraman hidrocarburos en el mar, deben tomarse medidas para reducir al mínimo el daño que se le pueda causar a los recursos y al medio ambiente por contaminación. Una opción es seguir los hidrocarburos con buques que remolquen barreras con el fin de cercar los hidrocarburos flotantes y utilizar raseras para recuperarlos de la superficie del mar almacenándolos de forma temporal en tanques u otros dispositivos contenedores.

Las propiedades fisicoquímicas de los hidrocarburos pueden variar enormemente y, dependiendo del tipo concreto de hidrocarburos a manipular, se pueden necesitar diferentes equipos, especialmente raseras y bombas, pero también equipos de almacenamiento. Además, una vez que los hidrocarburos han sido derramados, sus propiedades se modificarán, por ejemplo, la viscosidad aumentará rápidamente a medida que se está produciendo la evaporación o se formarán emulsiones. Estos cambios tienen una influencia significativa sobre la eficacia de los equipos, requiriendo que se realicen modificaciones en los equipos que se están utilizando, o incluso que las operaciones se suspendan en su totalidad (Vergara & Pizarro, 1981).



Figura 5: Contención y recuperación de hidrocarburos flotantes (Fuente: Diario Milenio).

Las condiciones meteorológicas y marítimas influyen de forma significativa en la eficacia de las operaciones. Incluso en condiciones ideales de calma total, con los equipos adecuados y con las operaciones bien organizadas y controladas, a menudo sólo se puede recuperar una parte relativamente pequeña del total de hidrocarburos derramados. Con todo, en las circunstancias correctas las operaciones de contención y recuperación

permiten reducir el daño de contaminación causado a los recursos marinos y al medio ambiente. Las posibilidades de éxito son máximas en zonas de abrigo y en puertos, e incluso en algunas zonas de mar abierto si se utilizan los buques, los equipos, la vigilancia, los procedimientos de control y el personal experto adecuados (OMI, 2005).

2.3.1 BARRERAS

La contención de un derrame de hidrocarburos se refiere al proceso de confinamiento del petróleo, para evitar que se propague por una zona en particular, desviándolo a otra zona donde pueda ser recuperado y tratado. Las barreras son generalmente el primer equipo que se moviliza en un derrame, y se usan mientras el crudo persiste en la superficie marina, los cuales están diseñados para detener o desviar el movimiento del hidrocarburo en el agua (Fingas, 2016).

Aplicaciones y características comunes

En las operaciones de contención y recuperación se pueden utilizar de diferentes formas y con distintos objetivos:

1. Impedir que la descarga inicial se propague, si se utilizan de inmediato.
2. Impedir que se propaguen tanto las descargas continuas como las descargas posteriores.
3. Cercar a los hidrocarburos para su recuperación, cuando se utilizan en combinación con buques y raseras.
4. Proteger los recursos y medios sensibles.
5. Desviar de los recursos y medios sensibles una mancha que se está propagando.
6. Desviar hacia zonas en las que se pueda recuperar con más facilidad una mancha que se está propagando (OMI, 2005).

Las barreras de contención están por lo general formadas por los siguientes componentes:

1. Francobordo: para impedir o reducir las salpicaduras.
2. Faldón sumergido: para impedir o reducir el escape de hidrocarburos por debajo de la barrera.
3. Flotador: de algún material flotante (suele incluir aire).

4. Órgano de tracción longitudinal: para resistir los efectos del viento, de las olas y de la corriente.
5. Lastre: para darle estabilidad y mantener el faldón por debajo de la superficie del agua.
6. Acoplamiento: para garantizar una buena conexión entre las secciones adyacentes (OMI, 2005).

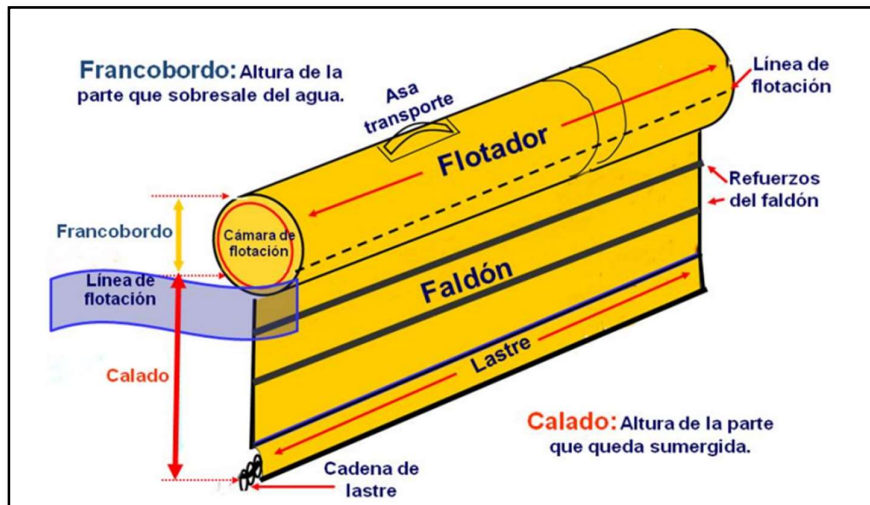


Figura 6: Partes de una barrera típica (Fuente: Casado, 2013).

2.3.2 Tipos de barreras

Existen muchos tipos de barreras diferentes para satisfacer distintas necesidades y condiciones. Si bien su estructura puede variar, por lo general se agrupan en cuatro grupos principales:

1. **Barreras de cortina:** suelen tener cámaras de flotación y un faldón característico. En estas se incluyen las de flotador macizo, inflable a presión y autoinflable.
2. **Barreras de valla:** incluyen una valla común y barreras con órganos de tracción externos.
3. **Barreras de sellado con el litoral:** formadas por una combinación de cámaras llenas de agua que hermetizan la barrera contra la costa con la saliente de la marea y cámaras de flotador que mantienen la flotabilidad de la barrera con la entrante de la marea(OMI, 2005).

Barreras de cortina de flotador macizo

Estas barreras se constituyen utilizando espuma compacta resistente a los hidrocarburos integrada en una funda o bolsillo de loneta. El francobordo varía entre un 33% de la altura total de la barrera para aquellas de aguas tranquilas, abiertas o protegidas, y un 50% de la altura total de la barrera para las barreras de corrientes fuertes. El lastre se suele proporcionar utilizando una cadena, un cable o pesas. El material de la barrera proporciona el órgano de tracción longitudinal, mejorado en ocasiones por un lastre de cadena y/o cable. En algunos casos, se puede proporcionar por encima del flotador una tracción de cable adicional. Para facilitar su manipulación y despliegue, estas barreras suelen suministrarse en tramos de 15 a 25 metros de longitud que se unen por piezas de conexión(OMI, 2005).

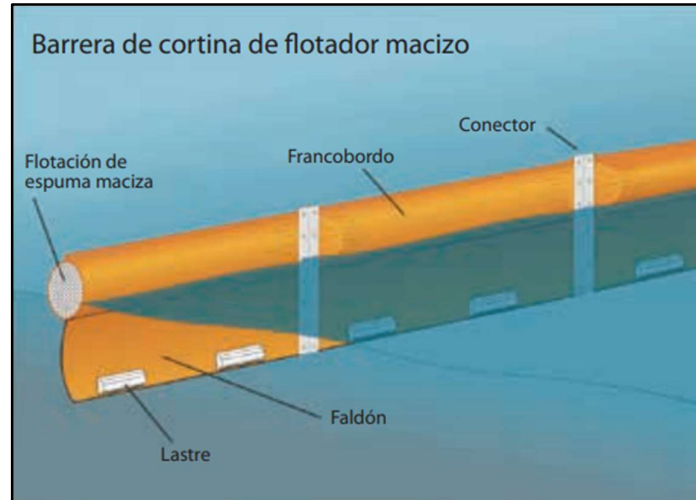


Figura 7: Barrera de cortina de flotador macizo (Fuente: ITOPF, 2011).

