



TITULO:
**Assess & Address™: Manejo Responsable de Infraestructura
Subterránea – Presentación de Caso de Éxito en Sur América /
EMCALI EICE ESP**

Autor: Ing. Juan Manuel Isaza Pierotti

1. RESUMEN

El Taller se centrará en describir cómo empresas proactivas han implementado programas exitosos de gestión de tuberías utilizando tecnologías e ingeniería de vanguardia para desarrollar una estrategia de gestión de infraestructura rentable, segura y confiable en sistemas de redes de agua potable y aguas residuales.

La presentación está dirigida a empresas de servicios públicos y empresas asociadas al sector saneamiento, la cuales quieran ampliar su conocimiento en tecnologías de última generación para la inspección y gestión oportuna de tuberías de transmisión de gran diámetro (mayores a 12 pulgadas) en ciudades en vía de desarrollo como Santiago de Cali, sobre las cuales el impacto urbano impide conocer a ciencia cierta el estado de su infraestructura subterránea de abastecimiento de agua potable y recolección de aguas servidas, que suman hasta cerca del 75% de los activos en libros (según cifras AWWA) de estas empresas.

2. INTRODUCCIÓN

La gestión de infraestructura hidráulica subterránea ha logrado avances significativos en la última década, en primera instancia debido al desarrollo de técnicas de inspección y nuevas tecnologías, y por otro lado, debido al advenimiento de un apoyo analítico profundo de ingeniería que reside tras bambalinas de la tecnología. Si bien muchas de las estrategias de gestión se han desarrollado para proporcionar la “instantánea” actual del riesgo asociado a un activo (en nuestro caso *infraestructura subterránea, principalmente tuberías*, para ser más precisos), su condición, y la planeación de su gestión a largo plazo, no todos los enfoques son iguales. Con demasiada frecuencia, las estrategias de gestión de tuberías se centran en establecer el riesgo asociado a los activos de una empresa, registrando (o no) datos limitados sobre su estado actual, seguido de un programa de sustitución de infraestructura para nada estratégico.

La práctica más reciente para gestionar infraestructura consiste en sustentar proyectos de reemplazo o rehabilitación de tuberías priorizando el riesgo mediante extensos estudios documentales de consultoría; este era el único método disponible para realizar un plan maestro de gestión de sus redes. Estos estudios suelen basarse en la edad y la vida útil esperada (valor en libros) de un activo para determinar la vida útil restante del mismo, haciendo de estas variables en un eje significativo en la estrategia de reemplazo. No obstante, está comprobado extensamente por la literatura en la materia, que la edad es una de las variables menos confiables para predecir fallas en tuberías. Este nuevo paradigma está generando un cambio de dirección en la industria, distanciándola de ese *Enfoque Tradicional*.

3. INDICE

- I. INTRODUCCIÓN A PURE TECHNOLOGIES
 - a. Nuestra Filosofía y razón de ser
- II. SOLUCIONES PARA GESTIÓN DE TUBERÍAS A PRESIÓN: EVALUAR Y GESTIONAR (Assess & Address™)
 - a. Ciclo de vida de la Gestión de Activos - Assess & Address™
 - b. Descripción de un programa de Priorización de Activos
- III. ESTUDIO DE CASO: PROYECTO PARA DETECCIÓN DE FUGAS Y EVALUACIÓN DE CONDUCCIONES EN CALI, COLOMBIA – EMCALI EICE ESP
 - a. Alcance del Proyecto
 - b. Descripción de las Tecnologías Empleadas
 - c. Evaluación Detallada sobre las Tuberías de LA NORMAL
 - d. Conclusiones, Logros y Resultados

4. DESARROLLO

I. INTRODUCCIÓN A PURE TECHNOLOGIES

Pure Technologies es la empresa líder en el mundo en diagnóstico, evaluación y consultoría de infraestructura subterránea. Nuestra casa matriz se encuentra en Canadá, en la ciudad de Calgary, Provincia de Alberta. Realizamos operaciones en todo el mundo, únicas en su tipo.



Figura 1 – Presencia Global

Dado nuestro grado de especialización tenemos más experiencia en el diagnóstico de tuberías que cualquier otra compañía actualmente. Contamos con tecnología propia, patentada, única en su tipo – solo PURE tiene acceso a su uso y comercialización.

