



Integración de datos para la gestión eficiente de la integridad de ductos

Por **María Florencia Piñeiro Rosso** (TGN)

El sistema de información integrado, que incluye información proveniente de distintas bases de datos, permite realizar un rápido análisis de situaciones al consultar con información reciente y con todos los registros históricos y todas las locaciones.

Este trabajo fue seleccionado en el 4° Congreso de Integridad y Corrosión en la Industria del Petróleo y del Gas, realizado por la Comisión de Integridad de Oleoductos y Gasoductos del IAPG en 2021.

Los Sistemas de Información que integran datos provenientes de distintas fuentes permiten evaluar el estado de situación en un corto lapso en forma permanente, encauzar el análisis minimizando los tiempos y predecir posibles comportamientos del sistema.

Los ejes de los sistemas de información pueden sintetizarse en la geolocalización, la visualización y el análisis de todo tipo de información y en la accesibilidad a datos del sistema independientemente del lugar donde se encuentre.

Basándose en la ciencia de la geolocalización y del análisis espacial de



los datos provenientes de diferentes fuentes, como distintas bases de datos, imágenes y tablas, pueden generarse aplicaciones y herramientas que permitan optimizar el diagnóstico de problemáticas minimizando errores y mejorando la calidad del análisis realizado.

Por medio de la integración geográfica de la información de las empresas, como los sistemas de ductos e instalaciones, la información de trabajos de campo y la relación con el entorno y la comunidad, es posible que se identifiquen problemáticas del sistema, se realicen estudios y análisis, se tomen decisiones basadas en la totalidad de la información disponible (datos históricos y actuales), y se monitoree su comportamiento para predecirse eventos del sistema a lo largo del tiempo.

El sistema de información integrado que incluye información proveniente de distintas bases de datos permite realizar un rápido análisis de situaciones, ya que consulta con información recién y con todos los registros históricos. A su vez, la implementación de dispositivos móviles con conexión a toda esta información permite una interacción entre personas que se encuentran en distintas locaciones incluyendo, por ejemplo, a los operadores en campo.

Una vez finalizado el trabajo en el lugar, el operador realiza un informe completo de las tareas realizadas y se actualizan las bases de datos casi en tiempo real, así se cuenta con esta información en forma rápida para ser considerada en todos los análisis, las actividades y la toma de decisiones.

La iniciativa de contar con un sistema de datos de estas características surge como consecuencia de la falta de datos integrados que puedan ser visualizados y analizados desde un único lugar, con la posibilidad de generar aplicaciones y herramientas de análisis y la oportunidad de predecir eventos a lo largo del tiempo que mejoren la toma de decisiones y las acciones posteriores.

Introducción

La ciencia de la geolocalización permite integrar todo tipo de información, analizar grandes volúmenes de datos mediante formas no tradicionales, reducir tiempos y aumentar la eficiencia de los resultados.

Los sistemas de información geográfica (GIS) son herramientas tecnológicas avanzadas para el manejo de la información. Se distinguen del resto de los sistemas porque los datos son visualizados desde un mapa

que facilita la comprensión en lugar de hacerlo a través de otro tipo de interfaces diseñadas tradicionalmente (Shaheen y Rehman, 2014). Los GIS permiten almacenar, administrar, capturar, analizar y desplegar datos geográficos. El conjunto de datos, tanto geográficos como atributivos, se almacenan en bases de datos geográficas. Cada punto sobre la tierra puede ser definido en forma unívoca mediante sus coordenadas latitud, longitud y altura. Los datos espaciales son complementados con información atributiva.

La Argentina es un país que tiene una extensa red de gasoductos. Las redes geométricas, como es el caso de la estructura de una red de gasoductos, son consideradas compleja, por ello que la forma ideal de administrarlas es por medio de los sistemas GIS. La manera correcta y adecuada de manejar los datos tiene su correlato en la toma acertada de decisiones.

En la actualidad, las empresas que operan y mantienen redes de gasoductos de alta presión asumen diariamente desafíos cada vez más complejos. Las tareas de mantenimiento de sus sistemas, la identificación de posibles amenazas del ambiente que los rodea, el estudio de la ampliación de la capacidad del sistema, así como



la definición de las zonas donde ejecutar obras y establecer su prioridad son el resultado de decisiones basadas en análisis cada vez más complejos.