Barreras de valla

Las barreras de valla están construidas de varias formas diferentes. los flotadores externos pueden estar empernados en una placa pesada de PVC, poliuretano o nitrilo/neopreno. Los flotadores de espuma compacta planos pueden integrarse en un material más ligero de PVC/poliuretano. Estos últimos se pueden construir mediante procesos de cosido o soldadura. Se puede proporcionar el lastre utilizando una cadena, un cable o pesas. Los miembros de tracción pueden utilizar alguno o todos los siguientes: faldón, entramado cosido o soldado, o lastre (cadena o cable)(OMI, 2005).

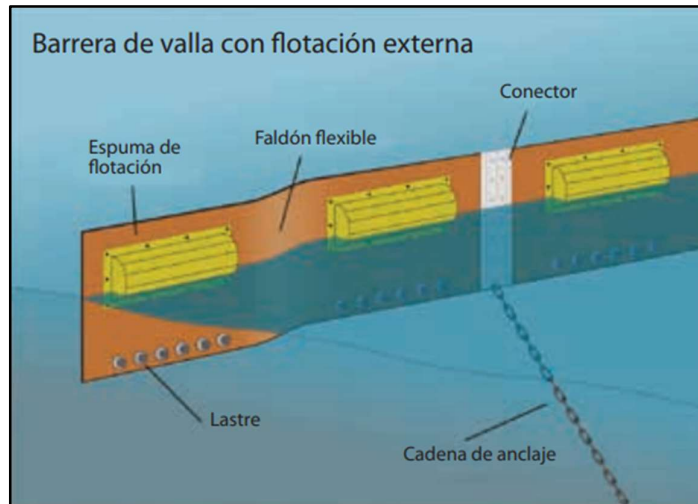


Figura 8: Barrera de valla con flotación externa (Fuente: ITOPF, 2011).

Barrera de sellado con el litoral

Estas barreras se construyen en PVC o materiales de poliuretano. Comprenden tres cámaras independientes que recorren toda la longitud de cada sección de la barrera. La cámara superior está llena de aire con fines de flotabilidad y el par inferior está lleno de agua. Cuando baja la marea, la barrera proporciona un sellado eficaz contra el litoral mientras que en otras ocasiones actúa como una barrera flotante más convencional (OMI, 2005).

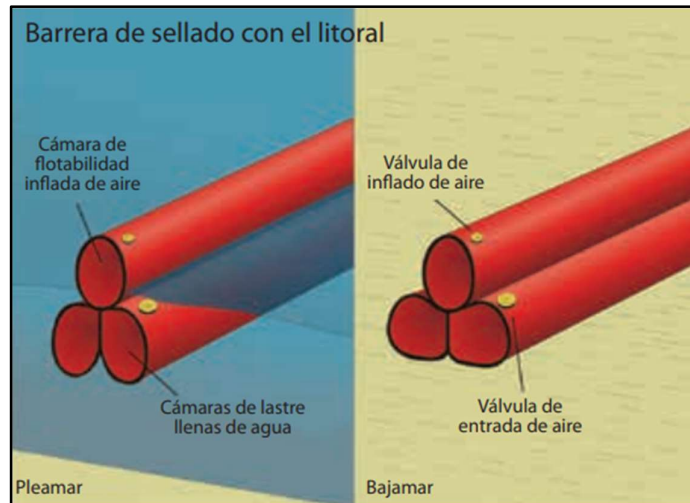


Figura 9: Barrera de sellado con el litoral (Fuente: ITOPF, 2011).

2.3.4 Elección de una barrera de contención

Existen muchas características a considerar cuando se esté eligiendo un sistema de contención y la elección de la barrera más adecuada para una situación particular puede influir de forma significativa en el éxito de la operación.

Una barrera tiene que ser lo suficientemente amplia, fuerte y robusta como para resistir las fuerzas que sobre ellas se ejerzan. Deberá tener la flexibilidad suficiente para adaptarse a las condiciones de las olas, estar fabricada de un material duro que resiste a los pinchazos, deberá poder transportarse con facilidad al lugar del suceso y desplegarse inmediatamente. También debe ser fácilmente visible a la luz del día una vez que se encuentre desplegada. Puede que existan otras condiciones y criterios que también necesiten confirmarse para el caso de cualquier situación concreta que se esté considerando, por ejemplo, la adecuación de su despliegue con hielo (OMI, 2005).

El siguiente cuadro proporciona una guía general sobre la elección de los tipos de barreras para distintas condiciones de operación.

	Aguas en calma	Corriente de agua en calma	Aguas protegidas	Aguas abiertas	Aguas abiertas y encrespadas
Altura de olas (m)	< 0,3	< 0,3	0 – 1,0	0 – 2,0	> 2
Condiciones	Olas pequeñas y cortas que no rompen	Corrientes de 0,4 m/s o superiores	Pequeñas olas y algunas crestas blancas	Olas moderadas y crestas blancas frecuentes	Grandes olas, crestas de espuma y algunos rociadores
Tipo o grupo de barrera adecuada	Cortina Valla	Cortina con francobordo de un 50% de la altura de la barrera Valla	Cortina Valla	Cortina Valla con órgano de tracción externo	Cortina
Altura de barrera (mm)	150 – 600	200 – 600	450 – 1100	900 – 2300	1500+
Relación flotabilidad-peso	3:1	4:1	4:1	8:1	8:1
Resistencia mínima a la tracción de la barrera (Newtons)	6800	23000	23000	45000	45000+

Tabla 4: Elección de barreras para distintas condiciones de operación (Fuente: OMI, 2005).

2.3.5 Limitaciones y fallos de las barreras de contención

Las barreras pueden fallar desde el punto de vista operacional de cualquiera de las cinco siguientes formas: arrastre, drenaje, salpicaduras, sumersión y aplanamiento. Por supuesto, las barreras también pueden fallar desde un punto de vista estructural si las condiciones son demasiadas adversas (Fingas, 2016).

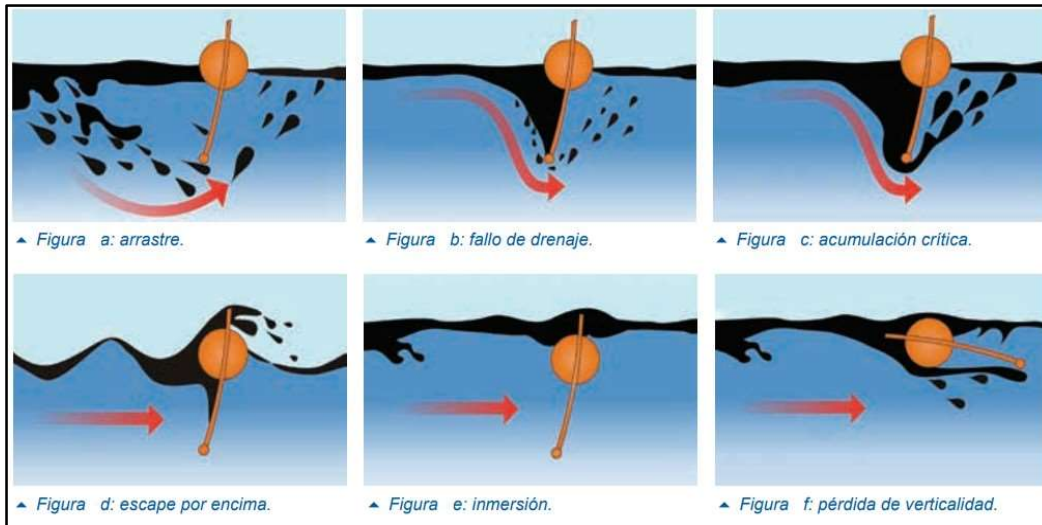


Figura 10: Modos de fallo de las barreras. Las flechas indican la dirección de la corriente (Fuente: Fingas, 2016).

