

## SISTEMA DE INFORMACIÓN GERENCIAL COMO SOPORTE A LA TOMA DE DECISIONES EN LA INDUSTRIA PETROLERA DEL LAGO DE MARACAIBO

González G., Otto Jesús<sup>1</sup>  
Jordán S, Oneida  
Delgado del Rincón, María

### RESUMEN

*El sistema de información gerencial permite la integración y administración de la data proveniente de tecnologías de inspección subacuática en el levantamiento cartográfico del lecho lacustre, de apoyo a la toma de decisiones en las actividades de tendido y reparación de líneas. Dada la importancia económica para el país que tiene la conducción de hidrocarburos a través de líneas y el impacto ambiental que generan las fugas, se hace necesario centralizar el manejo de información geográfica referente a inspecciones del sistema de distribución de crudo y gas, a objeto de tomar acciones preventivas y correctivas en cualquier anomalía que pueda generar diferidas de producción y problemas de índole ambiental. El presente estudio es de tipo descriptivo y de campo, del cual se han obtenido importantes resultados como videos y mapas temáticos con la visualización y disposición de tuberías, chatarra y sus dimensiones, profundidades e instalaciones en superficie, fundamentales para la ejecución de los principales procesos operacionales.*

**Palabras Clave:** Sistema de Información Geográfica (S.I.G.), Industria Petrolera, Líneas Sublacustres, lago de Maracaibo.

## MIS SUPPORT TO THE DECISION MAKING, IN THE OIL INDUSTRY OF THE MARACAIBO LAKE

### ABSTRACT

*The management information system enables the integration and management of geographic data from the underwater inspection technologies for seabed mapping, to support decision making in the pipe laying and repair operations. Given the economic importance to the country the conduct of hydrocarbons through pipelines and the environmental impact generated for a leak, it is necessary to centralize the management of geographic information concerning to inspections of the distribution system of oil and gas, in order to take preventive and corrective actions in any anomaly that could generate loss of production and environmental problems. This study is descriptive and field, which were obtained significant results as videos and thematic maps with the visualization and layout of pipes, scrap and dimensions, depths and lake surface facilities, essentials to the main processes of the oil industry.*

**Keywords:** Geographic Information System (G.I.S.), Oil Industry, Seabed Pipelines, Maracaibo lake.

---

<sup>1</sup> Doctor en Ciencias Gerenciales. Universidad Rafael Belloso Chacín. ottojgg@gmail.com

## 1. Introducción

En la actualidad, el desarrollo de las tecnologías informáticas enmarca la información como recurso estratégico de primer orden, de allí su importancia como insumo básico para el proceso de toma de decisiones en las organizaciones. En ese sentido, los sistemas de información gerencial, de tipo geográfico (S.I.G.), constituyen una integración organizada de hardware, software, datos geográficos y personal, diseñado para la captura, manejo, almacenamiento y análisis de la información, lo cual ha permitido el apoyo directo a las operaciones de la industria petrolera que se realizan en el lago de Maracaibo.

Cabe destacar que en éste existen aproximadamente 15.000 instalaciones que incluyen pozos, estaciones de flujo, múltiples de gas, plantas compresoras de gas, plantas de inyección de agua, entre otras infraestructuras. Igualmente, se estima unos 40.000 kilómetros de tuberías de distintos diámetros ubicadas en el lecho lacustre y enterradas; tanto activas como inactivas y chatarra, lo cual refleja un indicio de las condiciones y alto deterioro ambiental en que se encuentran.

Aunado a ello, el considerable incremento del sistema de tuberías y la falta de mantenimiento preventivo a lo largo de las décadas de explotación petrolera, ha traído como consecuencia un alto número de filtraciones en gran parte de las áreas operativas, que han originado pérdidas de producción de crudo y gas.

En ese orden de ideas, la industria petrolera requiere permanentemente la ejecución de inspecciones subacuáticas mediante nuevas tecnologías, a fin de evaluar las condiciones del sistema de tuberías y desarrollar acciones preventivas/correctivas en las líneas, para reducir las diferidas de producción. Por ello, es fundamental la integración de toda la información, en una plataforma en S.I.G. de consulta y fácil manejo que permita dar respuesta oportuna en materia de información geográfica a los clientes usuario de la empresa.

Estas actividades son ejecutadas por la Superintendencia de Geoinformación de la Gerencia de Servicios Lacustres, en un área que comprende principalmente las Unidades de Producción Rosa Mediano, Tía Juana Lago y Lagunillas Lago, generándose información básica que alimenta una variedad de proyectos de diversa índole operacional.