Los avances tecnológicos en relación al aumento exponencial en la cantidad de datos tiene como consecuencia la imposibilidad de comprenderlos con los métodos tradicionales de análisis de la información. La profundización en el desarrollo de herramientas más sofisticadas que registran datos más precisos y detallados permite mejorar el conocimiento de la situación actual de la red de ductos.

Adicionalmente, la introducción de la ciencia de la geolocalización brinda como resultado que herramientas y dispositivos ya empleados tengan la posibilidad de registrar datos asociados a las coordenadas GPS del lugar de toma. C, en esta publicación se ha organizado de manera de identificar las problemáticas que impulsaron la implementación de los sistemas GIS para la administración de una red de gasoductos, los objetivos buscados, la solución propuesta, las aplicaciones desarrolladas para el análisis y la captura de datos, y los desafíos que se deberán enfrentar en el futuro.

Desarrollo

Introducción a los sistemas GIS

Los sistemas de información geográfica se adaptan muy eficazmente a la administración y el manejo de las redes de gasoductos. Este tipo de plataforma que muestra todo tipo de datos en forma geográfica es una herramienta de análisis muy poderosa. Las bases de datos geográficas empleadas para almacenar datos espaciales, información atributiva y datos no espaciales son consideradas como repositorios que han cambiado el concepto en la forma de desplegar la información.

En el caso de la red de gasoductos, objeto de esta publicación, el sistema GIS fue ideado para administrar, representar, manipular, analizar y desplegar la red de ductos en conjunto con todas sus instalaciones del ambiente que los rodea. GIS es también usado para mejorar el estudio de alternativas de trazas de nuevos ductos, ya que permite incorporar otra información, como mapas de tipos de suelos, distribución de precipitaciones, cambios de densidad poblacional provenientes de diferentes fuentes incluso externas al sistema. Es importante destacar este punto,

ya que se han incrementado los organismos y las entidades que optan por publicar en portales de datos abiertos la información que deben mantener actualizada. GIS es un sistema que hace posible la conexión con estas fuentes de datos y garantiza la visualización de información actualizada por el organismo responsable de realizarlo. Desafortunadamente esta práctica aún no forma parte de las políticas de muchas empresas como ocurre en los Estados Unidos o en países de la Unión Europea.

La estructura de datos en los sistemas GIS es trabajada en capas de información; dentro de ellas se consideran la información *raster*, por ejemplo, las imágenes satelitales georreferenciadas. Análisis muy específicos pueden ser realizados sobre la información de sus bandas de información para obtener índices que permiten, entre otras cosas, clasificar zonas de vegetación o detectar e identificar elementos.

Problemática inicial

Una problemática habitual en muchas empresas que actualmente atraviesan cambios culturales es la gran cantidad de información alma-

cenada en papel, guardada en sistemas locales a los que no todos tienen acceso o datos que no han sido estructurados en modelos de datos y, por lo tanto, se dificulta su análisis.

Por otro lado, la información proveniente de trabajos de mantenimiento en campo que se registran en croquis locales y en tablas con datos, impide el análisis multitemporal donde es necesario considerar la variable de la ubicación geográfica para hacer un análisis completo.

Además, muchas empresas, han realizado proyectos de vuelos fotogramétricos, con vehículos aéreos no tripulados o la adquisición de mosaicos de imágenes satelitales, que requieren de software específicos para su análisis y consumo.

La utilización de herramientas de inspección interna de ductos de transporte con accesorios que permiten obtener coordenadas durante el registro de información cada vez más detallada y precisa, así como de otro tipo de instrumentos de medición en campo basados en la geolocalización, fue otro de los disparadores para analizar un método más efectivo y confiable de almacenamiento y administración de todos los datos generados en las empresas.

Este conjunto de problemáticas sumado a la necesidad creciente de analizar toda la información en forma conjunta y a la innovación tecnológica, terminó por asumir que era necesario un cambio en la forma actual de tratamiento y análisis de la información.

