



PROGRAMA NACIONAL  
DE INNOVACIÓN EN  
PESCA Y ACUICULTURA

# Sistema Robótico de Identificación Contención y Retiro de Hidrocarburos en el Mar Peruano para Mitigar el Impacto Ambiental en Actividades de Pesca

PNIPA-PES-SIA-2022-00266

Informe Hito 2

Informe Técnico Financiero Hito 2

Lima, Diciembre del 2022

## Aceptación

A través del presente dejo constancia de haber revisado, leído y aprobado el contenido de la información mostrada en este documento, asimismo asumo

---

Claudia Akamine Serpa

Coordinadora General del Proyecto

## Historial de Versiones

Versión	Fecha	Elaborado por	Revisado por	Descripción
1.1	26/12/2022	Jose Akamine Silvia Flores Jose Jara		

## Índice

1. Indicadores de cumplimiento del Hito 2	5
1.1 Estudio de Línea de Salida (ELS)	5
1.2 Taller de cierre	8
1.3 Informe Técnico	9
1.3.1 Pruebas de capacidad de algoritmos	9
1.3.2 Informe técnico de Oil Skimmer y de Boyas de contención instalados en un USV	11
1.3.3 Informe de Consultoría de Metodología de uso del USV con el Oil Skimmer para el sistema robótico de identificación, contención y retiro de hidrocarburos en el mar Peruano	14
1.3.4 Informe de pruebas en condiciones de campo del sistema robótico de identificación, contención y extracción	15
1.4 Informe financiero	20
2. Bibliografía	21

## 1. Indicadores de cumplimiento del Hito 2

### 1.1 Estudio de Línea de Salida (ELS)

El “Estudio de Línea de Salida” es un instrumento de gestión y evaluación de un proyecto que describe la situación final del contexto de un subproyecto, permitiendo que esta información pueda compararse con mediciones anteriores y de esta manera evaluar objetivamente la magnitud de los resultados logrados en virtud de la implementación de una propuesta, en este caso tecnológica.

Para ello, el Estudio de Línea de Salida cuantifica los indicadores relacionados al subproyecto en cierto ámbito, el cuál puede ser a nivel empresarial, nacional o internacional y los clasifica en distintas dimensiones afectadas por el proyecto, las cuales pueden ser TECNOLÓGICA, SOCIAL, AMBIENTAL y ECONÓMICA.

La pesca, junto con la acuicultura, proporciona alimentos, nutrición y una fuente de ingresos a alrededor de 820 millones de personas en todo el mundo. El 88% de la producción total de pesca, alrededor de 171 MM de toneladas, es para el consumo directo por humanos. Además, alrededor de 40 MM de personas se dedican al sector de pesca de captura. Todo esto conlleva a que se comercialicen hasta USD 143 MM en exportaciones en productos obtenidos por la pesca.

En los más de tres mil kilómetros que abarca la costa peruana el sector pesquero es ampliamente dominado por la extracción de la anchoveta (82 %), pote (8.2 %), otros invertebrados (2.0 %), el jurel (1.7 %), otros peces (1.4 %), la caballa (1.4 %), el bonito (1.0 %), la merluza peruana (1.0 %), el perico (0.9 %) y las macroalgas (0.3 %). La pesca contribuye significativamente con la economía del Perú, aportando entre 0.7 % y 1.5 % del PBI nacional. En el Perú, existe una gran diversidad de artes y métodos

de pesca de recursos marinos silvestres que son utilizados con o sin embarcación e involucran desde artes pasivas de bajo impacto ecosistémico hasta artes activas de gran impacto.

El 15 de enero del 2022, ocurrió un derrame de más de 6 mil barriles de petróleo en la costa de Lima lo cual provocó una tragedia ecológica. La falta de contención de este derrame ha provocado que por más de dos semanas se siga esparciendo a lo largo del litoral peruano hacia el norte. Esto ha afectado directamente a muchas especies marinas y a seres humanos que viven cerca de estas zonas. También ha tenido un impacto directo en las actividades pesqueras, las cuales se han visto interrumpidas por medidas de seguridad. Se han intentado tomar acciones para remediar el derrame y limpiar el océano, pero los métodos tradicionales de limpieza manual y con embarcaciones pequeñas no han sido suficientes para contener y revertir el daño provocado.