Somos una empresa de expertos. Ingenieros, científicos y otros profesionales que valoran la calidad y la precisión. **Pensamos dos veces y actuamos una vez.**

a. Nuestra Filosofía y Razón de Ser

En Pure Technologies consideramos que, empleando una estrategia tradicional de gestión de activos, las empresas prestadoras de servicios públicos generalmente gastan más recurso (principalmente de capital) de lo que en realidad necesitan. La filosofía Assess & Address™ consiste en cambiar el paradigma: se debe inspeccionar primero para obtener datos sólidos de las condiciones REALES del activo y solamente reemplazar/renovar aquello que realmente necesita un cambio o remediación. Es simplemente una propuesta de optimización del recurso y los presupuestos operativos a través de una estrategia integral.

Nuestra experiencia nos muestra que una estrategia de gestión exitosa debe ser gobernada por la variable del riesgo asociado. Al entender el riesgo asociado a la infraestructura objetivo, el mecanismo de falla, y los beneficios y limitaciones de las técnicas y tecnologías de evaluación, se puede lograr construir una estrategia de gestión sólida que permita mantener y prolongar la vida útil de los activos. Este enfoque de gestión de infraestructura proporciona resultados consistentes que permiten diferir importantes inversiones de capital en reemplazos innecesarios a la vez que el aumenta la confiabilidad de la infraestructura. El uso del riesgo asociado como variable gobernante del activo para guiar las estrategias de gestión, permite a los operarios asegurar la implementación del enfoque correcto, en el momento adecuado, con el impacto financiero más bajo.

Un conocimiento profundo sobre las tecnologías disponibles, el análisis de ingeniería idóneo y el enfoque de gestión integral de la infraestructura hidráulica permite desarrollar un programa de integridad de activos eficaz. Llamamos Assess & Address™ al proceso de establecer un programa de gestión de riesgos basado en extender la vida útil de los activos existentes mediante la identificación de la causa raíz del deterioro de la tubería y/o una posible falla (1); a la selección de los procedimientos y las tecnologías para localizar áreas de deterioro (2); y a definir métodos para solucionar eficazmente la causa raíz de los problemas detectados (3). En general, el enfoque de Evaluar y Atender (Assess & Address) nos permite encontrar estadísticamente que menos del 1% de las tuberías inspeccionadas requieren acciones correctivas.

Como parte integral de este concepto, analizaremos un CASO REAL en donde aplicamos esta filosofía de trabajo para ayudar a una empresa de servicios públicos a optimizar sus recursos de manera eficaz. El estudio se llevó a cabo en la ciudad de Cali (Colombia) para EMCALI EICE ESP, la empresa de servicios públicos que brinda los servicios de acueducto, alcantarillado, electricidad y telecomunicaciones de la tercera ciudad más importante del Colombia.

II. SOLUCIONES PARA GESTIÓN DE TUBERÍAS A PRESIÓN: EVALUAR Y GESTIONAR (Assess & Address™)

La filosofía de trabajo de nuestra compañía nos ha permitido crecer en un sector altamente conservador y competitivo. Parte de este éxito consiste en la adopción de nuevos paradigmas y nuevos enfoques de soluciones para los problemas que se presentan diariamente en infraestructura subterránea.

Fieles a nuestro compromiso, desarrollamos una filosofía de trabajo, la cual aplicamos en nuestro día a día, es nuestro mantra. Las empresas que se han contagiado de esta metodología han logrado resultados importantes en corto tiempo en materia de gestión de infraestructura. Nuestro modelo de trabajo implica que:

- a. Considerar que existe una mejor forma de gestionar y administrar la infraestructura sanitaria existente en el mundo
- b. Moverse más allá de un enfoque solo en edad e historial de fallas

Cabe anotar lo siguiente:

- ✓ La edad de un activo rara vez se correlaciona con la condición estructural del mismo, según la WEF - Water Research Foundation.
- ✓ Un 70% a 90% de las tuberías reemplazadas cuentan aún con vida útil remanente según la EPA

Los mejores programas de renovación y gestión de integridad de activos de empresas públicas de servicios elite renuevan el 1% de su Sistema por año.

