



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Evaluación de los métodos de recuperación de hidrocarburos
vertidos en las superficies marinas

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental**

AUTOR:

Kong Montoya, Tanler Rubén (ORCID / [0000-0003-4289-3399](https://orcid.org/0000-0003-4289-3399))

ASESOR:

Dr. Cruz Monzón, José Alfredo (ORCID / [0000-0001-9146-7615](https://orcid.org/0000-0001-9146-7615))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Calidad y gestión de los recursos naturales

TRUJILLO – PERÚ
2021

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo a Dios por permitirme llegar a este momento tan especial de mi vida.

A mí madre Milagros, por cada instante a mi lado, por permanecer paciente en mi desarrollo y por su amor infinito.

A Grisselle por acompañarme en todo este proceso, por su lealtad y por su apoyo incondicional para poder cumplir con esta meta de mi vida a mi lado.

A mi amiga Rebeca por su consideración y su apoyo constante en esta etapa de mi vida universitaria.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por permitirme lograr mis metas y mis sueños por ser siempre mi fortaleza.

A mi madre Milagros por ser ese gran apoyo en todo momento, por ser mi ejemplo de salir a adelante.

A mi asesor de tesis, Dr. Alfredo Cruz Monzón, por compartir su sabiduría conmigo y por enseñarnos con dedicación y tiempo la disciplina y compromiso.

A mis amigos gracias por su amistad, consideración y apoyo incondicional.

A mi alma mater por brindarme no profesores sino Maestros, a ellos gracias por sus conocimientos y enseñanzas a lo largo de toda mi vida universitaria.

Índice de Contenido

	Pág
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenido	iv
Índice de figuras	v
Índice de tablas	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	13
3.1. Tipo de diseño de investigación	13
3.2. Categoría, subcategoría y matriz de categorización apriorística	13
3.3. Escenario de estudio	13
3.4. Participantes	14
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	14
3.6. Procedimiento	15
3.7. Rigor científico	15
3.8. Método de análisis de datos	16
3.9. Aspectos éticos	16
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
V. CONCLUSIONES	39
VI. RECOMENDACIONES	41
REFERENCIAS	42
ANEXOS	50

Índice de tablas

	Pág.
Tabla 1: Criterios de inclusión	14
Tabla 2: Procedimiento de investigación	15
Tabla 3: Base de datos aplicados a la capacidad de recuperación según el tipo de método y proceso	18
Tabla 4: Capacidad de recuperación mediante el método de sorbente y tipo de hidrocarburo	22
Tabla 5: Capacidad de recuperación mediante el método mecánico y su tipo de hidrocarburo	25
Tabla 6: Tipos de métodos por cantidad y porcentaje	28
Tabla 7: Capacidad de recuperación en métodos sorbente de acuerdo al tipo de proceso e hidrocarburo	30
Tabla 8: capacidad promedio de recuperación en métodos mecánicos de acuerdo al tipo de hidrocarburo	34
Tabla 9: Método mecánico y capacidad de recuperación	36

Índice de figura

	Pág.
Figura 1: Método de barras flotantes	7
Figura 2: Método de barreras de cortina y valla	8
Figura 3: Barrera de cortina y sellado	8
Figura 4: Método de absorbente	10
Figura 5: Método de Skimmers	10
Figura 6: Método mecánico de barrido lateral	11
Figura 7: capacidad de recuperación por articulo según el tipo de hidrocarburo	23
Figura 8: capacidad d recuperación según el método mecánico	26
Figura 9: Cantidad de tipos de métodos encontrados	28
Figura 10: capacidad de recuperación de hidrocarburos por artículo.	35
Figura 11: Comparación de Resultados de Recuperación del Método Mecánico.	37

Resumen

Entre las principales fuentes de contaminación que aqueja a los ecosistemas marinos, están los hidrocarburos producto muchas veces de los derrames de petróleo y, es por eso que, ante la necesidad de investigar sobre los distintos métodos disponibles para la recuperación y mitigación de sus efectos en el medio marino, es que se propuso como objetivo evaluar los métodos de mayor eficacia reportados en la recuperación de hidrocarburos vertidos en las superficies marinas. La metodología corresponde a un análisis documental de tipo cualitativa descriptiva, para lo cual se utilizó artículos científicos de acceso libre recopilados de bases de datos indexados como SCOPUS, SCIENCE DIRECT, SCIELO, REDALYC Y DIALNET, donde se obtuvieron un total de 18 artículos con los cuales se desarrolló la presente investigación. Los resultados muestran que los métodos sorbente y mecánico son los más eficaces con un promedio de 36.73g HC/1g y 8.85m³/h respectivamente. Finalmente se concluye que los métodos que presentan mayor eficacia corresponden al mecánico de proceso fisicoquímico con 35m³/h, mientras que el menos eficaz es 0.0202284m³/h de proceso físico, por otro lado, el método sorbente, tiene como mayor proceso eficaz, al químico, con 119g HC/1g, y como menos eficaz a 0.52g HC/1g de proceso biológico.

Palabras clave: Recuperación de hidrocarburos, evaluación, métodos superficies marinas.

Abstract

Among the main sources of pollution that afflicts marine ecosystems are hydrocarbons, many times the product of oil spills and, that is why, given the need to investigate the different methods available for the recovery and mitigation of their effects on the marine environment, is that it was proposed as an objective to evaluate the methods of greater efficiency reported in the recovery of hydrocarbons spilled on marine surfaces. The methodology corresponds to a descriptive qualitative documentary analysis, for which free access scientific articles collected from indexed databases such as SCOPUS, SCIENCE DIRECT, SCIELO, REDALYC and DIALNET were used, where a total of 18 articles were obtained with the which the present investigation was developed. The results show that the sorbent and mechanical methods are the most effective with an average of 36.73g HC / 1g and 8.85m³ / h respectively. Finally, it is concluded that the methods that present the highest efficiency correspond to the mechanical physicochemical process with 35m³ / h, while the least effective is 0.0202284m³ / h of physical process, on the other hand, the sorbent method, has the most effective process, at chemical, with 119g HC / 1g, and as less effective at 0.52g HC / 1g of biological process.

Keywords: Oil recovery, evaluation, marine surface methods.

I. INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental, en los diferentes contextos se ha convertido en un asunto de mucha relevancia mundialmente, y esta situación que trae como consecuencia una infinidad de problemas que afectan al suelo, aire, agua y los seres que habitan en él; por lo cual, el estudio del medio ambiente, está vinculado estratégicamente con la realización y ejecución de numerosos trabajos y actividades multidisciplinarias, de estrategias de prevención, control y mitigación de impactos producidos, que se vienen implementando desde hace muchos años, por la mayoría de países, buscando una solución al problema en mención. Y una de estas estrategias en busca de resolver esta problemática es la aplicación de ciertas metodologías que ayuden a evitar, contrarrestar o solucionar este problema.

El océano alberga hidrocarburo, el cual es explotado y extraído con frecuencia. Los derrames de hidrocarburos de petróleo son una de las principales fuentes de contaminación entre los cuales se encuentra el ambiente marino, ya que, hasta la actualidad la extracción y uso de hidrocarburos, es una de las fundamentales actividades económicas de producción y energía. El control y recuperación de estos hidrocarburos es un gran desafío y un controversial tema de investigación; puesto que existe una diversidad de métodos que permiten subsanar dichos problemas ambientales, entre los cuales está la remediación. (Dancé y Saénz, 2013).

La problemática de derrames de hidrocarburos, es un serio riesgo de mucha importancia debido a que se requiere de ciertas maneras o métodos para recuperar este líquido esparcido en las superficies marinas. Teniendo en cuenta, que estos derrames repercuten en la salud ambiental y las relaciones de los seres vivientes con el contexto ambiental de su entorno. (Borjas, 2019, p. 8).

Los hidrocarburos son productos muy tóxicos para los ecosistemas, cuyos derrames en el mar, se consideran graves daños irreparables en los hábitats naturales, debido a que afectan las áreas pesqueras, envenenando a los peces, alterando su ciclo biológico, ocasionando la muerte de muchos y generando pérdidas económicas, además los hidrocarburos forman parte de un 50 a un 98

% de la composición total del petróleo, y se constituyen por alcanos, cicloalcanos y composiciones aromáticas, al menos un anillo bencénico en su composición. (Botello et al, 2005, p. 2). Por ello se requiere que estos hidrocarburos sean recuperados de las superficies marinas prontamente, antes de que ocasionen mayores daños. Y para ello es necesario de métodos o estrategias aplicables a esta problemática a fin de recuperar este elemento.

En base a lo expuesto, es importante determinar el impacto que genera los derrames de hidrocarburos, y el seguimiento que se debe realizar a estos parámetros, a fin de obtener mejores beneficios sociales, económicos y ambientales, que impulsen un desarrollo sostenible. Asimismo, se requiere verificar diversas investigaciones de carácter científico, que planteen de manera fidedigna, resultados de estudios realizados sobre estrategias y técnicas de remediación de ambientes marinos contaminados por derrames de hidrocarburos.

Por consiguiente, tomando en cuenta lo redactado acerca de la problemática ambiental que genera los hidrocarburos en el ambiente marino, se planteó a continuación el problema de investigación: ¿Cuáles son los métodos más eficaces utilizados en la recuperación de hidrocarburos vertidos en las superficies marinas? Y los problemas específicos fueron los siguientes: Primero, ¿Qué tipos de métodos se utilizan en la recuperación de hidrocarburos vertidos en las superficies marinas? Segundo, ¿Cómo se utilizan los diferentes procesos en la recuperación de hidrocarburos vertidos en superficies marinas? Tercero, ¿Qué métodos utilizados en la recuperación de hidrocarburos vertidos en las superficies marinas son los más eficaces?

La presente investigación se justifica por conveniencia, por el hecho de conocer que la presencia de carburantes derramados en las superficies marinas genera dificultades fisiológicas y/o bioquímicos en los ecosistemas marinos y organismos vivos. Estos impactos provocan mortalidad al impedir la respiración, como en el caso de las aves y otras especies marinas. Asimismo, tras la absorción del petróleo por diversas especies, se producen daños genéticos, bioquímicos o fisiológicos que reducen la viabilidad y eficacia biológica,

originando cambios biológicos de comunidades y grupos sociales y aspectos demográficos.

También se justifica porque los aportes adquiridos en este estudio, contribuirán en brindar información que sea de ayuda en la resolución del problema tratado en esta investigación, cabe mencionar también que las teorías, datos e información contribuyen en ampliar la información referente a esta temática de estudio. Y finalmente, los aportes de esta tesis serán de utilidad en la aplicación de nuevos proyectos orientados a la preservación del ecosistema marítimo y todos los aspectos que conllevan a una buena calidad ambiental.

Este trabajo de investigación tuvo como objetivo principal “Determinar que métodos presentan mayor eficacia en la recuperación de hidrocarburos vertidos en las superficies marinas.”. Y los objetivos específicos fueron: Primero, evaluar los diferentes métodos utilizados en la recuperación de hidrocarburos vertidos en las superficies marinas. Segundo, evaluar los procesos de tratamiento aplicados en la recuperación de hidrocarburos vertidos en las superficies marinas, y, Tercero, Evaluar la capacidad de recuperación de los métodos por sorbentes y mecánicos empleados en el recobro de hidrocarburos.

II. MARCO TEÓRICO

A continuación, se describen los antecedentes correspondientes a esta investigación: Ibarra Torres Cynthia (2018), en su trabajo “Materiales hidrofóbicos micro y nanoestructurados basados en desechos poliméricos para la remediación de derrames de petróleo” tuvo como finalidad el desarrollo y caracterización de elementos absorbentes micro y nanoestructurados con base en residuos poliméricos para ser utilizado en la recobración de petróleo o sus derivados. Fue una investigación que tuvo como metodología la Absorción, cuyos resultados plantearon que el PET sin hidrofobizar sal molida 0.94 sal de mesa 0.81 sal de grano 1.08 PET-PU (PU al 5%) sin hidrofobizar sal molida 1.13 sal de mesa 1.73 sal de grano 1.04 PET-PU (PU al 10%) sin hidrofobizar sal molida 1.29 sal de mesa 1.90 sal de grano 1.11. Sus conclusiones plantean que la capacidad de absorción de las esponjas de PET aumentó en un 113% con la agregación de 5% de PU y en un 133% con el aumento de 10% de PU, resultados logrados con el uso de plantillas de sal de mesa.