Las desnatadoras de petróleo (oil skimmers) son el tipo de equipo mecánico de respuesta a derrames de petróleo más utilizado. Cuando se emplea a gran escala, el método de recuperación mecánica puede consumir mucho tiempo, es por ello que se requiere desde un principio un método de identificación del derrame y proceder inmediatamente con un mecanismo de contención. El uso de productos químicos dispersantes tiene como objetivo aumentar el potencial natural para la eliminación de hidrocarburos de la superficie del mar mediante la dispersión del hidrocarburo en la columna de agua.

A partir de esto, se plantea la adaptación de un sistema robótico de identificación, contención y retiro de hidrocarburos para mitigar el impacto ambiental en las actividades de pesca. La solución integral consta de un vehículo marino no tripulado

(USV) con sistema de posicionamiento y visión de alta resolución el cual es teleoperado de forma inalámbrica, un vehículo aéreo no tripulado con sistema de visión térmico y multiespectral que puede despegar y aterrizar en el USV para obtener una mejor visibilidad de campo, un “oil skimmer” para extracción y separación de hidrocarburos que es adaptable al cuerpo del USV, un sistema para desplegar boyas de contención de hidrocarburos, y una metodología validada para el uso del sistema integrado.

Al finalizar el proyecto se cuenta con un (01) sistema robótico de identificación, contención, y retiro de hidrocarburos que integra un robot marino, un robot aéreo, boyas de contención y desnatadora de aceite (oil skimmer) y una (01) metodología para el uso del sistema robótico de identificación, contención, y retiro de hidrocarburos.

## 1.2 Taller de cierre

-----



## 1.3 Informe Técnico

### 1.3.1 Pruebas de capacidad de algoritmos

En el presente informe se menciona la problemática del derrame de hidrocarburos en zonas marinas y el impacto ambiental que genera. Es por ello que se ha propuesto desarrollar un algoritmo que, en conjunto con drones y robots marinos, se puedan detectar, identificar y retirar el hidrocarburo del mar.

En cada subfigura a, b, c, d de la Figura 1. Se presentan 4 imágenes. De las cuales, por cada cuadrícula de 4 imágenes, se tienen las superiores como las imágenes no procesadas y por ende las inferiores como imágenes procesadas bajo el algoritmo.

