



Sistema Robótico de Identificación Contención y Retiro de Hidrocarburos en el Mar Peruano

PNIPA-PES-SIA-2022-00266

Informe de vehículo marino no tripulado

Lima, Setiembre del 2022





Resumen: La solución propuesta en el subproyecto consiste en el empleo de un Vehículo Acuático No Tripulado (USV) y un drone aéreo (UAV) con sus respectivos módulos de sensores y actuadores para la identificación, contención y retiro de hidrocarburos. El presente documento presenta los tipos de drones existentes y algunas de sus aplicaciones en la actualidad. Posteriormente, se explica la selección del vehículo aéreo y los sensores a emplear para realizar el proceso de detección de hidrocarburos. Finalmente, se detallan los métodos y técnicas que permitirán al sistema propuesto realizar, de manera automática, el proceso de detección de hidrocarburos.

Objetivo: El objetivo de este informe técnico es presentar la selección del UAV y su acondicionamiento con sensores para identificación de hidrocarburos, el cual forma parte de uno de los entregables del hito 1 del proyecto PNIPA-PES-SIA-2022-00266 - “Sistema Robótico de Identificación Contención y Retiro de Hidrocarburos en el Mar Peruano”.

Alcance: El informe técnico aborda el análisis de la problemática, la definición de los objetivos y acondicionamiento del vehículo aéreo no tripulado.

Fecha de Creación: 02/09/2022

Fecha de Actualización: 02/09/2022

Disclaimer:

Este documento es propiedad de Tumi Robotics, carácter reservado para uso exclusivo dentro los proyectos, no pudiéndose usar o proporcionar a terceros, constituyendo falta grave el uso no autorizado o la entrega a terceros de esta información, además de la responsabilidad penal subyacente.



Historial de Versiones

Versión	Fecha	Elaborado por	Revisado por	Descripción
1.1	06/09/2022	Manuel Escobar Jaime del Alcazar		



Índice

Problemática	5
Drone Aéreo	7
Métodos de Detección de Hidrocarburos	9
Imágenes espectrales	11
Imágenes multiespectrales	11
Imágenes hiperespectrales	13
Comparación entre imágenes multiespectrales e hiperespectrales	14
Cámara Zenmuse H20T	15
Cámara Multiespectral Micasense dual camera system	16



1. ANTECEDENTES AL DISEÑO

1.1 Problemática

Luis Angel Pineda - Director de comunicaciones de FENADECO, en su artículo publicado el 29 de junio de 2020, “La importancia del petróleo en la economía”, resalta que para los países del mundo, el petróleo se ha convertido en un recurso clave ya que su utilidad va desde la fabricación de plásticos hasta la generación de energía eléctrica.

Sin embargo, durante su transporte, en ocasiones se producen accidentes o malas prácticas que conllevan consecuencias devastadoras. Una mala práctica habitual es usar agua de mar en tanques cisterna, para, posteriormente, devolverla contaminada con petróleo; otra práctica indebida es usar buques para bombear petróleo de desecho al mar en forma de desperdicio. Una forma accidental de contaminación por petróleo es la perforación de pozos de petróleo ubicados en aguas costeras y las fugas en tuberías subacuáticas.

En el Perú, de acuerdo con el informe La sombra del petróleo (2020), han ocurrido 474 vertimientos entre los años 2000 y 2019 en los lotes petroleros del Oleoducto NorPeruano ubicado en la Amazonía Peruana. También se indica que el 65% de estos vertimientos fue causado por la corrosión de los ductos y fallas en la infraestructura petrolera.

El caso más reciente fue el ocurrido en el mar de Ventanilla en enero del 2022, donde se derramaron más de 11 900 barriles de petróleo en. Según el reporte de la SPDA, el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (Sernanp) declaró que este desastre afectó la vida silvestre de la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras, y la Zona Reservada Ancón, afectando un área equivalente a 1 800 490 m² de suelo y 7 139 571 m² de mar. (Spda, 2022)

Además, al respecto, un comunicado del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (Sernanp), organismo adscrito al Ministerio del Ambiente, indicó que en las 6 semanas posteriores al incidente se rescataron a más de 420



aves afectadas por el derrame de petróleo cerca a dos áreas naturales protegidas ubicadas en el distrito de Ancón en el norte de Lima.(Deutsche Welle, s. f.)