Por su parte, Martínez Altamirano María (2013), en su trabajo “Remediación de agua contaminada con petróleo utilizando Pennisetum clandestinum como bioadsorbente”, evaluaron la capacidad de adsorción del kikuyo para ser utilizado como bioadsorbente y remover carburantes de espacios acuosos. Su método fue el Biosorbente, y tras el uso de 1.5 % de biosorbente y 1.5 % de petróleo, se alcanzó remover el 97 %, como DQO (demanda química de oxígeno), en un espacio de 15 minutos. En conclusión, el kikuyo, utilizado como biosorbente vegetal, presentó ser una opción práctica para tratar derrames de petróleo en superficies acuáticas, de la región de la selva.

Bhairavi Doshi, Mika Sillanpää y Simo Kalliola (2018). Realizaron una revisión de distintos investigadores que proponen la remoción y recuperación de hidrocarburos derramados mediante el uso de tipos de biomásas y polímeros presentes es forma de Sorbente o separadores. Los resultados determinaron que las dos principales características que afectan a los sorbentes son sus características físicas y sus propiedades hidrófobas en términos de selectividad de aceite. Otro problema es el alto costo de la recuperación, pero el costo de ampliación de las partículas magnéticas junto con la recuperación de petróleo

podría ser la técnica de sorbente más económico. Finalmente, lo que proponen es producir materiales efectivos con modificaciones mínimas, factibles y respetuosas con el medio ambiente, al tiempo que se conservan las propiedades deseables de los materiales de base biológica nativos, como la biodegradabilidad y la no toxicidad.

Por su parte, Singh, Baljeet; et al, (2020), en su artículo realizaron una revisión de literatura de los últimos 10 años para determinar los avances en limpieza de derrames de hidrocarburos utilizando materiales magnéticos y proponer la dirección futura y viabilidad comercial de este campo. Concluyeron que este tipo de materiales absorbentes tienen una mayor capacidad de absorción en comparación a los basados en perlas de polímeros, además tienen una gran funcionalidad magnética. Se propone el desarrollo de materiales de gran área superficial y con una porosidad mejorada, también que sean rentables en su producción a gran escala.

Augustine Agi, Radzuan Junin, Jeffrey Gbonhinbor y Mike Onyekonwu (2018). Este artículo de investigación, revisa todos los polímeros naturales disponibles que pueden ser utilizados en la recuperación de petróleo, además del mecanismo que afecta su comportamiento de flujo en medios porosos. Los resultados mostraron que el mecanismo dominante del proceso de flujo fue la adsorción, el atrapamiento mecánico y la retención hidrodinámica. También, los investigadores observaron que el polímero exhibía comportamientos no newtonianos, pseudoplásticos y de adelgazamiento por cizallamiento.

Anh Tuan Hoang, Van Viet Pham, Duong Nam Nguyen. (2018). En su investigación tienen como objetivo comparar los diferentes tipos de métodos de recuperación de hidrocarburos, entre las cuales las físicas, químicas y in situ. Los resultados mostraron que el método físico tiene una gran eficiencia en la recuperación de petróleo, pero solo era adecuado su aplicación de la emulsión del petróleo; en cuanto al método químico se determinó que puede ser usado en todos los tipos de aceites pero que genera mucho residuo químico perjudicial para el medio marino; el método in situ de combustión interna o de quema se

denoto como algo ineficiente y prohibitivo; finalmente el mejor método in situ fue el de la biorremediación, siendo el más eficiente y seguro.

La explotación de hidrocarburos y gas natural es una industria muy importante o una de las principales fuentes de generación energética en las industrias y en el desarrollo económico de la población, debido a que faculta la obtención de combustibles y producción de lubricantes, es por eso que, de casi todos los objetos que utiliza el ser humano, los hidrocarburos generan un gran impacto en la capa superficial del suelo, y también, al escurrirse hacia las aguas subterráneas, producen contaminación. (Bravo, 2007)

Esta contaminación origina daños ambientales, afectando los aspectos fisicoquímicos del agua al manifestarse una reducción de oxígeno disuelto durante su transferencia entre la fase atmósfera – agua, al igual que la entrada de luz al medio, inhibiendo el desarrollo de algunas especies y menguando la fijación de nutrientes. (Jiménez, 2006).

Métodos y Técnicas de recuperación de hidrocarburos en superficies marinas: Para el desarrollo de la industria petrolera y extracción de los hidrocarburos, se dan fases de exploración, explotación y extracción de este producto, por lo cual, dicha actividad, generan impactos alterando y contaminando el medio ambiente, entre los elementos afectados por esta contaminación se encuentran el aire, el agua, elementos bióticos como la flora y fauna y sus ecosistemas, los mismos que pueden producir trastornos severos para la respiración por la acumulación de lodos de perforación, lubricantes, basura industrial y otros componentes que destruyen la superficie vegetal, y también contaminan las corrientes de aguas como los ríos, lagos y el mar. Asimismo, esta actividad origina intoxicaciones graves, debido a que son disolventes de tipo orgánico, y es muy común que se producen intoxicaciones respiratorias y algunas veces por ingesta o por contacto epidérmicas. (Bravo 2007).

Las condiciones meteorológicas y marítimas influyen significativamente en la efectividad de las operaciones. Dichas operaciones de contención y recuperación de hidrocarburos permiten reducir el daño de contaminación

causado a los recursos marinos y al medio ambiente. Las posibilidades de éxito en algunas zonas de abrigo y puertos e incluso en algunas zonas de mar abierto, son máximas sobre todo si se utilizan buques, equipos, vigilancia, procedimientos de control y el personal experto adecuados. Y para contrarrestar este problema de derrames de hidrocarburos en los océanos, existen técnicas y metodologías que permiten la recuperación y limpieza de este elemento para eliminar e impedir los contaminantes en las superficies marinas. (MITECO s/f)

A continuación, se nombra algunos métodos y técnicas de recolección sugerido por distintos autores: El Método de Barreras flotantes es una de las primeras actividades que evitan la propagación del aceite contaminado, a fin de unir los aceites en un determinado espacio con una pieza de plástico, con un tubo flotante en el lugar de arriba y en el fondo se pesa de modo que fluye en un área con una “falda” bajo el agua. Las plumas que absorben son muy buenas y óptimas para la absorción del aceite, sobre todo de manchas ligeras y finas. Este trabajo se ejecuta cuidadosamente, a fin de evitar que el aceite adsorbido no vuelva a lo profundo de las aguas, impidiendo que la descarga inicial se extienda. Este método impide la propagación de derrames de carburantes, para su recuperación, haciendo uso de buques y raseras. Desvía los recursos y medios sensibles para remover la mancha que se está extendiendo hacia lugares más factibles que propague. Esta técnica, por lo general, se agrupa en cuatro grupos principales: barreras de cortina, barreras de valla y barreras de sellado con el litoral. (Reglamento Ambiental – Ecuador, 2004).

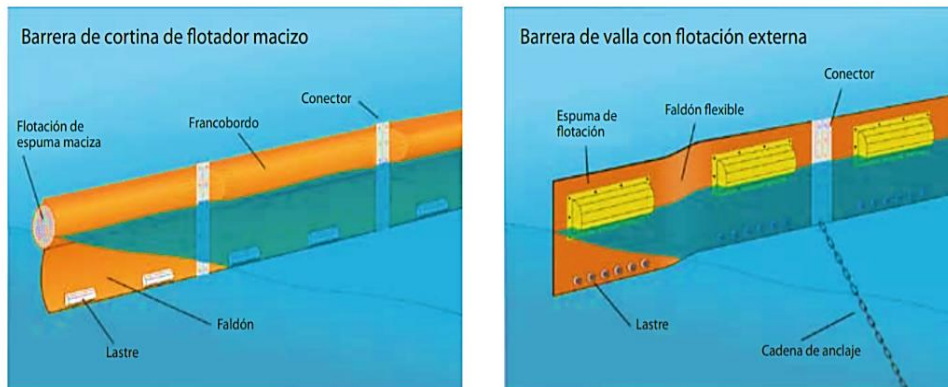
Figura 1: Método de barreras flotantes.



Fuente: Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico.

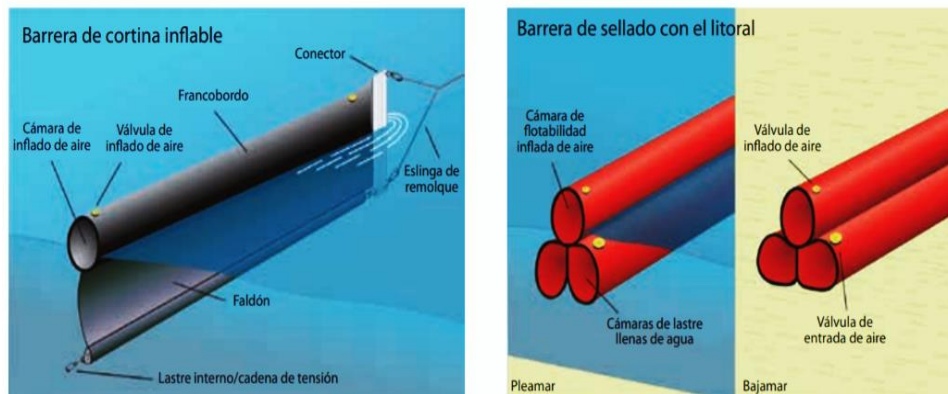
Para el uso de barreras absorbentes, las barreras marinas son obstáculos flotantes para el control, desviación y protección ambiental en los derrames de hidrocarburos. Entre las barreras más utilizadas se encuentran: las barreras de cortina, de valla y de sellado. (ITOPF, s/f.).

Figura 2: Método de barreras de cortina y valla.



Fuente: ITOPF – Barreras de cortina y valla.

Figura 3: Barrera de cortina y sellado.



Fuente: ITOPF – Barrera de cortina y sellado.

La barrera que permiten no solamente la contención sino también la absorción de hidrocarburos son las denominadas barreras de absorción como las que ofrecen algunas empresas como MARKLEEN (s.f.).

El uso de sorbente en la recuperación de hidrocarburos, estos métodos actúan de dos formas, por adsorción o absorción del hidrocarburo que se encuentra flotando sobre la superficie del agua debido a su baja densidad. Pueden ser de origen natural como cualquier tipo de sustrato o de origen sintético como son las espumas de poliuretano o polietileno. Sus desventajas están en que el viento puede esparcir las ya impregnadas, en áreas muy extensas, y también en su disposición es necesario quemarlas provocando contaminación en el ambiente (Revista de seguridad Minera, Setiembre 2016).

Este método se puede utilizar en áreas de contaminación pequeñas bahías, estuarios, entre otros, previamente confinadas con barreras de contención, zonas donde las condiciones marítimas sean tranquilas y corrientes mínimas, además pueden ser utilizadas en aguas poco profundas o de difícil acceso (ORVIZ, s/f)

El método del uso de remoción manual es un método que actualmente es de uso muy común, especialmente cuando el foco del derrame se encuentra cerca a las playas o costas. Esta técnica hace uso de personas, quienes haciendo uso de palas, rastrillos y otras herramientas recuperan el petróleo que se encuentra en la superficie marina (Revista de seguridad Minera, Setiembre 2016).

Otro método que se aplica en la recuperación de hidrocarburo en las superficies marinas es el método de adsorbentes: Los materiales adsorbentes también se aplican al agua como polvos. Hay sorbentes de uso común y natural, y de uso sintético. Y son absorbentes orgánicos naturales, el musgo de turba y el aserrín, o absorbentes orgánicos sintéticos, el polipropileno, espuma de poliéster o poliestireno. Los sorbentes generalmente se aplican manualmente y se recuperan con el uso de redes y rastrillos. Este método se clasifica en: inorgánicos sólidos, orgánicos naturales y poliméricos sintéticos.

Figura 4: Método absorbente.



Fuente: ITOPF. Organización de servicios técnicos.

Dentro de esta actividad se aplica también el uso de medios mecánicos: Entre los métodos más conocidas están: El método Skimmers: Es un método mecánico que aprovecha la menor densidad del hidrocarburo en relación al agua de mar para recogerlo. Está compuesto por una cabeza flotante, una bomba de potencia, mangueras de aspiración y descarga y un tanque para su almacenamiento. Los Skimmers se clasifica en: de aspiración, de vertedero y los de material oleofílico (CASADO, 2013).

Figura 5: Método de skimmers.

