

# Remote Sensing for Marine Oil Spill Emergency Management and Pollution Control.

**A Presentation for the Regional Association of Oil and Gas Companies of Latin America and the Caribbean (ARPEL) - Seminar for Emergency Management in the Oil and Gas Industry. Buenos Aires, Argentina, October 7 & 8, 2010. Prepared by Michael D. Long, Founder and Director of International Sales for Aerial Surveillance Systems, Inc., Scottsdale, Arizona, USA and Panama City, Panama.**

## **Overview:**

Reducing the risk of oil spills is essential for protecting the environment and reducing economic losses. Oil spill surveillance constitutes a critical component of oil spill disaster management. Advances in remote sensing technologies can help to identify minor spills before they cause widespread damage and can provide industry with a "*proactive*" defense against the current perception of being ill-prepared for oil spill emergencies.

A large number of sensors are currently available for oil spill surveillance and this presentation will attempt to provide an overview and comparison of these existing sensor systems. A better understanding of the strengths and weaknesses of oil spill remote sensing surveillance tools will allow decision makers to improve the operational use of these sensors for oil spill detection, monitoring, tracking, response and contingency planning.

Given the number of sensors and their various characteristics, no single sensor is able to provide all the information necessary for oil spill disaster management, thus various combinations of remote sensing is required for effective oil spill monitoring and surveillance.

Satellite imagery, fixed oil detection sensors, fixed and floating oil spill detection buoys and Autonomous Underwater Vehicles (AUV's) are used for preliminary oil spill detection while airborne sensors are necessary for detailed oil spill analysis. Satellite remote sensing is not suitable for tactical oil spill planning but with proper analysis techniques it does provide a comprehensive overview of the affected areas. On-water and under-water oil spill detection systems can provide initial oil spill detection but overall ***ONLY*** the airborne remote sensing component with appropriately installed sensor sub-systems and specialized mission software can provide all the real-time information necessary to detect, respond to and mitigate marine oil spills and provide effective and timely Emergency Disaster Management Planning and Response.

## **Introduction:**

Petroleum products are essential to our modern society's way of life and standard of living and are a key worldwide economic driver. Due to the well publicized Exxon Valdez and BP Oil Spill Disaster in the Gulf of Mexico, as well as many other lesser-known but just as devastating oil spills, the oil and gas industry as a whole has suffered a huge "black-eye" and now faces an uphill battle for credibility with environmental groups, governmental regulators, insurance companies and most importantly with its various investors and owners who are critical to

maintaining accessibility to the huge amounts of capital that will be necessary for future exploration activities.

The environmental and financial impact of marine oil spills, both large and small, are well known within the oil and gas industry and it has now become critical to have the remote sensing capabilities not only available but also deployed in each specific geographic area where current and/or future off-shore exploration and production activities are in-play.

Environmental rules and regulations and strict operating procedures have been imposed to prevent oil spills, but these measures cannot completely eliminate the risk. What is needed is to have an overarching and all-encompassing Marine Oil Spill Response and Contingency Action Plan (OSRCAP) in-place, which when properly employed is the most all-inclusive method of spill detection and tracking, disaster management, damage mitigation and the deployment of rapid and effective clean-up efforts. In the event of an oil spill, information about the size and extent of the spill is critical to assist the oil and gas industry in oil spill contingency planning and this will only be available when the proper OSRCAP assets are in-place and used proactively.

Visual detection of a marine oil spill is not reliable as oil can be confused with other substances, moreover, oil on the water's surface cannot be observed clearly through fog or at night. Remote sensing can be used for detecting and monitoring oil spills, although no single sensor alone can give all the information required for oil spill contingency planning. Currently, many coastal nations have proper maritime surveillance systems in place to detect and monitor oil spill and pollution activities but these systems are all currently deployed by governmental entities and not privately by the oil and gas industry itself.

### **Remote Sensing for Oil Spill Surveillance.**

There are many sensors available to detect marine oil spills on various types of water surfaces and multiple sea-states. Multi-temporal imaging captured by remote sensing sensors can provide important information required to model the spread of an oil spill. Oil spill remote sensing is invaluable in organizing cleanup operations and controlling the oil spill response but perhaps most importantly, for the early and rapid detection of the actual oil spills themselves.

Remote sensing devices for oil spill detection include airborne and space-borne optical and radar sensors including Side Looking Airborne Radar (SLAR) and Synthetic Aperture Radar (SAR), airborne laser fluorosensors, microwave radiometers, visible and infrared/ultraviolet (IR/UV) line scanning sensors, Electro Optical/Infrared (EO/IR) video and photographic imaging, multi-spectral cameras and others.


Satellite remote sensing suffers from low spatial and temporal resolution since imaging is only available at those times when the satellite coverage passes over the area of interest, although it provides a synoptic view and is generally a more cost effective system than airborne sensing platforms.

Sensors can provide the following information for oil spill contingency planning:

- The detection and then location and spread of an oil spill over both large and small areas.
- The thickness distribution of an oil spill to estimate the quantity of spilled oil.
- A classification of the oil type in order to estimate environmental damage and to take appropriate response action.
- Timely and valuable information to assist in response and clean-up operations.
- Stored and time-stamped real-time evidentiary data on the spill and response efforts.

An industry accepted "rule-of-thumb" is that 90% of the oil volume of the spill will be contained in only 10% of the total spill area of coverage. Thus, knowing where the heaviest (thickest) areas of oil are located and the ability to track these areas and then effectively direct the clean-up efforts to these specific areas is of utmost importance to the overall response effort.

A brief description of sensors useful for oil spill detection and their inherent strengths and weaknesses is shown in the following table and further described below.