Fallos por arrastre: Se suelen generar debido a las altas corrientes, que hacen que se desprendan gotas de la parte inferior de la capa de hidrocarburo y provocan que se desplacen por debajo de la barrera (Ver Fig. 10a).

Fallos por drenaje: Estos se suelen generar debido a la baja viscosidad de los hidrocarburos, donde las altas corrientes provocan que se desprendan gotas de la acumulación de crudo en la superficie, para desplazarse verticalmente hacia abajo, y posteriormente, por debajo del faldón (Ver Fig. 10b).

Fallos por acumulación crítica: A cierto espesor de acumulación crítica los hidrocarburos serán arrastrados por debajo de la barrera (Ver Fig. 10c).

Fallos por escape por encima: Esto se produce cuando las corrientes de ríos y de las mareas, el viento y las olas producen movimientos del agua que superan ampliamente la velocidad de escape, lo que provoca un escape de hidrocarburos por encima de la barrera (Ver Fig. 10d).

Fallos por inmersión: Esto sucede debido a las altas corrientes, que hacen que la barrera se sumerja, particularmente si no se proporciona una flotación suficiente (Ver Fig. 10e).

Fallos por pérdida de verticalidad: Este problema se origina cuando la barrera pierde estabilidad y verticalidad, debido al oleaje alto o fuertes vientos (Ver Fig. 10f).

2.3.6 SKIMMERS

Son equipos mecánicos diseñados para recuperar hidrocarburos flotantes derramados en la superficie del agua. Su funcionamiento se basa en la densidad de los hidrocarburos, (o la mayor parte de ellos), los cuales suelen tener una densidad menor al agua, formando una capa de menor o mayor espesor en su superficie (Fingas, 2016).

Estos equipos intentan recuperar esa capa que flota en la superficie del agua, y que la cantidad de agua mezclada con el hidrocarburo recogido sea la menor posible.

Los componentes básicos de un skimmer son:

1. Cabeza flotante: recupera el hidrocarburo de la superficie del agua.
2. Bomba o unidad de potencia: crea una corriente de aspiración o el movimiento mecánico del skimmer respectivamente.
3. Mangueras de aspiración y descarga: conectan al skimmer con la bomba y a ésta con el tanque de almacenamiento.
4. Tanque de almacenaje: donde se deposita la mezcla de agua e hidrocarburo recuperado.



Figura 11: Conjunto skimmer, bomba de potencia y tanque de almacenamiento (Fuente: Casado, 2013). 22

2.3.7 Tipos de skimmers

Los skimmers pueden ser básicamente, con pequeñas variaciones de diseño, de tres tipos:

De aspiración o vacío: Mediante una bomba se crea una corriente de aspiración o vacío. Este vacío se aplica un flotador que aspira a la capa superior de la mezcla hidrocarburo/agua impulsándolo posteriormente a un tanque de recolección (Casado, 2013).



Figura 12: Skimmer de vacío (Fuente: Casado, 2013).

De vertedero: Un flotador soporta en su parte central un embudo que se mantiene ligeramente por debajo de la superficie. La capa de agua e hidrocarburos que flota sobre ella se precipita en su interior por gravedad, donde es bombeada al tanque de almacenaje (Casado, 2013).



Figura 13: Skimmer de vertedero (Fuente: Casado, 2013)

Oleofilicos: Un material oleofilico (en forma de discos, cepillos o mopas) es movido sobre la superficie. El hidrocarburo impregna este material, que después es escurrido mediante un sistema de peines o de rodillos para caer posteriormente a una cubeta donde es bombeado al tanque de almacenamiento (Casado, 2013).



Figura 14: Skimmer tipo oleofilico (Fuente: Casado, 2013)

No todos los skimmers funcionan de la misma manera y con la misma efectividad frente a diferentes tipos de hidrocarburos y diferentes condiciones meteorológicas (ITOPF, 2011).

Skimmer	Tasa de recolección	Tipo de petróleo	Estado del mar	Selectividad (%Hidrocarburo recuperado)	
Oleofilicos	Disco	Depende del número y tamaño de los discos. Discos ranurados pueden resultar más eficaces.	Mayor eficacia en hidrocarburos de viscosidad intermedia	En condiciones de poco oleaje y corrientes bajas puede ser muy selectivo, con poco arrastre de agua.	Muy buena 50 – 100%
	Cuerda	Depende del número de cuerdas y de la velocidad. Bajo rendimiento en general.	Más eficaz en hidrocarburos intermedios, aunque puede resultar eficaz en hidrocarburos pesados.	Muy poco o ningún arrastre de agua. Puede funcionar en aguas agitadas.	Muy buena 50 – 100%
	Cepillo	El rendimiento depende del número de cepillos y de la velocidad. Rango intermedio en general.	Diferentes tamaños de cepillo para hidrocarburos ligeros, intermedios y pesados.	Se recopila relativamente poca cantidad de agua libre o arrastrada.	Muy buena 50 – 100%

	Correa	Rango bajo o intermedio.	Más eficaz en hidrocarburos intermedios o pesados.	Puede ser muy selectivo, con poco arrastre de agua.	Muy buena 50 – 100%
No Oleofílicos	Aspiración	Depende de la bomba de vacío. Rango bajo a intermedio en general.	Más eficaz en hidrocarburos ligeros a intermedios.	Se utiliza en aguas calmas. Pequeñas olas provocan la recopilación de excesiva cantidad de agua.	Débil 0 – 50%
	Vertedero	Depende de la capacidad de la bomba, tipo de hidrocarburos, etc. Puede ser considerable.	Eficaz en hidrocarburos ligeros a pesados. Es posible que hidrocarburos muy pesados no puedan fluir hasta el vertedero.	Puede ser muy selectivo, en aguas calmas, con poco arrastre de agua. Puede inundarse con facilidad.	Débil 0 – 80%

Tabla 5: Características genéticas de los tipos de skimmers utilizados habitualmente. (Fuente: ITOPE, 2011)

2.2.8 SORBENTES

Los sorbentes de hidrocarburos comprenden una amplia gama de productos utilizados para absorber los hidrocarburos en lugar del agua. Pueden emplearse en algunos casos restringidos, como alternativa para pequeñas manchas y cuando la recuperación de los hidrocarburos mediante skimmers es complicada o no es posible (por ejemplo, debido a aguas poco profundas o inaccesibles) (ExxonMobile, 2008).

Este producto funciona por adsorción o por absorción. Se produce adsorción cuando el líquido recuperado se distribuye por la superficie del material adsorbente y se produce absorción cuando el líquido se incorpora al cuerpo o poros del material.

Los materiales sorbentes pueden estar formados por:

1. Materiales inorgánicos (por ejemplo, vermiculita o vidrio volcánico).
2. Materiales sintéticos (siendo fibra de polipropileno el más común).
3. Materiales orgánicos naturales (por ejemplo, turba, pulpa, algodón, corteza de pino, etc.).

La mayoría de los sorbentes sintéticos son de fibra de polipropileno y están disponibles en una variedad de formas, siendo las almohadillas, los rollos o las barreras las formas

más convenientes. A continuación, se muestran las propiedades generales de los distintos materiales sorbentes(OMI, 2005).