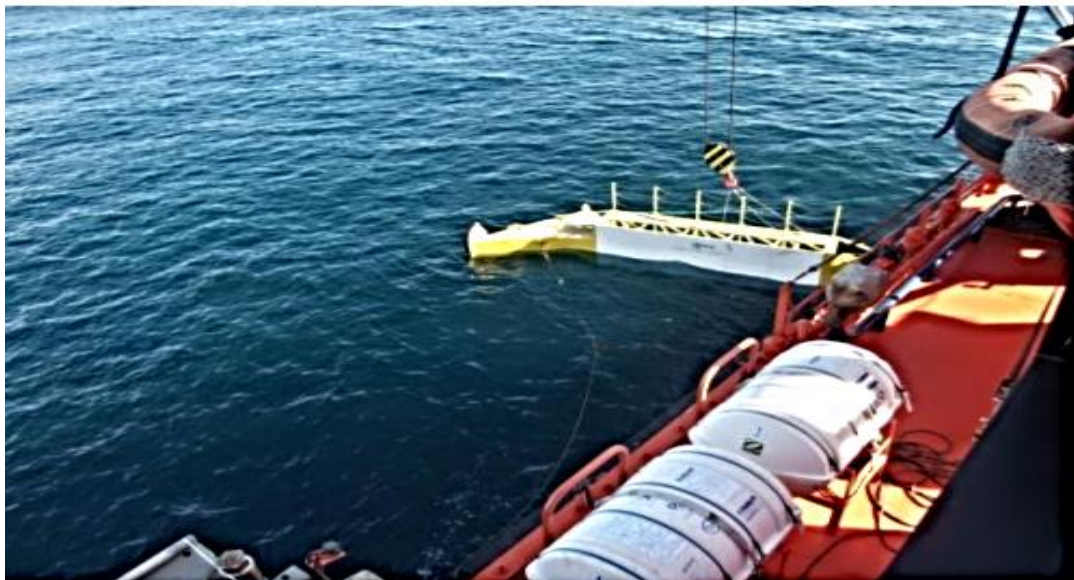


Fuente: Elastec: Skimmers de aceite de disco acanalado.

Método de Espumadores – Skimmers: Los espumadores son embarcaciones, como estructuras que son usadas para liberar y eliminar el aceite de superficies acuáticas. Los skimmers están vinculados a depósitos de sedimentación cuyo éxito aplicativo depende de la forma y espesor de los vertidos del petróleo, la proporción de residuos en las superficies de aguas y el lugar de los vertidos y circunstancias del clima. La operatividad sencilla de los skimmers le permite recuperar gran parte de las formas de aceites y disoluciones. Este método es solo funcional en ambientes de estabilidad, recuperando solamente un 80% del líquido, y es limitado en la recuperación de carburantes densos. Esta técnica comprende de cuatro principales tipos de categorías: dispositivos de compuerta, de adhesión, inducción y otros dispositivos.

Brazos de barrido lateral. Aprovecha el desplazamiento de un buque, ya sea a babor o a estribor. Estos dispositivos no funcionan con eficacia cuando la capa del vertido es muy delgada o cuando se presenta oleajes anómalos (ORVIZ, s.f.).

Figura 6: Método mecánico de brazo barrido lateral.



Fuente: ORVIZ, s.f. – Brazo lateral – Kamper.

Equipos mecánicos en general. Se hace referencia a todo tipo de medios mecánicos utilizados en la recuperación de vertidos de hidrocarburos pesados de gran espesor debidos a la emulsión con el agua de mar. Entre estos equipos están: grúas con cazos o cestas, cintas sin fin, entre otros (Casado 2013).

El método de combustión in-situ: Es una técnica aplicada para el saneamiento de vertidos de hidrocarburos, el mismo que es utilizada en la eliminación de aceites de superficies acuáticas. Esta metodología es aplicada luego de la eliminación de los aceites por el método skimmer. Este método consiste en eliminar de modo rápido el aceite vertido en el agua quemándolo. Dicha quema es algo complicado y un riesgo para los responsables. Asimismo, quemar estos residuos pueden contaminar el medio ambiente.

Otro método para esta actividad es el método de dispersión química: La dispersión química es una metodología utilizada para la limpieza de vertidos de hidrocarburos. Un dispersante es un compuesto químico aplicado a las superficies acuáticas donde se produjo algún derramamiento de hidrocarburo. Un dispersante químico, cuya fundamental actividad es unirse a los aceites y moverlos hacia el fondo, contribuye en la aceleración de la descomposición natural de los mismos.

III. METODOLOGÍA

a. Tipo y diseño de investigación.

La investigación desarrollada fue de tipo básica, de metodología o enfoque cualitativo, porque se realizó a base de información recabada, la cual se adquirió de una diversa variedad de base de datos de artículos científicos indexados, esto para determinar el proceso metodológico del estudio.

El diseño de la investigación fue no experimental puesto que el estudio estuvo enfocado a la recolección de información de experiencias de una temática específica estudiada con anterioridad, evaluando diferentes efectividades de metodologías, empleadas para la recuperación de hidrocarburos en superficies marinas aplicados a nivel mundial, como local.

b. Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística.

La información categórica y sub categórica apriorística se elaboró antes de recopilar los datos que se originaron desde el alzamiento de referencias significativas partiendo de la misma investigación, es por eso que se dividió la investigación en tres categorías, como son: tipo de métodos, tipo de procesos y por ultimo métodos más eficaces las cuales estuvieron relacionadas con los objetivos y problemas específicos, los mismos que fueron plasmados en la matriz de categorización apriorística (Ver anexo 1).

c. Escenario de estudio

En esta investigación el escenario de estudio fue el conjunto de artículos referidos al tema de investigación que se encuentran en la base de datos indexados, para lo cual, dichos artículos se encuentran en las plataformas de búsqueda tales como EBSCO, SCOPUS, SCIENCE DIRECT, REDALYC, PROQUEST, DIALNET y DOAJ.

d. Participantes

Para este estudio, los participantes fueron cada uno de los artículos seleccionados de revistas científicas con bases de datos indexadas, empleando el criterio de inclusión, mediante los cuales se realizó la revisión sistemática, entre los cuales tenemos:

Tabla N° 01: Criterios de inclusión

tipo de documento	artículos científicos con base de datos indexados	
documentos referidos	método sorbente	método mecánico
tipos de hidrocarburos	petróleo	aceite
criterios de inclusión	artículos del año 2015-2021	artículos de acceso libre.
idioma	inglés	español.
tipo de investigación	experimental	pre-experimental
tipo de proceso	físico - químico – fisicoquímico - biológico	

Fuente: Elaboración propia

e. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica aplicada en esta investigación fue el análisis documental.

El investigador construye su información con los instrumentos, los cuales pueden ser mecanismos o dispositivos de carácter mecánico, formularios, guía de observación, cámara de video, etc. (Yuni José y Urbano Claudio, 2006). Es por ello que, en esta investigación se utilizaron una ficha como instrumento para la recolección de datos y otra ficha para el análisis e interpretación del contenido.

f. Procedimientos

El Procedimiento en un trabajo de investigación, viene a ser los pasos o fases a seguir durante el desarrollo de este trabajo, y para esta investigación se siguieron tres pasos que son: la obtención de información por medio de los buscadores, selección de artículos mediante criterios de inclusión y exclusión, y análisis de artículos.

Tabla N° 02: Procedimiento de investigación

Palabras clave	“Oil recovery” OR” evaluation” AND” marine surface methods”					
Plataforma de búsqueda	Scopus	Scielo	Redalyc	Science Direct	Dialnet	
	11 art.	35 art.	9 art.	19 art.	7 art.	
1er proceso	Artículos publicados entre los años 2015 y 2021					
2do proceso	Artículos referentes a métodos de recuperación de hidrocarburos en superficies marinas.					
3er proceso	Artículos donde sus resultados muestren capacidad de recuperación de hidrocarburos					
Total de artículos seleccionados						18 art.

Fuente: Elaboración propia

g. Rigor científico

Uno de los criterios es la credibilidad, la misma que se define como la recopilación de datos verdaderos de artículos científicos de base de datos indexadas las cuales fueron evaluadas por especialistas netamente de la rama; por eso esta investigación utilizó fuentes de información basadas en la coherencia, claridad, objetividad, credibilidad y legitimidad, cumpliendo con los criterios adecuados, para así demostrar un alto rigor científico, por ello los datos obtenidos fueron tabulados de manera adecuada.

h. Método de análisis de información

En este método de análisis de datos se utilizaron fichas de análisis de contenido, de las cuales, se extrajo toda información importante para la presente revisión sistemática, para ello se tabulo los datos obtenidos de los artículos seleccionados empleando una hoja de cálculo del programa Microsoft Excel, mediante el cual se pueden clasificar y ordenar la información recabada, y así poder cumplir con los objetivos de la investigación, y por ello se ordenó en tablas que representaban los siguientes datos: tipo de método, título, autor, tipo de hidrocarburo, capacidad de recuperación, base de datos, tipo de proceso, lugar de aplicación.

i. Aspectos éticos

La tesis de estudio se desarrolló considerando los derechos de autoría de todos los investigadores citados en merito a su artículo, los cuales fueron extraídos de bases de datos confiables y descargadas con fines académicos, además toda la información recabada de la base de datos fueron empleados de manera honesta y objetiva, y para esto se presentó sin manejo alterado de la información, ya que todos los datos recabados fueron examinados y observados considerando el derecho de los autores citados, es por ello que se garantiza la utilización de los resultados obtenidos en esta investigación para posteriormente emplearlas en apoyo para la creación de investigaciones relacionadas a métodos de recuperación de hidrocarburos vertidos en superficies marinas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN CONCLUSIONES

En el desarrollo de la presente investigación se obtuvieron los siguientes resultados

4.1. capacidad de recuperación de hidrocarburos según el tipo de método y tipo de hidrocarburo

Para realizar la recuperación de hidrocarburos, se utilizó la información de los artículos seleccionados según su tipo de método, y de acuerdo al tipo de hidrocarburo recuperado.

La información obtenida se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 3 base de datos aplicados a la capacidad de recuperación según el tipo de método y proceso

N°	autor	capacidad de recuperación	lugar de aplicación.	tipo de método	tipo de proceso	tipo de hidrocarburo
1	Zhang, N., et al.	57.6g HC/1g	ex situ	sorbente	Químico	aceite y petróleo
2	Acevedo J.	24.2g HC/1g	ex situ	sorbente	Biológico	petróleo

3	Larios G.	10.32g HC/1g	ex situ	sorbente	Biológico	petróleo
4	Ibarra C.	19g HC/1g	ex situ	sorbente	Biológico	petróleo
5	Díaz M., Rivas L., León M., y Acosta J.	57.2g HC/1g	ex situ	sorbente	Biológico	petróleo

6	Ruei-Feng Shiu, et al.	95g HC/1g	ex situ	sorbente	químico	aceite y petróleo
7	Tae-Jun Ko, et al.	97g HC/1g	ex situ	sorbente	químico	aceite y petróleo
8	Ukotije-Ikwut. P., et al.	7.47g HC/1g	ex situ	sorbente	Biológico	aceite y petróleo
9	El-Gayar D. A., et al.	0.0202284m3/h	in situ	mecánico	Físico	aceite y petróleo

10	Lingzhi Zhao, et al.	35m ³ /h	in situ	mecánico	Físico químico	aceite y petróleo
11	Hospital A., A. Stronach J., W. McCart M. y Johncox M.	0.108448m ³ /h	in situ	mecánico	Físico	aceite y petróleo
12	Khandakar S., Nasiqul Islam M., Islam Rubel R. y Suzauddin Yusuf S.	0.253m ³ /h	in situ	mecánico	Físico	aceite y petróleo

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 4: Capacidad de recuperación mediante el método de sorbente y tipo de hidrocarburo

Capacidad de recuperación de hidrocarburo por método sorbente				
N°	autor	capacidad de recuperación	tipo de método	tipo de hidrocarburo
1	PIPEROPOULOS ELPIDA	119gHC/1g	sorbente	petróleo
2	ACEVEDO J.	24.2g HC/1g	sorbente	petróleo
3	LARIOS G.	10.32g HC/1g	sorbente	petróleo
4	IBARRA C.	19g HC/1g	sorbente	petróleo
5	DÍAZ M., RIVAS L., LEÓN M., Y ACOSTA J.	57.2g HC/1g	sorbente	petróleo
6	MARIN T. y Córdor E.	0.52g HC/1g	sorbente	petróleo
7	RUEI-FENG SHIUA, ET AL.	95g HC/1g	sorbente	aceite
8	TAE-JUN KO, ET AL.	97g HC/1g	sorbente	aceite
9	UKOTIJE-IKWUT. P., ET AL.	7.47g HC/1g	sorbente	aceite
10	ZHANG, N., ET AL.	57.6g HC/1g	sorbente	aceite

Fuente: Elaboración propia

En la presente tabla se muestra la capacidad de recuperación expresada en gramo de hidrocarburo por cada 1 gramo de sorbente, y fue evaluada mediante el tipo de hidrocarburo empleado en la investigación.