Objetivos planteados

- Diseñar un sistema de información integrado con la base de datos corporativa que almacena los datos de los activos de la compañía.
- Cumplir con los requerimientos de seguridad que garanticen la consistencia de los datos del sistema.
- Garantizar a los usuarios de la compañía, más de 600, el acceso a la información almacenada.
- Reemplazar los sistemas existentes de registro en papel de hojas de datos técnicos, registros de mantenimiento, mapas, cartas topográficas y planos. A su vez, considerar información faltante en el diseño del modelo de datos.
- Diseñar un sistema que genere un

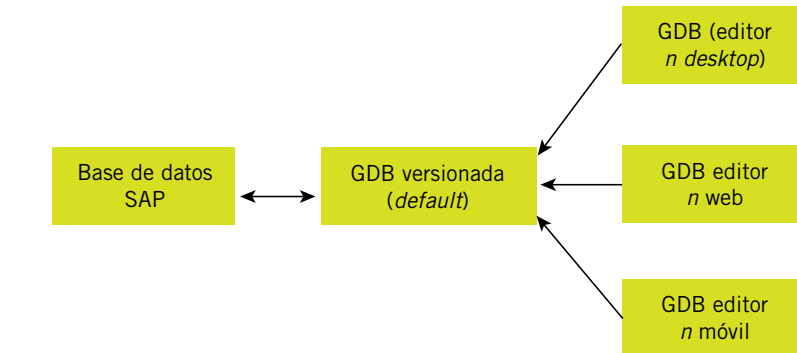


Figura 1. Esquema de sincronización.

entorno colaborativo tanto en oficina como en el campo (incluso sin conexión a Internet).

- Modernizar las actuales aplicaciones de registros de tareas de mantenimiento en campo para, luego automatizar la carga de la información en la base de datos de registros.
- Considerar un sistema que administre y manipule en forma eficiente mosaicos de imágenes georreferenciadas de alta calidad.
- Dotar al sistema de la posibilidad de acceder a las aplicaciones desde cualquier lugar, incluso sin estar conectado a la infraestructura corporativa.

Descripción de la solución

Para el diseño de la solución se tuvieron en cuenta las necesidades descritas anteriormente. Se adoptó una solución basada en los sistemas de información geográfica integrada con la base de datos SAP® que administra los activos. Se diseñó una interfaz de intercambio con el sistema GIS para que los usuarios y los especialistas pudieran visualizar, analizar, administrar y tomar decisiones desde un único lugar (Figura 1).

La base de datos geográfica configurada se trata de una *Geodatabase Corporativa* (GDB) versionada cuyo modelo de datos fue diseñado de acuerdo con el esquema actual, al que se añadieron actualizaciones. Este reservorio está preparado para recibir la información de los activos de la compañía almacenados en SAP® y toda la información enviada desde el campo. Se diseñó un esquema de conexión entre ambas bases de datos de manera que una edición realizada en una de ellas se envíe a la otra y viceversa, es decir, el esquema de da-

tos es bidireccional y la información almacenada está sincronizada.

El esquema de ediciones se diseñó según criterios de seguridad de forma que se garantizara la consistencia e integridad de los datos, y que quede registrado el día y usuario que realizó las ediciones. El esquema de roles y permisos definido mantiene el mencionado y se han limitado de acuerdo a los grupos de personas responsables de mantener actualizados los datos.

El primer resultado fundamental de esta integración permitió obtener un repositorio con toda la información de la compañía diseñada para ser visualizada en forma geográfica.

Posteriormente a esta implementación fue posible diseñar múltiples aplicaciones en distintos entornos:

- Web: para aquellos usuarios que no son profesionales GIS, pero demandan el acceso a la información y a su análisis mediante herramientas menos complejas.
- Desktop: para especialistas y profesionales GIS que tienen mayor conocimiento del entorno GIS, sus softwares y que requieren emplear herramientas más complejas.
- Móviles: para aquellos usuarios que coleccionan datos en campo o que necesitan monitorear la información desde entornos desconectados o fuera de la oficina. En este caso las soluciones propuestas para relevar datos en campo están diseñadas para trabajar *offline* o sin conexión a internet.