## 2. Objetivo

Describir los beneficios que tiene un Sistema de Información Gerencial en la integración/administración de la información geográfica proveniente de las actividades de tecnología en inspección subacuática, lo cual permita el establecimiento de acciones preventivas y correctivas que contribuyan a minimizar las diferidas de producción e impacto ambiental en el lago de Maracaibo.

### **3. Metodología**

El presente estudio es de tipo descriptivo y de campo. Según Hernández, Fernández y Baptista (2006), la investigación descriptiva comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual del fenómeno u objeto en estudio. En el mismo se evalúa la información referente a las condiciones externas del sistema de distribución de crudo y gas en el lago de Maracaibo, mediante tecnologías e imágenes del lecho lacustre.

La investigación es de campo debido a que los datos fuente de información se han recolectado directamente de la realidad operativa, la cual comprende la adquisición de registros geofísicos, coordenadas, profundidades, videos y características de las tuberías evaluadas con las nuevas tecnologías de inspección subacuática, principalmente en el área de las Unidades de Producción Rosa Mediano, Tía Juana Lago y Lagunillas Lago, por ser zonas con alta densidad de instalaciones petroleras y que en los últimos cinco (5) años han presentado el mayor número de filtraciones de crudo y gas (con data recopilada de distintas bases de datos de la empresa).

### **4. Fundamentos teóricos**

La Superintendencia de Geoinformación es una organización técnico-operacional de apoyo principal a las labores de buceo, producción, ambiente y tendido/reparación de líneas. La misma cuenta con cuatro (4) subprocesos fundamentales, descritos a continuación:

#### **4.1 Sistema de Información Geográfica (S.I.G.)**

Los S.I.G. en los últimos años se han constituido en una herramienta adecuada para el análisis temporal y espacial. Al respecto, Peña (2008) indica que los mapas desarrollados permiten obtener un documento cartográfico a la hora de valorar un territorio sobre el cual un extenso volumen de datos debe ser extraído, analizado, estructurado y almacenado, de apoyo fundamental en la adecuada planificación y ejecución de actividades en la organización.

En ese sentido, la solución a muchos problemas frecuentemente requiere el acceso a varios tipos de información, que sólo pueden ser relacionadas mediante criterios geográficos o distribución espacial. Según Sendra (2002), la tecnología S.I.G. permite almacenar y manejar la información geográfica, analizando patrones, relaciones y tendencias en la misma, a fin de contribuir a la toma de decisiones gerenciales en proyectos y procedimientos de gestión.

En un ámbito general, un S.I.G. permite lo siguiente:

- Realizar un gran número de manipulaciones, principalmente las superposiciones de mapas, transformaciones de escala/coordenadas, representación gráfica, gestión y consulta de bases de datos espaciales y alfanuméricos.
- Realizar pruebas analíticas rápidas y repetir modelos conceptuales en despliegue espacial.
- Comparar los datos espaciales a través del tiempo mediante un análisis temporal.
- Automatizar procedimientos de trabajo (como consultas gráficas y planos), mediante el análisis espacial (ESRI, 2002).

Según la Norma PDVSA Geo-02-01-07, dentro de la empresa los S.I.G. permiten entrelazar base de datos geográficos con información atributiva y documental de tipo operacional, lo cual brinda apoyo a los procesos de toma de decisiones en las distintas actividades operativas. En ese sentido, el almacenamiento, validación, manejo y administración de la información generada mediante el S.I.G. es fundamental para responder a las exigencias de la industria.

En base a lo mencionado, en la Gerencia de Servicios Lacustres (SSLL), el S.I.G. consiste en el desarrollo y ejecución de las estrategias dirigidas a la captura, despliegue, manejo y administración de la información georeferenciada generada en campo, proveniente de distintas fuentes y formatos, representada en diferentes bases de datos, que sirven de soporte para el desarrollo de diversos proyectos de tendido/reparación de líneas, adecuación de instalaciones, programación de operaciones, logística, movimiento de distintas gabarras, saneamiento de áreas operativas, entre otros.

Esto incluye la digitalización, procesamiento, normalización y respaldo de la información generada a diario, básicamente por las actividades de control topográfico operacional, inspecciones de cables y líneas ejecutadas por los servicios de buceo, y la integración de los planos provenientes de las inspecciones subacuáticas con equipos geofísicos/ R.O.V. (vehículo de operación remota), en concordancia con las especificaciones técnicas corporativas en materia de obtención, manejo y administración de la información geoespacial.