 <b>Sensors vs. Capabilities</b>	Capability of detecting oil spills	Oil type classification	Determination of oil thickness	Determination of spill area	Determination of oil volume	All-weather capability	Requires day light conditions	Imaging sensor	Mapping sensor
<b>IR/UV Line Scanner</b> Infrared/Ultraviolet Line Scanner <u>Short-range component of the standard suite (IR/UV &amp; SLAR)</u>	<b>Yes</b> -swath width: ~0.6km@300m altitude  Thermal Infrared: if thickness >2..10 micron  Near Ultraviolet: if thickness > 0.01 micron UV component depends on light and weather conditions	<b>No</b>	Limited Contours of spill signatures correspond to detection limits.  Thermal Infrared: 2..10 micron  Near Ultraviolet: > 0.01 micron	<b>Yes</b>	Limited Contours of spill signatures correspond to detection limit -> multiplication with area leads to rough volume estimate	<b>No</b>	<b>No</b> : for IR <b>Yes</b> : for UV	<b>Yes</b>	<b>Yes</b>
<b>SLAR</b> Side-looking Airborne Radar <u>Long-range component of the standard suite (IR/UV &amp; SLAR)</u>	<b>Yes</b> -coverage: 80km @ 300m altitude ( <u>long range</u> )  - coverage within a swath of 0.6km @ 300m altitude  - Detection requires wind-roughened sea surface	<b>No</b>	<b>No</b>	<b>Yes</b>	<b>No</b>	<b>Yes</b> (except very low wind)	<b>No</b>	<b>Yes</b>	<b>Yes</b>
<b>MWR</b> Microwave Radiometer	<b>Yes</b> -swath width: ~0.6km@300m altitude -if thickness ≈ >50 micron	<b>No</b>	<b>Yes</b> for thickness between 50 micron and 3000 micron	<b>Yes</b> for thick spill areas (>50 micron)	<b>Yes</b> for thickness between 50 micron and 3000 micron	<b>Yes</b>	<b>No</b>	<b>Yes</b>	<b>Yes</b>
<b>LFS</b> Laser Fluorosensor	<b>Yes</b> -directly below the aircraft -Detection limit (thickness) depends on oil type; typical value for heavy crude: ~0.1 micron	<b>Yes</b>	<b>Yes</b> for thickness between 0.1 and 20 micron; range depends on oil type	<b>No</b>	<b>No</b>	<b>No</b>	<b>No</b>	<b>No</b>	<b>No</b>
<b>VIS Line Scanner</b> Visible Line Scanner (Red/Green/Blue)	<b>Yes</b> -swath width: ~0.6km@300m altitude if thickness ≈ >0.03 micron; depends on light and weather conditions	<b>No</b>	Limited thickness estimation based on Oil Appearance Code	<b>Yes</b>	Limited volume estimation based on Oil Appearance Code	<b>No</b>	<b>Yes</b>	<b>Yes</b>	<b>Yes</b>

### **Radar:**

Radar is an active sensor and operates in radio wave region. Radar waves are reflected by capillary waves on the ocean and therefore, a comparative image is obtained for basic ocean water. Oil floating on the water surface diminishes capillary waves and as a result, if oil is present in the ocean then radar reflectance is reduced. Hence, the presence of oil can be detected

as a distinctive area in the overall ocean reflective image. Radar is very useful as it can be used to detect oil over a large area and at long distances thus it can be used as a first detection and assessment tool to determine the possible location of an oil spill. Radar will work in both inclement weather and at night.

SAR (Synthetic Aperture Radar) and SLAR (Side- Looking Airborne Radar) are the two most common types of Radar which can be used for oil spill remote sensing. SAR has superior spatial resolution and range than SLAR. However, SLAR is less expensive and predominantly used for airborne remote sensing.

When using SAR imaging for oil detection shoreline areas can also present a similar impression as oil slicks, and moreover calm water in the SAR image can also appear as reflections which may give the false impression of the presence of oil. Thus space-borne satellite SAR is most widely used for initial oil spill indications while airborne SLAR is most effective for actual oil spill detection at longer stand-off ranges.

One negative aspect of radar use is that both very low and very high wind speeds will influence oil spill detection by radar. At high wind speed, even thick oil slicks are dispersed into the water column and oil cannot be detected. At low wind speed it is not possible to distinguish between thick and thin oil slicks. It is established that wind speeds of 5-6 m/s are optimal for oil spill detection.

#### ***Infrared/Ultraviolet (IR/UV) Sensors:***

Oil absorbs solar radiation and emits some part of it as the thermal energy mainly in the thermal infrared region. Oil has a lower emissivity than water in the thermal infrared spectrum and therefore oil has a distinctively different spectral signature in the thermal infrared region when compared to background water. Thick oil absorbs greater amounts of radiation and as a result it appears hot in the infrared spectrum, while oil of intermediate thickness appears cool in this region and thin sheens cannot be detected at all in infrared range. The thickness of the minimum detectable layer in the infrared band lies between 20 and 70  $\mu\text{m}$ .

At night, the reverse behavior is observed: heat loss in oil is faster than in water and therefore, thick oil appears cooler than water. Thus, infrared sensors can provide some information about the relative thickness of oil slicks when used at night. These sensors are unable to detect emulsions of oil in water as emulsions contain 70% water and thermal properties of emulsion are similar to that of background water. Thermal radiation from sea weeds and the shoreline appear similar to the radiation emitted from the oil which may lead to a false-positive result.

IR/UV line-scanners capture the infrared and ultraviolet radiation reflected by the sea surface. A IR/UV sensor is a passive sensor as it uses reflected sunlight in the ultraviolet region (0.32-0.38 micron) for detecting oil spills. Oil has stronger reflectivity than water in the UV region. Even a very thin oil film has a strong reflectance in the UV region. Very thin sheens of thickness (less than 0.1 micron) can also be detected using a UV sensor, however UV sensors cannot detect oil thickness greater than 10 microns. UV images can only give information about the relative thickness and area of the oil slick.

False detection may occur due to the wind sheen, sun glint and sea weed. Interference in UV are different from IR and a combination of these two techniques can provide improved results for oil spill detection. The ultraviolet images can be overlaid with infrared images to generate an oil spill relative thickness map. UV images are based on the reflected sunlight and hence cannot operate in the night.

### ***Microwave:***

MWR (Microwave radiometer) is a passive sensor and is used for oil spill detection and oil thickness measurements. Oil emits stronger microwave radiation than water and has a different reflectivity than the water. Measuring oil thicknesses with MWR involves measuring the latent or atmospheric radiation and the interference of radiation from the upper and lower boundaries of the oil film on the water surface and comparing the results. Due to measuring limitations the MWR sensor may give ambiguous values for various oil thicknesses. This cyclical estimation problem for oil spills has been solved by a new breed of more responsive MWR sensors and by software algorithm improvements. Biogenic materials can produce similar signals to oil which may lead to false alarms, thus again, these sensors are used as a valuable additional sub-system within an overall Sensor Package.

This sensor works well in adverse weather conditions and works during both day and night operations. MWR requires a special antenna and processing unit to receive emitted microwave radiation, accordingly, there is a requirement for dedicated aircraft sensors and installed software to maximize the results for MWR sensing. The main disadvantage of using the MWR is the low spatial resolution and thus this sensor must also be used in concert with other sub-systems.

### ***Laser fluorosensor:***

Certain aromatic hydrocarbon compounds in petroleum oils absorb laser-induced UV light to become electronically excited. The excitation is released through fluorescence emission by the compound mainly in the visible region. A multi-channel receiver is used to record the fluorescence spectrum. Fluorescence spectrum of phytoplankton and other substances look different from that of petroleum oils. Moreover, different types of oils have distinct fluorescence emission signatures which allows for reliable oil identification. Oils can be classified also on the basis of fluorescence decay time. The energy transfer between incident light and water molecules is known as Raman scattering. The Water Raman signal is useful for fluorescence calibration as well as for estimating oil thickness. The laser fluorosensor is the most useful and reliable instrument to detect oil on various backgrounds including water, soil, weeds, ice and snow. The laser fluorosensor emissions also contain information about some ecologically relevant properties including seawater attenuation coefficients and phytoplankton concentrations (i.e. dissolved organic matter). These parameters are useful to describe the ecological state of coastal waters as well as the spill itself. Laser fluorosensor was found to successfully detect water-in-oil emulsions whereas other sensors including UV, IR, and MWR have problems in detecting these emulsions.