Solo en la bahía de Ancón, según cálculos de la organización The Nature Conservancy (TNC), trabajan alrededor de mil pescadores, que extraen mariscos y peces, otros que trabajan en el procesamiento y comercialización de productos marinos, e incluso quienes realizan actividades turísticas.(Spda, 2022). Estas cifras son un ejemplo de las actividades económicas que dependen directamente de la flora y fauna del litoral. Estas cifras también muestran el impacto económico que podría causar un derrame de hidrocarburos en la zona al perder la principal fuente de ingresos de los pobladores.

Según la United Nations Environment Programme (s. f.) y NOAA (s. f.), las principales víctimas de los derrames de petróleo son la fauna y la flora del lugar y de zonas aledañas. El petróleo destruye la capa aislante que protege del frío a las aves y mamíferos marinos con pelaje, como las nutrias marinas; sin esta capacidad de repeler el frío se les estaría exponiendo a elementos químicos agresivos y podrían morir de hipotermia. En algunos peces, delfines y ballenas, inhalar o ingerir directamente el petróleo puede deteriorar sus sistemas respiratorio, inmunológico y reproductivo, e incluso puede causar muerte por envenenamiento. Además, pueden experimentar crecimiento reducido, hígados agrandados, cambios repentinos en el ritmo cardíaco y erosión en las aletas. Aún cuando estas consecuencias no sean visibles, los pescados y mariscos afectados no serán seguros para consumo humano.

El vertido de crudo también produce daños notables en el paisaje costero, pero su carácter biodegradable permite que pueda ser separado del mar, mediante diversos métodos físicos o químicos.



2. ESTADO DEL ARTE

En esta sección se presentan los conceptos básicos sobre drones o vehículos aéreos no tripulados, así como los tipos y sus aplicaciones en la actualidad.

2.1. Drone Aéreo

Los Drones o UAV son vehículos aéreos no tripulados que pueden ser controlados de manera remota, a través de un mando o radiocontrol, y programados para seguir una ruta autónomamente. Actualmente se han desarrollado diversos tipos de drones permitiendo ser clasificados en dos grandes grupos: Drones de ala fija y Drones de ala rotatoria.

Los Drones de ala fija cuentan con una aerodinámica muy eficiente por lo que son capaces de mantener una autonomía de vuelo prolongada, como se puede apreciar en la Figura 1. Esto los hace ideales para el mapeo de extensiones amplias de terreno. Sin embargo, estos Drones no pueden mantenerse de manera estacionaria en el aire, además no pueden despegar por sí mismo, por lo que necesitan ayuda externa para dicho procedimiento.



Figura 1. Drone de ala fija.
Fuente: [1].

Por otro lado, los Drones de ala rotatoria cuentan con un arreglo de brazos a los cuales se acoplan las hélices que permiten realizar el vuelo, número de rotores pueden dividirse en tricópteros, cuadricópteros, hexacópteros y octocópteros. Estos drones son capaces de suspenderse en un punto fijo, permitiendo tener una mayor

estabilidad al volar respecto a los Drones de ala fija. En la Figura 2 se puede apreciar un Drone cuadricóptero en estado de reposo.



Figura 2. Drone Cuadricóptero.
Fuente: [2].

Una alternativa que surge con el fin de rescatar las principales ventajas de los drones de ala fija y rotatoria son los drones VTOL (vertical take-off landing), como se puede observar en la Figura 3, los cuales cuentan tanto con alas fijas que permiten al vehículo planear en el aire y hélices que permiten realizar el despegue y aterrizaje del mismo.



Figura 3. Drone VTOL.
Fuente: [3].

Actualmente, los drones son empleados en múltiples industrias como la minería, petróleo, gas, agricultura, etc; desarrollando tareas tan básicas como transporte, inspección de infraestructura, análisis de terreno, medición de parámetros climatológicos hasta procesos más complejos como los de mapeo, vigilancia, búsqueda y rescate.