Sorbente	Capacidad máxima de absorción de hidrocarburos g/g de Sorbente		Flotabilidad después de un contacto prolongado con hidrocarburos sobre el agua
	Hidrocarburos de alta viscosidad 3000 cSt a 25°C	Hidrocarburos de baja viscosidad 5 cSt a 25°C	
Inorgánico			
Vermiculita	4	3	Se hunde
Cenizas volcánicas	20	6	Flota
Lana de vidrio	4	3	Flota
Orgánico natural			
Mazorca de maíz	6	5	Se hunde
Cáscara de cacahuete	5	2	Se hunde
Fibra de secoya			
Paja de trigo	12	6	Se hunde
Musgo de turbera	6	2	Se hunde
Fibra celulósica de madera	4	7	Se hunde
	18	10	Se hunde
Orgánico sintético			
Espuma de poliuretano	70	60	Flota
Espuma de formaldehído de urea	60	50	Flota
Fibra de polietileno	35	30	Flota
Fibra de polipropileno	20	7	Flota
Poliestireno en polvo	20	20	Flota

Tabla 6: Capacidad de absorción de los sorbentes. (Fuente: OMI, 2005)

Los sorbentes recuperados deberán almacenarse de forma temporal y, después, deberán procesarse o eliminarse. La separación de hidrocarburos y sorbente es un proceso técnicamente complicado dado que los hidrocarburos permanecen en cierta medida dentro del sorbente, lo que hace casi imposible la reutilización de este último.

2.4 EFECTOS DE UN DERRAME DE HIDROCARBUROS SOBRE ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

La contaminación del mar debido a los hidrocarburos puede ocasionar cambios en la estructura y función de los ecosistemas naturales, así mismo puede perturbar los procesos metabólicos de los organismos acuáticos, la reproducción e incluso puede provocar la muerte masiva de determinadas especies, disminuir la diversidad de especies, lo que puede conducir a la pérdida de la estabilidad del ecosistema (Waluyo et al., 2020).

Los efectos de un derrame en concreto dependerán de diversos factores. Entre estos se incluyen: el volumen del hidrocarburo derramado, sus características fisicoquímicas y toxicológicas; las condiciones locales en el momento del derrame (por ejemplo: temperatura o viento); la época del año; la presencia de estructuras o recursos en la trayectoria del derrame; y muchos más a tomar en cuenta.

Las consecuencias de los derrames de hidrocarburos se pueden evidenciar a distintos niveles: individual, poblacional o en el ecosistema y en distintas escalas de tiempo. Donde la variabilidad y la interacción de los factores producidos por estos eventos producen una amplia gama de efectos ecológicos, económicos y físicos (Villamizar, 2021).

2.4.1 Efectos ecológicos

Los efectos ecológicos que se pueden producir son los siguientes:

- Cambios fisicoquímicos en el hábitat.
- Cambios el crecimiento, fisiología y comportamiento de determinados organismos y especies.
- Toxicidad y aumento de mortandad de determinados organismos y especies.

2.4.2 Contaminación física de la biota y del hábitat

Los hidrocarburos pueden contaminar a los mamíferos, peces, tortugas marinas y aves que nadan en la superficie del agua o se sumergen en ella. Si existe presencia de actividades de pesca en las cercanías, estas pueden quedar contaminadas debido al contacto con el hidrocarburo. La magnitud y persistencia de la contaminación en la zona intermareal depende de la geomorfología y características de los sedimentos de la costa.

En las playas de arena fina, es posible que los hidrocarburos permanezcan en la superficie y puedan ser retirados, caso contrario a las playas arenosas donde el hidrocarburo puede cubrirse en la arena y más tarde aflorar de nuevo por la acción del viento y de las mareas (OMI, 2005).

Los hidrocarburos en el mar, aparte de los efectos físicos directos debido a la asfixia o a la suciedad, la gran parte de mortandad producida en las primeras etapas de un derrame se debe a la toxicidad de los compuestos aromáticos más ligeros presentes en los hidrocarburos, los cuales son más solubles en agua.

Los efectos de la toxicidad aguda durante las primeras etapas de un derrame de hidrocarburos pueden ser locales o pasajeros, o también pueden perdurar durante años tras el derrame, todo dependerá del tamaño, la ubicación y la época en que se produjo y las especies expuestas a sus efectos (OMI, 2005).

Velocidad de recuperación

La recuperación ecológica de una zona que ha sido contaminada por un derrame de hidrocarburos no depende exclusivamente de las cantidades y de la contaminación de los contaminantes que persisten en el derrame. La velocidad de recuperación depende de la dinámica de la población y de las interacciones ecológicas de las especies repobladoras, mucho tiempo después de que se haya reducido la toxicidad por debajo de los niveles significativos (OMI, 2005).

2.4.3 Peces

Son pocos los casos donde se ha observado la muerte de peces adultos como consecuencia directa de un derrame de hidrocarburos. Aunque se ha podido apreciar que algunos peces habían ingerido hidrocarburos y, en muchos casos, que la contaminación por hidrocarburos de los tejidos musculares había dado lugar a la maculación.

Los efectos que se han podido detectar suelen limitarse a las proximidades inmediatas del derrame. En las poblaciones de peces y moluscos se ha detectado la formación de tumores, debido a la exposición a hidrocarburos aromáticos polinucleares, procedentes de los derrames de hidrocarburos (OMI, 2005).



Figura 15: Peces muertos debido a un derrame de crudo. (Fuente: Diario El Tiempo)

2.4.4 Mamíferos marinos

Dentro de los tipos de mamíferos marinos afectados tenemos a las focas, nutrias, ballenas, marsopas, delfines, morsas, etc., donde estas especies nadan en aguas cubiertas por hidrocarburos o que, en algunos casos, se están acercando a tierra. Lo cual causa que el hidrocarburo ensucie el pelaje o la piel de estos animales (OMI, 2005).



Figura 16: Mamífero contaminado por un derrame de crudo. (Fuente: All you need is biology)

2.4.5 Tortugas marinas

Las tortugas marinas también pueden estar expuestas a los hidrocarburos derramados al alimentarse, al salir a la superficie para respirar, o al anidar en las playas contaminadas con hidrocarburos varados.

Los efectos que se han podido observar incluye: reacción tóxica a la inhalación de vapores y a la ingestión de hidrocarburos, interferencia con la función de las glándulas salinas, irritación de la piel y lesiones. Además, los hidrocarburos son muy tóxicos para los huevos de tortuga, especialmente en las últimas etapas de su desarrollo (OMI, 2005).



Figura 17: Tortuga marina manchada por hidrocarburos. (Fuente: Libertad Digital)

2.4.6 Aves marinas

Esta especie es visiblemente vulnerable a los derrames de hidrocarburos. Muchas especies de aves dependen del mar y de las zonas litorales para su alimentación y anidación. Los derrames de crudo pueden ser causantes de índices de mortandad elevados debido a los efectos físicos directos como la obstrucción de los espacios intersticiales de las plumas.

Los efectos a largo plazo, es bien sabido que las aves ingieren hidrocarburos, tanto al limpiarse y componer su plumaje impregnado de crudo como al consumir alimentos contaminados, lo que provoca la disminución de la producción de huevos y del número de aves debido a efectos patológicos (OMI, 2005).



Figura 18: Ave contaminada con hidrocarburos. (Fuente: All you need is biology)

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

3.1 Tipo de investigación

Este trabajo contiene una investigación descriptiva y comparativa de los dos métodos de recuperación de hidrocarburos descritos con el Plan de Contingencia del Terminal Petrolero de La Libertad.