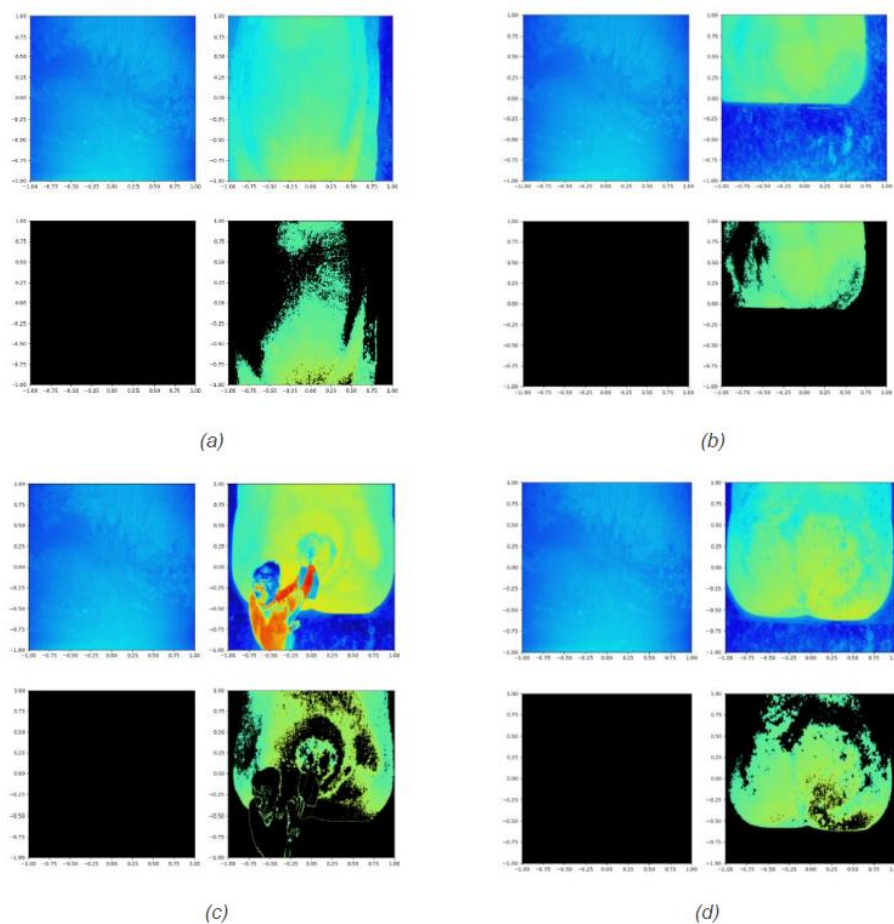


Figura 1: Pruebas realizadas con cámara térmica

De la Figura 1c se puede observar que se detecta la presencia de una persona el cual genera ruido en el resultado. Sin embargo, esto puede ser corregido disminuyendo el umbral, como se observa en la Figura 2.