2.2. Métodos de Detección de Hidrocarburos

Existen diversos métodos para el reconocimiento de hidrocarburos a través de imágenes. Como es en el caso de la investigadora Anima Pramanik y su equipo, que proponen utilizar una cámara RGB para el procesamiento de imágenes, pasando por la adquisición de la data, pre procesamiento de la data y la detección de hidrocarburos [4]. En la Figura 4 se aprecia a detalle los pasos de la metodología.

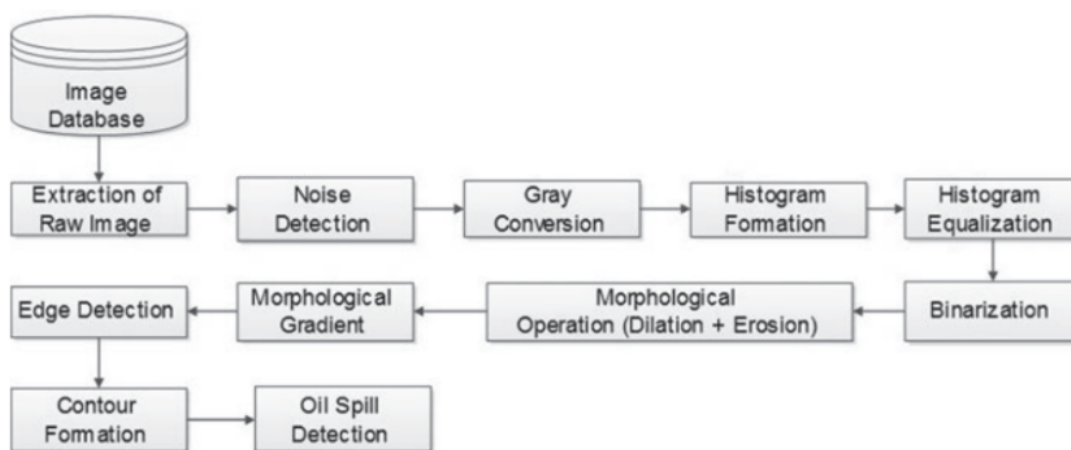


Figura 4. Diagrama de bloques de la metodología propuesta.

Fuente: [4].

Por otro lado, el equipo de Myssar Jabbar propone utilizar redes neuronales convolucionales, debido a su capacidad de resolver problemas complejos, para la detección y reconocimiento de hidrocarburos en un video a través de una cámara térmica montada en un Drone [5]. Esta metodología sigue una serie de pasos que incluyen cargar la data, transformarla por medio de un algoritmo, entrenarla siguiendo un modelo de machine learning, y evaluarlo con el fin de predecir el reconocimiento de hidrocarburos. En la Figura 5 se puede observar la metodología empleada usando machine learning.

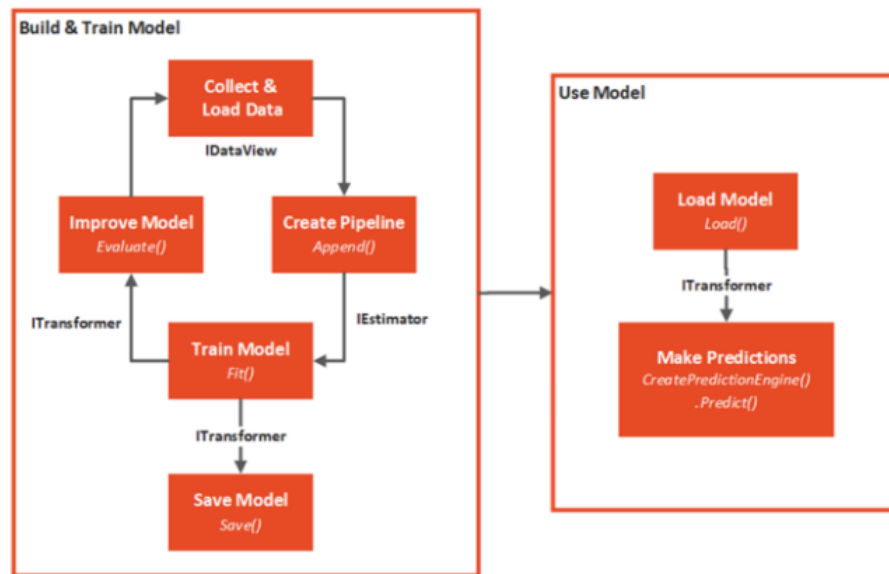


Figura 5. Metodología de detección de hidrocarburos usando machine learning.
Fuente: [5].