3.2 Recopilación de datos e información

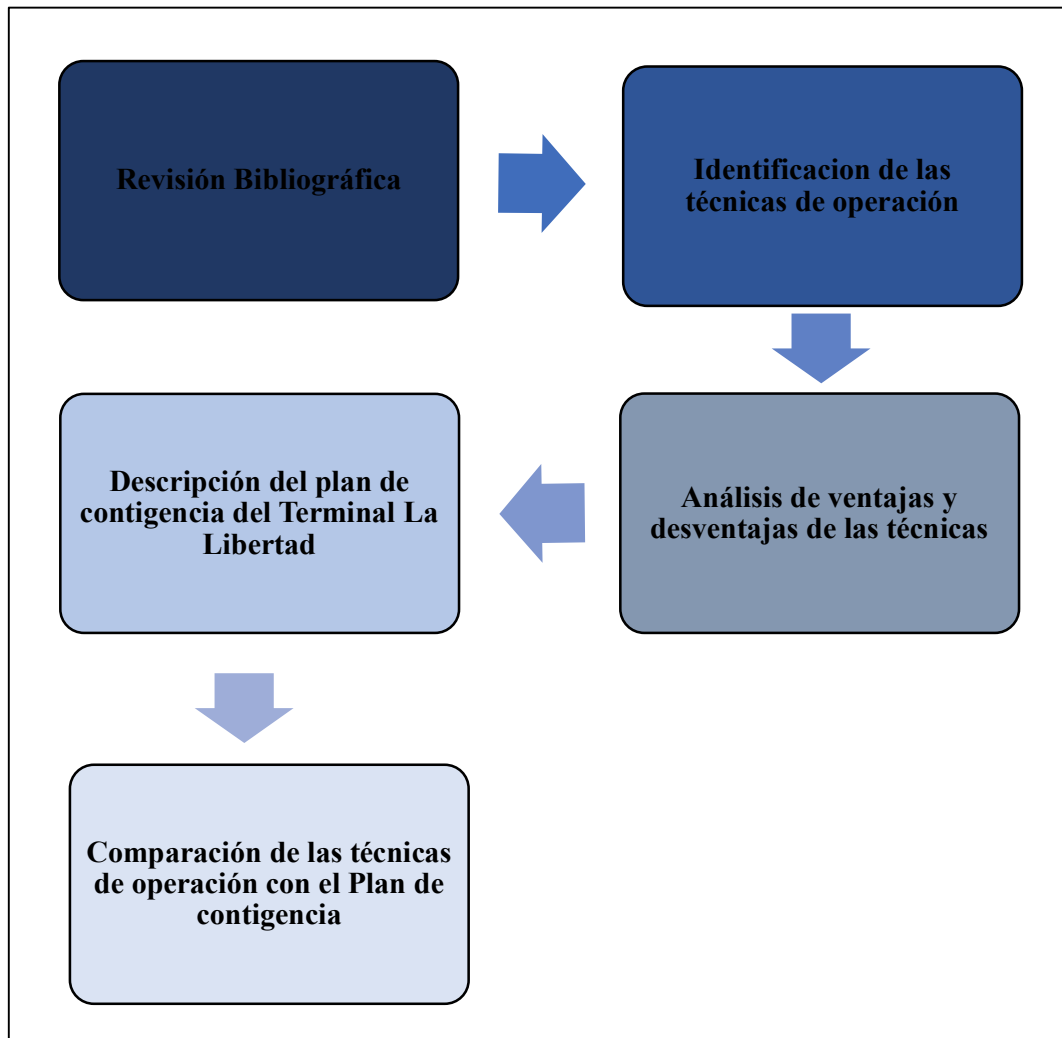
Se investigó el método de dispersión química y contención-recuperación de hidrocarburos. Se buscó información para determinar qué tan efectivos son estos métodos en caso de que se suscite un derrame en la zona de estudio.

También se revisó el Plan de Contingencia del Terminal Petrolero de La Libertad, por lo que se llevó a cabo una investigación bibliográfica de los criterios de selección de los métodos de recuperación de hidrocarburos planteados en dicho documento.

Para el desarrollo del presente trabajo se realizó las siguientes actividades:

- Descripción general del Plan de Contingencia propuesto por el Terminal Petrolero de La Libertad.
- Un análisis comparativo de las ventajas y desventajas del uso de las dos técnicas descritas en este trabajo para el recobro de hidrocarburos respecto al Plan de Contingencia.

3.3 Metodología de análisis



3.3.1 Revisión bibliográfica

Derrames de hidrocarburos en el mar

El hidrocarburo entra al medio ambiente marino como resultado tanto de actividades humanas como de procesos naturales. Los accidentes de buques y tanqueros costa fuera constituyen alrededor de 15% de la cantidad de hidrocarburos que entra a los océanos.

Toda esta masa oleosa que se crea cuando se produce un derrame de crudo en medio marino se la denomina Marea Negra. Este fenómeno se trata de una de las formas de contaminación más graves, ya que no solo invade el hábitat de numerosas especies marinas, sino que en su dispersión alcanza igualmente costas y playas contaminando todo

a paso, alterándola gravemente, a la vez que genera grandes costes de limpieza, depuración y regeneración de las zonas afectadas (Vergara & Pizarro, 1981).

Una mancha de petróleo en el medio marino puede producir los siguientes efectos físicos:

- a) Eliminación de especies marinas o costeras sensibles.
- b) Efectos no letales en otras especies (deformaciones, comportamiento).
- c) Absorción de petróleo en los tejidos.
- d) Cambios en el medio físico o químico.
- e) Contaminación en las playas.

Los efectos ambientales de un derrame pueden clasificarse de acuerdo con su permanencia, como efectos inmediatos y efectos a largo plazo. Estos últimos son más difíciles de evaluar, por lo general por falta de estudios de base y a que en la mayoría de los casos el petróleo no es el único contaminante en el área afectada (Vergara & Pizarro, 1981).

Respuesta frente a derrame de petróleo

Cuando se produce un derrame, lo primordial es reducir los daños ecológicos, económicos y en la vida humana, para lo cual se deben tomar medidas inmediatas de precaución y correctivas.

La respuesta debe ser rápida, eficaz y económicamente eficiente. Para que ello sea factible es necesario que se cumplan tres elementos primordiales:

- a) Que exista personal entrenado, que conozca las técnicas y equipos. Que haya un supervisor o jefe de operaciones con capacidad de evaluar la situación y opciones de respuesta.
- b) Que se disponga de materiales y equipos para el control de derrames; y
- c) Que exista un adecuado plan de contingencia que haya previsto las condiciones más probables en que ocurre el derrame, los medios para combatirlo y las técnicas más adecuadas a cada circunstancia (Vergara & Pizarro, 1981).



Figura 19: Equipo de operación controlando un derrame de crudo. (Fuente: Ricsons, 2017)

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Identificamos y describimos los dos métodos operativos en caso de un derrame de petróleo, dispersión química y contención-recuperación de hidrocarburos, realizando un análisis de ventajas y desventajas de cada método.

Se revisó el plan de contingencia elaborado por el Terminal Petrolero La Libertad, encontrando los procedimientos que llevan a cabo en caso de una emergencia y los equipos que tienen a disposición.

Finalmente, analizamos los parámetros de los métodos investigados con los del plan de contingencia del Terminal, y se realizó una serie de recomendaciones para la optimización dicho documento.

El cuadro a continuación muestra la ventajas y desventajas que tiene cada uno de los métodos operativos estudiados en este trabajo:

Método		Ventajas	Desventajas
Dispersión química		<ul style="list-style-type: none"> • Pueden trabajar en cualquier condición ambiental y marina. • Facilita la biodegradación del vertido. • Es un método relativamente barato. • Dilución rápida del hidrocarburo evitando la contaminación de algunas áreas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Si se dispersan grandes cantidades de petróleo, esto puede afectar gravemente a áreas sensibles y a la flora y fauna de la zona. • No sirven en hidrocarburos pesados. • Al dispersarse el derrame, es más complicado de recolectar. • Si se aplica en playas, el dispersante junto al hidrocarburo puede penetrar la arena, complicando su recogida.
Barreras de contención	Flotador macizo	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia a productos químicos. • Despliegue rápido. • Alta resistencia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gran volumen de almacenamiento. • Comportamiento pésimo al remolque. • Poca estabilidad.
	Valla	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo coste. • Rápido despliegue. • Empleo mediante fondeo. • Manipulación y almacenamiento compacto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mal adaptabilidad al oleaje. • Facilidad de vuelco. • Difícil de limpiar. • Posible pérdida de francobordo.
	Litoral	<ul style="list-style-type: none"> • Excelentes propiedades de sellado con el litoral. • Buenas características de adaptación a las olas. • Requieren poco espacio de almacenamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Por lo general se despliegan con menos rapidez debido a las operaciones de inflado y llenado de agua que requieren. • Los requisitos de mantenimiento tras su utilización son más intensos que para las barreras convencionales.
Skimmers	Disco	<ul style="list-style-type: none"> • Pocas partes móviles indican buena fiabilidad. • Las unidades pequeñas pueden ser manipuladas por dos personas. • La relación hidrocarburos/agua es alta. 	<ul style="list-style-type: none"> • No recupera hidrocarburos solidificados o meteorizados. • Los detritos flotantes y fibrosos pueden enrollarse en los ejes de los discos y detener su giro. • Puede perder cierta capacidad de recogida en el caso de que los hidrocarburos hayan sido tratados con dispersantes.
	Cuerda	<ul style="list-style-type: none"> • Buena recuperación de hidrocarburos en manchas con espesor superior a 5 mm. • Buena relación hidrocarburos/agua en fluido recogido. • Almacenamiento de hidrocarburos a bordo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Opera en sondas de agua superiores a 1 m. • Difícil de transportar a zonas alejadas. • Alto coste económico.
	Cepillo	<ul style="list-style-type: none"> • Buena para hidrocarburos residuales, emulsionados y meteorizados. • Mecánicamente sencilla. • No suelen afectarle los detritos y las olas. • Los hidrocarburos recogidos contienen poca agua en exceso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los colectores laterales pueden perder hidrocarburos bajo los barridos de las barreras. • Las unidades montadas en la proa pueden verse afectadas por el movimiento del buque y cualquier interferencia relacionada.
	Correa	<ul style="list-style-type: none"> • Alta velocidad de recogida. • Eficaz para hidrocarburos muy viscosos. • Eficaz para una amplia gama de tipos de hidrocarburos. 	<ul style="list-style-type: none"> • No puede operar en aguas poco profundas. • La correa de recuperación tiene una vida corta.

		<ul style="list-style-type: none"> • Económicamente costosa de adquirir y operar.
Aspiración	<ul style="list-style-type: none"> • Buena para cualquier sonda de agua. • Elevada velocidad de recuperación en manchas con un espesor >5 mm. • Unidad simple, no mecánica, que requiere bajo mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Limitada a condiciones de calma. • Los detritos pueden obstruirla con facilidad. • Recuperación deficiente en manchas con un espesor <5 mm.
Vertedero	<ul style="list-style-type: none"> • Recuperación eficiente de hidrocarburos ligeros a pesados. • Es muy selectivo en aguas calmas y de poco arrastre. 	<ul style="list-style-type: none"> • Limitada a condiciones de calma. • Puede obstruirse con desechos grandes.
Sorbentes	<ul style="list-style-type: none"> • Facilidad de uso y disponibilidad. • No importa el espesor de la mancha para su uso. • No son tóxicos, por lo que se usan en zonas confinadas donde no se deben usar otros métodos. • Acortan la extensión que pueda llegar a tener el derrame. 	<ul style="list-style-type: none"> • Solo se usan para crudos ligeros o medios. • Están muy condicionadas por la metodología del lugar. • Requieren un gran número de medios para su utilización y recogida. • Altos costos.

Tabla 7: Ventajas y desventajas de los métodos operativos. operación (Fuente: OMI, 2005).

Para poder establecer que método es el adecuado, se debe tener en cuenta el rendimiento de estos, es decir la eficiencia con el que recupera o elimina el crudo. Para esto, se deben considerar las siguientes condiciones:

- a) Condiciones ambientales
- b) Condiciones operativas.

Las condiciones ambientales del lugar donde está ubicado el Terminal Petrolero son las siguientes:

- a) Vientos flojos (no mayores a 5 m/s) y Vientos moderados (no mayores a 7 m/s).
- b) Corrientes con velocidades mínimas de 0.10 m/s y máximas de 0.21 m/s. Donde la velocidad promedio encontrada es de 0.17 m/s en el flujo y 0.13 m/s en el reflujo.

Las condiciones operativas son las características en las cuales se produce el derrame, donde éstas se verán limitadas por las condiciones de luz, la cantidad y naturaleza del hidrocarburo derramado.

Si bien el porcentaje de eficiencia del uso de dispersantes en condiciones de trabajo favorables es de 75 a 95 %, mientras que el porcentaje de eficiencia de los skimmers es de 85 a 90%, lo que llevaría a pensar que el uso de dispersantes es el método más efectivo,

pero existen condiciones operativas y ambientales que afectan la viabilidad y conveniencia de implementar su uso.

Una de las condiciones operativas es que las manchas de petróleo deben ser visibles desde una perspectiva superior y de suficiente espesor para que este sea aplicado de manera eficiente. También las condiciones de viento y corrientes deben ser altas, ya que los dispersantes actúan mejor cuando el mar está en agitación.

Una restricción final e importante que implica el uso de dispersantes es el requisito de permiso para usarlos y todas las regulaciones que eso implica.

Las condiciones operativas para el uso de skimmers, son totalmente contrarias a la de los dispersantes, estos funcionan y rinden mejor en condiciones de viento y corrientes bajas, y el porcentaje de recolección dependerá del tipo de skimmer que se esté utilizando.

Por su parte, el uso de skimmers también tiene sus limitaciones operativas, estos incluyen tener un almacenamiento adecuado del hidrocarburo recolectado, visibilidad reducida en ciertas condiciones climáticas/nocturnas, fuertes vientos y olas, escombros flotantes, mal funcionamiento del equipo y fatiga del personal.

En el caso del Terminal Petrolero La Libertad el método más eficiente en caso de un derrame es la contención con barreras y la recolección de los hidrocarburos mediante skimmers de tipo vacío o de aspiración, ya que son los que mejor se adaptan a las condiciones ambientales y operativas del Terminal, cuya eficiencia será alrededor del 85 a 90%, y además se minimizará el nivel de toxicidad y cualquier impacto dañino a la biota marina por el uso de dispersantes.

CONCLUSIONES

Se determinó que el método efectivo para contrarrestar los derrames de hidrocarburos en el Terminal Petrolero La Libertad, es la recolección mediante skimmers de tipo vacío o de absorción, ya que este método se adapta de mejor manera a las condiciones ambientales y operativas del Terminal.

De igual forma, se puede hacer uso de absorbentes en caso de pequeñas manchas de hidrocarburos derramados en los alrededores del Terminal, en casos donde hay muy poca profundidad para el empleo de los skimmers.

Tomando en cuenta lo anterior, la dispersión química también podría ser utilizada en casos especiales donde la recolección mediante skimmers no sea eficiente y las condiciones ambientales y operativas sean las óptimas para obtener una eficiencia adecuada en la recolección de los hidrocarburos.

En conclusión, los métodos expuestos en este trabajo tienen sus ventajas y desventajas a la hora de actuar en un derrame de hidrocarburos, lo importante es conocer cuál de ellos emplear de acuerdo con las condiciones que presente el entorno.

RECOMENDACIONES

Realizar un estudio y determinar si el equipo con el que cuenta el Terminal Petrolero para la recolección de los hidrocarburos derramados es el más eficiente bajo las condiciones operativas del Terminal.

Realizar un estudio que corrobore la efectividad real de los métodos de operación detallados en este trabajo bibliográfico, bajo las condiciones ambientales y operativas del Terminal Petrolero La Libertad.

Actualizar del plan de contingencia del Terminal Petrolero, complementándolo con un procedimiento detallado que implique el uso de dispersantes como método de acción en caso de producirse un derrame que cumpla las condiciones para su implementación.