Laser fluorosensors cannot measure oil thickness greater than 10-20 microns a UV laser light is completely absorbed by oil and cannot reach the underlying water. Laser fluorosensors can be used for day and night operations but not in periods of inclement weather.

### ***Electro Optical/Infrared Sensors (EO/IR):***

EO/IR sensors are passive sensors. High resolution (HD) EO/IR is typically used for oil spill detection in both the visible and IR spectrums and relies greatly on operator experience and resolution for detection of marine oil spills; but is very important for use in assisting and directing response and clean-up efforts. EO/IR also provides the ability to transmit real-time, live data and meta-data (geo-referenced and time-stamped information) via satellite to anywhere on earth and to record this data for later retrieval for analysis and evidentiary purposes. High quality EO/IR sensors are but one important sub-system of a total remote sensing technology package, which when used in concert with other sub-systems are invaluable for use in the detection and tracking of oil spills.

### ***Visible and Multi-spectral Imaging:***

Visible line scanning and multi-spectral imaging systems are widely used in oil spill remote sensing despite many shortcomings. The reflectance of oil is higher than that of water but oil also absorbs some radiation in the visible region. These sensors are not good for oil detection at long distances as it is difficult to distinguish oil from the background. Sun-glint and wind sheen may give a similar impression of oil sheen. Moreover, sea weeds and a darker shoreline may be mistaken for oil.

Visible sensors cannot normally operate at night as they are based on the reflectance of sunlight. Visible sensors are useful only for close-range detection and documentation purposes as there are no methods to ensure the positive detection of an oil spill at longer distances. Visible sensors are widely available and can be easily mounted on aircraft. Video cameras possess a lower resolution than still cameras but are still in widespread use for oil spill remote sensing. Visible sensors are less costly and easy to use; therefore, they are often used to gather data in coastal areas.

Hyperspectral imagery consists of sampling tens to hundreds of spectral bands and can provide certain spectral signatures for an oil spill when utilized with proper analysis techniques. However, conventional techniques for multispectral data analysis are not practical to determine the "big-picture" of the oil spill environment and thus are only useful when used in concert with other sensor systems.

### ***Satellite Remote Sensing:***

There have been serious efforts to use satellite remote sensing instead of airborne remote sensing for oil spill tactical or short-term response. However, there are many problems associated with using satellite remote sensing in place of airborne remote sensing. The main problem is the timing and frequency of the overpass and coverage area. Moreover, satellite remote sensing demands a clear sky and good weather conditions while at the time of an overpass, clear

conditions may not be present. Another major problem in using satellite remote sensing is the long time required for processing the dataset, which may disrupt oil spill contingency planning.

Satellite remote sensing is usually most effective when the position of the oil spill is already established. Satellite remote sensing also has a lower spatial resolution than airborne remote sensing. Another limitation in using space-borne sensors is that very few sensors except visible detection and radar can be used on a space-borne platform. Many sensors like laser fluorosensors and IR sensors cannot be operated on a space borne platform due to high atmospheric absorption and scattering.

Synthetic Aperture Radar (SAR) is the most extensively used space-borne sensor for oil spill detection; however, detection is subject to interference. Thus SAR satellite imagery is usually most effective when used for oil spill strategic planning rather than tactical planning

Many countries use a combination of satellite sensors, waterborne sensors and airborne sensors for oil spill surveillance in the marine environment. Airborne sensors are used for short term or tactical response waterborne sensors provide "persistent" detection capabilities and airborne sensors provide flexibility in terms of deployment time and choices of sensors. Satellite sensors provide a synoptic view of the affected area while airborne sensors provide a detailed and timely view of the affected areas.

Efforts have been made to use satellite imagery for tactical planning but airborne remote sensing when used in concert with these other described sub-systems is still the only truly effective method for real-time emergency disaster management in a marine oil spill incident.

### **Oil Spill Sensor Mission Integration Software.**

All of the above sensor technologies when properly deployed and when operated by experienced operators will play an important role in implementing an effective OSRCAP - but maximum effectiveness of a truly integrated package of sensors cannot be achieved without utilizing a specialized oil spill detection mission control software package in the case of the airborne asset and special analytical tools for the analysis of satellite and other data in the case of other sensors. This is also true for the preparation of specialized reports necessary to document any spill and its response and clean-up efforts.

### **Remote Sensing for Oil Spill Emergency Response.**

The timeframe for collecting and processing the data is as important for oil spill surveillance and monitoring as is its rapid and organized distribution. Data should be available in real-time and allow for easy interpretation and use. Time is particularly critical for an oil spill occurring in the open ocean as wind and current can rapidly spread the oil over a large area in a short time.

Note that existing airborne sensors have greater spatial and temporal resolution than the space-borne sensors. Since time is a critical factor (due to dynamic nature of oil spills) airborne sensors

are currently used for tactical response. Visible sensors are the best in terms of having a high spatial resolution and sensors capturing a synoptic view of the area are desirable and will help in monitoring the oil spill over a large area. Radar sensors (SAR and SLAR) can capture a large area at long stand-off ranges and are very useful for providing general view of affected area.

Sensors need to be available for operation both day and night and in marginal weather in order to constitute an effective surveillance system. Oil spill monitoring may be needed at any time, accordingly, sensors should have the capability to operate during most conditions. The effect of weather conditions such as rain and fog should not greatly hamper surveillance operations and thus radar sensors (SLAR) are best for oil spill surveillance in adverse weather conditions. It is important that detection is not significantly affected by wind speed or sea conditions. The major problem with most of the sensors used for oil spill detection and monitoring is false detection and the detection of oil spill propagation at and near the shoreline is extremely important for clean-up operations.

Measuring oil thickness is important in order to model the spreading of the oil spill. However, simply detecting and mapping the relative thickness of an oil spill is not sufficient for oil spill contingency planning. The measurement of oil thickness on the water surface can provide information about the oil quantity and if the surface area of the spill is known, the total volume of the oil can be calculated from this information. Moreover, oil spill countermeasures such as dispersant application and containment systems can be directed to the thicker portion of the oil slick. The usefulness of various dispersants can be compared on the basis of oil slick thickness measurement after their application. IR/UV overlaid imagery can give some idea of the relative thickness of an oil slick and assist in documenting the clean-up efforts.

It is obvious from the information presented herein that there is currently no single sensor available which can give an accurate estimate for all the parameters required for oil spill contingency planning. Therefore a multi-sensor system is needed, since no single sensor can provide all information for effective oil spill response.

Oil spill surveillance is an important component of oil spill disaster management. Remote sensing can help in preparing various kinds of disaster management products including an Oil Spill Location Map, an Oil Spill Trajectory Map and an Oil Spill Risk Map. Decision makers and responders for oil spills should be well aware of the advantages and limitations of various remote sensing technologies. Advances in sensor and computer technologies can help in developing Oil Spill Decision Support Systems and remote sensing data is an invaluable component for these systems.

