METODOLOGÍA PARA EL ASEGURAMIENTO DEL RIESGO POR CORROSIÓN EXTERNA EN DUCTOS ENTERRADOS

María Clara Dueñas [1], Hildebrando Sepúlveda [1*], Enrique Vera [2]*

- ✓ Este artículo forma parte del "Volumen Suplemento" **S1** de *la Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales* (*RLMM*). Los suplementos de la RLMM son números especiales de la revista dedicados a publicar memorias de congresos.
- ✓ Este suplemento constituye las memorias del congreso "*X Iberoamericano de Metalurgia y Materiales (X IBEROMET)*" celebrado en Cartagena, Colombia, del 13 al 17 de Octubre de 2008.
- ✓ La selección y arbitraje de los trabajos que aparecen en este suplemento fue responsabilidad del Comité Organizador del *X IBEROMET*, quien nombró una comisión *ad-hoc* para este fin (véase editorial de este suplemento).
- ✓ La *RLMM* no sometió estos artículos al proceso regular de arbitraje que utiliza la revista para los números regulares de la misma.
- ✓ Se recomendó el uso de las "Instrucciones para Autores" establecidas por la *RLMM* para la elaboración de los artículos. No obstante, la revisión principal del formato de los artículos que aparecen en este suplemento fue responsabilidad del Comité Organizador del *X IBEROMET*.

Suplemento de la Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales 2009; **S1** (3): 1327-1337

METODOLOGÍA PARA EL ASEGURAMIENTO DEL RIESGO POR CORROSIÓN EXTERNA EN DUCTOS ENTERRADOS

María Clara Dueñas [1], Hildebrando Sepúlveda [1*], Enrique Vera [2]*

1: Estudiante Maestría en Metalurgia y Ciencia de los Materiales, GIEM, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Colombia.
2: Escuela de Metalurgia, Facultad de Ingeniería, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Colombia.

** E-mail: masercor@yahoo.com, hisehu@yahoo.es*

Trabajos presentados en el X CONGRESO IBEROAMERICANO DE METALURGIA Y MATERIALES IBEROMET
Cartagena de Indias (Colombia), 13 al 17 de Octubre de 2008
Selección de trabajos a cargo de los organizadores del evento

Publicado On-Line el 29-Jul-2009
Disponible en: *www.polimeros.labb.usb.ve/RLMM/home.html*

Resumen

Las tuberías son consideradas el medio de transporte para la distribución de servicios, las cuales requieren planes de mantenimiento, tanto predictivo como preventivo, para garantizar su integridad mecánica. La complejidad, variedad y volumen de información técnica, estructural, constructiva y geográfica, hacen necesaria la utilización de un sistema eficiente para análisis de la información generada, para clasificar y consultar la información referenciada geográficamente. El presente trabajo tuvo como objetivo articular herramientas computacionales modernas sobre posicionamiento geográfico con información de corrosión de ductos enterrados y cartografía de la zona por donde el ducto transcurre. Con la implementación de una metodología de aseguramiento de riesgo, se presenta una estrategia de análisis que correlaciona datos de inspección y monitoreo; para pronosticar, inspeccionar y evaluar la ocurrencia de posibles fallas, y así, minimizar el daño ambiental y pérdidas económicas por producción. Estos pronósticos se realizaron por medio del análisis de la información utilizando sistemas de información geográfica, generando prototipos de aseguramiento del riesgo para conocer la probabilidad de ocurrencia de daños futuros. Esta metodología permite analizar la información de manera integral y proponer estrategias de mantenimiento y/o reparación seguras.

Palabras Claves: *Integridad, corrosión, falla, SIG*

Abstract

Pipes are considered the mean of transportation for service distribution, which require maintenance plans, as predictive as preventive, to guarantee its mechanic integrity. The complexity, variety and volume of the technical, structural, constructive and geographical information, make necessary the use of an efficient system for the analysis of the generated information, to classify and find out the information refered geographically. This work had as a goal to join modern computing tools about geographical positioning with corrosion information of buried pipes and cartography of the area where the pipes passes. With the appliance of a new methodology of risk insurance, an analysis strategy is presented that correlates the inspection and monitoring data, to be able to forecast, check out and test the notion of possible failures, and then, minimize the environmental damage and economical losses for production. These forecasts were made through the analysis of the information using systems of geographical information, generating prototypes of risk insurance to know the notion probability in future damages. This methodology allows to analyze the information in an integral way and to propose maintenance strategies and or safe repairs.

Keywords*: Integrity, corrosion, fault, GIS*

1. INTRODUCCIÓN

Las metodologías de predicción de fallas en infraestructura se han desarrollado vertiginosamente. La gran cantidad de desarrollos estratégicos se han plasmado en normas de buena práctica, cuya aplicación tiende a preservar la infraestructura, lo cual ha llevado a la compilación, para el caso de ductos enterrados, de códigos que consisten en metodologías, cuya aplicación permite determinar los factores de riesgo en amplios aspectos, tales como los relacionados con la corrosión, impacto al entorno, ser humano, etc.

A raíz de los constantes incidentes detectados en las redes de distribución y transporte de hidrocarburos, ocasionados entre otros por tomas clandestinas,

materiales corroídos, asentamientos irregulares en derechos de vía, válvulas y accesorios en mal estado, se vio la necesidad de iniciar acciones para la implementación de una metodología de aseguramiento del riesgo por fallas a causa de la corrosión externa, que debe efectuarse a fin de evitar o disminuir la ocurrencia de daños, así mismo reducir consecuencias por un eventual impacto en la población, el medio ambiente, el proceso de transporte o del negocio, en los ductos de transporte de hidrocarburos. Además, todo esto generado por la falta de programas de inspección, monitoreo y control de corrosión basados en el riesgo.

Por esta razón, se hace necesario que desde los grupos de investigación de las universidades, se desarrollen metodologías de análisis de la información basada en los conceptos de normas, códigos y desarrollos propios, que permitan implementar programas de aseguramiento de riesgo en las empresas del sector.

Todos los ductos metálicos enterrados presentan problemas de corrosión, aún habiéndose inspeccionado con mucho detalle durante su construcción. Los métodos de lucha contra la corrosión se basan principalmente en la utilización de recubrimientos protectivos y en la implementación de técnicas de soporte, como por ejemplo la Protección Catódica (PC). Una de las afirmaciones más contundentes que se desprenden de la inspección de ductos metálicos enterrados es que normalmente las empresas, poseen mucha información sobre datos de inspección y monitoreo, que no son correlacionados debido a falta de conocimiento especializado de los jefes de mantenimiento de estas. Por otra parte, entre un 80 y 90% de las áreas de pérdida de metal, susceptibles de sufrir perforaciones por corrosión, corresponden a defectos en el revestimiento protector corrosión externa. Éstos son normalmente defectos generados durante la construcción del ducto, o defectos que se deben a actuaciones posteriores de terceros, muchas veces desconocidas, por lo que el problema puede llegar a ser importante.

La seguridad en la operación de estos sistemas es de vital importancia, por lo que el ducto se debe inspeccionar, evaluar su integridad y dar respuesta a esta evaluación, utilizando métodos aceptados por la industria petrolera internacional de tal manera que se garantice la integridad mecánica durante toda la vida útil del sistema, a través de un programa de administración de integridad. Lo anterior obliga a que se cuente con una normatividad acorde con las exigencias de los trabajos de administración de la integridad a desarrollar y que cumpla con los requerimientos necesarios para operar instalaciones seguras.