En ese sentido, el almacenamiento, validación, manejo y administración de la información generada mediante el S.I.G. es fundamental para responder a las exigencias de la línea gerencial en la empresa. Actualmente, las principales aplicaciones se basan en la herramienta ArcGis, la cual proporciona una interfaz amigable en el ambiente gráfico, con manejador de base de datos de tipo Oracle.

Finalmente, los datos espaciales juegan un importante papel en las labores operacionales, por lo que el objetivo propuesto a mediano plazo, en cuanto a la

administración de la data integrada, consiste en desarrollar esquemas interactivos que permitan a los usuarios poder acceder de manera sencilla y objetiva a la información a través de la intranet corporativa, para realizar consultas directas y su aplicación en el ámbito de la información geográfica, lo que contribuya a mejorar los procesos y toma de decisiones en cada área de la relacionada a las operaciones.

#### 4.2 Mediciones Cartográficas Subacuáticas:

Consiste en la adquisición, procesamiento e interpretación de registros provenientes de equipos geofísicos que determinan la morfología del fondo marino con la ubicación y distribución de las líneas y otras estructuras relevantes, que permiten obtener los mapas e imágenes con las profundidades, ubicación y disposición de instalaciones y demás elementos de interés presentes sobre el lecho marino.

Según el Manual de Hidrografía (O.H.I., 2005), se realiza mediante una serie de equipos geofísicos con sensores acústicos integrados (ecosonda monohaz y multihaz, perfilador de fondo y sonar de barrido lateral), G.P.S., software de navegación y periféricos, que permiten obtener un registro tridimensional de la imagen del lecho del área objetivo (ver figura N° 1).

Luego de la adquisición en campo, la data es procesada e interpretada a fin de generar los mapas respectivos, los cuales tienen diversas aplicaciones, como insumo para el desarrollo de planes de mantenimiento preventivo/correctivo de tuberías, infraestructura lacustre y edificaciones portuarias, incluyendo los levantamientos para las labores de dragado de los muelles operacionales, rutas para nuevos tendidos de líneas y el movimiento de distintas gabarras en el lago.

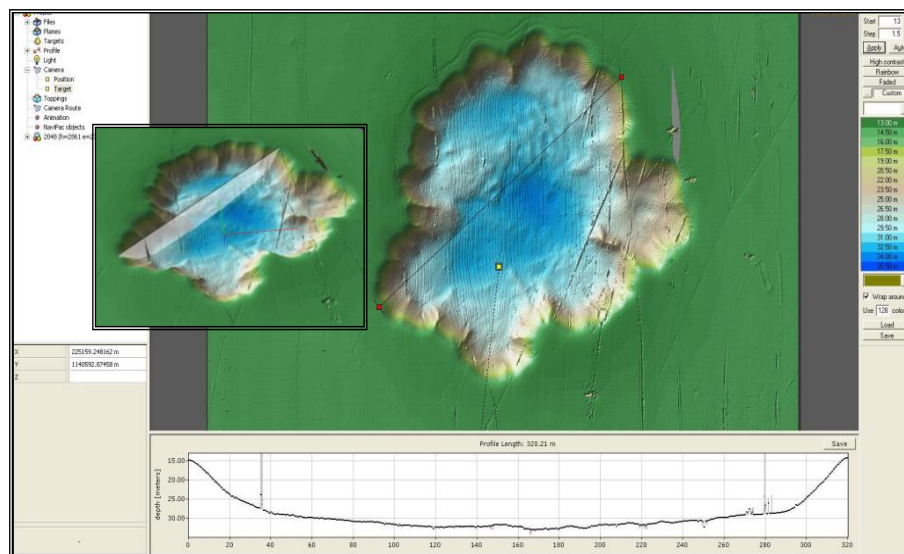


Figura N° 1. Imagen tridimensional del lecho lacustre (área Punta Benítez). Fuente: S.I.G SSSL (2013)



### 4.3 Inspecciones Subacuáticas con Vehículo de Operación Remota (R.O.V.):

Consiste en realizar inspecciones para obtener la visualización en tiempo real del objetivo de interés, el cual puede estar a diversas profundidades (líneas u otras estructuras submarinas presentes o en construcción), con la finalidad de evaluar las condiciones externas generales y características del elemento requerido.

Según Bell C., Buck A. y Warburton R. (2004), un R.O.V. es esencialmente un equipo no tripulado, capaz de realizar tareas en lugares donde el ser humano no tiene acceso o su exposición prolongada podría generar un peligro a su integridad física. En el lago de Maracaibo, su empleo ha complementado la actividad que realiza el personal de buceo, principalmente en el recorrido de líneas principales, toma de potenciales y en la búsqueda de objetos/estructuras de interés sumergidas (ver figura N° 2).