Es por eso que es importante entender el Ciclo de Vida de la Gestión de Activos para lograr resultados que permitan tomar decisiones acertadas.

c. Ciclo de vida de la Gestión de Activos - Assess & Address™

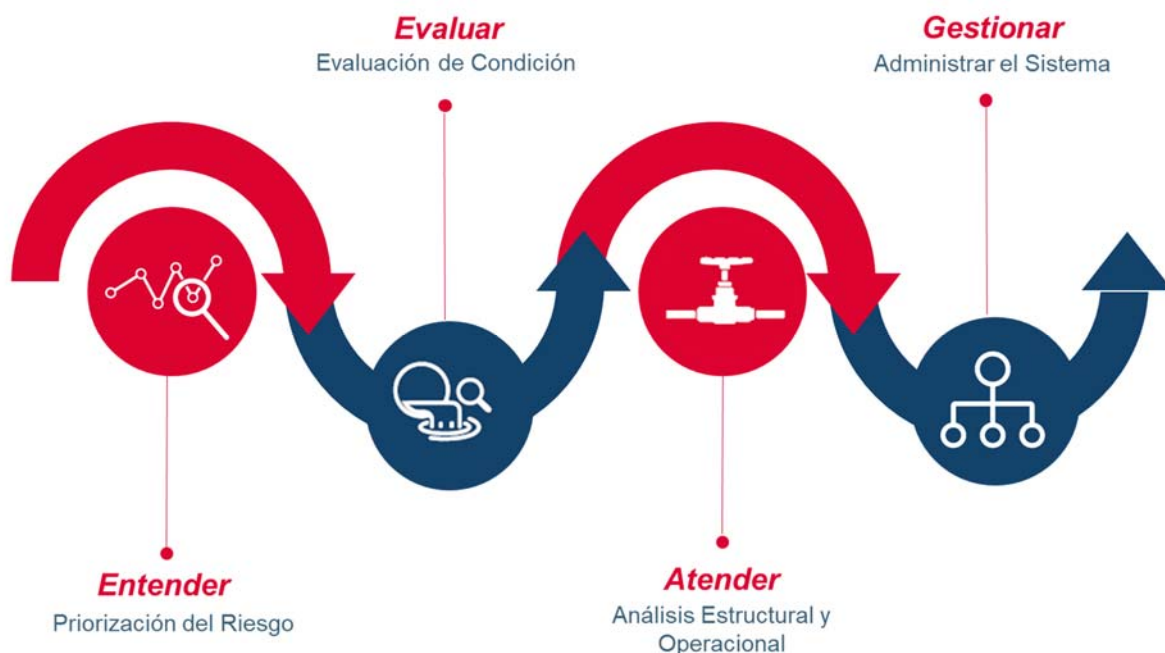


Figura 2 – Ciclo Óptimo de Gestión de Activos

d. Descripción de un programa de Priorización de Activos

Un Programa de Priorización de Activos (PPA) identifica la consecuencia y la probabilidad de fracaso de cada activo.

Este programa debe considerar integralmente varios escenarios y variables. No obstante, encontramos que los programas que se basan en las siguientes variables tienen un mayor grado de éxito en la industria:

- Edad
- Historial de Fallas
- Condición actual de la tubería
- Accesorios y Piezas Especiales

- Impactos Ambientales y Operacionales
- Localización Geográfica

En nuestro caso, ilustraremos como aplicamos esta metodología al programa de Gestión de Activos Críticos de EMCALI y los resultados obtenidos luego de aplicar esta metodología.

III. ESTUDIO DE CASO: PROYECTO PARA DETECCIÓN DE FUGAS Y EVALUACIÓN DE CONDUCCIONES EN CALI, COLOMBIA – EMCALI EICE ESP

a. Alcance del Proyecto

EMCALI contrató los servicios de PURE TECHNOLOGIES para inspeccionar parte de la infraestructura crítica de trasmisión de agua de la ciudad de Cali. Los objetivos del proyecto son:

- Rastreo, detección y localización de fugas no visibles de agua potable, con sistemas de detección intrusivos de desplazamiento en tuberías, en diámetros mayores e iguales a 12 pulgadas.
- Identificación de puntos críticos de la tubería donde existen bolsas de aire, fugas o puntos débiles de la tubería.