Un programa de administración de integridad completo provee la información para que se asignen eficientemente los recursos para actividades de prevención, detección y mitigación apropiadas, que resultarán en el mejoramiento de la seguridad y una reducción en el número de incidentes. Este proyecto describe el proceso que se debe seguir para evaluar y mitigar riesgos con el fin de reducir la probabilidad y la consecuencia de los incidentes. Su aplicación debe hacerse por personal experimentado a cargo de la operación y mantenimiento de ductos. Ningún revestimiento garantiza una protección del ciento por ciento. La presencia de impurezas en el material o en el proceso de aplicación de la capa protectora, así como golpes o ralladuras en el momento del transporte o de la instalación puede desmejorar el aislamiento. Por ello, para garantizar la prolongación de la vida útil de una tubería revestida se recomienda acompañar el revestimiento con un sistema de protección catódica.

La Técnica PCM (Pipeline Current Mapping) se usa para inspeccionar recubrimientos en líneas enterradas mediante el mapeo de una corriente de 4 Hz. El campo magnético de esta corriente es medido (con un magnetómetro) y mediante él se calcula la corriente que conduce la estructura. Con los valores de corriente medidos contra distancia se construye la gráfica que muestra la variación de corriente a lo largo del tubo.

Adicionalmente se usan vehículos inteligentes en línea para buscar la forma de evitar roturas imprevistas porque podemos conocer los puntos vulnerables del sistema de transporte y, de esa forma, disminuir los costos de reparación, de producto derramado, de pérdidas humanas, de daños ambientales y de lucro cesante ocasionado por paros de bombeo no programados. [1]

La herramienta consta de un conjunto de sensores (ya sea de ultra sonido o flujo magnético), que evalúan y monitorean fallas en la pared metálica de la tubería (abolladuras, corrosión externa, corrosión interna, stress corrosion craking, etc.). Los datos son continuamente almacenados en un sistema de cómputo interno de gran capacidad y luego analizados con un software especial.

Por otra parte, "Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), son un conjunto de herramientas computacionales que permiten en forma sistemática almacenar, analizar y presentar información de fenómenos y objetos ubicados en el espacio" [2].

La importancia de los SIG como herramienta de análisis espacial esta en las ventajas que ofrece a usuarios de diferentes áreas del conocimiento en la toma de decisiones, basados en modelos de la superficie terrestre. La calidad de los modelos en los que se basen la toma de decisiones depende en gran medida del conocimiento de las temáticas específicas, relacionadas con la problemática a solucionar, como de los SIG y de la calidad de la información [3].

El manejo de información georreferenciada con SIG permite al usuario, siguiendo lo descrito por Aronoff [4]:

- Conocer que objetos ocupan el espacio en un momento determinado.
- Determinar la posición exacta de los objetos en el espacio.
- Observar el comportamiento que puede tener alguna característica en el espacio.
- Percibir patrones existentes. Identificar zonas con características similares o iguales, ya sea visualmente o de algunos de los atributos.
- Desarrollar procesos de simulación con el fin de prever situaciones.
- Realizar operaciones de medición (áreas, volúmenes, longitudes).
- Establecer relaciones que se presentan entre diferentes objetos.

Un factor determinante en el éxito de los SIG, está en el adecuado conocimiento de los métodos y procedimientos empleados en el desarrollo de este tipo de proyectos, estos procesos deben ser definidos con claridad antes de darse inicio a la implementación del sistema. Estos subsistemas se describen a continuación por su importancia en la implementación del prototipo.

2. METODOLOGÍA

2.1 Fase de Conocimiento

2.1.1 Refuerzo de conocimiento respecto a las técnicas de inspección indirecta.

Fue necesario complementar nuestros conocimientos en los fundamentos de las técnicas de inspección indirecta, específicamente de ILI (In Line Inspeccion) y PCM. Igualmente en la interpretación y manejo de los datos que suministran estas técnicas.

2.1.2 Capacitación en el manejo de los SIG.

Inicialmente se precisó conocer las temáticas de tipo espacial que se desarrollarían en el SIG. Posteriormente se recibió capacitación sobre los SIG, su aplicación y utilización en el software ArcGIS 9.0.

2.2 Determinación de Variables a Correlacionar

De la variedad de datos que proporcionan las inspecciones, se determinó seleccionar las que en dado caso fueran las más influyentes en el aseguramiento del riesgo de la tubería.

Para el caso de la inspección PCM, se determinó que el modulo K es el valor que relaciona más variables del revestimiento y que permite dar un pronóstico muy aproximado de su estado.

Con la herramienta inteligente se presentó mayor dificultad, ya que este artefacto proporciona bastante y muy precisa información en relación al estado mecánico de la tubería. Sin embargo, se determinó inicialmente trabajar con el ERF (Factor Estimado de Reparación). Llevando a cabo un análisis primario de la información se observa que la tubería analizada no presentó valores ERF considerables, ni variaciones significativas de este valor (0.65); con base en lo anterior se optó por utilizar otra medida de referencia para la correlación. Siguiendo el mismo procedimiento de análisis, se decidió trabajar utilizando los datos de pérdida de espesor promedio, como valor importante en la determinación de la integridad de la tubería.

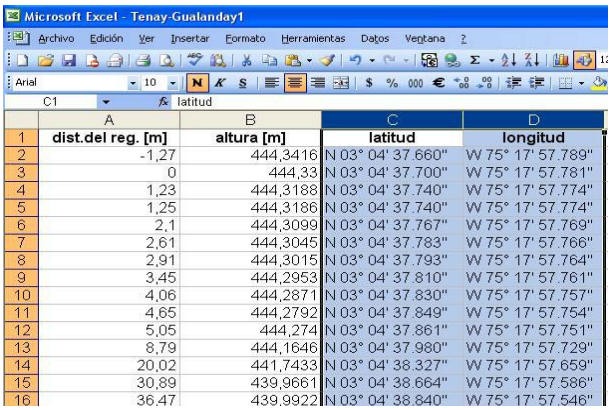
2.3 Procedimiento

2.3.1 Captura y Análisis de Datos.

El manejo de los datos recolectados se hará por medio del software ArcGIS 9.0, adquirido por la UPTC.

CONVERSIÓN DE DATOS

Para poder utilizar la información de inspección en el software ArcGIS 9.0, fue necesario realizar la conversión de coordenadas polares a coordenadas cartesianas (Figura 1 y 2):



Microsoft Excel - Tenay-Gualanday1

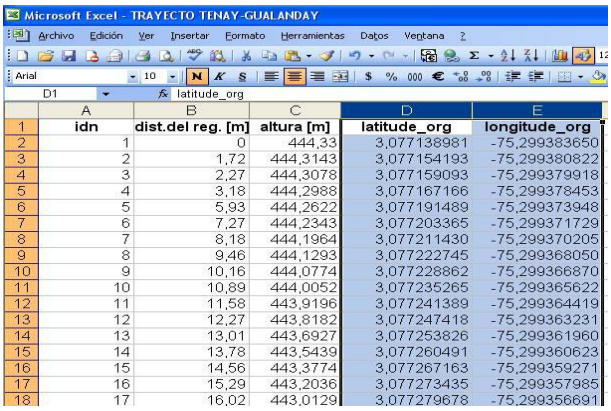
Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?

Arial 10 N K S $ % 000 € ,0 ,00

C1 latitud

	A	B	C	D
1	dist.del reg. [m]	altura [m]	latitud	longitud
2	-1,27	444,3416	N 03° 04' 37.660"	W 75° 17' 57.789"
3	0	444,33	N 03° 04' 37.700"	W 75° 17' 57.781"
4	1,23	444,3188	N 03° 04' 37.740"	W 75° 17' 57.774"
5	1,25	444,3186	N 03° 04' 37.740"	W 75° 17' 57.774"
6	2,1	444,3099	N 03° 04' 37.767"	W 75° 17' 57.769"
7	2,61	444,3045	N 03° 04' 37.783"	W 75° 17' 57.766"
8	2,91	444,3015	N 03° 04' 37.793"	W 75° 17' 57.764"
9	3,45	444,2953	N 03° 04' 37.810"	W 75° 17' 57.761"
10	4,06	444,2871	N 03° 04' 37.830"	W 75° 17' 57.757"
11	4,65	444,2792	N 03° 04' 37.849"	W 75° 17' 57.754"
12	5,05	444,274	N 03° 04' 37.861"	W 75° 17' 57.751"
13	8,79	444,1646	N 03° 04' 37.980"	W 75° 17' 57.729"
14	20,02	441,7433	N 03° 04' 38.327"	W 75° 17' 57.659"
15	30,89	439,9661	N 03° 04' 38.664"	W 75° 17' 57.586"
16	36,47	439,9922	N 03° 04' 38.840"	W 75° 17' 57.546"

Figura 1. Coordenadas Polares.