Most current maritime surveillance systems use a combination of UV/IR scanner, SLAR, microwave radiometer (MWR) and laser fluorosensor. The location of the oil spill is identified by SLAR while UV/IR is used for finding the extent of the oil spill, MWR measures oil thickness, and laser fluorosensor is used to classify the oil type. Many European surveillance systems also integrate satellite sensor data with specific analysis techniques and satellite imagery from ENVISAT, ASAR and RADARSAT-1 is usually available within one to three hours of data acquisition as long as the satellite track passes overhead the area of interest.

## **Conclusions:**

Oil spills constitute a serious environmental and socio-economic problem. Oil spill surveillance is an important part of oil spill contingency planning although no single sensor has the capability to provide all the information needed for effective oil spill surveillance. Real time remote sensing data is essential for oil spill response so that resources can be immediately directed to sensitive areas for clean-up and containment operations. Airborne remote sensing with the latest advances in sensor technology and software designed for data interpretation and fusion is currently the best and most comprehensive method for the Oil and Gas Industry to implement an all-encompassing emergency Marine Oil Spill Response and Contingency Action Plan (OSRCAP).

And an effective OSRCAP which when properly employed and used proactively is the *only* sure method for oil spill detection and tracking, disaster management, damage mitigation and the deployment of rapid and effective clean-up efforts. And it is the only method currently available for the Industry to show its investors, regulators, and insurance companies that it is serious about oil spill monitoring, response and disaster mitigation.

**The time has come for the Oil and Gas Industry to proactively field these capabilities itself, now, in order to improve public relations and control public sentiment and not wait until the next oil spill disaster to find itself facing additional harsh restrictions to offshore exploration and production.**

# **Detección remota para el control de la contaminación y manejo de Emergencias Marinas por derrames de hidrocarburos.**

**Una presentación para la Asociación Regional de Empresas de Petróleo y Gas de América Latina y el Caribe (ARPEL) - Seminario de Manejo de Emergencias en la Industria de Petróleo y Gas. Buenos Aires, Argentina, 7 y 8 de octubre de 2010. Preparado por Michael D. Long, fundador y Director de Ventas Internacional de la empresa Aerial Surveillance Systems Inc. de Scottsdale, Arizona, EE.UU., y Ciudad de Panamá, Panamá.**

## **Información general:**

Reducir el riesgo de derrames de petróleo es esencial para proteger el medio ambiente y para reducir las pérdidas económicas. La vigilancia de derrames de petróleo constituye un componente crítico de la gestión de los derrames de petróleo. Los avances en las tecnologías de sensores remotos pueden ayudar a identificar derrames menores antes de que estos causen daños extensos y pueden ofrecer a la industria una defensa *“proactiva”* en contra de la percepción actual de estar mal preparados para emergencias de derrames de hidrocarburos.

Un gran número de sensores están disponibles actualmente para la vigilancia de los derrames de petróleo y esta presentación pretende proporcionar una visión general y una comparación de los sistemas sensores existentes. Una mejor comprensión de las fortalezas y debilidades de los instrumentos de vigilancia para la detección remota de derrames de aceite permitirá a los entes decisorios mejorar el uso operativo de estos sensores en la detección, la planificación, el monitoreo, seguimiento y la respuesta ante contingencias de derrames de petróleo.

Dado el número de sensores y sus características diversas, un solo sensor no es capaz de proporcionar toda la información necesaria para la gestión de desastres causados por derrames de petróleo, por lo que varias combinaciones de sensores remotos son necesarias para la vigilancia y monitoreo efectivo de los derrames.

Imágenes de satélite, sensores fijos de detección de aceite, boyas fijas y flotantes de detección de derrames de petróleo y vehículos submarinos autónomos (AUV, por sus siglas en inglés), se utilizan para la detección preliminar de derrame de hidrocarburos mientras que los sensores aerotransportados son necesarios para un análisis detallado del derrame de petróleo. La teleobservación por satélite no es adecuada para la planificación de la respuesta táctica a un derrame de petróleo, pero con las técnicas de análisis adecuadas proporciona una visión global de las zonas afectadas. En el agua y por debajo, los sistemas de detección de derrames de petróleo pueden proporcionar una detección inicial de derrame de petróleo, pero en general ***SOLAMENTE*** el componente aerotransportado de detección remota con los sub-sistemas de sensores instalados adecuadamente y el software de misión especializado, puede proporcionar toda la información necesaria, en tiempo real, para detectar, responder y mitigar los derrames de

petróleo en el mar y proporcionar la Planificación y respuesta eficaz y oportuna en el manejo de la emergencia de Desastres.

### **Introducción:**

Los productos derivados del petróleo son fundamentales para la forma y nivel de vida de nuestra sociedad moderna y son un motor económico clave en todo el mundo. Debido a los bien publicitados desastres del Exxon Valdez y del de BP en Golfo de México, así como muchos otros menos conocidos pero igual de devastadores, la industria de petróleo y gas en su conjunto ha sufrido un gran golpe y ahora enfrenta una batalla cuesta arriba para obtener credibilidad con los grupos ecologistas, los reguladores gubernamentales, las compañías de seguros y lo más importante, con sus diversos inversionistas y propietarios que son fundamentales para mantener el acceso a grandes capitales los cuales serán necesarios para sus actividades de exploración a futuro.

El impacto ambiental y financiero de los derrames de hidrocarburos en el mar, tanto para derrames grandes como pequeños, son bien conocidos en la industria del petróleo y el gas por lo cual ahora se ha convertido en un tema crítico no sólo tener la capacidad disponible de detección de estos derrames a distancia sino también tener estos equipos de detección desplegados en cada área geográfica donde se realicen las tareas exploración off-shore, actuales y futuras, y donde las actividades de producción están en ejecución.

Normas y reglamentaciones ambientales, así como también procedimientos estrictos de funcionamiento, se han impuesto para evitar derrames de petróleo, pero estas medidas no pueden eliminar completamente los riesgos. Lo que se necesita es tener establecido un “Plan de Acción de Contingencia y Respuesta de Emergencia para Derrames Marítimos de Hidrocarburos” (OSRCAP, por sus siglas en inglés) de cobertura general y bien acompasado, el cual, cuando se emplea adecuadamente, resulta el método más integral en la detección y seguimiento de derrames, en la gestión de desastres, en la mitigación de los daños y en el despliegue de los esfuerzos de limpieza de una manera rápida y eficaz. En el caso de un derrame de petróleo, la información sobre el tamaño y el alcance del derrame es fundamental para ayudar a la industria del petróleo y de gas en la planificación de contingencia de derrames de petróleo y esto sólo estará disponible cuando los equipos del OSRCAP se encuentren en el lugar del desastre empleándose proactivamente.