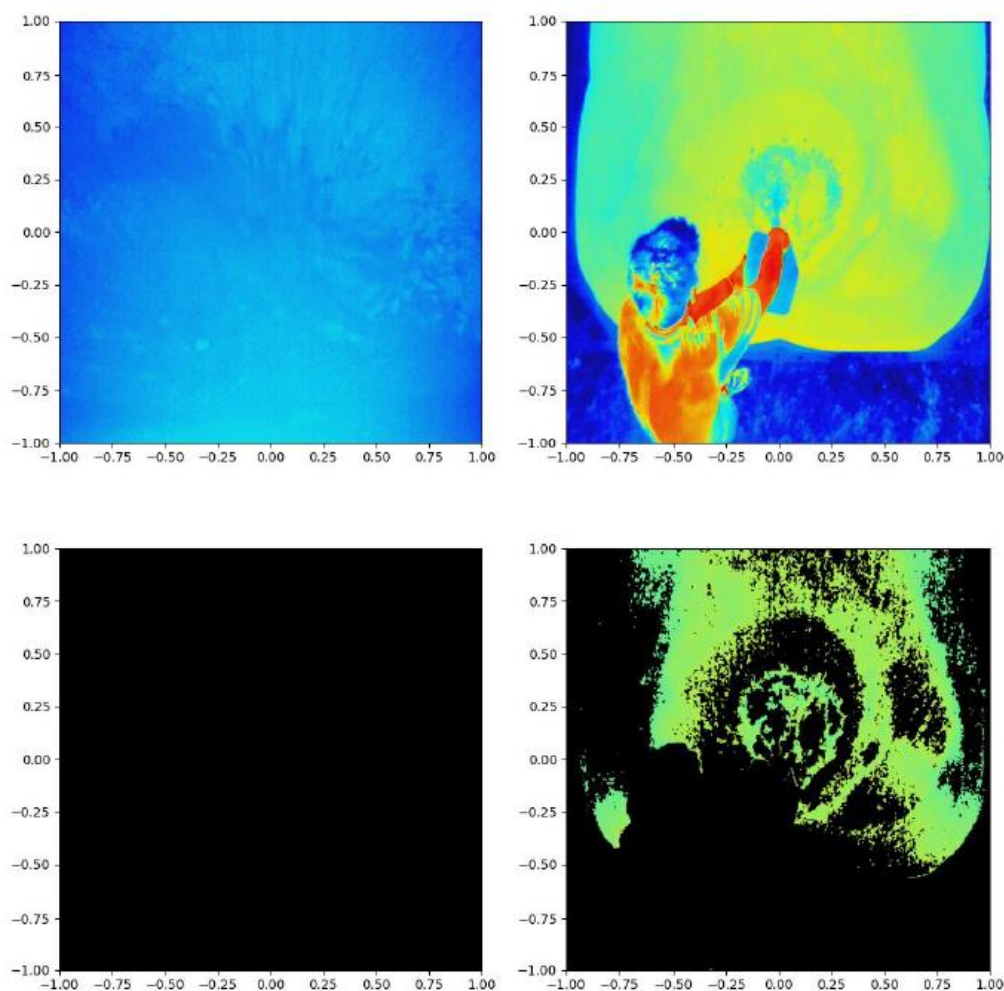


Figura 2: Imágenes procesadas con parámetros nuevos. (Elaboración propia)

Finalmente, se aprecia la mancha de aceite característica. De esta forma, el proceso de identificación de la zona a tratar se simplifica bajo un algoritmo de procesamiento de imágenes.

### 1.3.2 Informe técnico de Oil Skimmer y de Boyas de contención instalados en un USV

El presente trabajo consiste de un sistema de recolección de petróleo compuesto por 3 USV (Unmanned Surface Vehicle o Vehículo Superficial No tripulado), donde 1 USV será el principal y se le unirá elementos principales como Power pack, contenedor, entre otros; este USV principal será conectado mediante barreras hacia 2 USV auxiliares, los cuales servirán como guías para su correcto desplazamiento.

En la Figura 3, se aprecia el sistema propuesto con el uso de boyas o barreras que limitan la expansión del aceite o hidrocarburo. Así mismo, se resaltan otros componentes mecánicos importantes que permiten el direccionamiento de estas barreras, específicamente los USV auxiliares que están conectados al extremo y mediante propulsores orientan, tensan y guían a la barrera conectada.

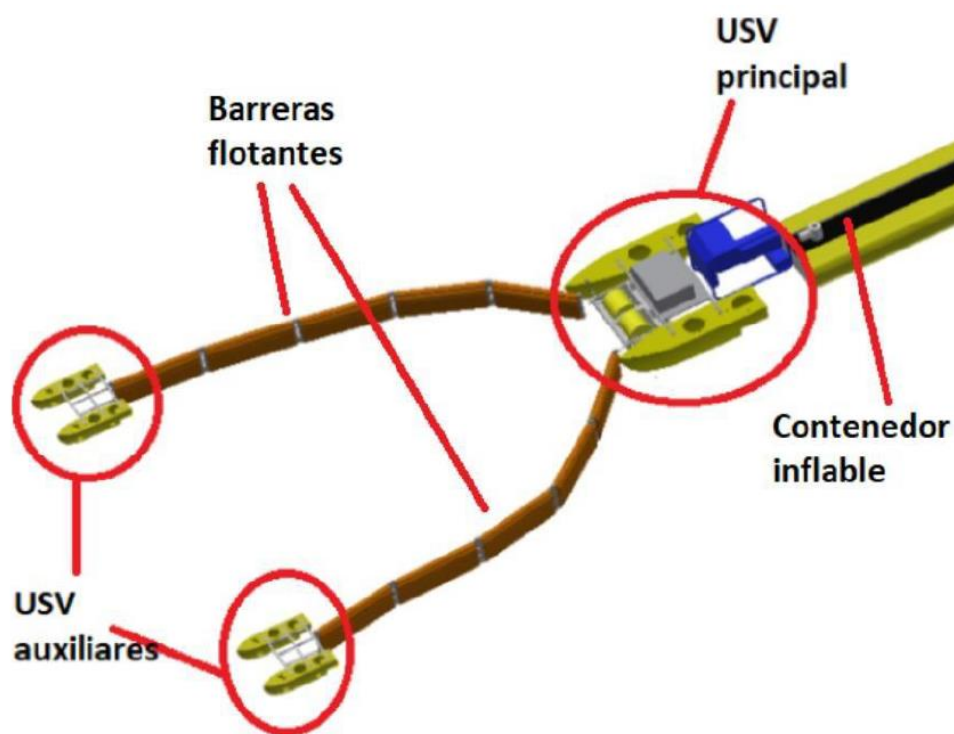


Figura 3: Sistema recolector de hidrocarburos con boyas flotantes. (Elaboración propia)