Microsoft Excel - TRAYECTO TENAY-GUALANDAY

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?

Arial 10 N K S $ % 000 € ,0 ,00

D1 latitude_org

	A	B	C	D	E
1	idn	dist.del reg. [m]	altura [m]	latitude_org	longitude_org
2	1	0	444,33	3,077138981	-75,299383650
3	2	1,72	444,3143	3,077154193	-75,299380822
4	3	2,27	444,3078	3,077159093	-75,299379918
5	4	3,18	444,2988	3,077167166	-75,299378453
6	5	5,93	444,2622	3,077191489	-75,299373948
7	6	7,27	444,2343	3,077203365	-75,299371729
8	7	8,18	444,1964	3,077211430	-75,299370205
9	8	9,46	444,1293	3,077222745	-75,299368050
10	9	10,16	444,0774	3,077228862	-75,299366870
11	10	10,89	444,0052	3,077235265	-75,299365622
12	11	11,58	443,9196	3,077241389	-75,299364419
13	12	12,27	443,8182	3,077247418	-75,299363231
14	13	13,01	443,6927	3,077253826	-75,299361960
15	14	13,78	443,5439	3,077260491	-75,299360623
16	15	14,56	443,3774	3,077267163	-75,299359271
17	16	15,29	443,2036	3,077273435	-75,299357985
18	17	16,02	443,0129	3,077279678	-75,299356691

Figura 2. Coordenadas Cartesianas.

Además todos los datos que se encontraban en Excel tuvieron que ser modificados de formato de número general al formato de número específico.

CONVERSIÓN DE FORMATOS

De la información recolectada se escogió aquella que sería llevada al sistema (ArcGIS), toda esta información se encontró en formato Hoja de cálculo Microsoft Excel, siendo necesario la conversión a formato dbf (IV) al cual se encuentra en cobertura de ArcGIS. Adicionalmente, la información cartográfica se validó de formato AutoCAD a cobeturas de ArcGIS.

EDICIÓN DE LA INFORMACIÓN

La información recolectada y lista para ArcGIS fue editada, específicamente las tablas de atributos relacionadas, para evitar conflictos en la lectura de la información y posteriormente tabularla.

ALIMENTACIÓN DE DATOS A SOFTWARE

Se creó un mapa nuevo (vacío), asignándole el nombre **Proyecto_TG.mxd**.

Se creó un mapa nuevo (vacío), asignándole el nombre **Proyecto_TG.mxd**.

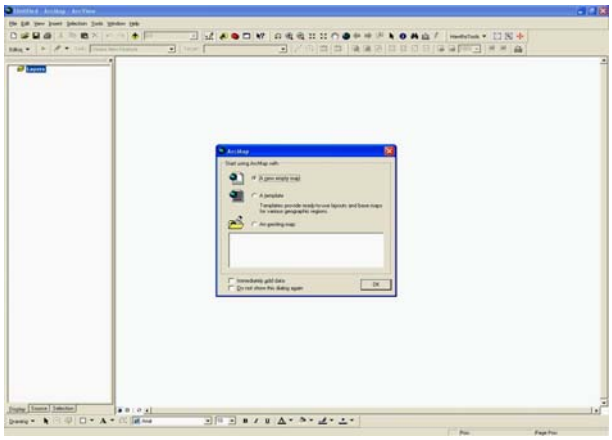


Figura 3. Creación Nuevo Mapa ArcGIS.

Con la ayuda de la herramienta ArcCatalog, se ubicaron los archivos cartográficos existentes, de los cuales se seleccionaron los correspondientes al tramo Tenay-Gualanday (Figura 4).

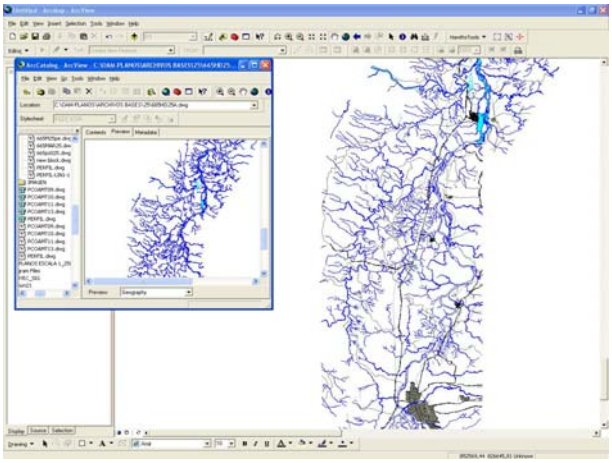


Figura 4. Cartografía trayecto tramo Tenay-Gualanday.

Una vez ubicada la cartografía, se continúa con la introducción de los datos, esta vez se inicia con el trayecto de tramo Tenay-Gualanday (Figura 5).

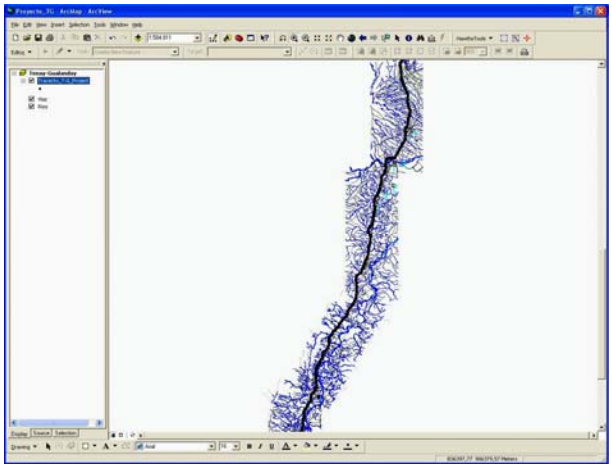


Figura 5. Trayecto Tenay-Gualanday.

Se continúa con los datos PCM del mismo tramo (Figura 6).

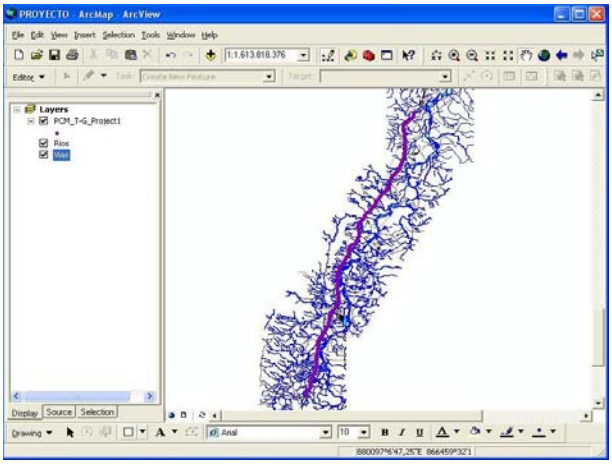


Figura 6. Datos PCM.

Se prosigue con las anomalías, anomalías relevantes y anomalías severas.