BIBLIOGRAFÍA

- Arpel, A. R. de E. de P. y G. N. en L. y el C. (2007). Guía para el uso de dispersantes en derrames de hidrocarburos. *ARPEL Reporte*.
- Casado, P. (2013). *Las barreras anticontaminación contra los vertidos hidrocarburos*. Escuela Técnica Superior de Náutica.
- EPETROECUADOR. (2001). *Plan de contingencia del Terminal Marítimo La Libertad.pdf* (p. 69).
- ExxonMobile. (2008). *Manual de Campo para Respuesta a Derrames de Petróleo*. 344. <http://www.exxonmobil.com/>
- Fingas, M. (2016). Springer handbook of ocean engineering. *Springer Handbook of Ocean Engineering, January 2016*, 1–1345. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-16649-0>
- ITOPF, I. T. O. P. F. (2011). Uso de skimmers en la respuesta a la contaminación por hidrocarburos. *Documento de Información Técnica*, 5, 1–15.
- OMI, O. M. I. (2005). Lucha contra los derrames de hidrocarburos. In *Manual sobre la contaminación ocasionada por hidrocarburos* (Segunda, p. 236). Arkle Print Ltd.
- Rios, C. (2015). *2015-Rios-Las lanchas guardacostas.pdf* [Universidad de las Fuerzas Armadas]. <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/14401>
- Vergara, I., & Pizarro, F. (1981). Manual Control de Derrames de Petróleo. *Apuntes Para Cursos En América Latina de IMCO-CPPS-PNUMA*, 1, 592.
- Villamizar, E. (2021). Impactos de los derrames de petróleo sobre los arrecifes coralinos y sus bienes y servicios ecosistémicos. *Boletín de La Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales*, LXXXI, 45–52.
- Waluyo, W., Wahyudi, D., . A., & Uli Sagala, H. A. M. (2020). The Impact Of Oil Spill To The Total Petroleum Hydrocarbon (Tph) Concentration In Fishes At North Coastal Of Karawang Regency, West Java Province. *Journal of Marine Science*, 2(2), 11–18. <https://doi.org/10.30564/jms.v2i2.1741>

ANEXOS

Plan de Contingencia del Terminal Petrolero La Libertad

La finalidad del plan de contingencia es delinear las responsabilidades por la respuesta operativa ante emergencias marítimas que pudieran tener como resultado de derrames de hidrocarburos al mar y provocar daños al medio ambiente y costero, áreas recreacionales, entre otras del Cantón La Libertad y Salinas en la Provincia de Santa Elena o sus aguas jurisdiccionales. (EPPETROECUADOR, 2001).

Objetivo general

Establecer acciones operativas para el control de la contaminación por hidrocarburos y/o sustancias nocivas, así como, establecer la información básica requerida con el propósito de dar una respuesta oportuna y adecuada a la emergencia presentada.

Objetivos específicos

- Establecer una organización técnica operativa para enfrentar derrames de hidrocarburos y/o sustancias nocivas, asignar tareas y responsabilidades específicas a unidades que conforman este plan.
- Implementar medidas y procedimientos para controlar la contaminación por derrames de hidrocarburos y/o sustancias nocivas.

Mapa de sensibilidad del área de influencia

Se conoce como área sensible, aquellas zonas que sus recursos son muy susceptibles a ser afectados por la operación de las instalaciones industriales que mantiene la Jefatura de Terminal y Refinería La Libertad durante el abastecimiento del crudo ecuatoriano o el despacho de sus subproductos hacia otros destinos.

Para la determinación de estas áreas se ha tomado en cuenta 3 tipos de sensibilidad que pueden afectar negativamente el entorno ambiental de refinería, los mismos que se identifican de la siguiente manera:

Área de sensibilidad física

El criterio que define el nivel de este tipo de sensibilidad se determina por la posible afectación durante la operación de las líneas submarinas de la Jefatura de Terminal y Refinería La Libertad, básicamente se refieren a las playas y a la porción oceánica que se encuentran ubicadas en el área de influencia directa e indirecta de este recinto industrial.

Área de sensibilidad biótica

En lo referente a la sensibilidad biótica, de igual manera, se refiere a las afectaciones que puede tener el medio biológico. En este caso, la biota existente en el área de influencia directa de afectación se convierte en un recurso sensible a los cambios que ocurren en el agua y diversos tipos de fondos, sin embargo, la afectación durante la operación de las líneas submarinas que llevan más de 25 años de funcionamiento ha afectado levemente a la fauna marina.

Área de sensibilidad económica

Los niveles de sensibilidad socioeconómica y cultural, se determina por el posible debilitamiento de los factores que componen la estructura social, originada por los grupos humanos externos a la misma. Las formas de integración que tiene con la sociedad local implican actividades de tipo social que está orientado básicamente en la ayuda para la construcción de escuelas en áreas de influencia y en sectores de mayor necesidad.



Figura 20: Mapa de sensibilidad Provincia de Santa Elena, componentes físicos, sociales, ambientales y turísticos. (Fuente: SNAP y mapa turístico del Ecuador)

Procedimientos por seguir en caso de derrame

En caso de que el derrame ocurrido a bordo contamina el mar, el capitán de amarre y carga embarcado procederá de la siguiente manera:

- Parar la carga/descarga
- Notificar sobre el derrame a la Sala de Control para que se informe al Superintendente General de RLL, Jefe de Terminal Libertad y se active el Plan.
- Sobre el derrame a SUINLI a través de la Estación Costera
- Determinar e informar inmediatamente al Control Unificado de RLL y/o Jefatura Terminal Libertad las características del derrame, tales como:

- Origen del derrame, cantidad y localización del producto derramado.
 - Dirección, fuerza del viento y de la corriente, así como el estado del mar.
 - Extensión aproximada de la mancha y dirección de desplazamiento actual y probable del derrame.
- Simultáneamente el Capitán de amarre y carga disponible, se trasladará desde tierra hacia el remolcador principal por cualquier medio, con el capataz y los marineros disponibles, para ocupar sus funciones de Jefe de escena en la emergencia.
 - Disponer al remolcador auxiliar, hacerse firme en el cable de remolque de la aleta de estribor del barquero y comenzar a mantener al tanquero en posición.
 - Cuando el remolcador auxiliar mantenga estable la posición del tanquero con relación a la monoboya, el remolcador principal largará la tira de popa del tanquero y este recogerá la tira de remolque lo más rápido posible.
 - El remolcador principal comenzará el despliegue de las barreras asegurando un chicote en la bita de la aleta de estribor del tanquero, dirigiéndose hacia la popa cercando la mancha, hasta que la lancha con el Jefe de escena, le releve con la sujeción de las barreras.
 - El remolcador principal con el Jefe de escena a bordo, maniobra al lugar más adecuado para colocar los skimmer en el centro de la mancha y procederá a la recolección del producto, para depositarlo en los tanques del remolcador principal.
 - Finalizada la recolección se procederá a la limpieza final con paños absorbentes y aplicando dispersante en el área previa coordinación con la autoridad marítima.

En cuanto reciba la información de una contaminación por parte de cualquier funcionario o trabajador, es responsabilidad del Superintendente de Refinería La Libertad/Coordinador Terminal Libertad:

Solicitar a los supervisores de operaciones marítimas, analistas de supervisión ambiental, analistas de supervisión de seguridad y salud ambiental, (de turno), tan pronto como se produzca una contaminación, un reporte preliminar del incidente, probables causas y acciones tomadas.

- Informar sobre la emergencia a SUINLI.
- Activar el plan de contingencia local y asumir el control de la emergencia.
- Convocar y reunir el control unificado local.

- Disponer la movilización de los medios logísticos necesarios para el control de derrame.
- Informar permanentemente sobre la situación del derrame a la autoridad marítima (SUINLI)
- disponer que se realice la investigación para determinar causas y responsabilidades.
- presentar un informe pormenorizado final detallado de los recursos, medios, equipos, materiales, etc., utilizados en la emergencia para su recuperación o legalización futura.

GRUPOS OPERATIVOS

Jefe de Escena

El capitán de amarre y carga (Mooring Máster) de turno en operación, al momento de producirse la emergencia, será el encargado de la dirección de las operaciones preliminares para el control de la contaminación provocada por un derrame de hidrocarburos.