Para las pruebas del Oil Skimmer, en la Figura 4 se aprecian diversas fotos del uso de uno de los USV auxiliares unidos al Mini Skimmer de la empresa Elastech. Este oil skimmer de menor dimensión y capacidad de succión funciona con 12V y simplifica las pruebas a gran escala que se realizan con el sistema total.



Figura 4: Pruebas con el USV Auxiliar y Mini Skimmer. (Elaboración propia)

Considerando la tasa de recolección de petróleo del skimmer TDS118 usado en este sistema y la capacidad de almacenamiento de petróleo del contenedor inflable posterior (1000 galones), se puede concluir que el sistema propuesto tiene la capacidad de solucionar los derrames de petróleo de magnitud pequeña a mediana( cerca a los 10000 barriles) operando de manera continua alrededor de 2 semanas.

De los resultados obtenidos en las pruebas de control, se concluye que se tiene listo el algoritmo de navegación y control de formación para operar remotamente los movimientos del USV principal y operar automáticamente los movimientos de los USV auxiliares, por medio de señales que llegan entre los USVs usando transmisores y receptores de Radio Frecuencia.



### 1.3.3 Informe de Consultoría de Metodología de uso del USV con el Oil Skimmer para el sistema robótico de identificación, contención y retiro de hidrocarburos en el mar Peruano

Actualmente se necesita una respuesta rápida para mitigar el derrame de petróleo en ecosistemas acuáticos marinos y continentales con la finalidad de reducir los impactos sobre la flora y fauna marina, así como en la actividad económica del sector pesca. Este proyecto propone el desarrollo una tecnología accesible de uso del USV con oil skimmers con una tasa de recuperación de hasta 400 gal / min aproximadamente. Las pruebas de campo con el mencionado prototipo se realizaron en dos zonas de estudio en Ancón, Ventanilla- Callao y Tumbes El objetivo del presente trabajo es alcanzar la metodología de uso del USV con el oil skimmer en el mar peruano.

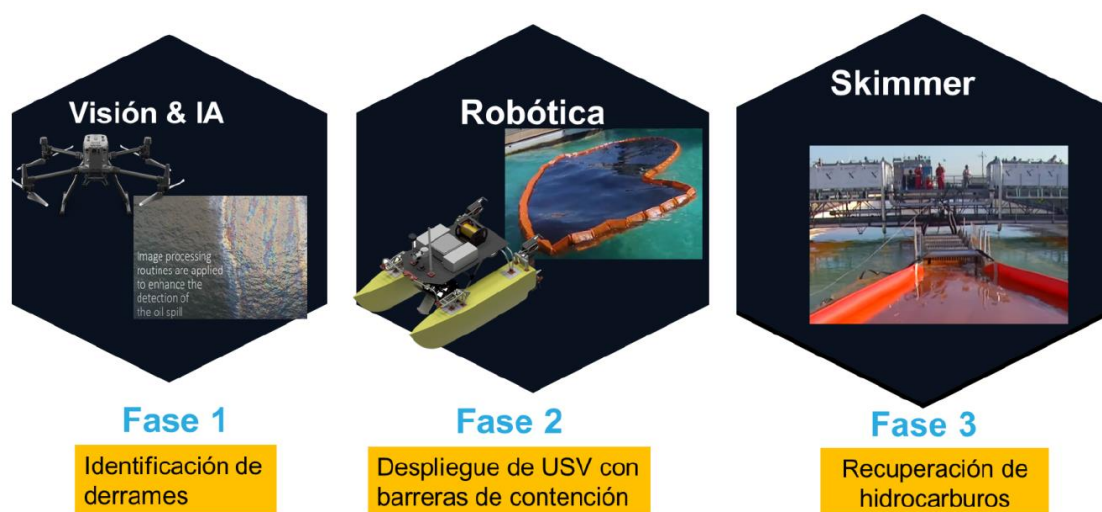


Figura 5: Procedimiento de operatividad del sistema robótico del USV oil Skimmer. (Elaboración propia)