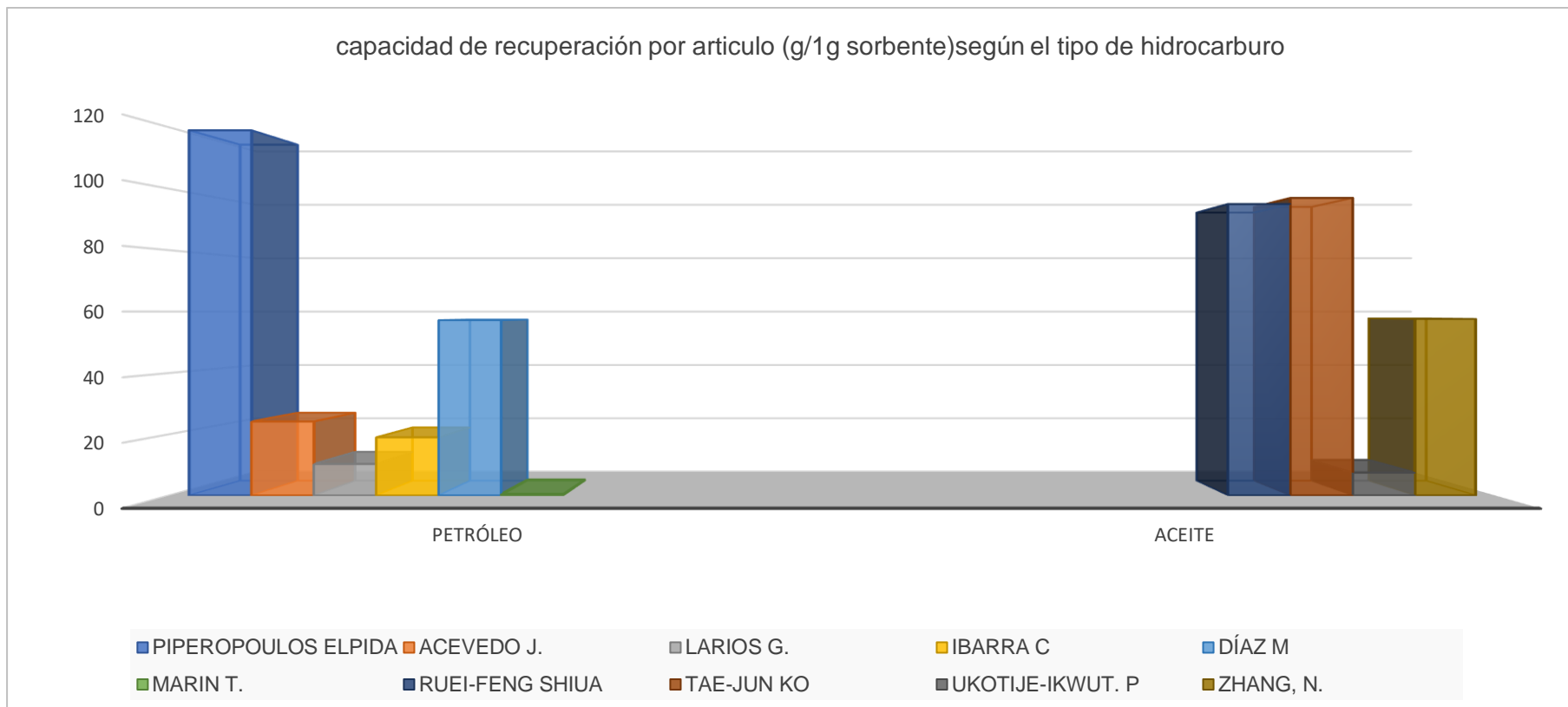


Figura 7: capacidad de recuperación por artículo según el tipo de hidrocarburo

Fuente: Elaboración propia

Para comenzar a describir la figura 7, la cual muestra la capacidad de recuperación de los sorbentes empleados en los artículos de la base de datos indexados, con respecto al tipo de hidrocarburo trabajado, Piperopoulos Elpida, et al. (2020), en su trabajo de investigación aplico el método por sorbentes, empleando espumas de silicona con nanotubos de carbono (CNT), la cual obtuvo una capacidad de recuperación de petróleo con 119 gramos / 1 gramo de sorbente, siendo el método con mayor índice de recuperación del tipo de hidrocarburo petróleo, y por otro lado, Tae-Jun Ko, et al. (2020), obtuvo la mayor capacidad de recuperación de según el tipo de hidrocarburo aceite, teniendo un total de 97 gramos de aceite / 1 gramo de sorbente, el cual fue de material elaborado a base de Disulfuro de Molibdeno superhidrofóbico (MoS₂), material que es inocuo para el medio ambiente.

Por su parte DÍAZ M., RIVAS L., LEÓN M., Y ACOSTA J.(2018), en su artículo científico, en cual aplico el método de sorbentes, donde utilizo material absorbente a base de bagazo, el cual fue secado anticipadamente por 72 h a temperatura ambiente, sometido a tratamiento con hidróxido de sodio y peróxido de hidrógeno, finalizando en una espuma o almohadilla adsorbente, la cual presenta una capacidad de recuperación de hidrocarburo de 57.2 gramos de petróleo / 1 gramo de sorbente, misma que en capacidad de recuperación se asemeja a la de la investigación de ZHANG, N., et al.(2016), en la cual se preparó espumas de poli (estireno-divinilbenceno) con una porosidad tan alta como 98% y los materiales exhibieron superhidrofobicidad, obteniendo el 57.6 gramos de recuperación de aceite / 1 gramo de sorbente.

Entre los artículos por método de sorbente con menor capacidad de recuperación tenemos de acuerdo al tipo de hidrocarburo petróleo, a, Marín T. y Córdor E. (2015), en la cual plantea el uso del endocarpio del coco, para la fabricación de espumas adsorbentes, lo cual no tuvo mucha eficiencia a la hora de recuperar el petróleo obteniendo un resultado de 0.52 gramos de petróleo / 1 gramo de sorbente, y además por el tipo de hidrocarburo aceite tenemos la más baja proporción en recuperación de hidrocarburo a tan solo 7.47 gramos de aceite / 1 gramo de sorbente.

Tabla N° 5: Capacidad de recuperación mediante el método mecánico y su tipo de hidrocarburo

Capacidad de recuperación de hidrocarburo por método mecánico				
N°	autor	capacidad de recuperación	tipo de método	tipo de hidrocarburo
1	EL-GAYAR D. A., ET AL.	0.0202284m ³ /h	mecánico	aceite
2	LINGZHI ZHAO, ET AL.	35m ³ /h	mecánico	aceite
3	HOSPITAL A., A. STRONACH J., W. MCCART M. Y JOHNCOX M.	0.108448m ³ /h	mecánico	aceite
4	KHANDAKAR S., NASIQUL ISLAM M., ISLAM RUBEL R. Y SUZAUDDIN YUSUF S.	0.253m ³ /h	mecánico	aceite

Fuente: Elaboración propia

En la presente tabla se muestra la capacidad de recuperación del método mecánico expresado en metros cúbicos (m³) de hidrocarburo por cada 1 hora de actividad, la capacidad de recuperación que presenta para ambos tipos de hidrocarburos es de la misma proporción tanto de petróleo como aceite.

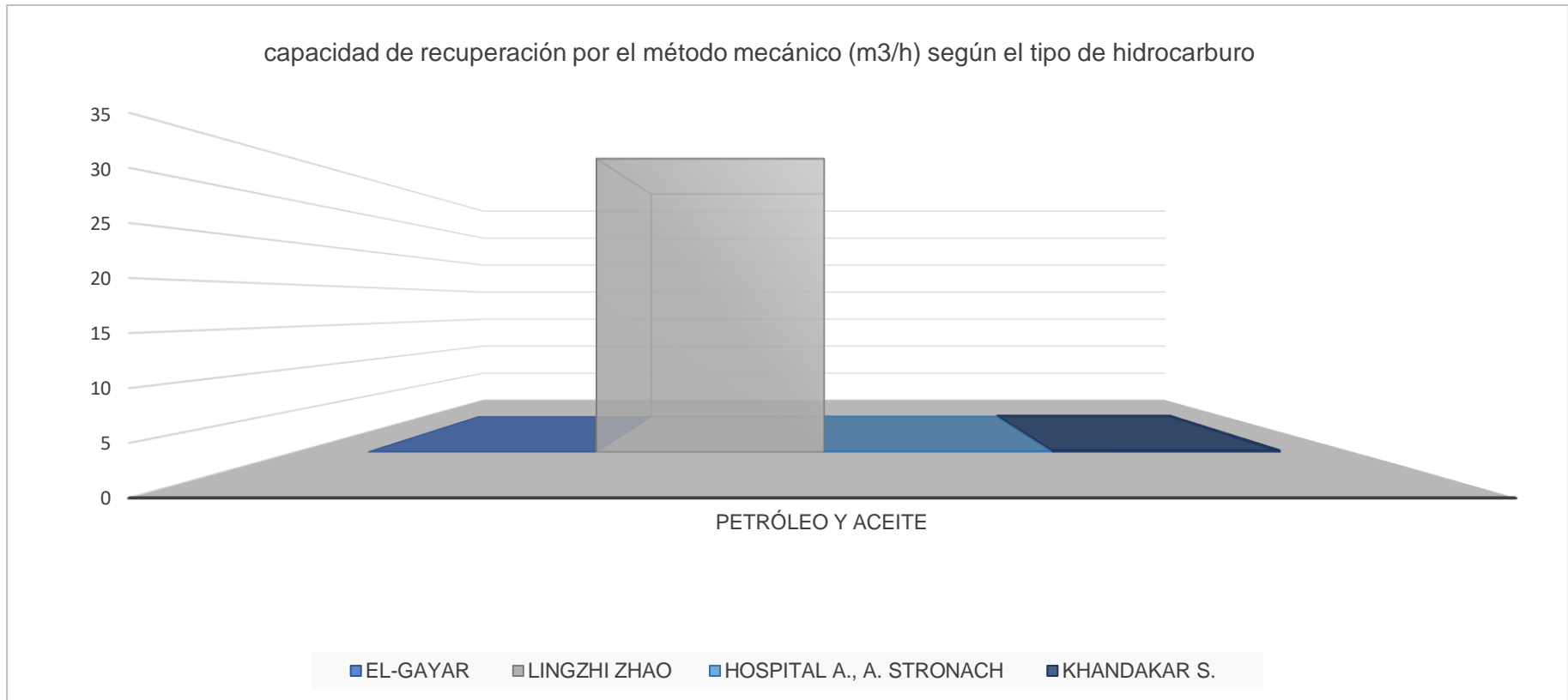


Figura 8: capacidad de recuperación por el método mecánico (m3/h) según el tipo de hidrocarburo

Fuente: Elaboración propia

En esta figura 8 se representa la capacidad de recuperación expresada en metros cúbicos por cada hora de trabajo del equipo, esto da referencia al tipo de método mecánico, empleado en estas investigaciones, como la de, LINGZHI ZHAO, et al. (2015), quien es la que mostro una gran diferencia con respecto a otros métodos mecánicos, ya que su capacidad de recuperación de hidrocarburos de tipo petróleo y aceite es de 35 m³/h, para esto se desarrollaron 2 prototipos de equipos que se basaron en los diferentes estados de flujo del petróleo, el aire y el agua de mar bajo la acción de la fuerza electromagnética, la gravedad, la flotabilidad y de otra forma el artículo de investigación acerca de métodos de recuperación mecánicos con el menor índice de recuperación de hidrocarburo, es, EL-GAYAR D. A.(2021), con tan solo 0.0202284 m³/h de hidrocarburo, y en el trabajo tuvo como objetivo estudiar el efecto del material del disco y la rugosidad de la superficie del disco sobre la tasa de recuperación de petróleo, en la cual se empleó un equipo llamado skimmer, el cual es muy empleado para la recuperación de hidrocarburos, siempre y cuando las condiciones climáticas sean favorables, esto podría ser comparado con el artículo de Khandakar S.(2017), en el cual el objeto de la investigación fue la creación de 2 modelos de skimmer, siendo el que obtuvo el mejor resultado, el modelo SAMPLE- 2 con una capacidad de recuperación de 0.253m³/h., y para finalizar HOSPITAL A., A. STRONACH J.(2015), quien presentó en su investigación, una capacidad de recuperación de 0.108448m³/h de hidrocarburos.