3. BACKGROUND

En esta sección se detallan los conceptos necesarios acerca de imágenes espectrales y que permitirán su posterior aplicación en el ámbito de detección de hidrocarburos.

3.1. Imágenes espectrales

Los espectrómetros de imágenes dividen el espectro electromagnético en grupos de longitudes de onda llamados bandas. El ancho y número de bandas se denomina “Resolución espectral de una imagen”. Una resolución más alta significa más bandas que son espectralmente más estrechas, mientras que una resolución más baja significa menos bandas, cada una de las cuales cubre porciones más grandes del espectro.

3.1.1. Imágenes multiespectrales

Las imágenes multiespectrales capturan datos de imágenes dentro de rangos de longitud de onda específicos en todo el espectro electromagnético. Las imágenes multiespectrales miden la luz en un pequeño número de bandas espectrales, generalmente entre 3 y 15 bandas. A modo de ejemplo, el sensor multiespectral Landsat-8 produce 11 imágenes con las siguientes bandas:

- **AEROSOL COSTERO** en banda 1 (0,43-0,45 μm)
- **AZUL** en la banda 2 (0,45-0,51 μm)
- **VERDE** en la banda 3 (0,53-0,59 μm)
- **ROJO** en banda 4 (0,64-0,67 μm)
- **INFRARROJO CERCANO (NIR)** en banda 5 (0,85-0,88 μm)
- **INFRARROJOS DE ONDA CORTA (SWIR 1)** en banda 6 (1,57-1,65 μm)
- **INFRARROJOS DE ONDA CORTA (SWIR 2)** en banda 7 (2,11-2,29 μm)
- **PANCROMÁTICO** en banda 8 (0,50-0,68 μm)
- **CIRRUS** en banda 9 (1,36-1,38 μm)
- **INFRARROJO TÉRMICO (TIRS 1)** en banda 10 (10,60-11,19 μm)
- **INFRARROJO TÉRMICO (TIRS 2)** en banda 11 (11,50-12,51 μm)



Las cámaras multispectrales se pueden utilizar cuando se necesita más información que las cámaras RGB. En la Figura 6 se muestra una comparación entre la imagen obtenida por una cámara RGB y una multispectral.

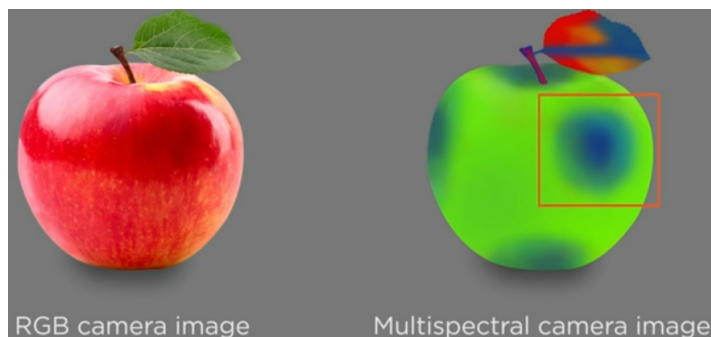


Figura 6. Comparación de imágenes obtenidas por una cámara RGB y una cámara multispectral.

Fuente: [6].

Hay tres formas de obtener información de la imagen espectral:

- Cámara con elementos ópticos: Consta de un prisma, un sensor, rejillas y lentes. El sensor de exploración de línea puede generar una imagen multispectral, línea por línea. La principal desventaja de esta técnica es que el rendimiento depende de la alineación de los elementos ópticos y la calibración es crucial.