En la Figura 5, se aprecia cómo se realizará en diversas fases el procedimiento de operatividad del sistema propuesto. Comenzando con la identificación del derrame de aceite mediante un dron con cámaras y sensores para la ubicación de la mancha;

posteriormente se realizará el despliegue de USV con barreras de contención para atrapar la mancha. Finalmente, se hace la recuperación del hidrocarburo como tal, esta se almacenará en una vejiga que soporta hasta el máximo de 1000 L.

### 1.3.4 Informe de pruebas en condiciones de campo del sistema robótico de identificación, contención y extracción

La solución propuesta en el subproyecto consiste en el empleo de un Vehículo Acuático No Tripulado (USV) y un drone aéreo con sus respectivos módulos de sensores y actuadores para la identificación, contención y retiro de hidrocarburos. La identificación se realiza mediante un drone que visualiza la mancha o cuerpo de aceite en el entorno controlado; posteriormente, se realiza la contención con las barreras o un entorno controlado. Para finalmente realizar las pruebas con el Mini Skimmer de la empresa Elastech y plantear las pruebas del oil skimmer hidráulico con diversos tipos de aceite pesado.

La realización de las pruebas fueron en una piscina grande de 400 cm de largo, 211 cm de ancho y 81 cm de alto, con una capacidad máxima de 5700 litros de agua. Adicionalmente el uso de varios sistemas robóticos como un drone, un USV-Auxiliar y el Mini Skimmer. En la Figura 6, se observan los componentes que integran este proceso. Cada uno tiene una función específica: El drone Mavic 2 Enterprise Advanced hace la identificación de la mancha y el USV-Auxiliar va hasta el punto en conjunto con el extractor de aceite.