La detección visual de un derrame de petróleo en el mar no es confiable ya que el aceite puede ser confundido con otras sustancias y, por otra parte, el aceite en la superficie del agua no puede ser observado claramente a través de la niebla o en horas de la noche. La teledetección se puede utilizar para detectar y vigilar los vertidos de petróleo, aunque se requieran varios dispositivos sensores para dar toda la información necesaria para la planificación de la respuesta a derrames de petróleo en condiciones meteorológicas adversas o de oscuridad. En la actualidad, muchos países costeros tienen sistemas adecuados de vigilancia marítima dispuestos para la detección y monitoreo de acciones contaminantes o de vertido de petróleo, pero estos sistemas son empleados por entidades gubernamentales y no de forma particular por las industrias de petróleo y gas.

## **Teledetección para la vigilancia de derrames de hidrocarburos:**

Existen muchos sensores disponibles para detectar derrames de petróleo en el mar en varios tipos de superficies de agua y varios estados de la mar. Las imágenes multi-temporales capturadas por estos sensores remotos pueden proporcionar información importante y necesaria para modelar la propagación de un derrame de petróleo. La teledetección de derrames de petróleo es muy valiosa en la organización de las operaciones de limpieza y control de respuesta, pero quizás lo más importante, es la detección temprana y rápida del derrame real del petróleo.

Los dispositivos de teledetección de derrames de petróleo incluyen sensores ópticos y de radar aerotransportados y satelitales, incluyendo el radar aerotransportado de visión lateral (SLAR, por sus siglas en inglés) y el Radar de Apertura Sintética (SAR), fluorosensores aerotransportados de láser, radiómetros de microondas, sensores lineales de exploración de luz visible, infrarrojo/ultravioleta (IR/UV), de imágenes fotográficas y de vídeo electro óptico/infrarrojo (EO/ IR), cámaras multiespectrales y otros.


La teledetección por satélite sufre de baja resolución espacial y temporal debido a que la proyección de imagen sólo está disponible en los momentos que se tiene cobertura del satélite sobre el área de interés, a pesar de que provea una visión sinóptica y que generalmente sea un sistema más rentable que las plataformas de detección aerotransportadas.

Los sensores pueden proporcionar la siguiente información para la planificación de contingencia de derrames de petróleo:

- Detección, ubicación y propagación de un derrame de petróleo tanto en áreas grandes como pequeñas.
- La distribución del espesor de un derrame de hidrocarburos para estimar la cantidad de aceite derramado.
- Clasificación del tipo de aceite a fin de estimar los daños ambientales y decidir una respuesta adecuada.
- Información oportuna y valiosa para ayudar en la respuesta y en las operaciones de limpieza.
- Almacenado en tiempo real de evidencias relacionadas con el derrame y los esfuerzos de respuesta, con sus respectivas marcas de tiempo.

Una “regla de oro” dentro de la industria establece que el 90% del volumen de petróleo derramado será contenido únicamente dentro del 10% del área total de la cobertura del derrame. Por lo tanto, saber dónde está la zona más pesada del derrame (o sea, la más gruesa), tener la capacidad de hacerle seguimiento de estas zonas y entonces, dirigir efectivamente los esfuerzos de limpieza de estas zonas específicas, es de suma importancia para el esfuerzo global de respuesta.

Una breve descripción de los sensores útiles para la detección de derrames de petróleo y sus fortalezas y debilidades inherentes se muestran en la tabla siguiente y se describen más adelante.

	Capability of detecting oil spills	Oil type classification	Determination of oil thickness	Determination of spill area	Determination of oil volume	All-weather capability	Requires day light conditions	Imaging sensor	Mapping sensor
<b>IR/UV Line Scanner</b> Infrared/Ultraviolet Line Scanner  <u>Short-range component of the standard suite (IR/UV &amp; SLAR)</u>	<b>Yes</b> -swath width: ~0.6km@300m altitude  Thermal Infrared: if thickness >2..10 micron  Near Ultraviolet: if thickness > 0.01 micron UV component depends on light and weather conditions	<b>No</b>	Limited Contours of spill signatures correspond to detection limits.  Thermal Infrared: 2..10 micron  Near Ultraviolet: > 0.01 micron	<b>Yes</b>	Limited Contours of spill signatures correspond to detection limit -> multiplication with area leads to rough volume estimate	<b>No</b>	<b>No</b> : for IR <b>Yes</b> : for UV	<b>Yes</b>	<b>Yes</b>
<b>SLAR</b> Side-looking Airborne Radar  <u>Long-range component of the standard suite (IR/UV &amp; SLAR)</u>	<b>Yes</b> -coverage: 80km @ 300m altitude (long range)  no coverage within a swath of 0.6km @ 300m altitude  - Detection requires wind-roughened sea surface	<b>No</b>	<b>No</b>	<b>Yes</b>	<b>No</b>	<b>Yes</b> (except very low wind)	<b>No</b>	<b>Yes</b>	<b>Yes</b>
<b>MWR</b> Microwave Radiometer	<b>Yes</b> -swath width: ~0.6km@300m altitude -if thickness >50 micron	<b>No</b>	<b>Yes</b> for thickness between 50 micron and 3000 micron	<b>Yes</b> for thick spill areas (>50 micron)	<b>Yes</b> for thickness between 50 micron and 3000 micron	<b>Yes</b>	<b>No</b>	<b>Yes</b>	<b>Yes</b>
<b>LFS</b> Laser Fluorosensor	<b>Yes</b> -directly below the aircraft -Detection limit (thickness) depends on oil type; typical value for heavy crude: ~0.1 micron	<b>Yes</b>	<b>Yes</b> for thickness between 0.1 and 20 micron; range depends on oil type	<b>No</b>	<b>No</b>	<b>No</b>	<b>No</b>	<b>No</b>	<b>No</b>
<b>VIS Line Scanner</b> Visible Line Scanner (Red/Green/Blue)	<b>Yes</b> -swath width: ~0.6km@300m altitude IF thickness >0.03 micron; depends on light and weather conditions	<b>No</b>	Limited thickness estimation based on Oil Appearance Code	<b>Yes</b>	Limited volume estimation based on Oil Appearance Code	<b>No</b>	<b>Yes</b>	<b>Yes</b>	<b>Yes</b>

### Radar:

El radar es un sensor activo que opera en la región de ondas de radio. Las ondas de radar son reflejadas por las olas capilares del océano y, por tanto, una imagen comparativa es obtenida cuando las ondas reflejadas son cotejadas con un modelo base de las olas del océano. Cuando el aceite flota en la superficie del agua disminuye ondas capilares del mar y como resultado, si hay presencia de petróleo en el agua, la reflexión de las ondas del radar se reduce. Por lo tanto, la presencia de petróleo puede ser detectada como un área distintiva en la imagen del océano en comparación a la reflexión general del área circundante. El radar es muy útil ya que puede ser utilizado para detectar petróleo en áreas muy extensas, por lo que se puede utilizar como una herramienta de detección y evaluación primaria para determinar la posible ubicación de un derrame de petróleo. El radar funciona tanto en condiciones meteorológicas adversas como en la noche.