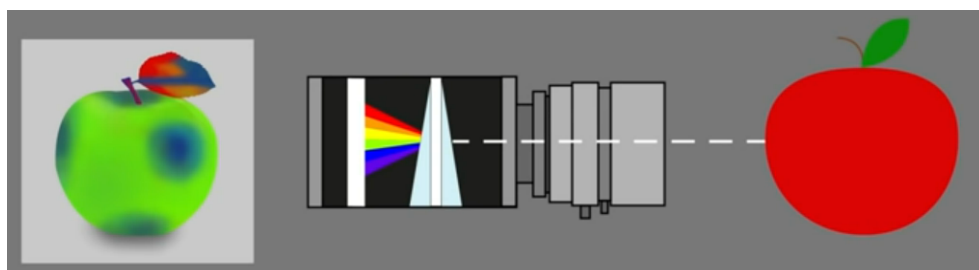


Figura 7. Imagen espectral obtenida por una cámara con elementos ópticos.

Fuente: [6].

- Filtro continuo (como rueda de filtros): las cámaras de rueda de filtros escanean secuencialmente porque el filtro sólo captura una única longitud de onda de luz. Para longitudes de onda adicionales, el filtro debe moverse. Esto

reduce la velocidad de escaneo y, por lo tanto, no debe usarse con objetos en movimiento.

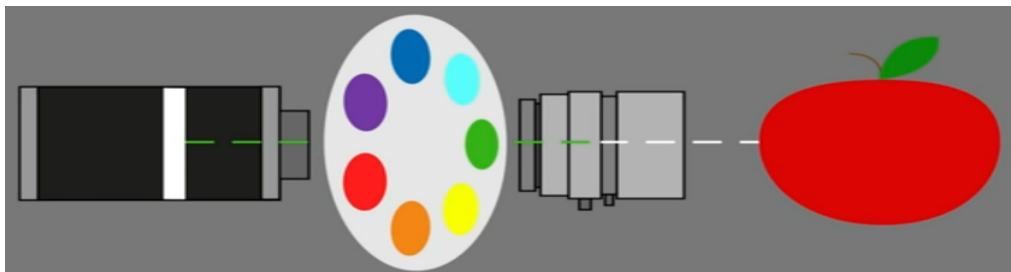


Figura 8. Imagen espectral obtenida mediante cámara de rueda de filtros.

Fuente: [6].

- Sensor CMOS con filtro: las cámaras con sensores CMOS espectrales no tienen partes ópticas y, por lo tanto, no requieren alineación y pueden capturar objetos con diferentes longitudes de onda en una sola toma.

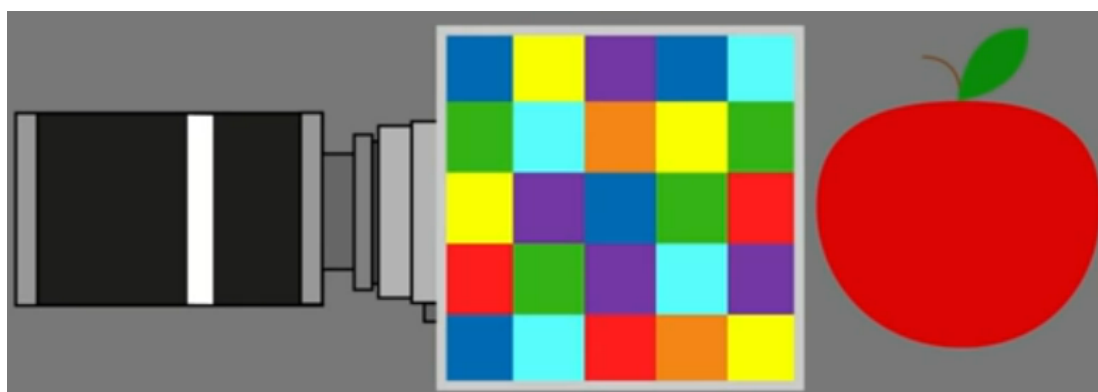


Figura 9. Imagen espectral obtenida mediante sensor CMOS.

Fuente: [6].

3.1.2. Imágenes hiperespectrales

El objetivo de las imágenes hiperespectrales es obtener el espectro de cada píxel en la imagen de una escena, con el propósito de encontrar objetos, identificar materiales o detectar procesos. Existen tres ramas generales de generadores de imágenes espectrales. Entre ellas se encuentran los escáneres de escoba de empuje y los escáneres de escoba de batidor relacionados (escaneo espacial), que leen imágenes a lo largo del tiempo, escáneres secuenciales de banda (escaneo

espectral), que adquieren imágenes de un área en diferentes longitudes de onda, e imágenes hiperespectrales instantáneas, que utilizan una matriz de observación. para generar una imagen en un instante.