La infraestructura objetivo fueron 3 sistemas de transmisión de agua potable:

- Tubería SALIDA SUR
- Tubería TTN Yumbo
- Tuberías de La Normal de 40" y 36"

A continuación, mostramos una tabla resumen de las inspecciones:

Tabla 1: Datos de Inspección SmartBall™ tubería SALIDA SUR	
Longitud total inspeccionada:	8.392 m
Material de la tubería:	CCP/HF/HD
Diámetro de tubería:	1000/900/800/750 mm
Producto:	Agua
Duración de la Inspección:	4 horas, 11 minutos
Velocidad Promedio del Dispositivo:	0.6 m/s

Tabla 2: Datos de Inspección SmartBall™ tubería TTN YUMBO	
Longitud total inspeccionada:	8,554 m
Material de la tubería:	CCP/Acero
Diámetro de tubería:	850/750/650/600 mm
Producto:	Agua
Duración de la Inspección:	4 horas, 29 minutos
Velocidad Promedio del Dispositivo	0.5 m/s

Tabla 2: Datos de Inspección Sahara™ tuberías de LA NORMAL						
Inser.	Tubería	Vel. de flujo (m/s)	Presión (psi)	Inicio	Fin	Odóm. (m)
1	36"	0.73	4-10	Tanque La Normal	Desfogue Parque Jovita	711
2	40"	1.03	4-10	Tanque La Normal	Desfogue Parque Jovita	727
Total						1,438

A continuación, una vista aérea de las tuberías:

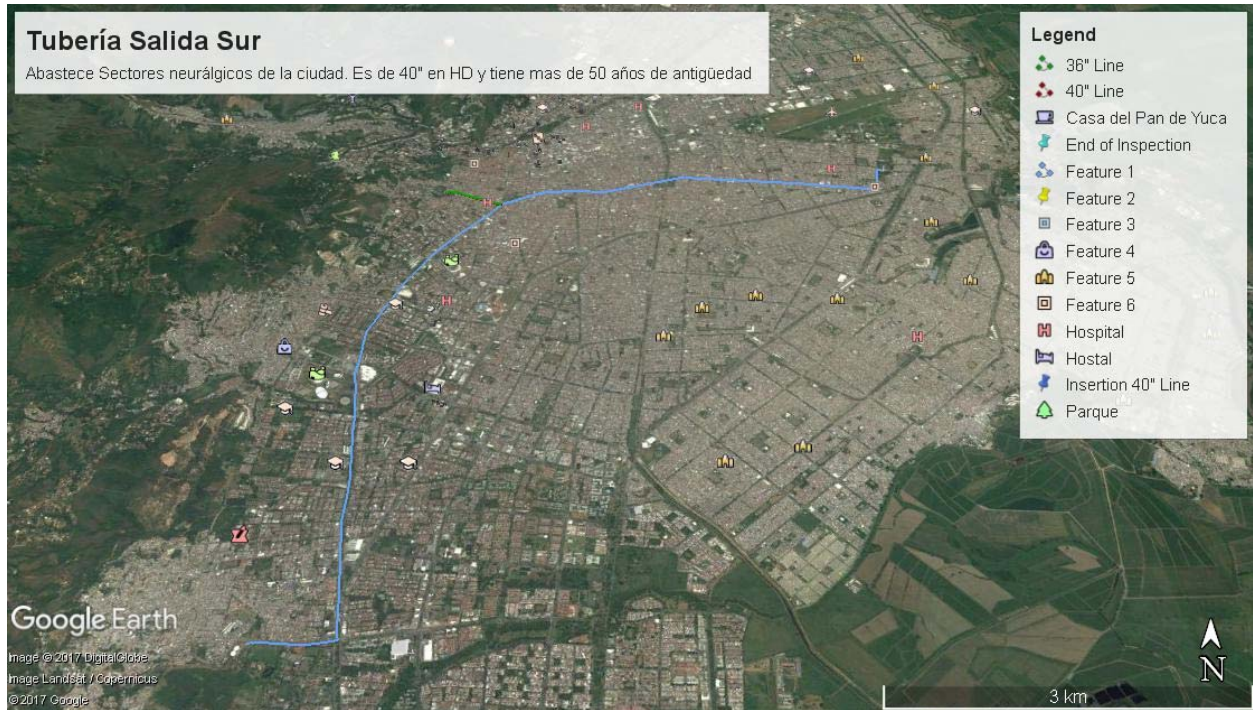


Figura 3 – Vista Aérea de la tubería SALIDA SUR

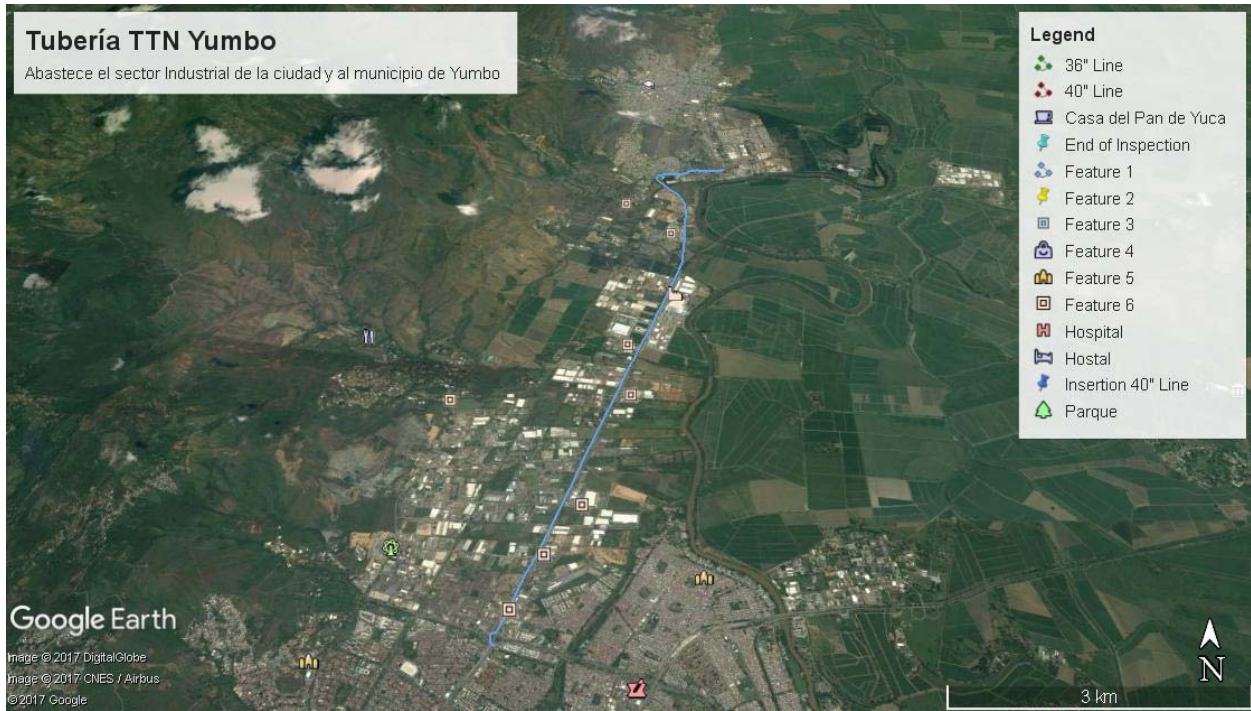


Figura 4 – Vista Area de la tubería TTN YUMBO

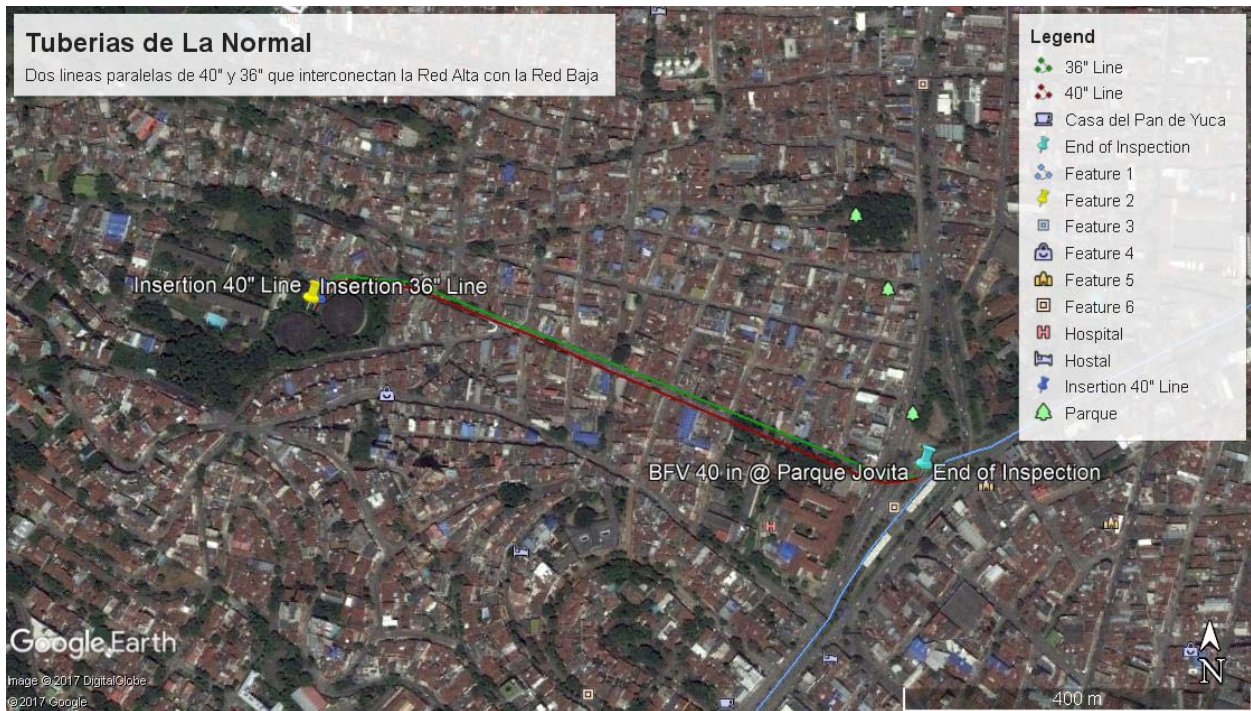


Figura 5 – Vista Aérea de las tuberías de LA NORMAL

b. Descripción de las Tecnologías Empleadas

DISPOSITIVO SMARTBALL™

El sistema de detección de fugas SmartBall™ consiste en un núcleo de aleación de aluminio interno que contiene un sensor acústico y circuitos. El núcleo de aluminio está encapsulado dentro de una bola de espuma para proporcionar la masa adecuada (tamaño y peso total) que permite que el dispositivo sea propulsado por el flujo. También amortigua cualquier sonido que el dispositivo pueda generar mientras atraviesa la tubería. La bola de espuma y el núcleo se insertan en una tubería completamente fluida y operativa y se liberan para permitir que el flujo lleve la bola aguas abajo. Mientras la pelota atraviesa la tubería, realiza un registro continuo de toda la actividad acústica en la tubería. Estos datos se evalúan posteriormente para determinar la presencia y localización de cualquier fuga o bolsa de aire atrapado. Adicionalmente, un magnetómetro incorporado a bordo del dispositivo registra las alteraciones asociadas con estrés presentes en la pared del tubo.



Figura 6 – Dispositivo SmartBall™

Un transpondedor dentro del núcleo SmartBall™ emite señales acústicas cronometradas de alta frecuencia que son detectadas por los receptores SmartBall™ (SBRs) en la superficie. Los SBRs rastrean el movimiento y la localización de la SmartBall™, correlacionando su posición en cualquier momento en referencia a los acontecimientos registrados en el sensor acústico contenido en el SmartBall™. Una vez que el SmartBall™ ha atravesado toda la longitud de la tubería, normalmente se captura y recupera en una red personalizada (cuando se utiliza el núcleo de SmartBall™ de 63 mm de diámetro) o en un depósito. El dispositivo SmartBall™ está alimentado por dos baterías, una para la recopilación de datos y otra para el sistema de seguimiento. La duración de la batería de la unidad de adquisición de datos es de aproximadamente 20 horas y la duración de la batería de la unidad de seguimiento es de aproximadamente 48 horas.