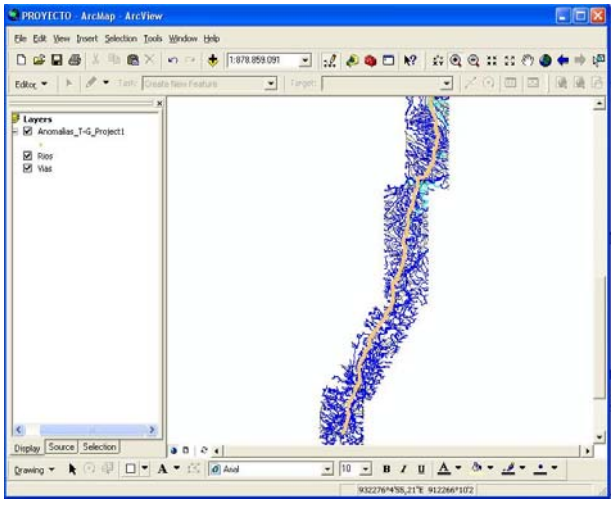


Figura 7. Anomalías (HI) Tenay-Gualanday.

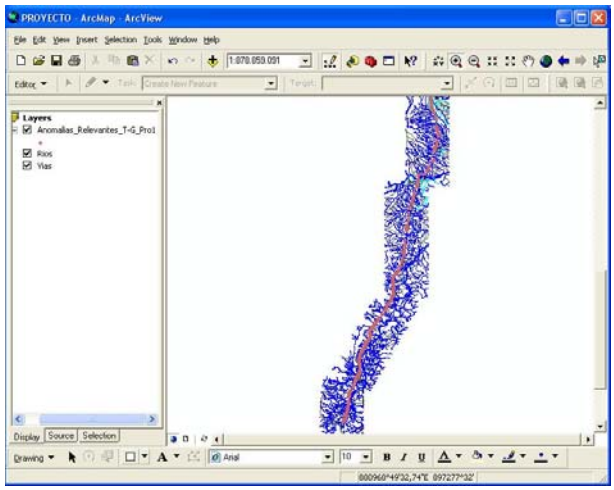


Figura 8. Anomalías Relevantes (HI) Tenay-Gualanday.

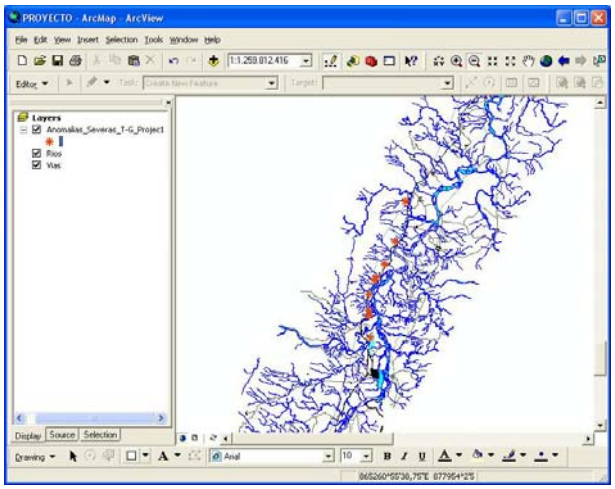


Figura 9. Anomalías Severas (HI) Tenay-Gualanday.

3. RESULTADOS

La inclusión de la cartografía en el presente estudio tiene una gran importancia por ser el medio de ubicación y análisis espacial.

Para satisfacer algunas de las necesidades de información en el SIG, se realizaron modelos cartográficos de visualización, que permitan una mejor toma de decisiones.

El principal resultado del prototipo de sistema de información es la identificación del trayecto del tramo de tubería analizado, junto con sus variables de corrosión inspeccionadas.

Es posible visualizar el punto final exacto leído en la inspección y ubicar espacialmente las estaciones inicial y final del tramo Tenay-Gualanday (Figuras 10 y 11).

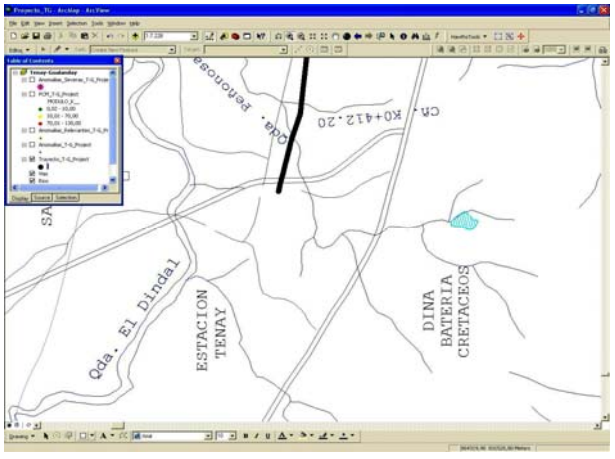


Figura 10. Estación Tenay (Huila)

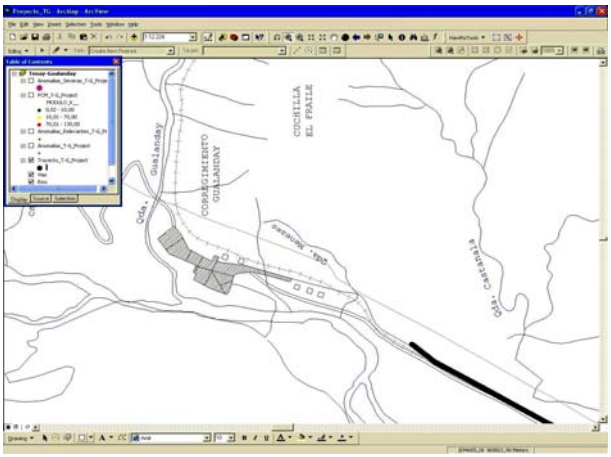


Figura 11. Estación Gualanday (Tolima)

Para guía de identificación y correlación gráfica se observa una tabla de propiedades donde se ilustran las capas de información alimentadas al software, dando la posibilidad de activarlas o no (☑) según sea necesario (Figura 12).



Figura 12. Tabla de propiedades ArcGIS.

Con el proyecto, se muestra gráficamente la distribución de cada punto y/o anomalía, con sus respectivas coordenadas GPS; se muestran las tablas de atributos respectivas de cada variable (Figura 13).

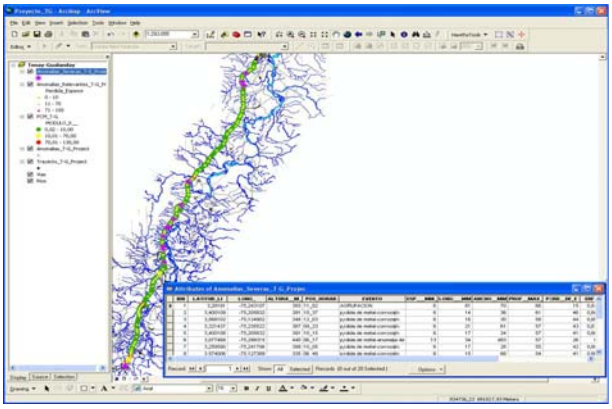


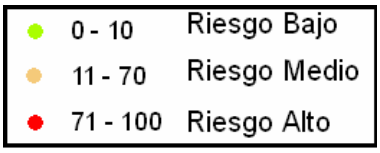
Figura 13. Tabla atributos ArcGIS.

La tabla de atributos corresponde a cada capa de información del tramo Tenay-Gualanday, donde se muestra la información útil y pertinente al respecto.

3.1 Criterios de Clasificación del Riesgo

3.1.1 Criterio 1.

Zonas de pérdida de espesor de metal de la tubería. Las cuales se han clasificado en porcentaje de pérdida, menor al 20%, entre el 20% y el 70% y mayor al 70% (Figura 14).



