



SMA

PROPUESTA DE SOLUCIÓN ALTERNATIVA: SISTEMAS DE ADMINISTRACIÓN DE TUBERÍAS



Gestión del recurso Hídrico para tuberías PCCP | Importisa

TABLA DE CONTENIDO

- SOLUCION INTEGRAL..... 4
- 1. PURE TECHNOLOGIES 4
 - 1.1. P-WAVE 4
 - 1.1.1. Concepto..... 4
 - 1.1.2. Base Teórica..... 4
 - 1.1.3. Propuesta para el Tramo 3 5
 - 1.2. OPENAKA VISUAL AND SOUNDING 5
 - 1.2.1. Concepto..... 5
 - 1.2.2. Propuesta..... 6
 - 1.3. SOUNDPRINT™ AFO (Acoustic Optic Fiber) 6
 - 1.3.1. Concepto..... 6
 - 1.3.2. Presupuesto de Trabajo 6
- 2. ADVITAM + FREYSSINET..... 11
 - 2.1. PRMS (PIPELINE RISK MANAGEMENT SYSTEM) 11
 - 2.1.1. Concepto..... 11
 - 2.1.2. Historia..... 11
 - 2.1.3. Definicion 11
 - 1.1.1. Presupuesto 15
 - 1.1.2. Alcances de la propuesta 15
 - 1.2. Frey-CWrap 15
 - 1.2.1. Presupuesto 15
 - 1.2.2. Ventajas 16
 - Alcances de la propuesta..... 16
 - 1.3. DURALOOP 17
 - 1.3.1. Presupuesto 17
 - Alcances de la Propuesta..... 18
- PROPUESTA DE MANEJO PARA LA LINEA TIBITOC-CASABLANCA / TRAMOS 1 Y 3 18
- ANEXO 1 20
 - PURE TECHNOLOGIES: Referencias Comerciales y Experiencia..... 20
- ANEXO 2 22
 - ADVITAM + FREYSSINET: Referencias Comerciales y Experiencia 22
- ANEXO 3 23
 - PIPELINE MANAGEMENT SYSTEMS - Estudio de caso: Middlesex y Phoenix 23
 - Middlesex, NJ 24
 - Phoenix, AZ..... 24
- ANEXO 3A 29
 - Phoenix And Middlesex: Tabla De Actividad Por Categoria 29



SISTEMAS DE ADMINISTRACION DE TUBERIAS DE ACUEDUCTO

Teniendo en cuenta la necesidad de la Empresa de acueducto y Alcantarillado de Bogotá de dar solución al creciente problema de demanda de agua de la ciudad y la necesidad de incrementar la presión de operación de la línea TIBITOC-CASABLANCA, es la intención de este documento ilustrar los sistemas de solución que ponemos a consideración de la empresa SMA (Salgado-Meléndez Asociados) y de la EAAB.

Cabe anotar que las tendencias en el mundo, tanto en Estados Unidos y Canadá como en Europa, es la de utilizar tecnologías que permitan el aprovechamiento de los recursos instalados, maximizando así la vida útil de los activos. Esto permite un acercamiento más responsable en la optimalización de los recursos necesarios para operar sistemas de acueducto y alcantarillado.



Las empresas PURE TECHNOLOGIES y ADVITAM prestan los servicios y equipos tecnológicos que permiten administrar tuberías PCCP para prolongar la vida útil de las mismas y lograr soluciones que eviten intervenir las líneas de conducción de agua, minimizando el impacto social y económico que implica el cierre total o parcial de una sección o la totalidad de un acueducto. Estas son tecnologías **PROBADAS**, con amplio reconocimiento en el mundo¹.

¹ ANEXO 1– Listado de clientes

1. PURE TECHNOLOGIES

1.1. P-WAVE

Tomando en consideración el trabajo realizado en el mes de enero, hacemos referencia al tramo 3 para la inspección P-WAVE.

1.1.1. CONCEPTO

Existen varios tipos de diseño de tubería de concreto pretensada en uso en Norteamérica. Los tipos más comunes son AWWA C301-E (Cilindro Embebido) y C301-L (Cilindro con Revestimiento). Pure ha invertido una cantidad considerable de tiempo y recursos y ha realizado numerosos proyectos para validar su tecnología P-Wave® en ambos tipos de tubería. Numerosas excavaciones han confirmado la eficacia de la tecnología y, por consiguiente, esta tecnología es ahora considerada como la más avanzada disponible para evaluar tubería PCCP.

P-Wave® es capaz de detectar anomalías en el campo electromagnético relacionadas con el número de espiras rotas en el tubo para así estimar el número total de alambres rotos en cada sección de tubería. La inspección Electromagnética de tuberías metálicas y tubos ha estado en uso desde principios de 1900. En la última década, estas técnicas se han aplicado a PCCP como medio para detectar y cuantificar el número y la ubicación de espiras rotas en dichos tubos.