El radar de apertura sintética (SAR) y el radar aerotransportado de visión lateral (SLAR) son los dos tipos más comunes de radar que pueden ser utilizados para la teledetección de derrames de hidrocarburos. Los radares SAR tienen alcance y resolución de imágenes superiores a los radares SLAR, sin embargo, los radares SLAR son menos costosos y son utilizados principalmente para la teledetección aérea.

Cuando se utiliza la proyección de imágenes SAR para la detección de petróleo en áreas costeras también se puede percibir erróneamente imágenes similares a manchas de aceites. De igual manera, las aguas tranquilas en una imagen SAR también pueden aparecer como reflejos que pudieran dar la falsa impresión de la presencia de aceite en el mar. Así como los radares SAR satelitales son los dispositivos utilizados más ampliamente para la detección inicial de derrames, los radares SLAR son los más eficaces para la detección real de derrame de petróleo a largas distancias.

Uno de los aspectos negativos del uso del radar es que las velocidades del viento, muy bajas o muy altas, influirán en la detección de derrames de petróleo por medio del radar. A altas velocidades del viento, las manchas de aceites pudieran dispersarse en la columna de agua por lo cual el aceite pudiera no ser detectado. A bajas velocidades del viento, no es posible distinguir entre las manchas de petróleo gruesas o delgadas. Estas razones han permitido establecer que las velocidades del viento cercanas a los 6.5 m/s son las más adecuadas para la detección de derrames de petróleo.

### ***Sensores infrarrojos/ultravioleta (IR / UV):***

El aceite normalmente absorbe la radiación solar y emite una parte de ella como energía térmica, principalmente en la región del infrarrojo térmico. El aceite tiene una emisividad más baja que el agua en el espectro infrarrojo térmico, por lo que el petróleo tiene una firma espectral claramente diferente en la región infrarroja térmica en comparación con el agua de fondo. Por ejemplo, las manchas gruesas de aceite absorben una mayor cantidad de radiación y como resultado parece caliente en el espectro infrarrojo, mientras que manchas de aceite de grosor intermedio aparecen como frías y las muy delgadas no se pueden ser detectadas dentro del rango de la luz infrarroja. Por ello, el espesor de la capa mínima detectable en la banda infrarroja se encuentra entre 20 y 70 micras.

Por la noche, se observa un comportamiento inverso: la pérdida de calor del aceite es más rápida que la del agua, por lo cual la mancha de aceite aparece en el sensor más fría que el agua. Por esta razón, los sensores infrarrojos pueden proporcionar alguna información sobre el espesor relativo de las manchas de aceite cuando se usa por la noche. Sin embargo, estos sensores son incapaces de detectar las emulsiones de aceite que contengan 70% de agua ya que las propiedades térmicas de la emulsión serán similares a las del agua de fondo. La radiación térmica de las costas y de las algas flotando en el mar, parece similar a la radiación térmica emitida por el aceite, lo que pudiera conducir a un resultado falso-positivo.

Los escáneres de línea IR/UV captan la radiación infrarroja y ultravioleta reflejada por la superficie del mar. Un escáner IR/UV es un sensor pasivo, ya que utiliza la luz solar reflejada en la región ultravioleta (0.32-0.38 micrones) para la detección de derrames de petróleo. El petróleo tiene reflectividad más fuerte que agua en la región UV. Incluso una película de aceite muy delgada tiene una reflexión importante en la región UV. Manchas de aceite muy delgadas (menos de 0.1 micrones) también puede ser detectadas mediante un sensor de rayos UV, sin embargo los

sensores UV no pueden detectar el espesor de una mancha de petróleo superior a 10 micras. Las imágenes UV sólo pueden dar información sobre el espesor relativo y el área que cubre una mancha de petróleo.

Falsas detecciones pueden ocurrir debido al efecto del viento, reflejo de la luz solar y presencia de algas marinas en la superficie del agua. Las interferencias en la radiación UV son diferentes de las interferencias infrarrojas y una combinación de estas dos técnicas puede ofrecer mejores resultados en la detección de derrames de petróleo. Las imágenes ultravioleta pueden ser superpuestas con las imágenes infrarrojas para generar un mapa del espesor relativo del derrame de petróleo. No obstante, las imágenes UV se basan en la luz reflejada del sol y por lo tanto no puede ser utilizado en la noche.

### ***Microondas:***

El radiómetro de microondas (MWR, por sus siglas en inglés) es un sensor pasivo que se utiliza para la detección de derrames de petróleo y específicamente para las mediciones de espesor del aceite. El petróleo emite mayor radiación de microondas que el agua y tiene una reflectividad diferente a la del agua. La medición de los espesores de la capa de aceite con el MWR consiste en medir la latencia o la radiación atmosférica y la interferencia de la radiación de los límites superior e inferior de la película de aceite sobre la superficie del agua y comparar los resultados. Debido a las limitaciones de medición, el sensor MWR puede dar valores ambiguos de diferentes espesores de la capa de aceite. Este problema de estimación cíclico de los derrames de petróleo ha sido resuelto por una nueva generación de sensores MWR más sensible y también por las mejoras algoritmo de software utilizado. Los materiales biogénicos pueden producir señales similares a las del petróleo, que puede conducir a una falsa alarma, con lo que de nuevo, estos sensores se utilizan como un valioso sub-sistema adicional, dentro del paquete global de sensores.

Este sensor funciona bien en condiciones meteorológicas adversas y trabaja tanto en el día como en la noche. El MWR requiere de una antena especial y de una unidad de procesamiento para recibir la radiación de microondas emitida de la superficie, por lo tanto, es un requerimiento especial para las aeronaves dedicadas a la teledetección así como también para el software instalado a bordo, con el propósito de maximizar los resultados de detección del MWR. La principal desventaja en el uso del MWR es la baja resolución espacial, lo que hace necesario que este sensor sea usado en conjunto con otros subsistemas.

### ***Fluorosensor de Láser:***

Algunos compuestos de hidrocarburos aromáticos presentes en aceites derivados de petróleo, al absorber luz ultravioleta inducida por láser, son excitados electrónicamente. La excitación es liberada a través de la emisión de fluorescencia por parte del compuesto, principalmente en la región de luz visible. Un receptor multi-canal se utiliza para registrar el espectro de fluorescencia. El espectro de fluorescencia del fitoplancton y de otras sustancias tiene un aspecto diferente a la de los aceites de petróleo. Por otra parte, los diferentes tipos de aceites tienen distintas firmas de emisión de fluorescencia que permite la identificación confiable del tipo de derivado derramado. De igual manera, los aceites se pueden clasificar también en función del

tiempo de decaimiento de la fluorescencia. La transferencia de energía entre la luz incidente y las moléculas de agua se conoce como dispersión Raman. La señal de la dispersión Raman del agua es útil para la calibración de fluorescencia, así como para la estimación de espesor de la capa de petróleo. El fluorosensor láser es el instrumento más útil y confiable para la detección de aceite en diferentes tipos de escenarios, incluyendo agua, suelo, algas, hielo y nieve. Las emisiones del fluorosensor láser también contienen información sobre algunas propiedades ecológicamente pertinentes, incluidos los coeficientes de atenuación del agua de mar y las concentraciones de fitoplancton (es decir, la materia orgánica disuelta). Estos parámetros son útiles para describir el estado ecológico de las aguas costeras, así como en el área del propio derrame. El fluorosensor láser es el equipo ideal para detectar correctamente las emulsiones de aceite en el agua, mientras que otros sensores como los escáneres UV, IR, y el MWR tienen problemas en la detección de estas emulsiones.