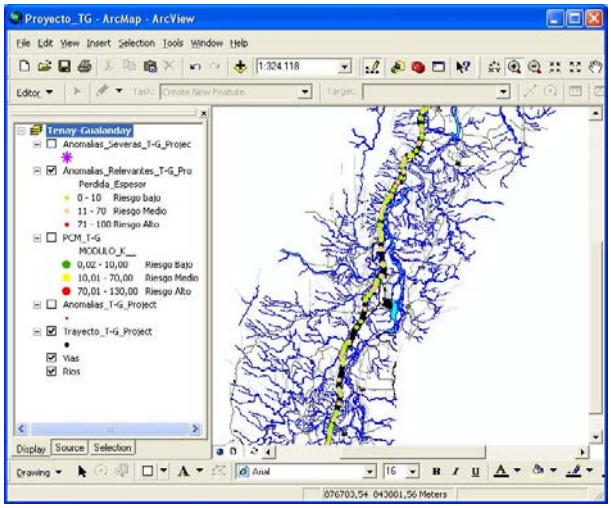
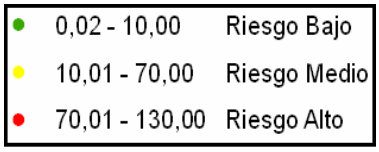


Figura 14. Anomalías relevantes (Externas – Internas).

3.1.2 Criterio 2.

Zonas del estado del recubrimiento. Teniendo en cuenta la dificultad de insinuar un porcentaje de pérdida de recubrimiento, este se evalúa como bueno, regular y malo, basado en el drenaje de corriente, expresado por el modulo K (Figura 15).



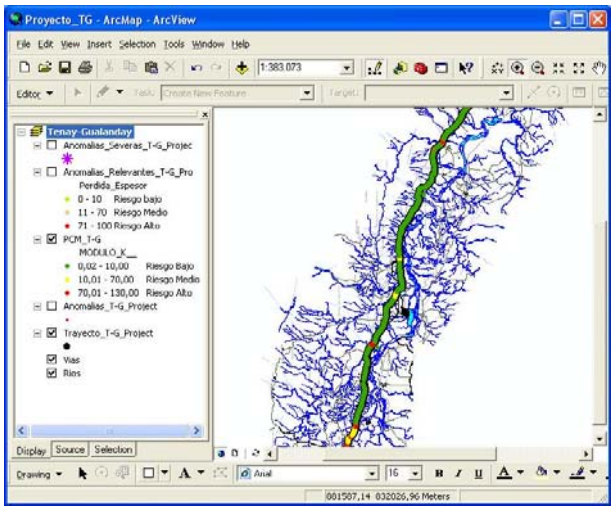


Figura 15. Modulo K – PCM

Cada punto o cada coordenada va acompañada de su respetiva información la cual se puede observar en un menú utilizando el comando "identificar" sobre la coordenada a consultar. En el recuadro de la Figura 16 aparecen las coordenadas, distancia, altura, tipo de falla y más, de acuerdo al tipo de dato. Factores determinantes en la generación de un orientado diagnóstico de predicción y prevención de fallas.

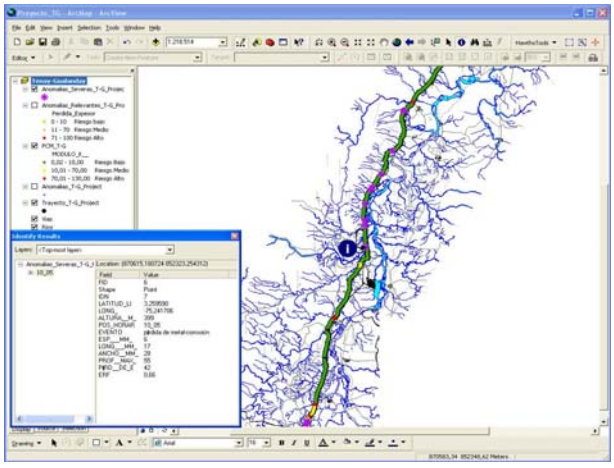


Figura 16. Identificación de los puntos.

3.2 Correlación Geográfica

La correlación se puede hacer de la misma forma utilizando las anomalías relevantes, pero no existiría una correlación real debido a que en estas anomalías se incluyen las de pérdida de metal en la pared interna de la tubería.

Es posible observar todos los datos ingresados al SIG y para su mejor detalle, ampliar selecciones de interés a fin de ver representadas los eventos más influyentes sobre las zonas más afectadas y relacionarlo con alguna situación geográfica del terreno (Figura 17).

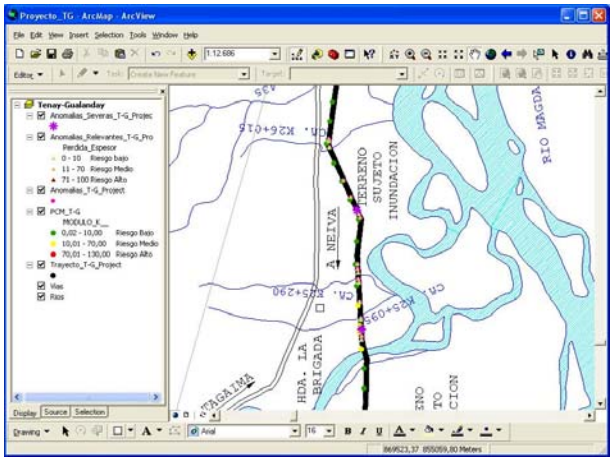


Figura 17. Vista ampliada con detalles cartográficos.

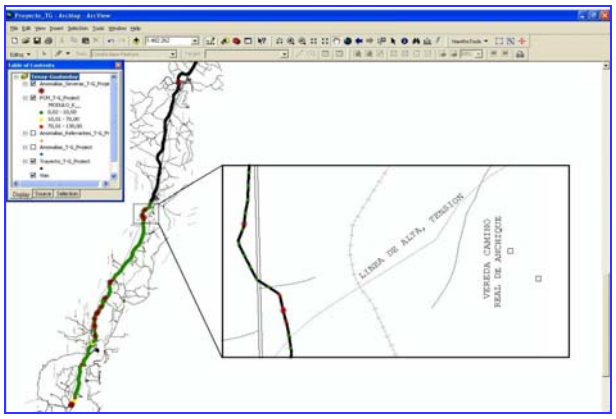


Figura 18. Ampliación con eventos influyentes.

En la Figura 18 se pueden observar el trayecto, los datos PCM clasificados por el modulo K, las anomalías, anomalías relevantes y las anomalías severas.

Además todo sobre los planos cartográficos que contiene información gráfica de ríos, vías y algunas zonas importantes como de inundación o cruces le líneas de alta tensión o vías férreas, que podrían afectar la integridad del ducto.

3.3 Correlación Gráfica

3.3.1 Riesgo por pérdida de recubrimiento.

La inspección del recubrimiento usando la técnica PCM se realizó a 70 Km aproximadamente desde la estación Tenay en Huila. A continuación se muestra el análisis del riesgo del ducto correspondiente.

La Figura 19 muestra de acuerdo al rango de valores dado al modulo K, la clasificación del riesgo en esta sección del ducto.

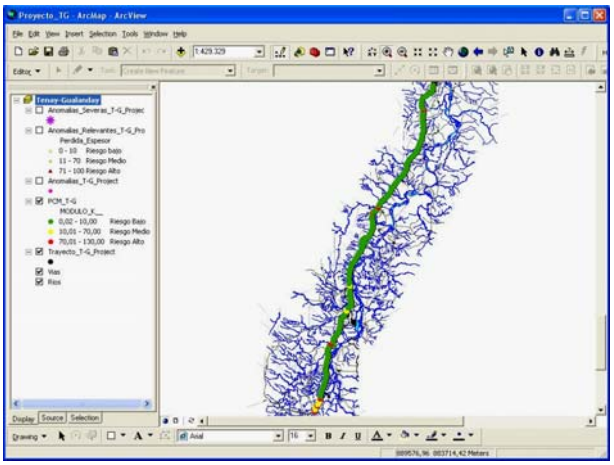


Figura 19. Clasificación modulo K.