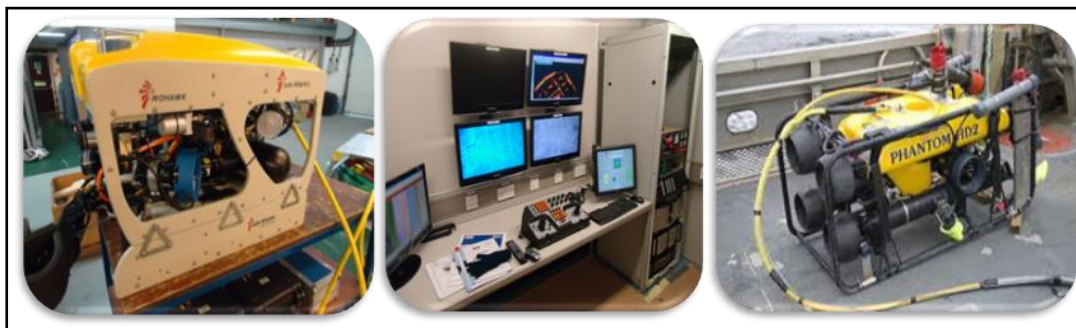


Figura N° 2. Equipos R.O.V. utilizados en el lago de Maracaibo. Fuente: S.I.G. SSSL (2013)

Entre los beneficios que brinda la tecnología R.O.V. a las actividades de exploración y producción de hidrocarburos, se encuentran los siguientes:

- Permite verificar el estado de las líneas, determinando daños a las tuberías, profundidades, condición del revestimiento, cruces, aislantes y reparaciones realizadas.
- Sistema de protección catódica (medición de potencial de tuberías).
- Inspección visual del casco de embarcaciones y otras estructuras de interés.
- Ofrece la inspección a la profundidad deseada, incluyendo las actividades costa afuera, antes, durante y luego de la construcción de plataformas.
- Permite la observación del tendido de tuberías a grandes profundidades.
- Adquiere datos que permiten compilar la base de datos de inspección, útil para el histórico de mantenimiento de líneas y estructuras relevantes para la empresa.

- Optimiza el tiempo de trabajo, mediante el apoyo en las inspecciones y reparaciones con buzos.
- Minimiza el riesgo asociado y las consecuencias de accidentes en el sitio de trabajo en las operaciones de buceo.
- Contribuye con la data para el establecimiento de planes con fines preventivos en las tuberías, a fin de ir minimizando la contaminación del medio por efecto de filtraciones de crudo y gas de líneas en servicio y evitar cierres de producción por paros imprevistos en las instalaciones.

Todo ello basado en las normativas y especificaciones técnicas de la industria petrolera. Igualmente, los equipos R.O.V. presentan las siguientes aplicaciones:

- Permite la obtención de resultados que sirven como base para la elaboración de los programas de reparación, mantenimiento preventivo y reemplazo de líneas subacuáticas.
- Determina la condición física de las líneas y otras estructuras de interés, así como la verificación de la instalación y revisión de las profundidades de las áreas requeridas.
- Realiza inspecciones visuales externas, que permite visualizar daños de corrosión, daños mecánicos, identificación y evaluación de cruces y aislantes, entre otras.
- Poseen herramientas de torque empleadas en la construcción de plataformas costa afuera, y para la recolección de objetos y materiales de interés, en trabajos a distintas profundidades.
- Ofrecen mayor rango de recorrido en una inspección en comparación al buceo industrial.
- Con los periféricos de posicionamiento (hidrófonos, G.P.S. y pinger) se obtiene una data con la ubicación precisa de la inspección.
- Se pueden obtener los datos de la inspección en tiempo real (posicionamiento, video y fotografías).

Los R.O.V. de la empresa permiten la ejecución de una variedad de tareas en el lago de Maracaibo, incluida la observación mediante vídeos de alta calidad para trabajos de inspección y levantamientos e intervenciones a pozos con herramientas menores.

#### **4.4 Control Topográfico Operacional:**

Consiste en actividades de apoyo directo a las operaciones de tendido/reparación de líneas, con los que se identifican/validan las instalaciones presentes mediante diferencial G.P.S., se obtienen los gráficos de campo de las labores de buceo, planos con la ruta preliminar (a replantear) para los nuevos tendidos de tuberías, movimiento de unidades levadizas y otras gabarras de interés.

Igualmente, contribuye a generar las rutas seguras de navegación y reducir los tiempos de tránsito de las distintas embarcaciones en las áreas lacustres, mediante las coordenadas de cada objetivo en particular (estructuras, filtraciones, entre otros).