3.1.3. Comparación entre imágenes multispectrales e hiperespectrales

La principal diferencia entre las imágenes multispectrales e hiperespectrales es que el sentido multispectral tiene pocas (entre 3 y 15 bandas) pero bandas más anchas, mientras que las imágenes hiperespectrales detectan cientos o miles de bandas pero que son más estrechas que las multispectrales.

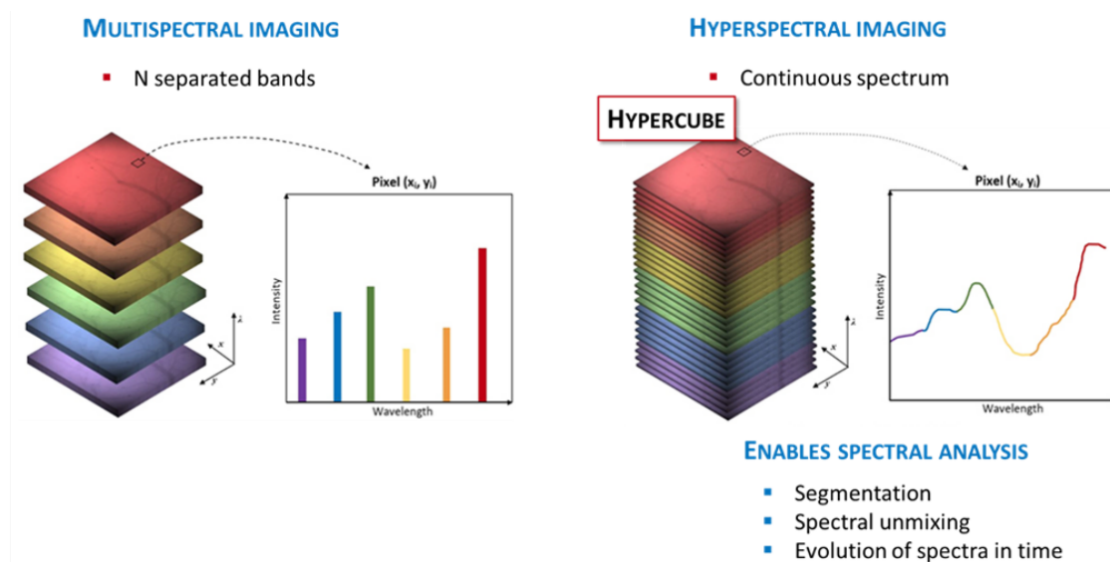


Figura 10. Comparación en la obtención de una imagen multispectral y una hiperespectral.

Fuente: [7].

Imágenes multispectrales (izquierda), que solo proporcionan porciones discretas y discontinuas del rango espectral. Imágenes hiperespectrales (derecha), creando el hipercubo utilizando una gran cantidad de bandas espectrales contiguas. El resultado da un espectro completo para cada píxel (x_i, y_i).

4. DISEÑO DE SISTEMA

El drone a emplear es el Matrice 300 RTK fabricado por la empresa china DJI. el cual permite realizar sesiones de vuelo de hasta 55 minutos y cuenta con capacidades avanzadas de Inteligencia artificial, sensores de posicionamiento, direccionamiento y otros. Entre las principales ventajas resaltan la modularidad, debido a que permite la integración con una amplia gama de sensores.



Figura 4.1. Drone DJI Matrice 300 RTK.

Fuente: [2].

Como se mencionó en el estado del arte, la fusión de diversas fuentes de imagen (RGB, térmica, multiespectral, hiperespectral, etc) han permitido desarrollar diversos métodos para la detección de hidrocarburos en el ámbito marino. Como parte del presente proyecto se considera emplear el uso de tres cámaras: RGB, multiespectral e hiperespectral, con el fin de determinar la ubicación exacta de los derrames de hidrocarburos y, en la medida de lo posible, detectar el grosor de la capa del derrame.