DISPOSITIVO SAHARA™

La plataforma de inspección Sahara™ II es un dispositivo de evaluación acústica no destructiva, que detecta la actividad acústica asociada con fugas o bolsas de aire atrapado y posibles defectos estructurales a través de un registro fílmico CCTV en tuberías presurizadas (16 pulgadas de diámetro y mayores) en todo tipo de construcción y materiales. Adicionalmente, la plataforma de inspección Sahara™ II incluye un componente de Evaluación de la Pared de Tubería (PWA) que puede indicar los niveles de estrés en tuberías metálicas de hasta 1200 mm (48 pulgadas) de diámetro. La plataforma de inspección Sahara™ II se compone de:

- Un sensor con componentes acústicos, de vídeo y PWA (incluyendo iluminación LED)
- Un sistema para rastrear el sensor
- Un sistema para insertar el sensor en una tubería presurizada.
- Un tambor de cable que contiene la fibra óptica para comunicación con el sensor
- Un rack de instrumentación electrónica para el procesamiento de datos acústicos y visuales

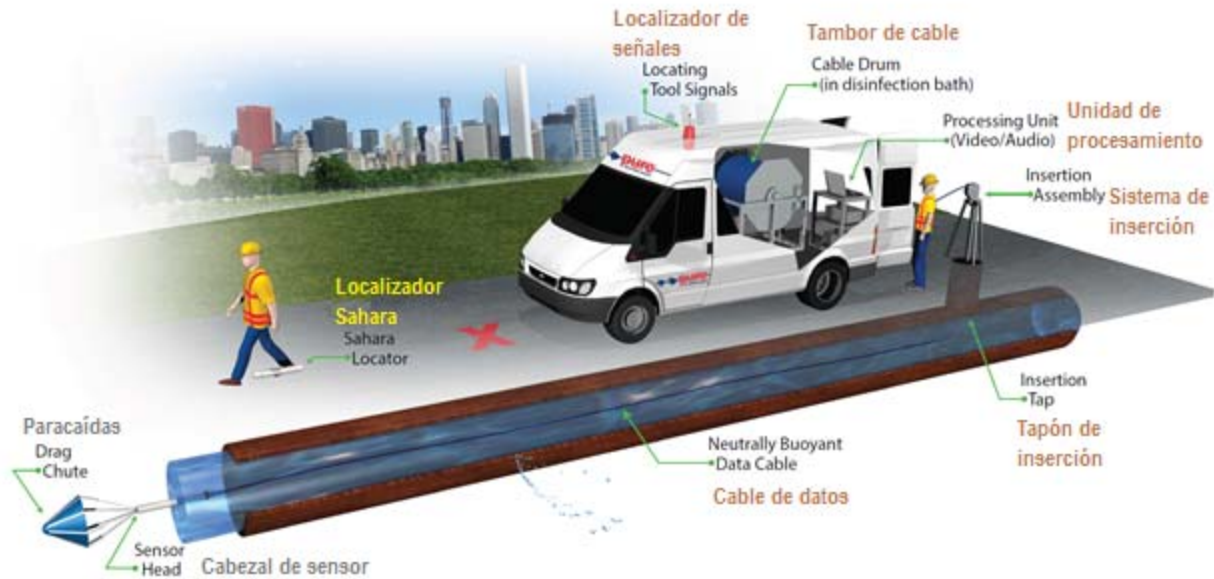


Figura 7 – Esquema de Configuración del Dispositivo Sahara™ II

El sistema se inserta en una tubería con caudal a través de una boca de inserción con un diámetro mínimo de 100 mm (4 pulgadas) utilizando el pistón de inserción. El sensor es propulsado por el flujo del agua usando un paracaídas de arrastre que lleva la cabeza del sensor a través del tubo a una distancia de hasta 1.600 metros (5.200 pies) en cada inserción a medida que el cable de datos sale del tambor.

c. Evaluación detallada sobre las Tuberías de LA NORMAL

Aparte de las inspecciones intrusivas realizadas en cada una de las tuberías, las tuberías de LA NORMAL requerían atención especial, debido principalmente al historial continuo de falla que presentaban ambas conducciones. Es ese orden de ideas, se realizaron estudios adicionales en puntos críticos de interés **que fueron previamente identificados mediante el dispositivo Sahara**. Es permitió optimizar el recurso y minimizar el impacto a las vías y a la comunidad, haciendo las intervenciones solamente en puntos con evidencia real de presencia de problemas. Se realizaron un total de tres (3) sondeos en tres puntos, donde igualmente se realizaron los siguientes estudios geofísicos: (a) Sondeos eléctricos verticales SEV (Método Wenner) para medir la resistividad de los suelos; (b) Ensayos de conductividad electromagnética según norma ASTM D6639; (c) muestreo de suelos para determinar sus propiedades geológicas; (d) medición del espesor de pared e inspección visual externa de la sección de tubo excavada.