Esta integración ha generado un entorno colaborativo en toda la compañía, donde cada usuario puede compartir con la organización los resultados de su trabajo en forma ágil y



Figura 2. Vista general de toda la red de ductos y su ambiente.

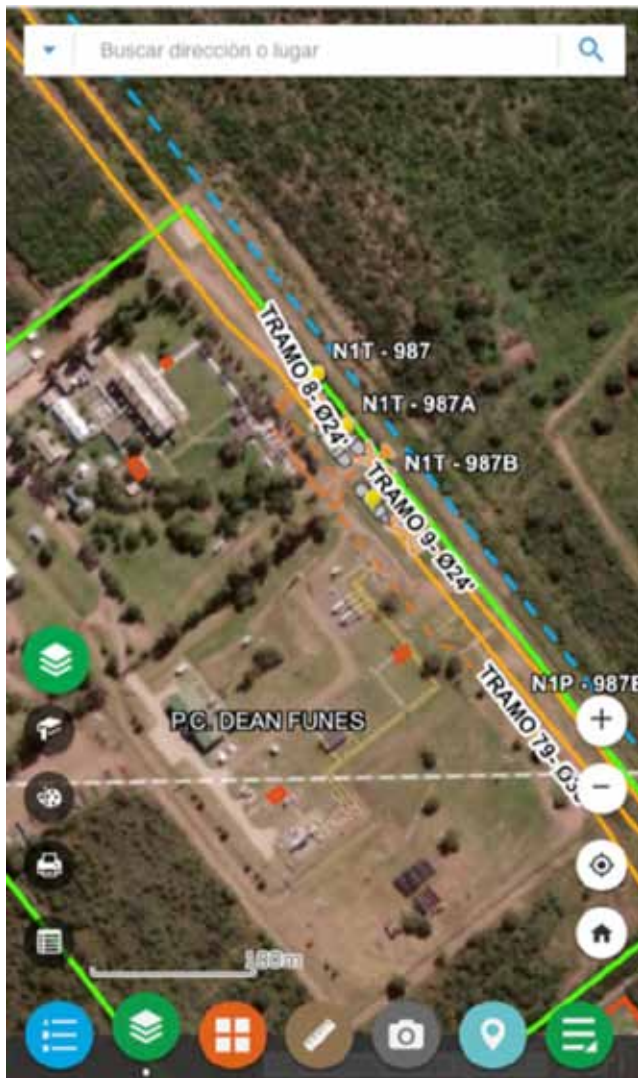


Figura 3. Vista particular del sistema de gasoductos

sencilla, manteniendo la trazabilidad de los datos. Esta información estará disponible más rápidamente para que todos los usuarios de la compañía la utilicen como parte de sus análisis y puedan tomar decisiones.

Aplicaciones web diseñadas

Las aplicaciones web diseñadas han sido configuradas para darle acceso a determinados grupos de usuarios según el rol desempeñado.

Para el entorno corporativo de la compañía se diseñó una aplicación web que mostraba la ubicación geográfica y los datos técnicos asociados de la mayor parte de los activos de la compañía. Es decir, del trazado de toda la red de ductos, las válvulas de línea del sistema, las estaciones de compresión, de medición y regulación, zonas geográficas que tienen

a cargo del mantenimiento de las instalaciones, los segmentos de clase de trazado, ductos de otras empresas, datos del entorno, entre otros.

El diseño de las aplicaciones web incluyó la evaluación de los privilegios que se otorgarían a los usuarios, las herramientas de consulta y análisis de la información y la simbología de las capas de información y las escalas de visualización.

En cuanto a las herramientas, se configuraron algunas que permitieran realizar búsquedas de varios tipos: análisis espaciales de la información; filtros de atributos; incorporación de información de los usuarios para interactuar con el mapa; la posibilidad de alternar los mapas base con la galería disponible, entre los que se encuentran los mapas propios de la compañía (vuelos fotogramétricos y mosaicos de imágenes sa-

telitales, entre otros); herramientas de medición y consulta de atributos; entre otras (Figuras 2 y 3).

En este caso, en la figura 4 se muestra un ejemplo de las consultas que se pueden realizar desde un único lugar. Esta situación se replica para el resto de los datos que se encuentran en el mapa. Los datos mostrados son los almacenados en la base de datos SAP®.