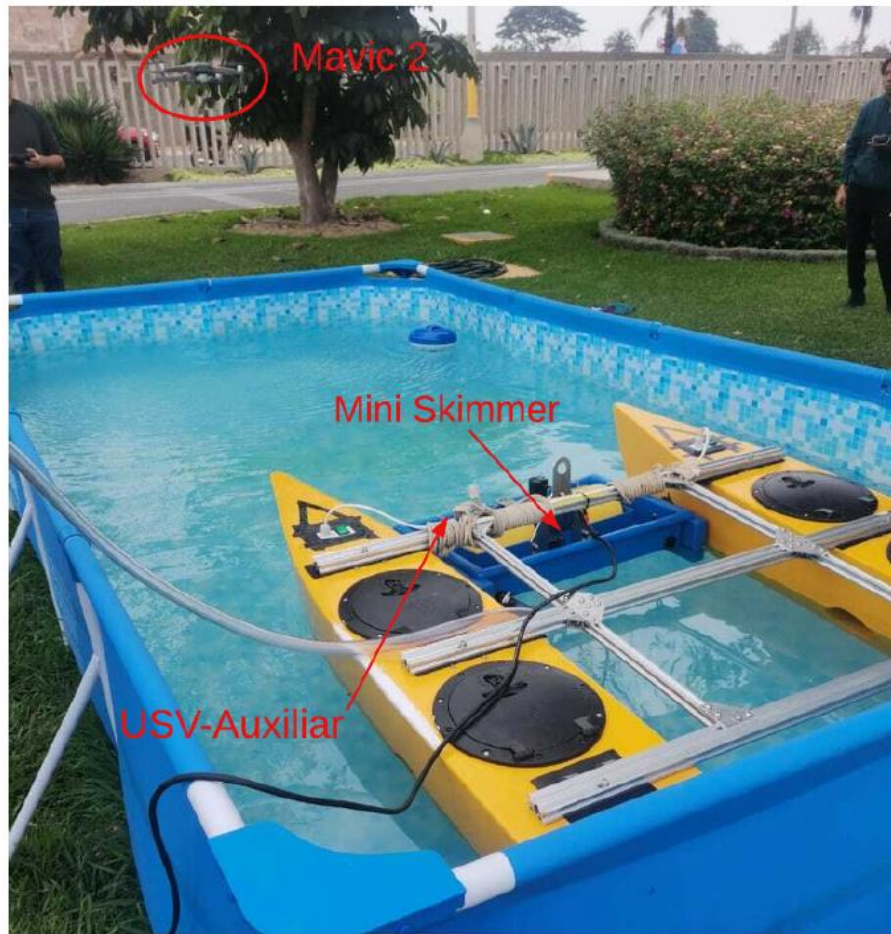


Figura 6: Composición del sistema: Drone, Desnatador de Aceite y Embarcación Menor. (Elaboración propia)

En base a la prueba, se hace un análisis comparativo de los tipos de aceite que puede recolectar el Mini Skimmer según su datasheet e información brindada por la empresa Elastech; adicionalmente, se indica que hay ciertas sustancias que pueden afectar considerablemente el funcionamiento de estos tambores o motores que los impulsan, sobre todo sustancias abrasiva. En la Tabla 1 se aprecia el comportamiento del Mini Skimmer con algunos aceites ligeros.

Tabla 1: Comportamiento de Mini Skimmer con Aceites ligeros. (Elaboración propia)

Nombre	Diesel B5 S-50	HD Motor Oil 40	HD Motor Oil 50	Gasolina 95 Octanos
Densidad (15°C)	850 g/L	876 g/L	881 g/L	720 g/L
Viscosidad (40°C)	1.9 - 4.1 mm <sup>2</sup> /s	101 mm <sup>2</sup> /s	167 mm <sup>2</sup> /s	-
Precio	S/ 16.05/galón	S/ 115/galón	S/ 94/galón	S/ 25/galón
Efectividad con Mini Skimmer	A pesar de su bajo nivel de viscosidad, es posible su recolección.	Dado su alto nivel de viscosidad, es más efectiva su recolección.	A mayor viscosidad, es más sencillo su captación por los tambores.	Dado que tiene muy poca viscosidad, puede ser difícil su captación.

Existe una gran variedad de aceites ligeros, tanto los sintéticos como naturales o derivados del petróleo. La viscosidad juega un papel vital para la facilitación en la recolección mediante los tambores y el rango de velocidad máxima generado por los motores que lo impulsan; la extracción de un aceite muy viscoso podría a su vez afectar el funcionamiento de la bomba Viking Power 6, se requeriría de una bomba mucho más potente. Por ende, existen limitantes en cuanto a la viscosidad para poder emplearse correctamente el sistema de pruebas indicado.

De igual forma, se espera tener una similar respuesta para los aceites pesados al ser empleados con el Oil Skimmer Hidráulico TDS 118, de la empresa Elastech. Específicamente el crudo que suele transportarse por embarcaciones u oleoductos, se distingue en 3 tipos o niveles según su grado de azufre y API (API es el indicador si es liviano o pesado el crudo). En la Tabla 2 se aprecia el posible comportamiento del Oil Skimmer Hidráulico TDS 118 con aceites pesados. Las pruebas a realizar en una piscina olímpica o de grandes dimensiones serán con uno de los siguientes aceites; tener en cuenta la facilidad de recolección siendo Marine Fuel 180 el ideal.