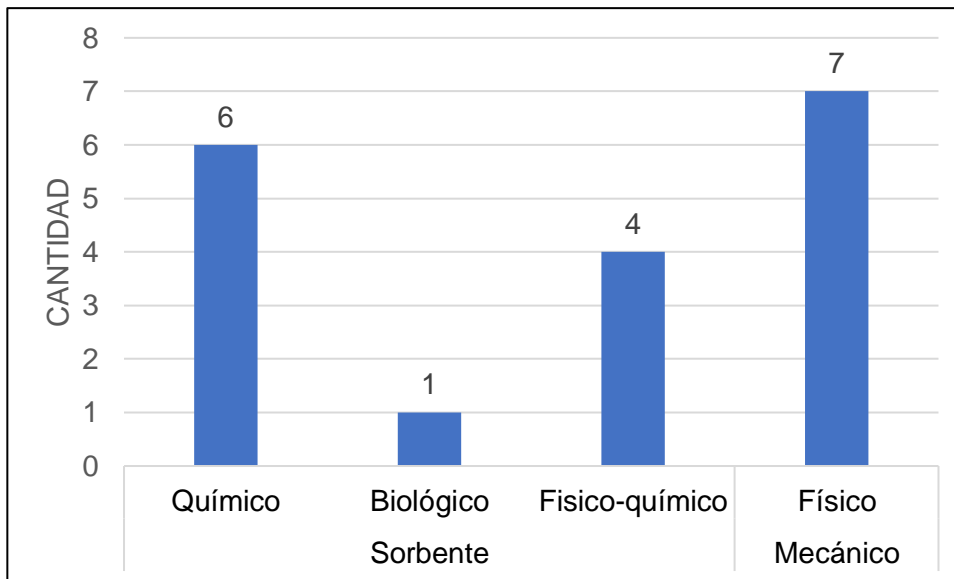
4.2. capacidad de recuperación de hidrocarburos según el tipo de proceso y tipo de hidrocarburo

Según el Objetivo Específico segundo, Evaluar los procesos de tratamiento aplicados en la recuperación de hidrocarburos vertidos en las superficies marinas.

Tabla N° 06:Tipos de métodos por cantidad y porcentaje

tipo de método	tipo de procesos	autores	total
sorbente	químico	Zhang, N., et al.; Larios G. et al., Ibarra C.; Díaz M., et al.; Piperopoulos, et al.; Díaz. Et al.	6
	biológico	Acevedo J.	1
	físico-químico	Ruei-Feng Shiua, et al.; Tae-Jun Ko, et al.; Ukotije-Ikwut. P., et al.; Marín T. y Cóndor E.	4
mecánico	físico	El-Gayar D. A., et al.; Lingzhi Zhao, et al.; Hospital A. et al.; khandakar S. et al.; Alves, et al.; Sun, et al.; Weiwei, et al.	7

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 9: Cantidad del Tipo de Métodos Encontrados

Según el segundo objetivo específico los procedimientos más utilizados en esta actividad de la recuperación de hidrocarburos son los procesos físicos, fisicoquímicos, químico y biológicos. En el método de Sorbentes se encontraron los tipos de procesos químico, fisicoquímico, biológico y físico de los cuales el químico es de mayor preminencia con 6 artículos y el fisicoquímico con 4 artículo, los autores que realizaron sus investigaciones con procesos químicos fueron Zhang, N., et al.; Larios G. et al., Ibarra C.; Díaz M., et al.; Piperopoulos, et al.; Díaz. Et al. Los autores que realizaron su investigación utilizando el proceso fisico-químico fueron Rueil-Feng Shiu, et al.; Tae-Jun Ko, et al.; Ukotije-Ikwut. P., et al.; Marín T. y Córdor E. Además, solo hay uno de tipo de biológico de Acevedo J. En el método mecánico se encontró proceso el físico y el químico, siendo el de mayor preminencia el tipo físico con 8 investigaciones de los 9 determinados, y una de tipo químico. Se observó que 5 de los artículos descritos utilizaron el proceso químico en la recuperación de hidrocarburos de petróleo, en todos los casos se diseñaron espumas adsorbentes a partir de compuestos químicos llamados polímeros, hechos de cadenas de y, estos materiales Sorbentes químicos y fisicoquímicos, tiene la mayor desventaja de que no se descomponen fácilmente como lo describe Jimenes y Cova, (2015) y que son esparcidos por el viento (Revista de seguridad Minera, Setiembre 2016), siendo una desventaja grande ante los métodos mecánicos de tipos

de procesos físico. Los artículos que describen la recuperación de forma mecánica, en su mayoría utilizan procesos físicos, porque en todos los casos se tratan de equipos mecánicos y electrónicos que se utilizan para estas tareas de recuperación. Según, menciona que la principal ventaja es su reutilización y fácil montaje y desmontaje (CONAMA, S.f.), siendo uno de los factores para su preferencia, además de recuperar grandes cantidades de hidrocarburos.

Tabla N° 07 Capacidad de recuperación en métodos sorbente de acuerdo al tipo de proceso e hidrocarburo

capacidad de recuperación de hidrocarburos en métodos sorbente de acuerdo al tipo de hidrocarburo					
n°	autor	capacidad de recuperación	tipo de proceso	tipo de hidrocarburo	capacidad promedio de recuperación
1	Acevedo J. (2020)	24.2g HC/1g	Biológico	Petróleo	38.37g HC/1g
2	Larios G. (2019)	10.32g HC/1g	Biológico	Petróleo	
3	Ibarra C. (2018)	19g HC/1g	Biológico	Petróleo	
4	PIPEROPOULOS ELPIDA	0.52g HC/1g	Biológico	Petróleo	
5	MARIN T. y Cóndor E.	119gHC/1g	Químico	Petróleo	
6	Díaz M., Rivas L., León M., y Acosta J. (2018)	57.2g HC/1g	Biológico	Petróleo	
7	Ruei-Feng Shiua, et al. (2018)	95g HC/1g	Químico	Aceite	64.27g HC/1g
8	Tae-Jun Ko, et al. (2020)	97g HC/1g	Químico	Aceite	
9	Ukotije-Ikwut. P., et al. (2016)	7.47g HC/1g	Biológico	Aceite	
10	Zhang, N., et al. (2016)	57.6g HC/1g	Químico	Aceite	

Fuente: Elaboración propia.

Según el método de sorbentes, los resultados obtenidos de las investigaciones analizadas, se observa en la figura 7 primeramente, el estudio de Acevedo J. (2020), que fue realizado en base a sustratos naturales, (Tipo de proceso biológico), deposición de NTC, PS/ SiO₂ y Fe₃O₄ para su potencial aplicación en la recuperación de petróleo en derrames sobre agua. Las pruebas de capacidad de absorción se llevaron a cabo mediante la simulación de un derrame de petróleo en superficies marinas, cuya capacidad de los compósitos hidrofobizados, fueron: En Agar/NTC/Magnetita obtuvo un 25.4 hc/1g de absorción, en Sábila/NTC/Magnetita obtuvo el 8.7 hc/1g, en Nopal/NTC/Magnetita fue de 3.1 hc/1g, en Agar/PS-SiO₂ /Magnetita fue de un promedio de 15.2 hc/1g, en la Sábila/PS-SiO₂ /Magnetita se obtuvo 6 hc/1g y finalmente en Nopal/PS-SiO₂ /Magnetita fue de 2.3 hc/1g. El mayor promedio de recuperación fue de 25.4g h/C 1g. Estas capacidades de absorción de los compósitos en las pruebas con el sistema de petróleo/agua demuestran que el desarrollo de compósitos magnéticos hidrofóbicos es una estrategia eficaz para la remoción de petróleo, así como para la recuperación del material adsorbente para tratamientos posteriores. Por su parte la investigación Larios G. (2019), quien tiene un estudio similar a Acevedo (2020), porque también realizó su investigación con un tipo de proceso natural de tipo biológico, y con petróleo derramado sobre aguas, comprobó que las capacidades de absorción del bagazo modificado (BM), permiten contar con un producto propio para su aplicación ante la ocurrencia de un derrame de hidrocarburos en aguas y suelo, con el consiguiente impacto ambiental. la capacidad de sorción promedio obtenida sobre diésel y crudo para el material propuesto es en la prueba de absorción corta (15 MIN): en petróleo crudo: el crudo ligero ($d = 0,873 \text{ g/cm}^3$), siendo el pi (g) 10,0, y el pf (g) 56,5 se dio una absorción (g hc/g absorbente) de 4,65. siendo el pi (g) 10,0, y el pf (g) 51,9 se dio una absorción (g hc/g absorbente) de 4,19. siendo el pi (g) 10,0, y el pf (g) 51,2 se dio una absorción (g hc/g absorbente) de 4,12. en el crudo mediano ($d=0,916 \text{ g/cm}^3$). siendo el pi (g) 10,0, y el pf (g) 62,6 se dio una absorción (g hc/g absorbente) de 5,26. siendo el pi (g) 10,0, y el pf (g) 56,6 se dio una absorción (g hc/g absorbente) de 4,66. siendo el pi (g) 10,0, y el pf (g) 64,6 se dio una absorción (g hc/g absorbente) de

5,46. en el caso de la prueba de absorción larga, con un periodo de tiempo de 24 horas, se obtuvo los siguientes resultados: primero en el crudo ligero ($d=0873 \text{ g/cm}^3$), siendo el pi (g) 10,0, y el pf (g) 64,4 se dio una absorción (g hc/g absorbente) de 5,44. siendo el pi (g) 10,0, y el pf (g) 60,8 se dio una absorción (g hc/g absorbente) de 5,08. y finalmente siendo el pi (g) 10,0, y el pf (g) 65,6 se dio una absorción (g hc/g absorbente) de 5,56. con relación al crudo mediano ($d=0916 \text{ g/cm}^3$), se obtuvo los siguientes resultados: siendo el pi (g) 10,0, y el pf (g) 65,2 se dio una absorción (g hc/g absorbente) de 5,52. siendo el pi (g) 10,0, y el pf (g) 69,2 se dio una absorción (g hc/g absorbente) de 5,92. y finalmente siendo el pi (g) 10,0, y el pf (g) 67,2 se dio una absorción (g hc/g absorbente) de 5,72. y según la figura 7 este autor obtuvo una recuperación promedio de 10.32g hc/1g, entre otras investigaciones, la de Ibarra C (2018), desarrollada en proceso de tipo biológico y en petróleo derramado sobre aguas con un promedio de recuperación de hidrocarburos de 19g hc/1g y la investigación a comparación de las otras investigaciones, como el trabajo de Rwei-Feng Shiua, et al. (2018), cuyo resultado de recuperación fue de 95g HC por 1 gramo de material elaborado de grafeno (GB). La recuperación de aceites utilizando el método de absorbentes es uno de los más importantes enfoques para gestionar los derrames de hidrocarburos marinos. en este estudio, mediante una esponja a base de grafeno (GB) como nuevo sorbente se elimina el petróleo crudo. la esponja GB con excelentes propiedadesrofólicas y superopolófilicas. demostraron ser un absorbente eficiente para el petróleo crudo, con alta capacidad de sorción (hasta 85–95 veces su peso) y buena reutilización. las condiciones ambientales desafiantes para la sorción determinaron sus efectos sobre el rendimiento de la misma, incluido el tiempo de meteorización de los aceites, el agua de mar temperatura y turbulencia (efecto de onda). los resultados del estudio muestran que la viscosidad del aceite aumentó con el aumento del tiempo de exposición a la intemperie o la disminución de la temperatura; por lo tanto, la tasa de sorción pareció disminuir con tiempos de intemperismo más largos y menores temperaturas. la turbulencia puede facilitar la absorción interna y promover una mayor absorción de aceite. nuestros resultados indican que el alcance de los efectos del clima y otros efectos ambientales factores en el petróleo crudo deben ser considerados en la evaluación de la adsorción efectiva, capacidad y

eficiencia del sorbente. El trabajo de Tae-Jun Ko, et al. (2020), demuestran la obtención de 97gr. hc por 1gr. de material elaborado de disulfuro de molibdeno superhidrofóbico (MoS_2). , en este estudio, se observa que una esponja de polidimetilsiloxano (pdms) recubierta con disulfuro de molibdeno superhidrófobo (MoS_2) y demuestra su alta competencia en la recuperación de petróleo derramado y la detección de derrames de petróleo basada en la capacidad de separación de aceite y agua,este método absorbente de aceite (sorbente) se fabrica mediante un simple revestimiento por inmersión para incorporar escamas de MoS_2 en la esponja pdms. la esponja, muestra un ángulo de contacto con el agua de un valor de $>152^\circ$, lo que demuestra una excelente superhidrofobicidad y una alta absorción de aceite ($> 97\%$ en peso) para una variedad de aceites, incluido el aceite vegetal y los residuos de combustible. además, el material retiene una excelente capacidad de absorción de aceite en ciclos de compresión repetitivos. la versatilidad de este nuevo sorbente, se ha ampliado para la detección espontánea de aceites en tiempo real al aprovechar las capas de MoS_2 conductoras de electricidad, y finalmente, el trabajo de Ukotije-Ikwut. P., et al. 2016, quien desarrolló su investigación también mediante un tipo de proceso biológico y en tipo de hidrocarburo aceite, obtuvo una recuperación mínima de 7,47g hc/1g.