Aplicaciones móviles diseñadas

Con el objetivo de sistematizar, mejorar el registro de la información y automatizar la carga de los datos en la base de datos, se diseñaron aplicaciones móviles para entornos desconectados de la red de Internet. Para cumplir con este objetivo, se hizo una selección exhaustiva de los dispositivos móviles de manera de

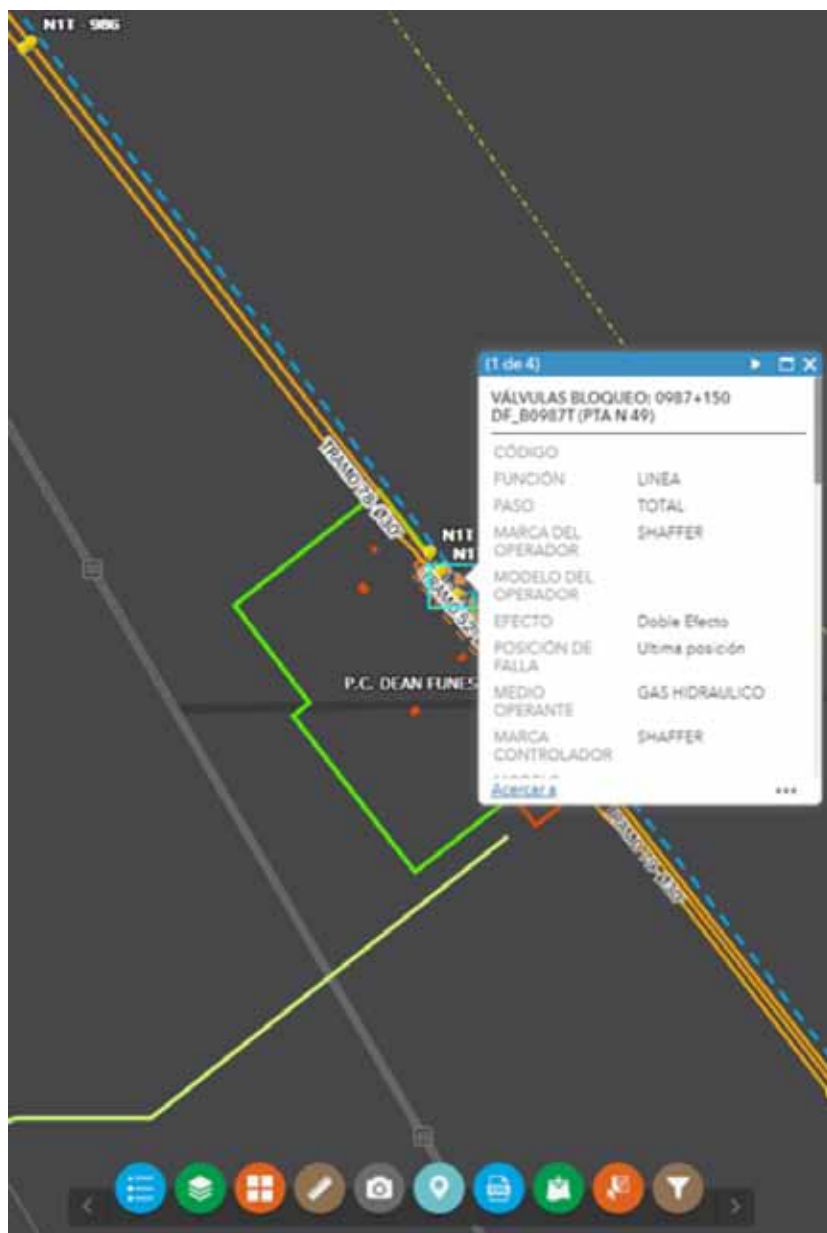


Figura 4. Vista de consulta de datos atributivos de una válvula.

elegir los que tuvieran antena GPS integrada (Figura 5).