Claramente se hace más notoria la presencia de regiones en verde, igualmente la agrupación de las regiones en rojo y amarillo al inicio del trayecto de la línea. En la Figura 20 se muestra la región ampliada en la que se encuentran zonas amarillas y rojas intercaladas de una longitud de 3.7 Km aproximadamente.

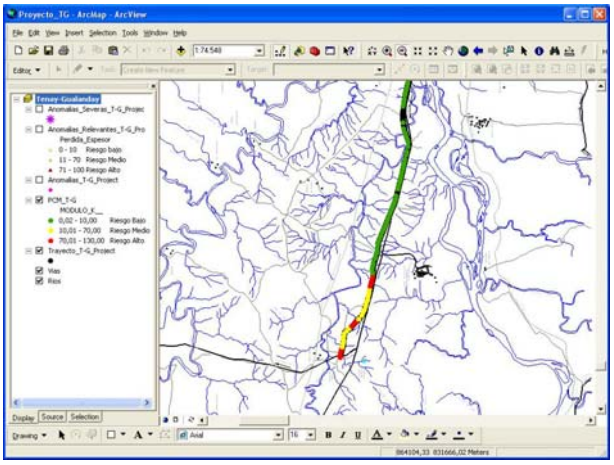


Figura 20. Ampliación zonas críticas del modulo K.

La correlación gráfica se genera a partir de la intersección espacial de los datos de inspección, particularmente del modulo K de PCM y de las anomalías severas de HI. Visualizando las anomalías severas sobre los datos PCM, observamos la ubicación exacta de cada defecto y conjuntamente su criticidad. De tal forma que observando el color y la ubicación del defecto de pérdida de metal sobre la distribución de colores en PCM se caracteriza la influencia de un dato sobre el otro, es decir, del revestimiento sobre el metal.

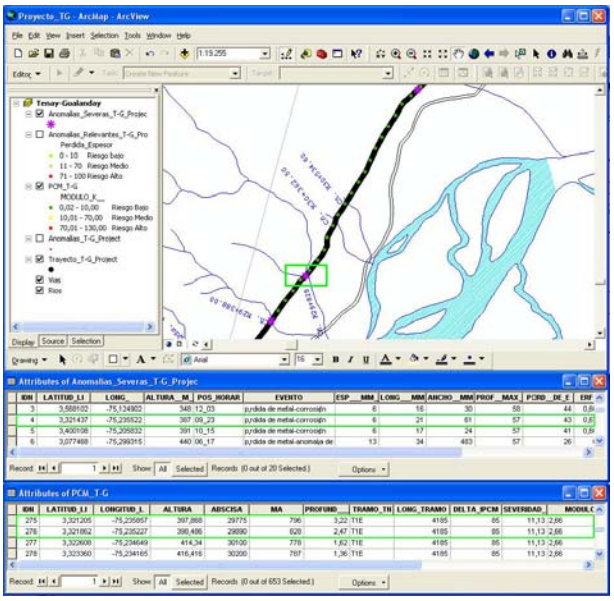


Figura 21. Zona PCM riesgo bajo – Anomalía severa riesgo alto.

En la Figura 21, se observa en el recuadro verde, que en medio de dos puntos verdes de PCM se encuentra localizada una anomalía severa. Podemos decir para este caso particular en donde a pesar de estar en buen estado el recubrimiento, hay pérdida de metal por corrosión: lo que lleva a suponer que se puede tratar de una picadura. Esto a razón de que el valor del modulo K es de 2.66%, que esta clasificado como nivel de riesgo bajo, mientras que el punto 4 en la tabla de atributos de anomalías severas muestra un valor ERF medio de 0.65 que no indica un riesgo alto, este punto corresponde a una anomalía severa por la pérdida de espesor del metal media de 43% pero las dimensiones del defecto son grandes (longitud= 21mm, ancho= 61mm, profundidad= 57mm).

Para la Figura 22, se ha seleccionado una anomalía severa que coincide con un tramo de PCM de alto riesgo, donde determinamos que la zona en cuestión necesita de reparación inmediata. La longitud del tramo de alto riesgo (K= 87.17%) puede ascender casi a 200 metros si no se toman decisiones precisas que lleven a la reparación inmediata del defecto, iniciando por el punto exacto donde se localizó la anomalía severa ya que presenta una perdida de espesor de 44% con dimensiones relativamente grandes en su tamaño (longitud= 16 mm, ancho= 30 mm, profundidad= 58 mm).

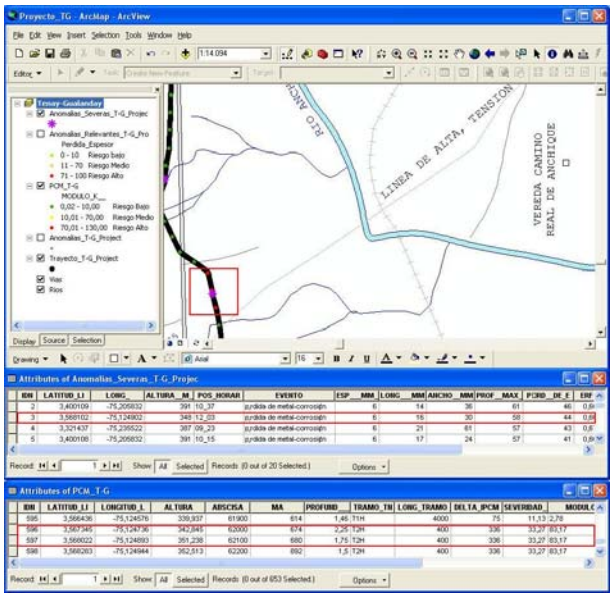


Figura 22. Zona PCM riesgo alto – Anomalía severa riesgo alto

3.3.2 Riesgo por pérdida de espesor del metal.

La pérdida de espesor del metal a lo largo de la línea en el tramo Tenay-Gualanday se observa en las anomalías, anomalías relevantes y anomalías severas, correspondiendo estas últimas a las anomalías más críticas por perdida de metal en la pared externa. Las anomalías relevantes enlistan los defectos más significativos tanto en la pared externa como en la interna.

La Figura 23, muestra que en el tramo Tenay-Gualanday no se evidencian anomalías relevantes de riesgo alto, es decir, no hay zonas rojas, en la pared interna y externa.

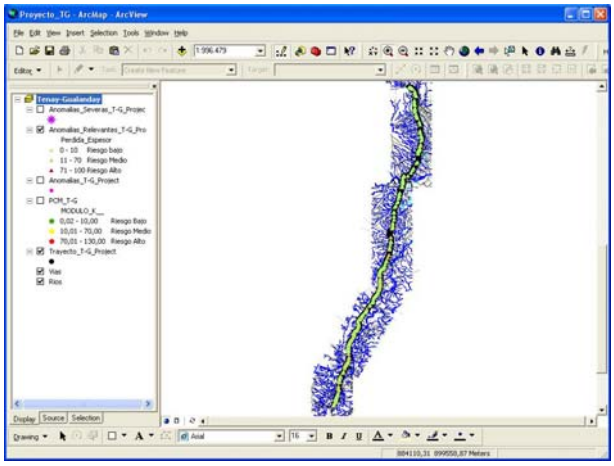


Figura 23. Anomalías relevantes, riesgo medio y bajo.

A pesar de no haber anomalías relevantes críticas, a continuación (Figura 24) se muestran las anomalías consideradas como severas de la pared externa, cuyas condiciones son notorias y significativas, y que eventualmente pueden ser claves en el desarrollo de defectos más críticos.