Tabla N° 08: capacidad promedio de recuperación en métodos mecánicos de acuerdo al tipo de hidrocarburo

capacidad de recuperación de hidrocarburos en métodos mecánico de acuerdo al tipo de hidrocarburo					
N°	autor	capacidad de recuperación	tipo de proceso	tipo de hidrocarburo	capacidad promedio de recuperación
1	El-Gayar D. A., et al.	0.0202284m ³ /h	Físico	aceite y petróleo	8.85m ³ /h
2	Lingzhi Zhao, et al.	35m ³ /h	Físico químico	aceite y petróleo	
3	Hospital A., A. Stronach J., W. McCart M. y Johncox M.	0.108448m ³ /h	Físico	aceite y petróleo	
4	Khandakar S., Nasiqul Islam M., Islam Rubel R. y Suzauddin Yusuf S.	0.253m ³ /h	Físico	aceite y petróleo	

Fuente: Elaboración propia

4.3. capacidad de recuperación de recuperación de método sorbente y mecánico

Los valores encontrados como resultados de recuperación en los artículos de investigación, mostrados en la Tabla 3, se procedió a convertirlos a una misma medida de valoración, con el fin de lograr una mejor comparación e identificación de los resultados, como se muestra en la figura

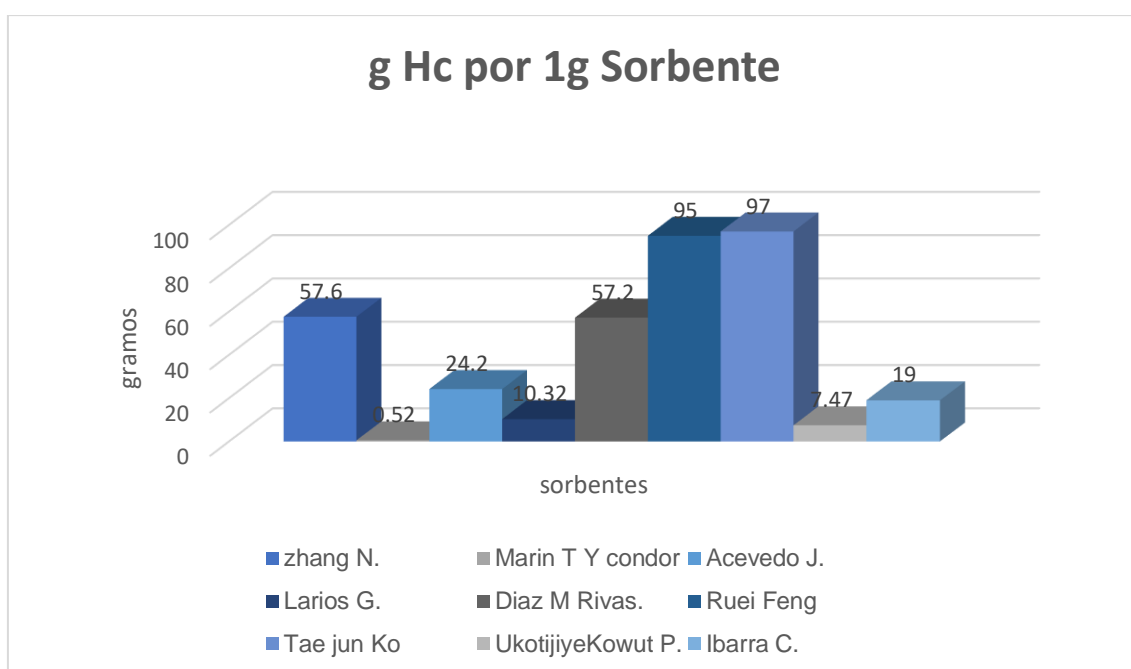


Figura 10: capacidad de recuperación de hidrocarburos por artículo.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 09: Método Mecánico y Capacidad de Recuperación

comparación método mecánico					
N°	titulo	autor	capacidad de recuperación	recuperación en m ³ /h	base de datos
1	Effect of Disk Skimmer Material and Oil Viscosity on Oil Spill Recovery.	El-Gayar D. A., et al.	La tasa de recuperación como mejor resultado fue de 337.14(ml/min)	0.0202284	Springer Nature B.V. 2021
2	Research Development and Key Scientific and Technical Problems on EMHD Marine Oil Film Recovery Technology.	Lingzhi Zhao, et al.	De la creación de 2 prototipos de recuperación de hidrocarburos el mejor resultado fue 35m ³ /h.	35	Aquatic Procedia. 2015
3	Spill Response Evaluation Using an Oil Spill Model.	Hospital A., A. Stronach J., W. McCart M. y Johncox M.	De los dos procesos de recuperación propuestos en conjunto se obtuvo 10.411 m ³ de hidrocarburos en 4 días.	0.108448	Aquatic Procedia. 2015
4	Construction of an Economic Blanket Belt Oil Skimmer.	Khandakar S., Nasiquil Islam M., Islam Rubel R. y Suzauddin Yusuf S.	De los dos modelos de skimmer elaborado, se obtuvo el mejor resultado en el modelo SAMPLE- 2 con una capacidad de 253 litros/hora.	0.253	Bitlis Eren University Journal of Science and Technology. 2017

Fuente: Elaboración propia

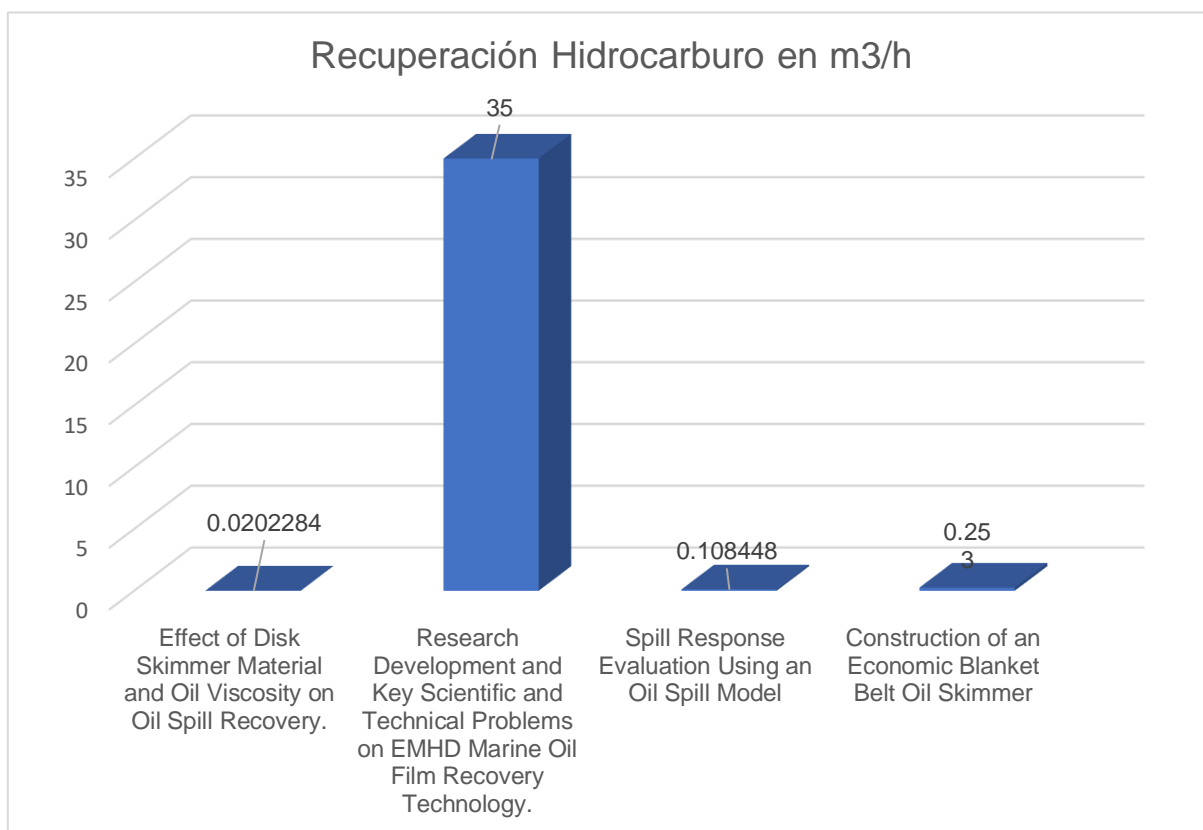


Figura 11: Comparación de Resultados de Recuperación del Método Mecánico.
Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la Tabla 6 y la figura 10, el segundo artículo elaborado por Lingzhi Zhao, et al. (2015) tienen el mejor resultado en relación a la recuperación de los hidrocarburos con 35 m³/h, que en dicho trabajo de investigación fue aplicado una tecnología de recuperación de película de aceite marino electromagneto hidrodinámico (EMHD) el mismo que proporciona un nuevo método de eliminación para la película delgada de aceite. El derrame de petróleo de Bohai Conoco Phillips. Se basa en los diferentes estados de flujo del petróleo, el aire y el agua de mar bajo la acción de la fuerza electromagnética, la gravedad, la flotabilidad y la fuerza de interfase. En este artículo, se analizan en primer lugar los métodos de eliminación actualmente existentes sobre una película fina de aceite / aceite marino. El artículo de investigación que muestra el menor valor de recuperación es el realizado por El-Gayar D. A., et al. (2021) con 0.0202284 m³/h. Este trabajo tuvo por finalidad, estudiar el efecto del material del disco y la

rugosidad de la superficie del disco sobre la tasa de recuperación de petróleo y la eficiencia de recuperación de petróleo. Esta investigación hizo uso de medios mecánicos con el fin de la recuperación de petróleo y eficiencia del mismo. La tasa de recuperación de aceite aumenta con la velocidad de rotación del disco. La tasa de recuperación de aceite osciló entre 0.0202284 m³/h. para el aceite usado, según la velocidad de rotación del disco y su tipo. Finalmente, el resto de investigaciones en general, reportan a los trabajos realizados por El-Gayar D. A., et al. (2021), Hospital A., A. Stronach J., W. McCart M. y Johncox M. (2015) y Khandakar S., et al. (2017) no superan el m³/h de recuperación de hidrocarburos, sus resultados son muy bajos en comparación al trabajo realizado por Lingzhi Zhao, et al. (2015).

V. CONCLUSIONES

Luego de evaluar la información alcanzada de los artículos recopilados de las bases de datos indexadas y posterior a su sistematización, se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Los métodos más aplicados en la recuperación de hidrocarburos de las superficies marinas, son los métodos de sorbente y el mecánico. En el método sorbente se observa estudios realizados en hidrocarburos de petróleo con una capacidad promedio de recuperación 38.37g HC/1g, y en aceites el promedio de recuperación es de 64.27g HC/1g. Y en las investigaciones del método mecánico solo se observan estudios en hidrocarburos de aceite cuya capacidad de recuperación es de un promedio de 8.85 m³/h.
2. Los mejores procesos de tratamiento aplicados durante la recuperación de hidrocarburos son los biológicos, y químicos para el método de sorbente, fisicoquímico y físico para el método mecánico, los mismos que permiten recuperaciones de 35 m³/h, para el proceso tipo físico-químico y 0,253 m³/h para el proceso tipo físico. Y el proceso tipo biológico permite recuperaciones de 95g y 97g HC/1g y para el proceso tipo químico 119g 57.2g HC/1g.
3. Se pudo determinar que los métodos de sorbente y mecánicos son los que muestran mejores valores de capacidad de recuperación de hidrocarburos por cuanto permiten recuperaciones de hidrocarburos de 119g, 97g y 95g HC/1g para el método sorbente y 35 m³/h, para el método mecánico.

4. De métodos con mayor capacidad de recuperación de hidrocarburos se encuentran los métodos mecánicos ,con una capacidad promedio de 8.85m³/h, esto se debe a que se emplean mecanismos físicos de succión por medio de los skimmers, llegando a ser 35m³/h la investigación con mayor índice de recuperación y 0.0202284m³/h la investigación más baja en capacidad de recuperación , mientras que por parte de los métodos por sorbente se tiene una capacidad de recuperación promedio de 36.73g HC/1g, siendo el sorbente más efectivo en recuperación de hidrocarburos 119gHC/1g,seguido de , 97g HC/1g, 95g HC/1g , 57.6g HC/1g. , 57.2g HC/1g, 24.2g HC/1g, 19g HC/1g,10.32g HC/1g, 7.47g HC/1g , 0.52g HC/1g.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se debería emplear los métodos de recuperación de hidrocarburos por sorbente ya que son los que presentan mayor efectividad in-situ.
2. Es de mucha relevancia investigar una mayor cantidad de artículos correspondiente a método por sorbente y procesos biológicos, ya que son los que presentan un mayor índice eco-amigable con el medio ambiente.
3. Extender y trabajar en modelos de recuperación de hidrocarburos que colaboren con el crecimiento de la investigación y la mejora del medio ambiente.
4. Se sugiere evaluar por separado las investigaciones: exsitu e insitu, ya que no presentan las mismas condiciones climatológicas, esto podría alterar la comparación de sus resultados.