Las plataformas diseñadas se basaron en aplicaciones comerciales personalizadas para la organización. Todas ellas tenían el objetivo de crear una plataforma ágil y de uso sencillo para el registro de la información, tanto para datos alfanuméricos como para registros fotográficos. Las aplicaciones diseñadas son muy dinámicas, se adaptan a todas las escalas de los relevamientos, permite registrar la ubicación geográfica de todos los elementos colectados y el usuario que realizó el trabajo, con la fecha y la hora en que lo realizó.

La tarea del ejecutor de campo finaliza cuando se envían los datos al sistema de la compañía, es decir, no tiene que elaborar nuevos informes.

Para optimizar el envío de la información a la base de datos, las aplicaciones fueron diseñadas con listados desplegables, valores predefinidos, definición de opciones simples o múltiples que garantiza la integridad de los datos y disminuye el trabajo de la carga de la información en campo (Figuras 6 y 7).

La ventaja de este flujo de trabajo es la sistematización de todo el proceso del relevamiento, es decir, desde el momento del inicio de la orden de trabajo hasta el envío de los datos. La definición de este esquema permite agilizar tiempos en la etapa del relevamiento y, por lo tanto, disminuir los costos, minimizar la probabilidad de cometer equivocaciones en la elaboración de registros y permitir la utilización de la geolocalización para realizar análisis multitemporales. Al término del envío completo de la información relevada, los registros se confeccionan automáticamente en SAP® y la información geográfica y sus atributos son almacenados en la base de datos geográfica.

Herramientas diseñadas

Debido a los constantes cambios en el entorno que se encuentra la red de gasoductos es necesario el moni-

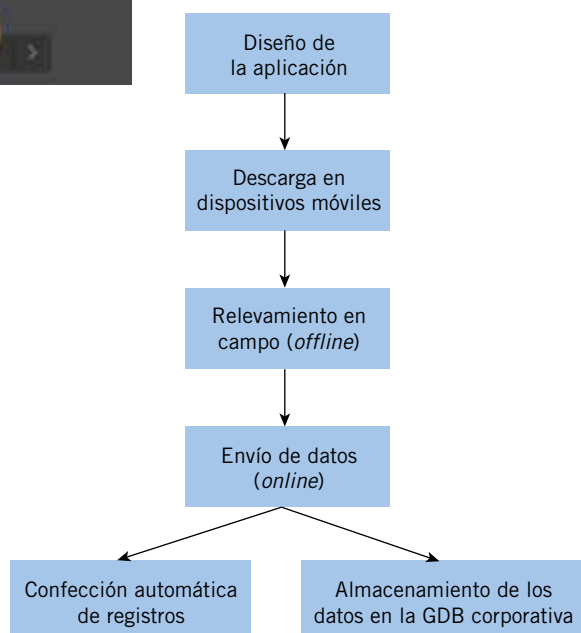


Figura 5. Esquema de diseño del sistema para aplicaciones móviles.

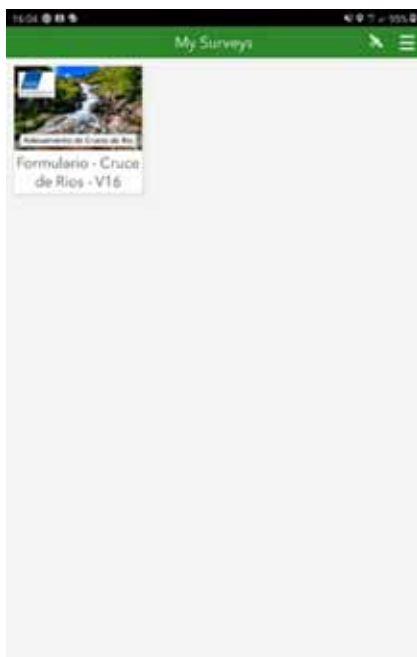


Figura 6. Vista de unas de las aplicaciones diseñadas.



Figura 7. Vista del interior de la aplicación donde se pueden ver las secciones.

toreo continuo de las variables que puedan afectarlo. Desde la presencia de personas realizando excavaciones u otro tipo de trabajos en la zona de seguridad de los gasoductos, el cambio en el curso de ríos por corri-

miento de márgenes y cambios en la topografía del terreno, lluvias atípicas, trabajos de mantenimiento de otras empresas de servicios en zonas próximas a los gasoductos, tipos de suelos que puedan interferir con la

protección catódica de los gasoductos son solo algunas de las variables por monitorear.