4.1. Cámara Zenmuse H20T

Sensor híbrido que integra dos cámara RGB de 20MP y 18MP respectivamente, y una cámara térmica con resolución de 640 x 512 px. Estas características permiten obtener Isotermas (imágenes con una banda específica de temperatura) e imágenes R-JPEG también conocidas como imágenes radiométricas.



Figura 4.3. Cámara térmica Zenmuse H20T
Fuente: DJI

4.2. Cámara Multiespectral Micasense dual camera system

Esta cámara integra una solución sincronizada de 10 bandas, además integra un nuevo grupo de filtros para permitir más análisis, como el monitoreo de ambientes de aguas poco profundas o un análisis detallado de la eficiencia de la clorofila.

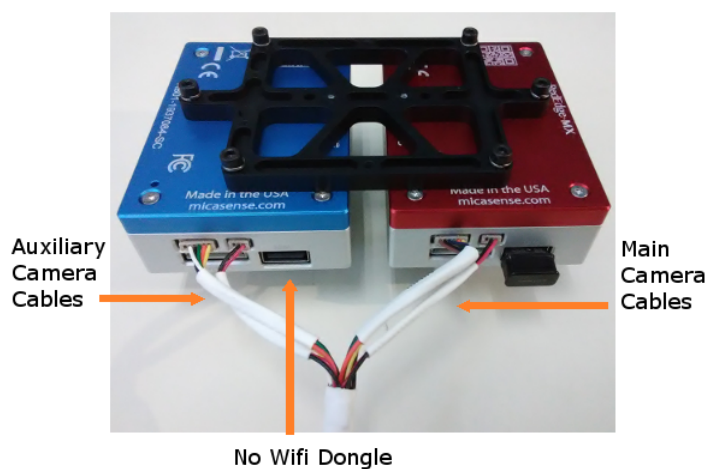


Figura 4.4. Camara Multiespectral Micasens dual camera system.
Fuente: Micasense

5. Conclusiones

Se logró seleccionar y adaptar el vehículo aéreo no tripulado con un conjunto de sensores que permiten realizar la detección y reconocimiento de hidrocarburos. Se optó utilizar el vehículo aéreo no tripulado de ala rotatoria del modelo DJI Matrice 300 RTK, debido a su autonomía de vuelo prolongada, resistencia y maniobrabilidad para realizar el análisis de las zonas de interés. Entre los sensores a utilizar se encuentran una cámara RGB, una cámara térmica y una cámara multiespectral, lo que permite obtener una mayor información del área de estudio.

Se lograron identificar los algoritmos a utilizar para la detección y el reconocimiento de hidrocarburos en el área de estudio, los cuales incluyen un pre procesamiento previo para el acondicionamiento de la imagen, y su posterior procesamiento mediante un modelo de machine learning para su entrenamiento y con ello un reconocimiento de hidrocarburos.



6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] <https://elvuelodeldrone.com/drones-profesionales/drones-industriales/drone-de-ala-fija-delair-ux11/>
- [2] <https://www.dji.com/matrice-300>
- [3] <https://www.amazon.com/-/es/Endurance-gasolina-Surveillance-Mapping-Gasolina/dp/B07WX1GDBQ>
- [4] Anima Pramanik, Jhareswar Maiti, Sobhan Sarkar. Oil Spill Detection Using Image Processing Technique An Occupational Safety Perspective of a Steel Plant. India. 2019.
- [5] Myssar Jabbar, Nicolae Goga, Iuliana Marin. Detection and Analysis of Oil Spill using Image Processing. Rumania. 2022.
- [6] https://www.youtube.com/watch?v=b0webdvlySo&ab_channel=BaslerAG
- [7] <https://www.nireos.com/hyperspectral-imaging/>
- [8] <https://iberfdrone.es/tipos-drones-y-caracteristicas/>
- [9] <https://www.pimealdia.org/es/15-aplicacions-dels-drons-a-la-nostra-societat/>
- [10] <https://gisgeography.com/multispectral-vs-hyperspectral-imagery-explained/>
- [11] <https://www.microimages.com/documentation/Tutorials/hyrspec.pdf>
- [12] <https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/hyperspectral-imaging>