Estas labores permiten conformar el histórico de mantenimiento de líneas sublacustres, de actualización permanente en la base cartográfica del lago, administrada por un S.I.G., como apoyo al logro de los planes de producción de la empresa. Adicionalmente, se incluyen los levantamientos topográficos (en tierra y lago) necesarios para la ejecución de diversos proyectos de infraestructura tales como: adecuación de muelles e instalaciones lacustres, mejoramiento de la vialidad, plan maestro, planes de emergencia, entre otros.

## 5. Resultados actuales

Mediante el presente estudio se ha obtenido información muy relevante en cuanto a la integración en un S.I.G. de la data obtenida en las actividades de inspección subacuática con equipos geofísicos/R.O.V. y su continuo control topográfico, con la generación de mapas temáticos de instalaciones y estructuras sublacustres en un área aproximada de 700 kmt<sup>2</sup>, que comprende las unidades de Producción Rosa Mediano, Tia Juana Lago y Lagunillas Lago, áreas seleccionadas por la alta densidad de instalaciones y filtraciones detectadas.

Al respecto, se ha encontrado cantidad significativa de escombros/chatarra y sus dimensiones (incluyendo embarcaciones y torres hundidas), tuberías con alto deterioro externo y levantadas o freespan (que no reposan sobre el lecho lacustre) e incluso enterradas y varias instalaciones sin identificación en el plano base general del lago de Maracaibo, el cual es actualizado permanentemente con la medición y certificación de sus coordenadas.

A continuación, en la tabla # 1 se resumen las entidades o capas principales de continua actualización, su descripción como elemento en el S.I.G. junto a su finalidad y beneficio que brindan a las operaciones de la industria petrolera.

**TABLA # 1. ENTIDADES PRINCIPALES DEL S.I.G. SERVICIOS LACUSTRES**

No .	NOMBRE DE LA ENTIDAD (CAPA)	DESCRIPCIÓN	PROPÓSITO / BENEFICIO
1	Consolidado de filtraciones	Punto con coordenadas que identifica una filtración de hidrocarburo.	Determinar geográficamente las áreas con mayor incidencia de filtraciones. Permite el análisis por área operacional, para la asignación de los recursos requeridos.