Para llevar a cabo este análisis se requiere de la combinación de datos que tienen algo en común y permite integrarlos: su ubicación geográfica. Los sistemas GIS ofrecen múltiples herramientas que posibilitan la combinación de estos factores, así como también favorecen la personalización a los datos de la red de gasoductos que se van a analizar mediante la modificación de líneas de código. En general un análisis completo puede involucrar la ejecución de varias herramientas en forma sistemática e incluso tener que realizarlo en forma repetitiva. Los sistemas GIS permiten definir flujos de trabajo y alojarlos en la plataforma para que esté disponible en el futuro, incluso para otros usuarios de la compañía. Adicionalmente, es cada vez más común la necesidad de realizar este tipo de diagnósticos con determinada periodicidad. Los sistemas GIS ofrecen a los usuarios diversas alternativas para programar su ejecución cada cierto tiempo de acuerdo con los criterios definidos. Esto represen-





Figura 8. Ejemplo de una aplicación empleada por un especialista para el análisis de problemáticas.



Figura 9. El cambio de escala permite mostrar más datos.



Figura 10. En este caso se puede ver que si algunos de los defectos quisieran ser verificados debería intervenir la zona de camino. Superponiendo la capa de Tapadas es posible estimar la excavación que se realizará.

ta una gran ventaja, ya que reduce los tiempos en la ejecución de las herramientas por estar predefinidas y evita posibles equivocaciones. Los formatos de salida están predefinidos y formalizados y los resultados se pueden analizar en la plataforma GIS donde se encuentran todos los datos del entorno.

Como resultado es posible obtener las respuestas a las preguntas formuladas que se traducen en la toma de decisiones. Es de vital importancia considerar que la calidad de los resultados de cualquier análisis que se ejecute depende de la calidad de la información y del grado de actualización (Figura 8 y 9).

En la figura 10 es posible acceder a los datos de los espesores de la cañería instalada. A medida que se aumenta el zoom, más elementos se desplegarán y otros dejarán de visualizarse.

Si bien en las figuras se muestran datos en 2D, los sistemas GIS permiten analizar en el entorno real 3D. Es posible añadir modelos digitales de elevación para interpretar la situación de una forma más realista. En áreas donde la topografía es más accidentada o tiene mayor importancia, como es el caso de los lugares montañosos o donde el deslizamiento de taludes adquiere importancia, la interpretación 3D se vuelve más relevante.

En esta figura se realizó una consulta para conocer todos los defectos por corrosión de un tramo de ga-

so ducto en particular en conjunto con las áreas sensibles definidas para el sistema. El mapa base permite interpretar el entorno del lugar, conocer si hay poblaciones cercanas u otro aspecto de interés. Cada dato se puede clasificar en forma visual, asignando etiquetas y paletas de colores para diferenciarlos por atributos. La comprensión de los datos de un sistema desde un entorno gráfico como es un mapa favorece la comprensión de la información.

La posibilidad de conservar los datos históricos mediante el sistema de Archivo de datos permite hacer un análisis multitemporal, incluso multidimensional, si lo que interesa es conocer el comportamiento de más de una variable de un dato a lo largo del tiempo. Estas alternativas en el análisis de datos se pueden realizar mediante el uso de los sistemas GIS.

Desafíos presentes y futuros

El crecimiento exponencial de datos hace imposible el análisis con el empleo de los métodos tradicionales, por eso exige un cambio en la forma de trabajo. Los sistemas GIS están en constante modernización producto de las exigencias actuales de las industrias de analizar mayores volúmenes de información de carácter predictivo y de requerir nuevas herramientas de análisis.

En la actualidad otro tipo de interrogantes son los que buscan en-

contrar respuestas. Afortunadamente tener implementado un sistema GIS representa un gran avance en lo referente a la administración de un sistema de gasoductos.

La actualización de los datos ya no es considerada como una de las tareas más costosas que afrontan las empresas. Los sistemas están preparados para que los especialistas y los técnicos de las compañías puedan actualizar sus bases de datos con información de calidad que alimentarán los análisis del sistema.