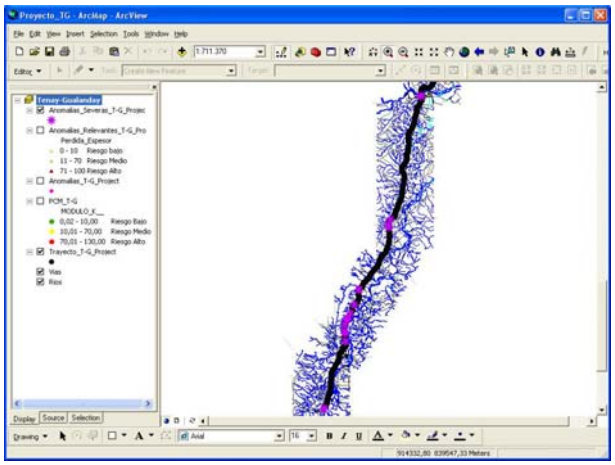
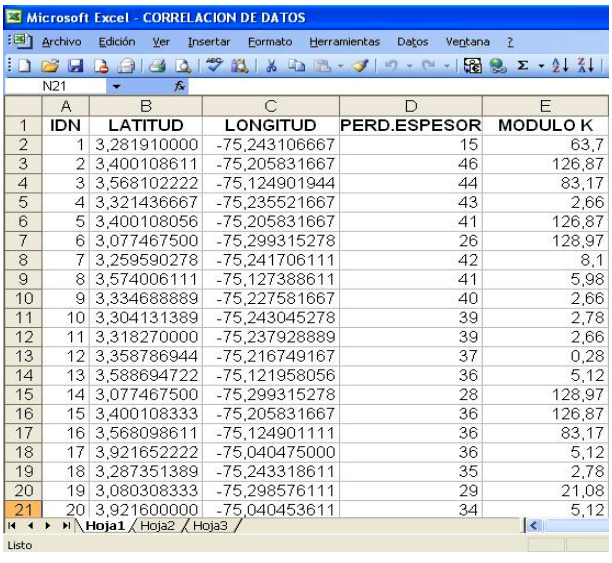


Figura 24. Anomalías severas.

En Figura 24 se observa una sección donde prevalecen anomalías severas, en un total de 20 defectos a lo largo del trayecto.

3.4 Correlación de Datos de Inspección Gráfica

Para poder dar una interpretación más acertada y explicita, se hizo una correlación de datos mediante un grafico de dispersión de puntos, el cual contiene información del modulo K (%) vs pérdida de espesor (%); en donde los datos seleccionados coinciden en sus coordenadas. Es importante tener en cuenta esta coincidencia para poder llevar a cabo la correlación de datos (Figura 25).



Microsoft Excel - CORRELACION DE DATOS

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?

N21

	A	B	C	D	E
1	IDN	LATITUD	LONGITUD	PERD.ESPESOR	MODULO K
2	1	3,281910000	-75,243106667	15	63,7
3	2	3,400108611	-75,205831667	46	126,87
4	3	3,568102222	-75,124901944	44	83,17
5	4	3,321436667	-75,235521667	43	2,66
6	5	3,400108056	-75,205831667	41	126,87
7	6	3,077467500	-75,299315278	26	128,97
8	7	3,259590278	-75,241706111	42	8,1
9	8	3,574006111	-75,127388611	41	5,98
10	9	3,334688889	-75,227581667	40	2,66
11	10	3,304131389	-75,243045278	39	2,78
12	11	3,318270000	-75,237928889	39	2,66
13	12	3,358786944	-75,216749167	37	0,28
14	13	3,588694722	-75,121958056	36	5,12
15	14	3,077467500	-75,299315278	28	128,97
16	15	3,400108333	-75,205831667	36	126,87
17	16	3,568098611	-75,124901111	36	83,17
18	17	3,921652222	-75,040475000	36	5,12
19	18	3,287351389	-75,243318611	35	2,78
20	19	3,080308333	-75,298576111	29	21,08
21	20	3,921600000	-75,040453611	34	5,12

Hoja1 Hoja2 Hoja3

Listo

Figura 25. Correlación Perdida de espesor – Modulo K.

Para poder visualizar el nivel de criticidad de todo el tramo de la tubería, se determinó utilizar para cada intervalo de criticidad un color y sugerir:

Rojo: **Reparación inmediata.**

Amarillo: **Revisión y control preventivo.**

Verde: Aceptación de la vida útil calculada de la tubería.

De la selección de los datos de inspección, cuyas coordenadas de modulo K y pérdida de espesor de anomalías severas coincidieron, se obtuvo la Figura mostrada a continuación.

Las Figura 26 y 27 muestra el análisis de la correlación de datos de inspección, indicando los puntos críticos de la tubería OAM, en el tramo T-G.

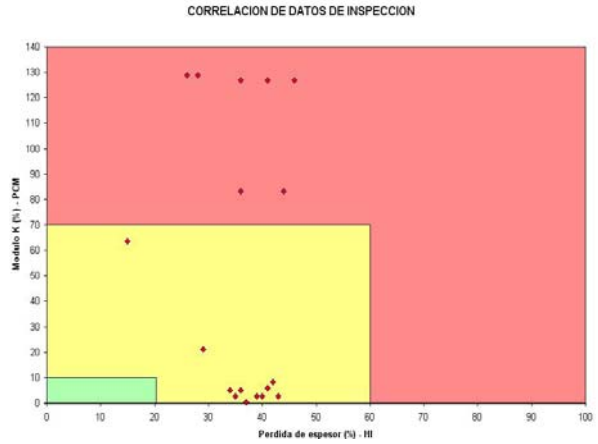
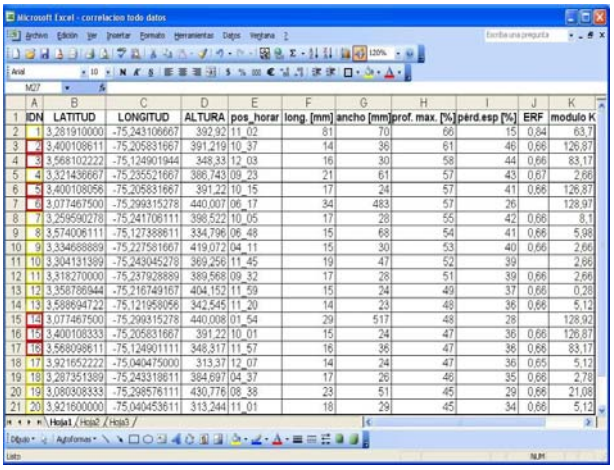


Figura 26. Correlación de datos de inspección. Modulo K vs Pérdida de espesor.