VII. REFERENCIAS

- LARIOS GILES. et al, (2019). Evaluación de tres métodos de tratamiento químico de la fibra de coco para su uso como absorbente de diésel en agua. . Desarrollo de compósitos hidrofóbicos aseguibles en base a sustratos naturales, NTC, PS/SiO₂ y Fe₃O₄ para la remediación de petróleo disperso en agua. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. España. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/19363/1/1080314206.pdf>
- ARAUJO, J. et al, (2016). Biocatalizadores fúngicos hidrocarbonoclasticos del género *Aspergillus* para la descontaminación de agua con Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HPAs). *Revista Cubana de Química*, 28(2), 703–735.
- ARAUJO, M., (2012). Applying critical analysis - main methods. *MEDWAVE*, Revista biomédica revisada por pares. [fecha de consulta: 26 de noviembre de 2020]. Disponible en: Doi: 10.5867/medwave.2012.02. <https://www.medwave.cl/link.cgi/Medwave/Series/MBE03/5310#>.
- ARENAS Piza, D., (2018). Proceso de biodegradación para el tratamiento de derrames de petróleo por medio de pseudomonas. [Bachelor's thesis, Fundación Universidad de América]. Bogotá - Colombia. Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7130/1/392273-2018-I-GA.pdf>
- BORJAS Menéndez, San Martín, (2019). Creación de un plan de contingencia para el puerto deportivo de San Vicente de la Barquera. [Tesis de grado. Universidad de Cantabria]. España. Disponible en: <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/17057/Men%209ndez+San+Mart%20EDn,+Borja.pdf;jsessionid=7B694EE4CE3ADB2FB4A3B386CB71B575?sequence=1>
- BOTELLO, A.V., J. Rendón von Osten, G. Gold-Bouchot y C. Agraz-Hernández, 2005. Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias. 2da Edición. Univ. Autón. de Campeche, Univ. Nal. Autón. de México, Instituto Nacional de Ecología. 696 p. Disponible en: <https://epomex.uacam.mx/view/download?file=14/Golfo%20de%20Me%20CC%81xico%20Contaminacio%20CC%81n%20e%20Impacto%20Ambient%20Diagno%20CC%81stico%20y%20Tendencias%20.pdf&tipo=paginas>
- CASTILLO, E., & Vásquez, M. L. (2003). El rigor metodológico en la investigación cualitativa. *Colombia médica*, 34(3), 164-167. [fecha de consulta 10 de julio de 2020]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/283/28334309.pdf>

- CHÁVEZ Lizárraga, Georgina Aurelia, (2018). Nanotecnología una alternativa para el tratamiento de aguas residuales: Avances, Ventajas y Desventajas. Coordinación Regional de Investigación. Universidad Católica Boliviana de San Pablo (UCB-SP). Editorial: Selva Andina Research Society. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/pdf/jsars/v9n1/v9n1_a05.pdf
- CUEVA Sánchez, M. G., (2013). Efectos del derrame de petróleo sobre la dinámica ecológica de las comunidades zooplanctónicas de la laguna de Papallacta [Bachelor's thesis, Quito/UIDE/2013]. Quito - Ecuador. Disponible en: <http://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/298/1/T-UIDE-0277.pdf>
- ESTUDIO de Desempeño Ambiental. Ministerio del Ambiente. (2015). Calidad ambiental de vida. <http://www.minam.gob.pe/esda/8-1-1-calidad-de-las-aguas-continentales-superficiales/>
- HERNÁNDEZ, R., Fernández, C., & Baptista, L. (2010). Metodología de la investigación. 5a. ed. México: Interamericana Editores. Disponible en: https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf.
- IBARRA Torres, C. E., (2018). Materiales hidrofóbicos micro y nanoestructurados basados en desechos poliméricos para la remediación de derrames de petróleo. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. España. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/18637/1/1080289280.pdf>
- JIMÉNEZ, D. L., (2006). Estudio de impacto ambiental generado por un derrame de hidrocarburos sobre una zona estuarina, aledaña al terminal de ecopetrol en Tumaco. [Tesis de pregrado). Ingeniería Ambiental Sanitaria. Universidad de la Salle]. Bogotá - Colombia. Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1562&context=ing_ambiental_sanitaria
- MARTÍNEZ Altamirano, María Elena (2013). Remediación de agua contaminada con petróleo utilizando *pennisetum clandestinum* como bioadsorbente. Tesis para la obtención del título de Químico. Carrera de Química. Quito: UCE. 102 p. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1989/1/T-UCE-0008-04.pdf>
- MARTÍNEZ Martín, et al. (2016). Emulsificación petróleo crudo para su transporte por oleoductos. Revista de Ingeniería, Investigación y Tecnología. Volume 17, Issue 3. Pages 395-403. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2020] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.riit.2016.07.009>.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1405774316300233>
ISSN 1405-7743.

- MENDOZA Allen & GUERRERO Ana. Biodegradación de petróleo diesel-2 en agua de mar por pseudomonas aeruginosa en un biorreactor aireado y agitado. *Revista de Investigaciones Aplicadas*. Vol. 18, Núm. 1 (2015). Universidad Nacional de Trujillo – Perú. [fecha de consulta: 20 de setiembre de 2020]. Disponible en:
<https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/SCIENDO/article/view/1327>
 ISSN:1681-7230.
- MEZA Ávila et al. (2016). Effect of the Distribution of Hydrocarbons SARA Over the Properties of Vacuum Residual. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, volumen XVII (número 4), octubre-diciembre 2016: 437-443 ISSN 1405-7743 FI-UNAM (artículo arbitrado).
- NÁPOLES Álvarez, Janet; et al. Degradación de diesel en agua de mar utilizando un consorcio bacteriano. *Tecnología Química*, vol. 39, núm. 2, mayo-agosto, 2019, pp. 403-420 Universidad de Oriente. [fecha de consulta: 25 de octubre de 2020]. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445559634011>
 ISSN: 0041-8420.
- NOREÑA Peña, A. et al. Aplicabilidad de los criterios de rigor y éticos en la investigación cualitativa. Vol. 12, N° 3, 2012. [fecha de consulta: 08 de junio de 2020]. Disponible en:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4322420>
 ISSN 1657-5997
- PUCCI, Graciela N. et al. Diversidad de bacterias cultivables con capacidad de degradar hidrocarburos de la playa de Caleta Córdova, Argentina. *Rev. peru biol.* [online]. 2010, vol.17, n.2 [fecha de consulta: 13 de julio de 2020], pp.237-244. Disponible en:
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332010000200015&lng=es&nrm=iso.
 ISSN 1727-9933.
- SALGADO LEVANO, Ana Cecilia. Investigación cualitativa: diseños, evaluación del rigor metodológico y retos. *liber.* [online]. 2007, vol.13, n.13 [fecha de consulta: 30 de mayo de 2020], pp.71-78. Disponible en:
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-48272007000100009&lng=es&nrm=iso. ISSN 1729-4827.
- SÁNCHEZ Rivas, BLAS Luna y CHAU Fernández. (2010). Hidrocarburos de petróleo. Informe Nacional sobre el Estado Ambiente Marino del Perú. Ministerio de la Producción. IMARPE. [fecha de consulta: 22 de julio de 2020]. Disponible en:
<http://www.minam.gob.pe/comuma/wpcontent/uploads/sites/106/2019/04/Calidad-Marina-IMARPE.pdf>

- SCHETTINI, Patricia. Análisis de datos cualitativos en la investigación social: procedimientos y herramientas para la interpretación de información cualitativa. Editorial Edulp. 1a ed. Buenos Aires – Argentina. 2015. Universidad Nacional de La Plata. ISBN 978-950-34-1231-2
- VARGAS Cordero, Zoila. La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. Revista Educación vol. 33, núm. 1, 2009, pp. 155-165, Universidad de Costa Rica. [fecha de consulta: 18 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf>
ISSN: 0379-7082.
- VELÁSQUEZ Arias, J. A. (2017). Contaminación de suelos y aguas por hidrocarburos en Colombia. Análisis de la fitorremediación como estrategia biotecnológica de recuperación. Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 8(1), 151 - 167. <https://doi.org/10.22490/21456453.1846>.
- YUNI, José Alberto; URBANO, Claudio Ariel. Técnicas para investigar: Recursos metodológicos para la preparación de proyectos de investigación. 1ª ed. Córdoba: Brujas, 2014. Argentina. ISBN 987-591-019.8.
- Ning Zhang, et al (2016). Superhydrophobic P (St-DVB) foam prepared by the high internal phase emulsion technique for oil spill recovery, Chemical Engineering Journal, Vol. 298, 2016, Pages 117-124, ISSN 1385-8947. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.03.151>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894716304260>
- Ordoñez Zambrano, Jordán Daniel (2019). Separación de crudo del agua marina mediante el uso de ferrofluidos. Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente / Departamento de Ciencias de la Tierra y Construcción / Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”. https://www.academia.edu/41933496/Separaci%C3%B3n_de_crudo_del_agua_marina_mediante_el_uso_de_ferrofluidos
- LOPES, Magnovaldo C et al (2010). Espumados magnetizáveis úteis em processos de recuperação ambiental. *Polímeros* [online]. 2010, vol.20, n.5, pp.359-365. Epub Nov 26, 2010. ISSN 0104-1428. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-148201000500007&lng=en&nrm=iso.
<https://doi.org/10.1590/S0104-14282010005000054>.

- El-Gayar, D A 1 ; Khodary, M A 2 ; Abdel-Aziz, M H 3 Logo VIAFID ORCID ; Khalil, M F. Effect of Disk Skimmer Material and Oil Viscosity on Oil Spill Recovery. *Water, Air and Soil Pollution*; Dordrecht Tomo 232, N.º 5, (May 2021).
<https://search.proquest.com/docview/2519567998/2A870A05D2E84868P/Q/3?accountid=37408>
- DIAZ-DIAZ, Miguel Ángel; et al (2018). Material absorbente para recogida de hidrocarburos en derrames en aguas y suelos. *Revista Cubana Química* [online]. 2018, vol.30, n.2 [citado 2021-05-09], pp.289-298. ISSN 2224-5421. Disponible en:
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212018000200010&lng=es&nrm=iso.
- Piperopoulos Elpida, et al. (2020). Carbon Nanotubes-Filled Siloxane Composite Foams for Oil Recovery Application: Compression Properties. *Fibers* 2020, 8, 45; doi:10.3390/fib8070045 www.mdpi.com/journal/fibers.
- An Wei et al. (2015). R&D of Underwear Oil Spill Numerical Simulation and 3D Visualization System in Deepwater Area. (2015). ELSEVIER – ScieDirect. *Aquatic Procedia* 3 (2015) 165 – 172. Disponible en:
<https://cyberleninka.org/articulo>
- RANGEL, Ithamar; et al, (2012). Investigación experimental del proceso de recuperación mejorada de petróleo utilizando una solución polimérica. *J. Braz. Soc. Mech. Sci. & Eng.* [en línea]. 2012, vol.34, n.3 [citado 2021-05-10], págs.285-293. ISSN 1678-5878. Disponible en:
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-5878201200300009&lng=en&nrm=iso
<https://doi.org/10.1590/S1678-58782012000300009>
- Chenggong Sun, et al. (2015). Investigate Deepwater Pipeline Oil Spill Emergency Repair Methods, *Aquatic Procedia*, Volume 3, 2015, Pages 191-196, ISSN 2214-241X. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.210>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214241X15002114>
- Sandoval-Herazo et al./ *Revista Mexicana de Ingeniería Química* Vol. 19, No. 3 (2020) 1227-1241
file:///C:/Users/PC/Dropbox/Mi%20PC%20(DESKTOPOA8VAQP)/Downloads/hidrocarburos2020Revista-Mexicana-de-Ingeniera-Qumica.pdf

Marín Velásquez Watery Cóndor Salvatierra Edwin (2021). Capacidad de retención de hidrocarburos del endocarpio de coco en aguas aceitosas. *Tecnología y Ciencias del Agua*, ISSN-e 2007-2422, Vol. 12, Nº. 1 (enero-febrero de 2021), 2021, págs. 1-36.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7708830>

Mesa Mesa, Liliana, Falcón Hernández, José EVALUACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN POR PETRÓLEO EN AGUAS DE LA BAHÍA DE SANTIAGO DE CUBA. *Revista Boliviana de Química* [en línea]. 2017, 34 (2), 56-64 [fecha de Consulta 10 de Mayo de 2021]. ISSN: 0250-5460. Disponible

en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=426352414003>

Wenhai Lu, et al (2015). Design for the Emergency Command Information System Architecture of Ocean Oil Spill, *Aquatic Procedia*, Volume 3, 2015, Pages 41-49, ISSN 2214-241X.