El fluorosensor láser no puede medir el espesor de capas de petróleo mayores a 10-20 micrones ya que la luz UV láser es absorbida por completo por el petróleo y no alcanza el agua subyacente a la capa. El fluorosensor láser se puede utilizar en operaciones de día y de noche, pero no en períodos de mal tiempo.

### ***Sensores Electro-Óptico/ infrarrojo (EO/IR):***

Los sensores EO/IR son sensores pasivos de alta resolución que se utilizan normalmente para la detección de derrames de petróleo, tanto en los espectros visible e infrarrojo, y se basa en gran medida en la experiencia del operador y en la resolución del equipo para la detección de derrames de hidrocarburos en el mar, pero es muy importante para el uso en la asistencia y en la dirección de la respuesta al derrame y de los esfuerzos de limpieza. Los sensores EO/IR también proporciona la capacidad de transmitir en tiempo real, datos en tiempo real y meta-datos (información geo-referenciada y marca de tiempo) a través de satélite a cualquier parte del mundo y registrar estos datos para su posterior recuperación con fines de análisis y pruebas. Los sensores EO/IR de alta definición son un importante sub-sistema del paquete tecnológico total de teledetección a distancia, que cuando se usa en conjunto con otros sub-sistemas adquiere un valor incalculable en el seguimiento de los vertidos de petróleo.

### ***Imágenes Visibles y multi-espectrales:***

Los sistemas de imágenes multi-espectrales y de exploración de línea visible son ampliamente utilizados en la detección a distancia de derrames de petróleo a pesar de muchas desventajas. La reflectancia del aceite es mayor que la del agua pero el aceite también absorbe parte de la radiación en el rango de la luz visible. Estos sensores no son buenos para la detección de petróleo a grandes distancias, ya que es difícil distinguir entre el aceite y el fondo. El brillo del sol y el viento pueden dar una impresión similar a la del brillo del petróleo. Por otra parte, las algas del mar y la costa en zonas de oscuridad pueden confundirse con el aceite.

Los sensores de luz visible normalmente no se puede operar de noche ya que se basan en la reflectancia de la luz solar, por esta razón, estos sensores sólo son útiles para la detección de corto alcance y para efectos de documentación, ya que no existen métodos que garanticen la detección positiva de un derrame de petróleo a grandes distancias. Los sensores de luz visible

están disponibles en el mercado y pueden ser fácilmente montados las aeronaves. Las cámaras de vídeo tienen una resolución inferior a las cámaras fotográficas, pero todavía tienen un uso muy general dentro de las actividades de teledetección de derrames de petróleo. Los sensores de luz visible son menos costosos y fáciles de usar, por lo que a menudo se emplean para recopilar datos en las zonas costeras.

Las imágenes Multi-espectrales consisten en la toma de muestras de decenas a cientos de bandas espectrales las cuales pueden proporcionar ciertas firmas espectrales de un derrame de petróleo cuando se utilizan las técnicas de análisis adecuado. Sin embargo, las técnicas convencionales de análisis de datos multispectrales no son prácticas para obtener el "panorama general" de la escena del derrame de petróleo y, por tanto sólo son útiles cuando se usan en conjunto con otros sistemas de sensores.

### ***Detección satelital:***

Se han hecho serios esfuerzos para el uso de satélites en la detección de derrames, en lugar de la teledetección aerotransportada para respuestas tácticas o a corto plazo. Sin embargo, hay muchos problemas asociados con el uso de la detección satelital. El principal problema es el tiempo y la frecuencia con que el satélite pasa sobre el área del derrame y le da cobertura con sus equipos. Por otra parte, la detección por satélite requiere un cielo despejado y buenas condiciones meteorológicas, lo que debe coincidir con el momento en el cual hace su pasaje el satélite ya que estas condiciones ideales pueden no estar presentes en ese instante. Otro problema importante en el uso de la detección satelital es el largo tiempo requerido para procesar el conjunto de datos obtenidos, lo que perturbaría los planes de contingencia para hacerle frente a un derrame de petróleo.

La detección por satélite suele ser más eficaz cuando la ubicación del derrame de petróleo ya ha sido establecida. No obstante, la detección satelital también tiene una resolución espacial más baja que la teledetección aerotransportada. Otra limitación en el uso de sensores desde un satélite es el tipo de sensor a ser empleado, ya que muchos de los sensores como fluorosensor láser y los sensores de infrarrojos y ultravioletas no se puede utilizarse en el satélite debido a la alta absorción y dispersión atmosférica.

El Radar de Apertura Sintética (SAR) es el sensor más utilizado en el espacio para la detección de derrames de petróleo, sin embargo, la detección está sujeta a interferencias radioeléctricas. Por tal motivo, las imágenes de satélites con radares SAR suele ser más eficaz cuando se utilizan para la planificación estratégica de la respuesta a un derrame de petróleo en vez de la planificación táctica de las acciones en la escena.

Muchos países utilizan una combinación de sensores satelitales, sensores en el mar y sensores aerotransportados para la vigilancia de derrames de hidrocarburos y protección del medio marino. Los sensores aerotransportados se utilizan para respuestas tácticas o corto plazo proporcionando flexibilidad en términos de tiempo de implementación y de medios disponibles para la obtención de la información del derrame, a diferencia de los sensores ubicados en el mar los cuales proporcionan una capacidad "persistente" de detección. Por su parte, los sensores

satelitales proporcionan una visión sinóptica de la zona afectada mientras que los sensores aerotransportados proporcionan una visión detallada y oportuna del área.

Se han realizado esfuerzos para utilizar las imágenes de satélite en la planificación táctica de respuestas, pero la teledetección aerotransportada, cuando se usa en conjunto con los otros subsistemas descritos, sigue siendo el único método realmente eficaz en la gestión, en tiempo real, de emergencias de desastres causados por derrames de petróleo en el mar.

### **Software de integración de los sensores de misión para derrames de Petróleo.**

Todas las tecnologías de los sensores anteriormente explicados cuando estén desplegados en forma adecuada y cuando son utilizados por operadores expertos, desempeñarán un papel importante en la aplicación efectiva de un OSRCAP, pero la máxima eficacia de un paquete de sensores verdaderamente integrado, no puede lograrse sin la utilización de un software especializado para el control de la misión de detección de derrames de aceite, que permita el empleo de herramientas analíticas especiales para el análisis de la información obtenida por los sensores aerotransportados, así como también los datos obtenidos del satélite y de otros sensores en el mar. Esto también es válido para la preparación de informes especializados necesarios para documentar cualquier derrame, su respuesta y los esfuerzos de limpieza realizados.