	IDN	LATITUD	LONGITUD	ALTURA	pos_horar	long. [mm]	ancho [mm]	prof. max. [%]	pérd.esp [%]	ERF	modulo K
2	1	3,281910000	-75,243106667	392,92	11_02	81	70	66	15	0,84	63,7
3	2	3,400108611	-75,205831667	391,219	10_37	14	36	61	46	0,66	126,87
4	3	3,568102222	-75,124901944	348,33	12_03	16	30	58	44	0,66	83,17
5	4	3,321436667	-75,235521667	386,743	09_23	21	61	57	43	0,67	2,66
6	5	3,400108056	-75,205831667	391,22	10_15	17	24	57	41	0,66	126,87
7	6	3,077467500	-75,299315278	440,007	06_17	34	483	57	26		128,97
8	7	3,259590278	-75,241706111	398,522	10_05	17	28	55	42	0,66	8,1
9	8	3,574006111	-75,127388611	334,796	06_48	15	68	54	41	0,66	5,98
10	9	3,334688889	-75,227581667	419,072	04_11	15	30	53	40	0,66	2,66
11	10	3,304131389	-75,243045278	369,256	11_45	19	47	52	39		2,66
12	11	3,318270000	-75,237928889	389,568	09_32	17	28	51	39	0,66	2,66
13	12	3,358786944	-75,216749167	404,152	11_59	15	24	49	37	0,66	0,28
14	13	3,588694722	-75,121958056	342,545	11_20	14	23	48	36	0,66	5,12
15	14	3,077467500	-75,299315278	440,008	01_54	29	517	48	28		128,92
16	15	3,400108333	-75,205831667	391,22	10_01	15	24	47	36	0,66	126,87
17	16	3,568098611	-75,124901111	348,317	11_57	16	36	47	36	0,66	83,17
18	17	3,921652222	-75,040475000	313,37	12_07	14	24	47	36	0,65	5,12
19	18	3,287351389	-75,243318611	384,697	04_37	17	26	46	35	0,66	2,78
20	19	3,080308333	-75,298576111	430,776	08_38	23	51	45	29	0,66	21,08
21	20	3,921600000	-75,040453611	313,244	11_01	18	29	45	34	0,66	5,12

Figura 27. Tabla correlación datos de inspección.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En general, llevando a cabo el análisis de riesgo en el que se encuentra la tubería se determinó que se encuentra en buen estado. Se encontraron siete eventos que consideramos críticos gracias a la correlación de datos que se realizó los cuales se pueden ubicar en la Figura 41. En la Figura 42, se observan enmarcados los eventos importantes que requieren, en el caso amarillo, mantenimiento y prevención, y en el caso rojo, una inspección directa para corroborar la información y tomar decisiones pertinentes en cuanto a su reparación.

Correlacionando los datos de inspección, modulo K y pérdida de espesor en el metal, podemos dar un diagnostico más exacto de criticidad del ducto, debido a la dependencia que hay entre el recubrimiento y el ducto; teniendo en cuenta que de otra forma no se podría obtener estos resultados, es decir, si se analizan los datos de las dos inspecciones de forma independiente.

De la tabla 3, podemos anotar que no se encuentran defectos de pérdida de espesor considerables, es decir, mayores al 60%. El valor máximo es una anomalía con el 46%, que aparentemente no genera riesgo en el ducto. Tampoco se detectaron anomalías de corrosión con un ERF calculado ≥ 1.

Algunas de las anomalías severas, ubicadas sobre una zona crítica de daño en el recubrimiento corresponden a daños por construcción, pero que al haber defectos en el recubrimiento podrían ocasionar una falla catastrófica.

A partir del cálculo del factor K se observaron 11 sectores con drenaje de corriente de PCM, que se consideraron relevantes. Estos sectores seleccionados tienen una gran influencia en la perdida de corriente en el tramo Tenay-Gualanday del Oleoducto del Alto Magdalena, los cuales corresponden a los sectores rojos (7) y amarillos (4) de la Figura 19.

5. CONCLUSIONES

Se presenta la metodología con Sistemas de Información Geográfica, que nos permite tener organizada la información necesaria para el análisis y evaluación del riesgo por corrosión externa en líneas enterradas de transporte de crudo, mediante el análisis espacial, obteniendo información de apoyo para el manejo de la información.

Los datos alimentados al software ArcGis con la cartografía de la ubicación de la tubería, nos permiten visualizar la información y relacionarla con variables del entorno como son: municipios, zonas urbanas, ríos, vías, suelo, etc., y plantear un programa de integridad de la tubería con respecto al aseguramiento del impacto de la corrosión externa.

Uno de los principales inconvenientes que se presentan al desarrollar un proyecto utilizando la tecnología SIG, radica en la falta de personas

capacitadas. Es muy frecuente para aquellos sin la suficiente capacitación en el tema, llegar a confundir a los SIG con los programas de computador diseñados específicamente para trabajar cartografía digital. Y es por esto que es necesario aclarar un mínimo de conceptos necesarios para tener una idea general acerca de la relativamente reciente tecnología.

Los beneficios que surgen de la aplicación de un SIG son numerosos, y los logros obtenidos redundarán en beneficios económicos al lograr mejorar procesos, automatizar trazado de planos, obtener información más precisa y en menor tiempo, y al poder desarrollar nuevas tareas de análisis.

No siempre tener muchos datos, implica estar informado y menos tener conocimiento de lo que ocurre, en referencia a los mas de 50.000 datos GPS cada uno con su respectiva información.

Es posible realizar la correlación de datos de inspección de cualquier tramo de tubería donde para ello se hayan utilizado técnicas como herramienta inteligente (HI), PCM (Pipeline Current Mapping).

Para llegar al resultado presentado en este trabajo se utilizó solo una parte de la información recolectada y existente para el prototipo del sistema, indicando esto la utilidad que pueden prestar los SIG en el aseguramiento del riesgo de tuberías.

Con la presentación de esta metodología SIG, se logró alcanzar los objetivos planteados en el presente trabajo, llevado a cabo con el análisis del tramo Tenay-Gualanday.

ArcGIS es capaz de dar información tanto de la localización como de la severidad relativa de los picados y las fallas del recubrimiento. Aún tratándose de una metodología aparentemente simple, requiere una puesta a punto y una utilización cuidadosa, y está sujeto a posibles errores, y omisiones.

Este sistema para el aseguramiento de la integridad de ductos basado en tecnología GIS permite la mejor eficacia en la operación de los ductos, colaborando con las tareas de diseño de obra, ingeniería, construcción, mantenimiento y conservación del medio ambiente.

6. AGRADECIMIENTOS

A las empresas HOCOL y ATP Inegneiría, quienes aportaron Cartografía de la zona aledaña y datos reales del ducto.

7. REFERENCIAS

[1] Documento Conpes. Departamento Nacional de Planeación Proyectos Estratégicos de Ecopetrol S.A.

[2] SANABRIA, Rigaud. Generalidades sobre los Sistemas de Información Geográfica. Bogotá: 1999.p.15.

[3] DAZA, Omar. Prototipo de sistema de información geográfica del plan de manejo ambiental de Paipa. Tesis. UPTC. 2005.

[4] ARONOFF, Stan. Geographic Information System. Otawa: WDL Publications. 1993.

[5] Fundamentos de ArcGIS versión ArcVIEW 9.1. Tutorial de lecturas. Preparado por Iván Santiago. Versión 1. Puerto Rico. 2005.

[6] IGAC, Bases para entender los SIG's, Folletos pedagógicos. Bogotá DC: 2002. pA.

[7] PARRA, Rodolfo. MARULANDA, Segio. ESCOBAR, Fernando. Sistemas de Información Geográfica, Base de la Gestión Ambiental. Medellín: Imprenta Universidad Nacional, 1997.p.58.

[8] ASME B31G. Método para determinación del esfuerzo remanente en tuberías corroídas (Method For Determining The Remaining Strength Of Corroded Pipelines-1991(R2004)).

[9] ASME B31.8S. Administración de sistemas de integridad de ductos que transportan gas (Managing System Integrity of Gas Pipelines) (2004).

[10] API Standard 1160: Administración de sistemas de integridad de ductos que transportan líquidos peligrosos (Managing System Integrity for Hazardous Liquid Pipelines) (2001).

[11] API Standard 580: Inspección basada en riesgo (Risk-based Inspection) (2002).

[12] ASME B31.4 –S. Sistemas de Tuberías de Transporte para Hidrocarburos líquidos y otros líquidos (Pipeline Transportation Systems For Liquid Hydrocarbons And Other Liquids).

[13] NACE-RP-0502-2002. Metodología de evaluación directa de ductos con corrosión externa ECDA. (Pipeline External Corrosion Direct Assessment Methodology) (2002).