Conclusiones

La ciencia de la geolocalización ha introducido la variable geográfica, que posibilita la integración de datos de la compañía, como la información del entorno. La constante modernización de las técnicas y del equipamiento empleado para realizar tareas de mantenimiento paulatinamente exige cambios en la forma de realizar los análisis en busca de respuestas a las problemáticas planteadas. Los requerimientos de conocer respuestas y ampliar el detalle de los diagnósticos es una necesidad creciente en la actualidad y se incrementará con el correr del tiempo.

Usar las herramientas producto de la innovación tecnológica es una situación que las empresas no deberían desestimar a pesar de los cambios culturales que atraviesan. Nue-

vos descubrimientos en el ámbito de la industria de los hidrocarburos serán más usuales producto del mayor conocimiento sobre los sistemas y su entorno.

A medida que la innovación tecnológica demuestre con sus resultados que es capaz de solucionar los problemas e interrogantes actuales, favorecerá el cambio cultural instalado en las formas tradicionales de analizar datos, de entender el entorno y de realizar las tareas tradicionales.

La era de los datos abiertos por la que transita el mundo en la actualidad es también una muestra del cambio cultural por el que deben ne-

cesariamente atravesar los Estados, los organismos y las empresas.

Los sistemas GIS son las plataformas adecuadas para administrar los datos de manera eficiente en respuesta a los interrogantes actuales y en vista de los desafíos futuros de una industria que necesariamente mirará el nuevo paradigma mundial con el objetivo de satisfacer las necesidades de conocer, comprender y analizar el mundo que impone mayores y más complejos desafíos diariamente.

Bibliografía consultada

Awadp, Khalid & Ganawap, Eltaib

& Salih, Abdelrahim & Hilmip, H & Mp, Mustafa & Petrodar, P & Co, Operating & Comu, T. (2016). Pipeline Operations & Integrity Management Using GIS & Remote Sensing Technologies (Applying on PDOCS Export pipeline). *IJISSET-International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*. 3. 518-526. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/316417590>

Shaheen, M. y Rehman, Z. (2014). *Geographic information system of the gas network in Pakistan*. Proceedings of Informing Science & IT Education Conference (In SITE) 2014 (pp. 2550266). Disponible en <http://Proceedings.InformingScience.org/InSITE2014/InSITE14p255-266Shaheen0446.pdf>

Azari, P. y Karimi, M. (2017). QUANTITATIVE RISK MAPPING OF URBAN GAS PIPELINE NETWORKS USING GIS. ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. XLII-4/W4. 319-324. 10.5194/isprs-archives-XLII-4-W4-319-2017.

María Florencia Piñeiro Rosso es Ingeniera Agrimensora por la Facultad de Ingeniería de la UBA. Obtuvo el título de Especialista en Gas del Instituto de Gas y Petróleo de la UBA. Ha participado de la Conferencia de Usuarios de ESRI en la ciudad de San Diego (USA) en dos oportunidades. En 2019 presentó el proyecto de Integración GIS-SAP de TGN como caso de éxito reconocido por ESRI LATAM. Se desempeñó entre 2014 y 2021 como Analista GIS en TGN y desde 2021 como GIS consultant en Shell Argentina. Es vicepresidenta de la Comisión de Jóvenes Profesionales del IAPG, en la sede central.



Buscá todo sobre el shale en nuestra web



LOS NO CONVENCIONALES OPORTUNIDAD QUIMICOS SISMICIDAD USO DEL AGUA



www.shaleenargentina.org.ar

El sitio del IAPG destinado especialmente a los hidrocarburos de reservorios no convencionales, como *shale gas* y *shale oil*.

Pensada como herramienta útil para toda la comunidad, especializada o no, que quiera conocer con mayor profundidad lo relativo a estos reservorios y al *fracking* o estimulación hidráulica, así como los aspectos que generan mayores cuestionamientos: el uso del agua, la protección de los acuíferos, el uso de químicos, etcétera.

Toda la información de los expertos y las últimas noticias.

¡Y además, la posibilidad de consultar interactivamente a un experto sobre cualquier aspecto relacionado con el shale en la Argentina!