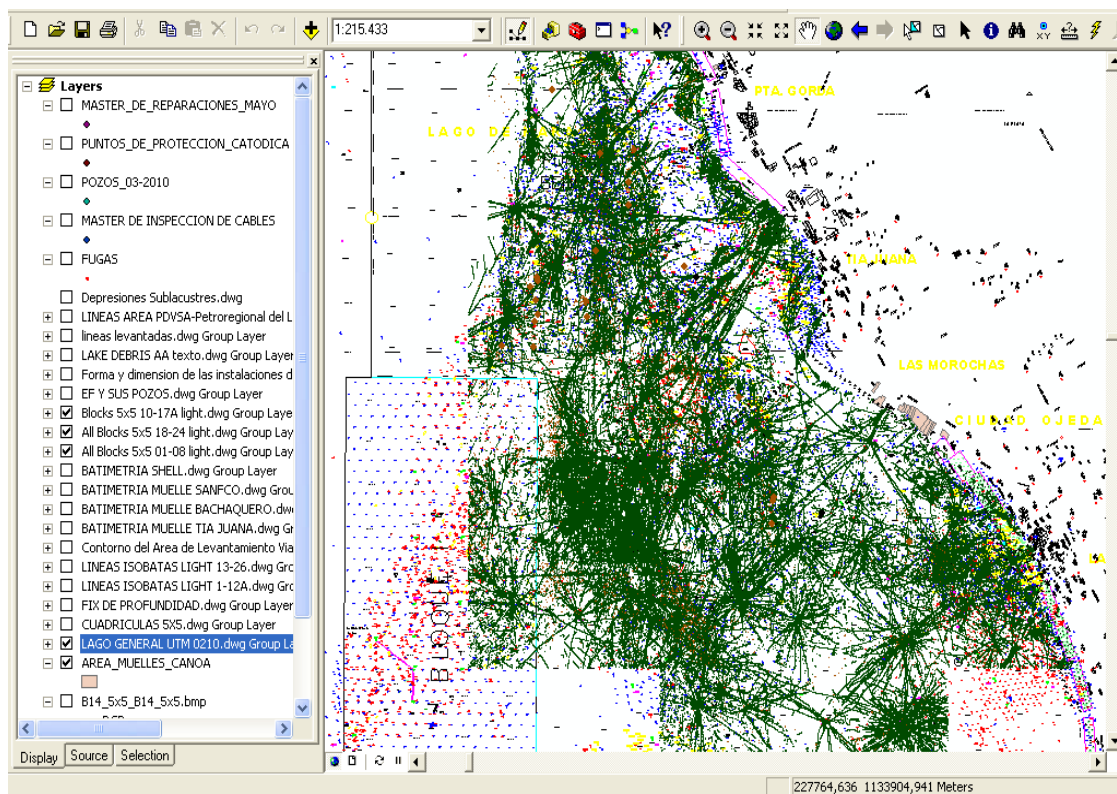
2	Consolidado de reparaciones (buceo)	Punto con coordenadas que identifica una filtración reparada de hidrocarburo.	Determinar geográficamente las áreas con filtraciones reparadas.  Brinda información base para el histórico de mantenimiento de líneas sublacustres, con fines correctivos.
3	Levantamiento cartográfico de líneas sublacustres	Polilíneas que representan tuberías de crudo y gas que se encuentran sobre el lecho lacustre.	Obtener los mapas con la ubicación y disposición de las líneas ubicadas en el fondo marino.  Indica el estado o condiciones externas generales en las que se encuentran las líneas en el lecho lacustre, como insumo base para planes de mantenimiento correctivo.
4	Escombros sobre el lecho lacustre	Polígonos y polilíneas que representan desechos de gran tamaño.	Identificar los principales objetos que se encuentran en el lecho lacustre, que representen riesgo a la navegación o sean de interés para la empresa.  Suministra la ubicación y dimensiones de los escombros, como información básica para proyectos de saneamiento ambiental. Igualmente, permite la actualización de las rutas seguras de navegación, a fin de evitar accidentes con las unidades.
5	Batimetrías	Puntos con valores de profundidad.	Conocer las profundidades en las áreas de interés operacional en el lago de Maracaibo, unidas por líneas isobatas.  Permite la reducción del número de horas de buceo requeridas para la obtención de profundidades, siendo el indicativo del tipo de unidad que puede acceder a los muelles. Igualmente brinda información básica para cálculo de volúmenes de dragado.
6	Imágenes del lecho lacustre	Imágenes georeferenciadas del lecho lacustre.	Visualizar el lecho lacustre mediante imágenes georeferenciadas tomadas con los equipos geofísicos. Indican el registro tridimensional del lecho lacustre y su morfología.
7	Freespan de líneas de producción	Punto con la altura de las líneas de producción que no reposan sobre el lecho lacustre.	Identificar la altura de tuberías de interés, medida verticalmente desde el lecho lacustre hasta el punto de mayor elevación de la misma.  Brinda información básica para el mantenimiento preventivo de líneas, a fin de evitar su rotura y no ofrecer riesgo a la navegación, lo cual ocasiona daños al medio ambiente.
8	Consolidado de tendido de líneas	Línea que representa una nueva tubería tendida.	Determinar el recorrido o trayectoria real de las nuevas líneas de producción tendidas y su permanente actualización en el plano general del lago.  Permite actualizar la base de datos de líneas, con la cual se obtienen los planos para el fondeo de distintas gabarras

9	Consolidado de reparaciones de líneas (tendido)	Línea que representa una tubería reparada por gabarra.	Determinar la ubicación geográfica a través de coordenadas de la reparación ejecutada en la tubería. Indica la actualización del historial de mantenimiento de las líneas, a fin de poder decidir el reemplazo parcial o total de las mismas por su alto deterioro.
10	Instalaciones	Punto que representa una instalación física en el lago de Maracaibo: pozos, estaciones de flujo, múltiples de gas, plantas compresoras, plantas de inyección de agua, localizaciones, entre otras.	Identificar la posición geográfica mediante coordenadas de todas las instalaciones existentes en el lago de Maracaibo y su continua actualización. Esta información es sumamente importante para la validación de las mismas mediante sus coordenadas y distancias, tiempos de tránsito de distintas unidades, planificación de trabajos por área geográfica, entre otras, siendo la base para los objetivos de producción y mantenimiento de activos en el Lago de Maracaibo.
11	Rutas óptimas	Polilíneas que representan la ruta óptima a seguir para tendido de nuevas tuberías.	Determinar la ruta óptima para los nuevos tendidos de línea, a fin de minimizar el impacto económico en cada proyecto. Permite el ahorro de materiales, equipos y de tiempo para la ejecución del tendido. Igualmente, determina el número de cruces y escombros en las trayectorias, a fin de poder colocar los aislantes requeridos que impidan la pérdida de revestimiento y rápida corrosión.
12	Levantamiento topográfico muelles	Polígonos con el levantamiento topográfico de los muelles y áreas de interés de la Servicios Lacustres.	Ejecutar el levantamiento topográfico de las instalaciones y áreas de interés, para el soporte a diversos proyectos. Brinda información base para proyectos de organización de recursos físicos y espacios disponibles, adecuación de instalaciones, vialidad, planes de emergencia y logística operacional.