Los objetivos principales de estos estudios fueron los siguientes:

- (1) Evaluar la agresividad de los suelos
- (2) Evaluar el estado del recubrimiento externo en puntos débiles
- (3) Evaluar el espesor de pared remanente en los puntos críticos detectados (muestra de un punto potencialmente muy crítico y débil)
- (4) Determinar si la pérdida de espesor de pared se debe a agentes externos o agentes internos

- (5) Evaluar de manera objetiva si el problema de las tuberías es discreto (o puntual) o si por el contrario es un problema generalizado.

A continuación, se muestran algunas ilustraciones de las intervenciones:



Resistividad de Suelos



Conductividad de Suelos



Medición de Espesor / Insp. Visual Ext.

Figura 8 – Estudios Adicionales sobre las tuberías de La Normal

d. Conclusiones, Logros y Resultados

Al inicio del proyecto, se plantearon las siguientes hipótesis a demostrar:

- (1) La pérdida de carga observada en la SALIDA SUR y TTN YUMBO puede deberse a fugas NO-VISIBLES y bolsas de aire atrapado, presentes en la línea.
- (2) Las tuberías de LA NORMAL aún conservan vida útil remanente y sólo es necesario realizar reparaciones locativas para recuperar el funcionamiento óptimo del activo.

Luego de concluir los trabajos de este proyecto integral, logramos:

- (1) Comprobar ambas hipótesis
- (2) Demostrar que las tuberías de transmisión (tuberías de gran diámetro) **SI** presentan *fugas No-Visibles* que no afloran a la superficie y que deben ser reparadas
- (3) Recuperamos una cantidad aproximada de más de 3.5 litros por segundo, considerando que se reparen todas las fugas.
- (4) Lograr un ahorro en el presupuesto de aproximadamente un 75%, incluyendo las reparaciones locativas, con respecto a una solución de rehabilitación y/o remplazo TOTAL, con los mismos resultados.



En conclusión, realizar un enfoque proactivo de inspección y diagnóstico de conducciones de gran diámetro permite obtener réditos importantes; estos réditos permiten optimizar el presupuesto de inversión de capital, evitando gastos innecesarios en reparaciones innecesarias, extendiendo así la vida útil de los activos de infraestructura subterránea existente. Adicionalmente, podemos concluir que este tipo de metodologías también permiten:

- (1) Minimizar el impacto a la comunidad
- (2) Recortar los tiempos necesarios para recuperar la operabilidad de activos importantes – ciclos de menos de un (1) año
- (3) Recuperar recurso hídrico al reparar fugas en tuberías de gran diámetro
- (4) Mejorar presiones y por lo tanto generar un impacto positivo en la calidad del servicio

7. REFERENCIAS

- Pure Technologies Ltd; Isaza, Juan Manuel; Rodriguez, Gerardo; Buntag, James; Castro, Salvador;. (2017). *Reporte de Inspección SmartBall: Salida Sur*. Calgary: Pure Technologies Ltd.
- Pure Technologies Ltd; Isaza, Juan Manuel; Rodriguez, Gerardo; Buntag, James; Castro, Salvador;. (2017). *Reporte de Inspeccion SmartBall: Tuberia TTN Yumbo*. Calgary: Pure Technologies Ltd.
- Pure Technologies Ltd; Isaza, Juan Manuel; Rodriguez, Gerardo; Duckworth, Christopher;. (2017). *Reporte del Monitoreo de Presiones Transitorias: Plantas Rio Cauca y Puerto Mallarino*. Calgary: Pure Technologies Ltd.
- Pure Technologies Ltd; Isaza, Juan Manuel; Rodriguez, Gerardo; Switzer, Jesse;. (2017). *Reporte de Inspección Sahara II: 36" Acero - Tuberia La Normal; 40" Acero - Tuberia La Normal*. Calgary: Pure Technologies Ltd.