- Concurrir inmediatamente al área de emergencia en cualquier medio disponible.
- Evaluar e informar inmediatamente las características de la contaminación tales como:
 - Origen del derrame cantidad y localización del producto derramado.
 - Dirección de la corriente y velocidad del viento, así como también del estado de mar.
 - Determinar que las instalaciones y recursos pueden ser afectados.
 - Impacto potencial al medio ambiente.
- Evaluar la magnitud del incidente y determinar la movilización de personal y recursos, así como las acciones a seguir.
- Controlar, coordinar y dirigir las operaciones de contención, recuperación y limpieza.
- Solicitar al Control Unificado Local el suministro de mayores recursos de acuerdo con lo requerido por el Grupo de Contención.
- Si la situación amerita solicitará al Comando Unificado, comunique a SUINLI para que activen el Plan Zonal de Contingencia.
- Documentar y llevar un registro de todas las acciones tomadas durante las operaciones.
- Informar permanentemente al Jefe de Control Unificado Local, del desarrollo de las operaciones.

- De acuerdo con la magnitud del derrame solicitar al Control Unificado Local se elabore el respectivo informe preliminar del incidente a los entes de control.
- Preparar el informe final de la emergencia.

Grupo de contención, recuperación y limpieza

Estará conformado por dotación de las lanchas “ANCÓN” y “LA LIBERTAD” y personal de las jefaturas de gestión ambiental, seguridad y salud ambiental de turno, a cargo del jefe de escena, quién asumirá en el área de la emergencia el control directo de personal y material puesto a su disposición.

- Concurrir al área del derrame a bordo de las embarcaciones disponibles.
- Desplegar los equipos y materiales necesarios de acuerdo con las disposiciones del jefe de escena.
- Comunicar al jefe de escena el estado de situación de las operaciones de contención y recuperación, así como la necesidad de mayor apoyo logístico, de ser necesario.
- Coordinar las tareas de limpieza de equipos y recolección de materiales e insumos contaminados utilizados durante la emergencia.
- Una vez que una de las lanchas quede libre luego del despliegue de las barreras flotantes, se ubicará en el centro exterior del seno de estas.
- Instalar el skimmer en el interior de las barreras desplegadas.
- Recolectar el hidrocarburo contenido en las barreras para su almacenamiento temporal en un reservorio adecuado de acuerdo con el volumen recuperado.
- Evacuación del volumen de hidrocarburos recuperado hacia sitios dispuestos por la dirección del CUL.
- El hidrocarburo que no pudo recuperarse mecánicamente se logra con la utilización de materiales absorbentes.
- En caso de observarse algún remanente de carburo (película iridiscente), se solicitará al jefe de escena coordinar con el CUL ante la autoridad marítima (SUINLI) la respectiva autorización para el uso de dispersante ecológico aprobado previamente por la dirección nacional de espacios acuáticos (DIRNEA).

Tipos, características y cantidad promedio de los hidrocarburos y/o sustancias nocivas que se movilizan diariamente por la instalación o empresa.

- Gasolina Extra y Gasolina Base (liviano) 500000 galones por mes.
- Diesel 2 – 3200000 galones por mes.
- Premium – 1600000.
- Diesel 1 – 150000 galones por mes (intermedio).
- Fuel oil – 1000000 galones cada 12 horas cuando hay producto (pesado).

CAUTIVO

- Rata de bombeo 1600 barriles por hora – Diesel – Fuel oil.

BOYAS INTERNACIONAL

- Rata de bombeo 40000 barriles por día cuando hay buque.
- Diesel Premium, GAO.

MONOBOYA

- 230000 barriles en 36 horas petróleo oriente y peninsular

Capacidad de almacenamiento y bombeo de la institución o empresa

	Capacidad almacenamiento
CP1 – 39 – 40 – 55	150000 barriles c/t
41 – 42	75000 barriles c/t
32 – 33	55000 barriles c/t
Cautivo	
188	76000 barriles c/t
103	60000 barriles c/t
88	55000 barriles c/t
89	

Tabla 8: Capacidad de almacenamiento y bombeo de la institución o empresa. (Fuente: Plan de contingencia Terminal Petrolero La Libertad)

Equipos y materiales que dispone el Terminal Petrolero La Libertad para el control de derrames.

N°	Equipos	Características (capacidad, marca, profundidad de trabajo, etc.)
1	3 Skimmer	Capacidad 30 m ³ /h, marca Foliex, calado 380 mm, mangueras con acople.
2	1 Boom de 150 m	Marca American marine, 150 m de longitud
3	1 Compresor portátil	Capacidad 210 cfm, presión de operación 100 psig, marca Kaeser M 57, motor a diesel
4	2 Barreras flotantes	Lamor – 250 m c/u – ubicadas una por lancha.
5	Fuente de poder	Para el funcionamiento de los equipos de control.
6	Compresor	Para inflar barreras
7	2 Lanchas	C/La Libertad y C/Ancón
8	1 Deslizador	Quilla plana de aluminio para la recogida de paños y barreras absorbentes contaminados.
9	1 Lanchón	Capacidad 4000 galones.
10	1 Grúa estática eléctrica	En el muelle capacidad 10 toneladas.
11	2 Camiones cisterna	Capacidad 4000 galones.
12	4 Autobombas	Capacidad 700 galones de espuma c/u.
13	1 Ambulancia	Totalmente equipada para emergencia nivel 2.

*Tabla 9: Inventario de recursos disponibles y equipamiento básico para combatir derrame de hidrocarburos.
(Fuente: Plan de contingencia Terminal Petrolero La Libertad)*

N°	Materiales y químicos	Función
1	Boyas absorbentes	Derrames de hidrocarburos.
2	Dispersante ecológico	Derrames de hidrocarburos en el mar – 24 litros.
3	Paños absorbentes	Dos paquetes.
4	Barreras absorbentes	Seis unidades.
5	Guantes de nitrilo	Ocho unidades.

Tabla 10: Materiales y químicos de descontaminación (dispersantes, absorbentes, digestores) (Fuente: Plan de contingencia Terminal Petrolero La Libertad)

Figuras referentes al trabajo de estudio



Figura 21: Mancha de hidrocarburo propagándose y fragmentándose (Fuente: Informe de derrame de crudo - EP PETROECUADOR).



Figura 22: Skimmer recolectando hidrocarburo. (Fuente: Informe de derrame de crudo - EP PETROECUADOR).

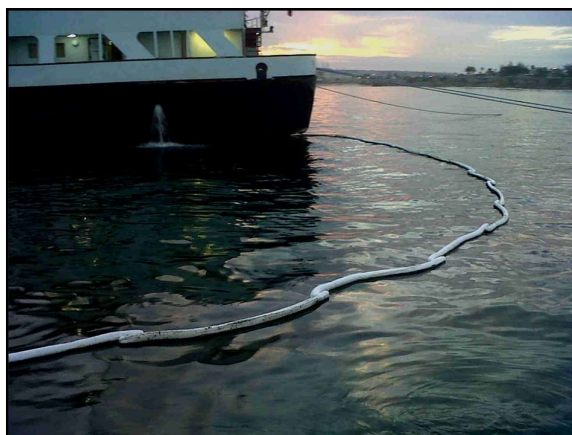


Figura 23: Colocación de barreras, con la finalidad de contener y recoger el hidrocarburo. (Fuente: Informe de derrame de crudo - EP PETROECUADOR).



Figura 24: Mancha de hidrocarburos en el mar. (Fuente: Informe de derrame de crudo - EP PETROECUADOR)



Figura 26: Presencia de mancha de Fuel Oil N°4 en el mar. (Fuente: Informe de derrame de crudo - EP PETROECUADOR).



Figura 25: Transportando desechos del derrame de hidrocarburos para su disposición final. (Fuente: Informe de derrame de crudo - EP PETROECUADOR).