### **Teledetección para la respuesta de emergencia de derrames de hidrocarburos.**

El plazo para la recogida y tratamiento de los datos es tan importante para la vigilancia y el control de derrames de hidrocarburos así como su distribución rápida y organizada. Los datos del derrame deben estar disponibles en tiempo real para permitir su fácil interpretación y uso. El tiempo es especialmente importante en un derrame de petróleo que ocurra en mar abierto ya que el viento y las corrientes marinas pueden propagar rápidamente el aceite sobre un área grande en muy poco tiempo.

Tenga en cuenta que los sensores aerotransportados actuales tienen una mayor resolución espacial y temporal que los sensores satelitales. Como el tiempo es un factor crítico (debido a la naturaleza dinámica de los derrames de petróleo), los sensores aerotransportados se utilizan actualmente para la respuesta táctica. Los sensores de luz visible son los mejores en términos de obtener imágenes con alta resolución y los sensores de captura son equipos deseables que le ayudarán a tener una visión sinóptica de la zona y a controlar el derrame de petróleo en un área de grandes dimensiones. Los sensores de radar (SAR y SLAR) pueden capturar imágenes en áreas extensas y desde largas distancias, por lo cual son muy útiles para proporcionar una visión general de la zona afectada.

Los sensores deben estar disponibles para el funcionamiento tanto de día como de noche y en clima marginal con el fin de constituir un sistema de vigilancia eficaz. El seguimiento de derrames de hidrocarburos puede ser necesario en cualquier momento, por lo tanto, los sensores deben tener la capacidad de operar durante la mayoría de condiciones. El efecto de las condiciones meteorológicas como la lluvia y la niebla no debe obstaculizar en gran medida las

operaciones de vigilancia y por lo tanto los sensores de radar (SLAR) son los mejores para la vigilancia de los derrames de petróleo en condiciones meteorológicas adversas. Es importante que la detección no sea afectada significativamente por las condiciones de velocidad del viento o del mar. El principal problema con la mayoría de los sensores utilizados para la detección y control de derrames de petróleo es la detección de falsos-positivos durante el seguimiento de la propagación del derrame cerca de las costas, debido a que estas informaciones son de alta importancia para las operaciones de limpieza.

Por otra parte, la medición del espesor del aceite es necesaria para modelar la propagación de la mancha de aceite. Sin embargo, la sola detección y mapeo del espesor relativo de un derrame de petróleo no es suficiente para la planificación de las acciones de contingencia. La medición del espesor del aceite en la superficie del agua puede proporcionar información sobre la cantidad de aceite y si la superficie del derrame es conocida, el volumen total del aceite puede ser calculado a partir de estos datos. De la misma manera, las contramedidas de derrames de petróleo tales como: la aplicación de dispersantes y el despliegue de los sistemas de contención, pueden ser dirigidos hacia la parte más gruesa del vertido. La utilidad de varios dispersantes puede ser comparada sobre la base de la medición del espesor de la mancha de petróleo después de su aplicación. Las imágenes IR/UV superpuestas pueden dar una idea del espesor relativo de una mancha de petróleo y así ayudar a documentar los esfuerzos de limpieza que se van realizando.

Es evidente, a partir de la información presentada en este documento, que en la actualidad no hay ningún sensor “único” disponible que pueda dar una estimación precisa de todos los parámetros necesarios para la planificación de contingencias para derrames petroleros. Por lo tanto, un sistema de sensores múltiples es necesario, ya que un solo sensor no puede proporcionar toda la información necesaria para una respuesta eficaz ante un derrame de petróleo.

La vigilancia de vertidos de petróleo es un componente importante en la gestión de los derrames de petróleo. Los sensores remotos pueden ayudar en la preparación de diversos tipos de productos informativos para la gestión de desastres, incluyendo mapas de ubicación del derrame de petróleo, mapas de la trayectoria del derrame y mapas de riesgos del derrame. Los entes decisores y los equipos de trabajo dedicados a la ejecución de la respuesta a los derrames de aceite, deben estar bien conscientes de las ventajas y limitaciones de las diversas tecnologías de detección remota. Los avances en las tecnologías de los sensores y de las computadoras pueden ayudar en el desarrollo de sistemas de apoyo para la toma de decisiones ante derrames de petróleo, por lo que los datos obtenidos por los sensores remotos son definitivamente un componente de valor incalculable para estos sistemas.

La mayoría de los sistemas actuales de vigilancia marítima utilizan una combinación de escáneres UV/IR, radar SLAR, radiómetro de microondas (MWR) y fluorosensor láser. La ubicación del derrame de petróleo se identifica por medio del SLAR mientras los escáneres UV/IR se utilizan para encontrar el punto del derrame de petróleo, las medidas del espesor del aceite se obtienen con el MWR, y el fluorosensor láser se utiliza para clasificar el tipo de aceite derramado. Muchos sistemas de vigilancia europeos también son integrados con los datos recibidos de los sensores satelitales a través de técnicas de análisis específicos y el estudio de las imágenes recibidas de los satélites ENVISAT, ASAR y RADARSAT-1, que generalmente están

disponibles dentro de un período de una a tres horas desde el momento que son obtenidos los datos, siempre y cuando la trayectoria del satélite cubra el área de interés.

### **Conclusiones:**

Los derrames de petróleo constituyen un serio problema ambiental y socio-económicos. La vigilancia de derrames de hidrocarburos es una parte importante de la planificación de contingencia, a pesar que un solo sensor no tenga la capacidad de proporcionar toda la información necesaria para la vigilancia efectiva del derrame. La teledetección remota en tiempo real es esencial para la respuesta de derrames de petróleo debido a que los recursos pueden ser dirigidos inmediatamente a las zonas sensibles para las operaciones de limpieza y contención. La teledetección aerotransportada equipada con los últimos avances en la tecnología de sensores y un software diseñado para la interpretación y fusión de los datos, es el más completo y mejor método disponible para que la industria del petróleo y de gas pueda poner en práctica todo lo que abarca el Plan de Acción de Contingencia y Respuesta de Emergencia para Derrames Marítimos de Hidrocarburos (OSRCAP, por sus siglas en inglés).

Y un efectivo OSRCAP, cuando se emplea correctamente y se utiliza de forma proactiva, resulta en el *único* método seguro para la detección y seguimiento de derrames de petróleo, para la gestión de desastres, para la mitigación de los daños y para el despliegue rápido y eficaz del operativo de limpieza. De todo lo anterior podemos afirmar que es el único método disponible actualmente para la Industria, de mostrar a sus inversionistas, reguladores y a las compañías de seguros que se está tomando en serio el seguimiento de los derrames de petróleo, así como también la respuesta y mitigación de los desastres.

**Ha llegado el momento para la Industria de Petróleo y Gas de explotar proactivamente estas capacidades por sí mismos, con el fin de mejorar las relaciones públicas y controlar el sentimiento público, y no esperar hasta que el próximo desastre por derrame de petróleo los coloquen frente a severas restricciones para la exploración y producción costa afuera .**