Fuente: S.I.G. SSSL (2013)

En la figura N° 3, se observa una imagen georeferenciada del área Rosa Mediano/Tia Juana/Lagunillas, la cual presenta una alta densidad de tuberías (en verde). La misma forma parte del proyecto levantamiento cartográfico de líneas subacuáticas en el lago, que incluye la data gráfica (registros, profundidades, entre otras) y atributiva (características y detalle asociado a cada capa de información geográfica), que conforman parte del histórico general de mantenimiento de las líneas principales de crudo y gas.

### FIGURA N° 3. VISTA DE LAS TUBERÍAS EN EL S.I.G. SERVICIOS LACUSTRES



Fuente: S.I.G. SSLL (2013)

Adicionalmente, se han observado muy pocos puentes o aislantes entre líneas, lo cual indica que sólo se han colocado en las tuberías principales, y las que conectan a los pozos con las estaciones de flujo/múltiples de gas, no se están aislando, trayendo consigo problemas de corrosión.

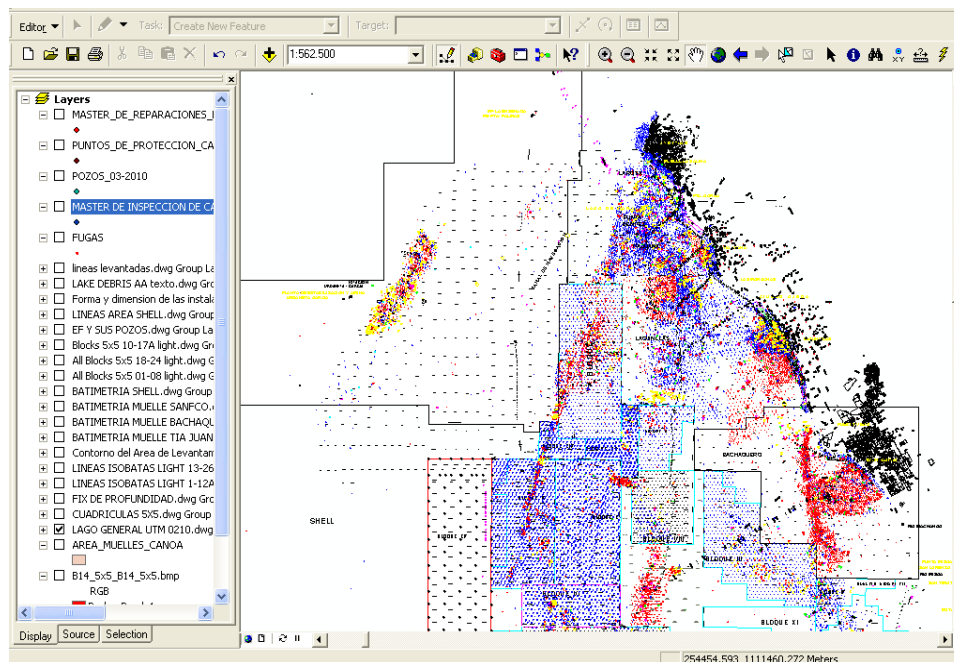
Estos elementos representan a corto-mediano plazo una mayor probabilidad de ocurrencia falla en una línea (por rotura, daño y/o pérdida del recubrimiento), aunado a la fuerte corrosión en el medio, lo cual ha originado cierres de producción en la zona analizada. Por ello, se reitera la importancia de contar con inspecciones periódicas a fin de evitar el alto deterioro e impacto ambiental/económico que puedan ocasionar.

En la actualidad, para fines de administración, la data normalizada se encuentra almacenada por entidades o capas de información geográfica, cada una con su data atributiva asociada y con distintos productos (planos, informes, entre otros), dependiendo del tipo de proyecto.

En la figura N° 4 se observa una imagen parcial del plano general de instalaciones en el lago y algunas entidades asociadas. Los atributos pueden ser

incluidos de forma gráfica o tabular en el S.I.G., luego del procedimiento de normalización de los datos, con lo cual se valida la información y se establecen formatos estándar para cada necesidad de información de los usuarios.