<https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.226>.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214241X15002278>

DAZA-LEGUIZAMON, Omar; VERA LOPEZ, Enrique y CHIAS, Luis. Evaluación cartográfica de la vulnerabilidad frente a derrames de hidrocarburos en ductos. Consecuencias ambientales y sociales. *Invest. Geog* [online]. 2020, n.101 [citado 2021-05-10], e59851. Disponible en:

<http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112020000100109&lng=es&nrm=iso>. Epub 02-Oct-2020. ISSN 2448-7279. <https://doi.org/10.14350/riq.59851>.

Jin Weiwei, et al (2015). Research on Scheduling Optimization of Marine Oil Spill Emergency Vessels. *Aquatic Procedia*, Volume 3, 2015, Pages 35-40, ISSN 2214-241X. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.225>.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214241X15002266>

Tiago M. Alves, et al (2015). Modelling of oil spills in confined maritime basins: The case for early response in the Eastern Mediterranean Sea. *Environmental Pollution*, Volume 206, 2015, Pages 390-399, ISSN 0269-7491. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.07.042>.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749115003759>

Absorbentes con faldón contra derrames en agua. MAKLEEN. S.f. Disponible

en: <https://markleen.com/es/soluciones-derrames/absorbentes-barreras->

[faldon/](#) Uso de Barreras en la Respuesta a la Contaminación por Hidrocarburos. The International Tank.

ORVIZ, Alejandro. SISTEMA DE GESTION PARA VERTIDOS DE HIDROCARBUROS EN ALTA MAR. Tesis para obtener el Título de Máster Universitario en Ingeniería Náutica y Gestión Marítima. España: Universidad de Cantabria. S.f. 21pp. Disponible en: <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/6361/Alejandro%20Orviz%20G%C3%B3mez.pdf?sequence=1>

Técnicas Ante derrames y Fugas de Hidrocarburos: Contención Inmediata. Revista Seguridad Minera. N°130. Setiembre 2016. 29 - 31 pp. Disponible en: <https://drive.google.com/file/d/0B-EFWHwBvMWfNGhXa1ZDazFXVvk/view>

Barreras er Owners Pollution Federation Limited (ITOPF). Disponible en: https://www.itopf.org/uploads/translated/TIP3_SPUseofBoomsinOilPollutionResponse.pdf

CASADO, Pablo. Las Barreras Anticontaminación Contra los Vertidos Hidrocarburos. Tesis para obtener el Título en Ingeniería Marina. España: Universidad de Cantabria. 2013. 58 - 61 pp. Disponible en: <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/3935/Pablo%20Casado%20Ferreiro.pdf?sequence=1>

NING, Zhang et al.(2016) Superhydrophobic P (St-DVB) foam prepared by the high internal phase emulsion technique for oil spill recovery. Chemical Engineering Journal. Aug2016, Vol. 298, p117-124. 8p. Disponible en: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=0&sid=51820c9b-b3c4-4be3-8cc1-a110463a8b64%40sessionmgr4007&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=115264494&db=a9h>

J. Rodríguez, A. Ramírez & M. Martínez. Device for simultaneous recovery and containment of spilled oil from the seawater Surface. WIT Transactions on Ecology and the Environment, Vol 95, © 2006 WIT Press, ISSN 1743-3541. Disponible en: <https://search.proquest.com/docview/2261113107/A207AD615DC74A5BPQ/3?accountid=37408>

Anh Tuan Hoang, Van Viet Pham, Duong Nam Nguyen. A Report of Oil Spill Recovery Technologies. International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 13, Number 7 (2018) pp. 4915-4928.
http://www.ripublication.com/ijaer18/ijaerv13n7_44.pdf

Augustine Agi, Radzuan Junin, Jeffrey Gbonhinbor y Mike Onyekonwu. Natural polymer fow behaviour in porous media for enhanced oil recovery applications: a review. Journal of Petroleum Exploration and Production Technology; Heidelberg Tomo 8, N.º 4, (Dec 2018): 1349-1362.
Disponibile en:
<https://www.proquest.com/docview/1993584842/BA3C18F6F01445AAPQ/4?accountid=37408>

Bhairavi Doshi, Mika Sillanpää, Simo Kalliola A review of bio-based materials for oil spill treatment. Revista: Water Research, Volume 135, 15 May 2018, Pages 262-277.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135418301416>

Singh, Baljeet; Kumar, Surender; Kishore, Brij y Narayanan, Tharangattu N. Magnetic scaffolds in oil spill applications. Environmental Science: Water Research & Technology; 2020, Vol. 6 Issue: Number 3 p436-463, 28p. ISSN: 20531400; 20531419. Disponible en:
<http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=0&sid=aa91b7ba-99a5-4f4c-b177-7c35cc3415af%40sessionmgr103&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=52594114&db=eoah>

ANEXOS:

Anexo 01: Tabla de categorización apriorística

Ámbito Temático	Problema De Investigación	Problemas Específicos	Objetivo General	Objetivos Específicos	Categoría	Subcategoría
Evaluación de los métodos de recuperación de hidrocarburos vertidos en las superficies marinas.	¿Cuáles son los métodos más eficaces utilizados en la recuperación de hidrocarburos vertidos en las superficies marinas?	¿Qué tipos de métodos se utilizan en la recuperación de hidrocarburos vertidos en las superficies marinas?	Determinar que métodos presentan mayor eficacia en la recuperación de hidrocarburos vertidos en las Superficies Marinas.	Evaluar los diferentes métodos utilizados en la recuperación de hidrocarburos vertidos en las superficies marinas.	Tipos de Métodos	<ul style="list-style-type: none"> • Sorbentes: (Absorbentes – Adsorbentes) • Mecánicos: Skimmers – Brazo Lateral.
		¿Cómo se utilizan los diferentes procesos en la recuperación de hidrocarburos vertidos en superficies marinas?		Evaluar los procesos de tratamiento aplicados en la recuperación de hidrocarburos vertidos en las superficies marinas.	Tipos de procesos	<ul style="list-style-type: none"> • Proceso Físico. • Proceso químico. • Proceso Biológico.
		¿Qué métodos utilizados en la recuperación de hidrocarburos vertidos en las superficies marinas son los más eficaces?		Evaluar la capacidad de recuperación de los métodos por sorbentes y mecánicos empleados en el recobro de hidrocarburos.	Métodos más eficaces	<ul style="list-style-type: none"> • Sorbentes • Mecánicos

Fuente : elaboración propia

Anexo 02: *Proceso de Revisión Sistemática y Procedimientos*

Tipo de documento	Documentos referidos a:	Tipos de hidrocarburos	Idioma	Criterios de inclusión
artículos 18	métodos sorbentes: químico – 05 artículos métodos sorbentes: biológico – 06 artículos métodos mecánicos: físico - 03 artículos métodos mecánicos: fisicoquímico - 04 artículos	petróleo 10 artículos aceite 08 artículo	español 04 artículos inglés 08 artículos	artículos de revistas indexadas. artículos entre el año 2015 hasta el año 2021. artículos publicados en idiomas de inglés y español.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 03: recopilación de datos

N ^o	titulo	autor	capacidad de recuperación	base de datos	lugar de aplicación.	tipo de método	tipo de proceso	tipo de hidrocarburo
1	superhydrophobic p (st-dvb) foam prepared by the high internal phase emulsion technique for oil spill recovery	ZHANG, N., ET AL.	57.6g hc/1g	chemical engineering journal.	ex situ	sorbente	químico	aceite y petroleo
2	desarrollo de compósitos hidrofóbicos asequibles en base a sustratos naturales, ntc, ps/sio2 y fe3o4 para la remediación de	ACEVEDO J.	24.2g hc/1g	universidad autónoma de nuevo león	ex situ	sorbente	biológico	petroleo

	petróleo disperso en agua.							
3	evaluación de tres métodos de tratamiento químico de la fibra de coco para su uso como absorbente de diésel en agua.	LARIOS G.	10.32g hc/1g	universidad nacional pedro ruíz gallo.	ex situ	sorbente	biológico	petroleo

4	materiales hidrofóbicos micro y nanoestructurados basados en desechos poliméricos para la remediación de derrames de petróleo.	IBARRA C.	19g hc/1g	universidad autónoma de nuevo león.	ex situ	sorbente	biológico	petroleo
5	material absorbente para recogida de hidrocarburos en derrames en aguas y suelos	DÍAZ M., RIVAS L., LEÓN M., Y ACOSTA J.	57.2g hc/1g	revista cubana de química. (scielo). 2018	ex situ	sorbente	biológico	petroleo

6	superhydrophobic graphene-based sponge as a novel sorbent for crude oil removal under various environmental conditions.	RUEI-FENG SHIUA, ET AL.	95g hc/1g	chemosphere .	ex situ	sorbente	quimico	aceite y petroleo
7	superhydrophobic mos2-based multifunctional sponge for recovery and detection of spilled oil	TAE-JUN KO, ET AL.	97g hc/1g	current applied physics.	ex situ	sorbente	quimico	aceite y petroleo
8	a novel method for adsorption using human hair as a natural oil spill sorbent.	UKOTIJE-IKWUT. P., ET AL.	7.47g hc/1g	international journal of scientific & engineering research.	ex situ	sorbente	biológico	aceite y petroleo

9	Carbon Nanotubes-Filled Siloxane Composite Foams for Oil Recovery Application: Compression Properties.	PIPEROPOULO S ELPIDA	119ghc/1g	FIBERS	ex situ	sorbente	químico	petróleo
10	effect of disk skimmer material and oil viscosity on oil spill recovery.	EL-GAYAR D. A., ET AL.	0.0202284m3/h	springer nature b.v.	in situ	mecanico	físico	aceite y petroleo
11	research development and key scientific and technical problems on emhd marine oil film recovery technology.	LINGZHI ZHAO, ET AL.	35m3/h	aquatic procedia.	in situ	mecanico	físico químico	aceite y petroleo

1 2	spill response evaluation using an oil spill model.	HOSPITAL A., A. STRONACH J., W. MCCART M. Y JOHNCOX M.	0.108448m ³ /h	aquatic procedia.	in situ	mecanico	físico	aceite y petroleo
1 3	construction of an economic blanket belt oil skimmer.	KHANDAKAR S., NASIQUL ISLAM M., ISLAM RUBEL R. Y SUZAUDDIN YUSUF S.	0.253m ³ /h	bitlis eren university journal of science and technology.	in situ	mecanico	físico	aceite y petroleo

Fuente: Elaboración propia

anexo 04: promedio de recuperación de hidrocarburo por método

promedio de recuperación de hidrocarburo por método					
n°	autor	capacidad de recuperación	tipo de método	tipo de hidrocarburo	promedio de recuperación
1	Zhang, N., et al.	57.6g HC/1g	Sorbente	Aceite	36.73g HC/1g
2	Acevedo J.	24.2g HC/1g	Sorbente	Petróleo	
3	Larios G. et al.	10.32g HC/1g	Sorbente	Petróleo	
4	Ibarra C.	19g HC/1g	Sorbente	Petróleo	
5	Díaz M., Rivas L., León M., y Acosta J.	57.2g HC/1g	Sorbente	Petróleo	
6	Ruei-Feng Shiua, et al.	95g HC/1g	Sorbente	Aceite	
7	Tae-Jun Ko, et al.	97g HC/1g	Sorbente	Aceite	
8	Ukotije-Ikwut. P., et al.	7.47g HC/1g	Sorbente	Aceite	
9	Marín T. y Córdor E.	0.52 g HC/1g	Sorbente	Petróleo	

10	Díaz. Et al.	5.92 g HC/1g	Sorbente	Petróleo	
11	Piperopoulos, et al.	-	Sorbente	Petróleo	-
12	El-Gayar D. A., et al.	0.0202284m ³ /h	mecánico	aceite y petróleo	8.85m ³ /h
13	Lingzhi Zhao, et al.	35m ³ /h	mecánico	aceite y petróleo	
14	Hospital A., A. Stronach J., W. Mccart M. y Johncox m.	0.108448m ³ /h	mecánico	aceite y petróleo	
15	khandakar s., Nasiqui Islam M., Islam Rubel R. y Suzauddin Vusuf S.	0.253m ³ /h	mecánico	aceite y petróleo	
16	Alves, et al.	-	mecánico	aceite y petróleo	-
17	Sun, et al.	-	mecánico	aceite y petróleo	-
18	Eweiwei, et al.	-	mecánico	aceite y petróleo	-

Fuente: Elaboración propia