Tabla 2: Comportamiento del Oil Skimmer Hidráulico TDS 118 con Aceites pesados. (Elaboración propia)

Nombre	Petróleo Industrial N°6	Petróleo Industrial N°500	Diesel Marino N°2	Marine Fuel 180	Marine Fuel 380
Densidad (15°C)	-	-	890 kg/m <sup>3</sup>	991 kg/m <sup>3</sup>	991 kg/m <sup>3</sup>
Viscosidad cinemática (40 - 50 °C)	81 - 640 mm <sup>2</sup> /s	641 - 1060 mm <sup>2</sup> /s	2000 - 6000 mm <sup>2</sup> /s	180 mm <sup>2</sup> /s	380 mm <sup>2</sup> /s
Punto de Inflamación	60°C	65°C	60°C		
Azufre total	3.5% de la masa		0.5% de la masa		
Efectividad con TDS 118	A pesar de poseer gran variedad de viscosidad, si es posible su extracción con el sistema adquirido.	Tiene el mayor grado de viscosidad, por ende la bomba a emplear debe tener la más alta potencia admisible.		De baja viscosidad, puede dificultar su captación pero de densidad aceptable para visualizarse en la superficie marina.	

#### 1.4 Informe financiero

Se ha ejecutado un gasto de 97.27% respecto a lo planeado total.

Quedó pendiente un concurso sobre el Servicio de análisis de agua de mar.

A continuación, se adjunta el resumen de lo ejecutado:

## 2. Bibliografía

AOS - Alion Science and Technology -> <https://www.bsee.gov/research-record/osrr-1037-development-autonomous-oil-skimmer-aos>

Power pack diesel vs power pack electric -> <https://edgeinnovate.com/diesel-versus-electric-power/>

<https://www.riggingdoctor.com/life-aboard/2015/11/2/advantages-of-electric-motor-vs-diesel>

<https://www.pumpsandsystems.com/powering-pump-diesel-versus-electric-motors>

<https://guide.directindustry.com/choosing-the-right-hydraulic-power-unit/>

Generador D10 YANMAR ->

[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj\\_wcrUwYH6AhWRCrkGHfB3DkkQFnoECAkQAQ&url=https%3A%2F%2Ftradecentre.bulbeck.com.au%2Fapi%2Fv1%2Fdownload%2F58575cb58512e&usq=AOvVaw1-Ws02hhz6YXIACOY3a\\_s2](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj_wcrUwYH6AhWRCrkGHfB3DkkQFnoECAkQAQ&url=https%3A%2F%2Ftradecentre.bulbeck.com.au%2Fapi%2Fv1%2Fdownload%2F58575cb58512e&usq=AOvVaw1-Ws02hhz6YXIACOY3a_s2)

Bailey Hydraulics -> <https://www.applied.com/c-brands/c-bailey-hydraulics/253106/Maxim-Hydraulic-Power-Unit/p/111913070>

<https://www.applied.com/categories/hydraulic-products/hydraulic-power-units/dc-power-units--12-v/c/1110>

<https://www.baileyhydraulics.com/products/power-units/HPU-PSI/1500--2500>

Diesel B5 S-50, PETRO PERÚ ->

<https://www.petroperu.com.pe/productos/combustibles/diesel-ultra/>

HP Motor Oil 40 y 50, CASTROL ->

[https://msdspds.castrol.com/msdspds/msdspds.nsf/CastrolResults?OpenForm&c=Peru%20\(PE\)&l=Spanish%20\(ES\)&p=HD&n=&b=All&t=PDS&autosearch=No&autoload=No&sitelang=EN&output=Full&spu=Lubricants&unrestrictedmb=No&cols=0](https://msdspds.castrol.com/msdspds/msdspds.nsf/CastrolResults?OpenForm&c=Peru%20(PE)&l=Spanish%20(ES)&p=HD&n=&b=All&t=PDS&autosearch=No&autoload=No&sitelang=EN&output=Full&spu=Lubricants&unrestrictedmb=No&cols=0)

Gasolina 95 Octanos , PETRO PERÚ ->

<https://www.petroperu.com.pe/productos/combustibles/gasolina-super-plus/>

Petróleos industriales, PETRO PERÚ ->

<https://www.petroperu.com.pe/productos/combustibles/petroleos-industriales/>

Combustibles marino, PETRO PERÚ ->

<https://www.petroperu.com.pe/productos/combustibles/combustibles-marinos/>