#### FIGURA N° 4. VISTA DE INSTALACIONES EN EL S.I.G. SERVICIOS LACUSTRES



Fuente: S.I.G. SSLL (2013)

Por otra parte, en la actualidad se está empleando la tecnología con equipos geofísicos y G.P.S. en la detección, señalización y remoción de pozos e instalaciones que representan riesgo a la navegación, ello a fin de incrementar la seguridad en el tráfico lacustre e ir eliminando los pasivos ambientales en el lago.

Estas actividades han sido ejecutadas con esfuerzo propio de la empresa y se encuentran enmarcadas dentro del S.I.G., en el proyecto denominado “Plan de remoción de obstáculos y establecimiento de rutas seguras de navegación”, con el cual se pretende remover a largo plazo todas aquellas estructuras que por su estado de abandono y poca visibilidad, representan un riesgo para el personal y embarcaciones que laboran en el lago. Para ello se emplean las mediciones cartográficas subacuáticas a fin de obtener los mapas con la ubicación, profundidades y dimensiones de los obstáculos sumergidos y semisumergidos, a fin de poderlos identificar en campo y sobre el plano general de instalaciones lacustres, y removerlos posteriormente, con el registro de desmantelamiento de cada activo.

Al respecto, se inició el establecimiento de rutas seguras para la navegación entre los muelles principales de la empresa. Recientemente, se encuentra en proceso la fase de divulgación de la información (planos y folletos) a los trabajadores gente de mar de la empresa.

## 6. Conclusión

Para la Gerencia de Servicios Lacustres, el uso de un sistema de información gerencial como herramienta de integración de tecnologías de inspección subacuática en el lago de Maracaibo, contribuye al desarrollo de la base cartográfica soporte fundamental a las operaciones de tendido y reparación de líneas, como insumo base para planes de mantenimiento preventivo/correctivo de tuberías sublacustres, planificación de operaciones, proyectos de índole ambiental y de adecuación de la infraestructura actual de muelles e instalaciones en tierra y lago; mejorando el tiempo de respuesta en la entrega de información geográfica a los distintos clientes usuario, basados en informes y mapas temáticos para distintas aplicaciones.

Por otra parte, el análisis de la data integrada referente al número de filtraciones por área de trabajo que genera el S.I.G., apoya a la toma de decisiones gerenciales en la asignación de recursos y sus prioridades, contribuyendo de esta manera a reducir las pérdidas de producción por pozos cerrados debido a falta de mantenimiento correctivo en sus tuberías.

Finalmente, el S.I.G. le permite a la industria petrolera mantenerse a la vanguardia en el empleo de nuevas tecnologías para la mejora de sus procesos, lo que apunta a lograr una mayor eficiencia en sus actividades inherentes.

## 7. Recomendaciones

- Ejecutar el levantamiento cartográfico del lecho lacustre antes de la ejecución de cada nuevo tendido de tuberías mediante gabarras, a fin de detectar y actualizar toda aquella estructura que pueda afectar posteriormente las condiciones de la nueva línea tendida.
- Establecer aislantes o puentes entre líneas en los casos que sean necesarios, a fin de evitar el deterioro de su recubrimiento externo y posible falla o filtración.
- Continuar con las labores de inspección cartográfica subacuática, a fin de incrementar la seguridad en la navegación en las áreas operacionales del lago de Maracaibo, en base al alto número de instalaciones petroleras existentes.
- En un sentido general, se deben afianzar los planes de mantenimiento preventivo/correctivo de tuberías sublacustres. Ello en base al histórico de mantenimiento, inspecciones y estudios de confiabilidad operacional realizados.



## 8. Referencias Bibliográficas

BELL C., Buck A. y Warburton R. (2004), *The Competent ROV Pilot/Technician*, Subserv Ltd, England.

ESRI (2002), *Conceptos de Diseño de Geodatabase*, Caracas, Venezuela

Hernández R., Fernández C. y Baptista P. (2006), *Metodología de la Investigación*, 3<sup>ra</sup> Edición, Editorial Mc Graw Hill, México D.F.

Organización Hidrográfica Internacional (2005), *Manual de Hidrografía* (1<sup>ra</sup> Edición), Mónaco, Francia.

PDVSA (2011), Manual de Geodesia, norma GEO 02-01-07, Sistema de Información Geográfica (S.I.G.), Caracas, Venezuela.

PDVSA (2013), Documentación del S.I.G. Servicios Lacustres (SSLL), Ciudad Ojeda, Venezuela.

PEÑA, J. (2008), *Sistemas de Información Geográfica aplicados a la Gestión del Territorio* (4<sup>ta</sup> edición), Editorial Aldo Universitario, España.

SENDRA, J. (2002) *Sistemas de Información Geográfica*, (1<sup>ra</sup> edición), Editorial Rialp, Madrid, España.