Al término de una revisión Electromagnética y visual, un análisis cualitativo de los datos se realiza para identificar las secciones de tuberías que presenten reducción considerable de su integridad. Los resultados de la inspección EM (electromagnética) pueden ser usados como una base de referencia para a largo plazo realizar un programa dinámico de gestión de riesgos, que se adhiere al estudio de deterioro estructural y los modelos alimentados por un sistema de control acústico y el OPENAKA VISUAL AND SOUNDING

1.1.2. BASE TEÓRICA

Una analogía para describir la física de las inspecciones electromagnética, es ver el pretensado del alambre enrollado como un inductor. El equipo P-Wave consta de un transmisor y un receptor de bobinas que utilizan el cable pretensado como un inductor que permite alterar un campo inducido. Las bobinas se colocan en una configuración horizontal con la bobina transmisora a un lado de la tubería y la receptora en el otro lado. La bobina transmisora genera una señal y si el cable pretensado, actuando como una antena, está intacto, la bobina receptora detecta una señal con determinadas características. Cuando se aproxima al la parte final de la de un tubo, la polaridad del campo detectado se invierte porque el espiral inductor termina. Sin embargo, si el inductor se rompe (es decir, el cable pretensado está roto), la señal se ve alterada debido a un nuevo polo de inversión que se produce de forma parcial a través del tubo. Estos retrocesos inesperados retrasan la llegada de la señal en el receptor. Esto puede ser cuantificado para estimar el número de espiras rotas.

La inspección P-Wave® tiene en cuenta tres rutas importantes de acoplamiento que el campo electromagnético sigue para viajar desde el transmisor al receptor bobina: el campo *Generado-Directo* (señal enviada del transmisor al receptor a través del aire); de *Acoplamiento-Cilindro* sobre el terreno (señal enviada del transmisor al receptor a través del cilindro de acero), y el *Campo del Alambre Pretensado* (señal del transmisor al receptor a través del cable pretensado). El acoplamiento Generado-Directo sobre el terreno se bloquea con un disco circular de un material de alta permeabilidad magnética y parcialmente por una cuidadosa orientación del embobinado. El campo de Acoplamiento-Cilindro es controlado por la elección de la frecuencia correcta para minimizar los efectos de la camisa de acero. Por lo tanto, el campo generado por el alambre pretensado y sus variaciones son fácilmente distinguibles de los caminos no deseados, lo que permite una evaluación de la integridad del cable pretensado.

El transmisor P-Wave produce un campo electromagnético en el interior de la tubería, mientras que el sistema de adquisición de datos y el receptor de medición registran la consiguiente variación del campo magnético en el lado opuesto de la tubería. Este equipo se mueve a través de la tubería y los datos resultantes se registran en el sistema de adquisición de datos para su posterior análisis.

1.1.3. PROPUESTA PARA EL TRAMO 3

Inspección P-Wave

Tramo 3 - Inspección y Reporte P-Wave (18 km)	\$173,000USD
Día adicional en campo	\$ 6,000USD
Costo de movilización adicional	\$16,000USD

1.2. OPENAKA VISUAL AND SOUNDING

1.2.1. CONCEPTO

Los servicios de inspección Visual de Openaka son un excelente complemento a la hora de determinar el estado inicial de la tubería. A diferencia del P-Wave, la Inspección Visual y Sonora permite establecer el estado del revestimiento de concreto, el estado de las juntas, grietas y posibles desprendimientos causados por el deterioro de la tubería.

Es el objetivo de una inspección Visual y Sonora el de documentar e identificar grietas y desprendimientos locales en tuberías PCCP. Ambos son indicios de una pérdida de la capacidad de soporte del pretensado en una sección de tubo. Además, el la inspección permite observar distintos indicios de peligro, tales como mala construcción o deterioro de las juntas. La empresa de ingeniería Openaka Inc., filial de Pure, es la empresa líder de la industria en este tipo de inspección



1.2.2. PROPUESTA

Openaka® Visual and Sounding

Tramo 1 - Internal Visual and Sounding Inspection (5 km pipeline).....	\$ 43.200 USD
Tramo 2 - Internal Visual and Sounding Inspection (18 km pipeline).....	\$ 163.620 USD
Día adicional en campo	\$ 6.000 USD
Movilización y Viáticos adicional	\$16.000 USD

1.3. SOUNDPRINT™ AFO (ACOUSTIC OPTIC FIBER)

1.3.1. CONCEPTO

Los sistemas de monitoreo acústico por fibra óptica son altamente confiables a la hora de determinar la tasa de deterioro de tuberías PCCP. Mediante el uso de un cable de fibra óptica que actúa como un “gran micrófono” se pueden escuchar los eventos relacionados con la ruptura de espiras a lo largo de la tubería. Utilizando una unidad de localización, se envía un pulso a lo largo de la fibra para identificar la distancia a la cual ocurrió este evento, de esta manera se puede determinar el tiempo preciso y localización del punto donde ocurrió el suceso. Una alerta es enviada inmediatamente de manera automática a la persona responsable por la integridad de la sección afectada para evaluar las condiciones y poder tomar las medidas correctivas del caso.

Nuestros sistemas están conectados a una base de datos que registra cada evento y lo alimenta a un sistema GIS que permite evaluar fácilmente los eventos en el tiempo. Este es un valor agregado y una información altamente importante para el cliente a la hora de hacer una toma de decisiones.

En vista de nivel de compromiso de la línea Tibitoc-Casablanca para la EAAB debido a la demanda de aumento de la capacidad de transmisión y la dificultad a la hora de hacer un cierre en la línea, se recomienda la aplicación de un plan a largo plazo utilizando un programa de monitoreo acústico en caso de que el P-Wave y la evaluación visual ponga en evidencia dudas sobre la integridad de la tubería. El sistema de monitoreo SoundPrint® AFO se ha desarrollado específicamente para este propósito. Cuando se combina con los resultados de las inspecciones de P-Wave, la calidad de la información permitirá a la Agencia a implementar una dinámica de gestión de riesgos y plan de mantenimiento costo-efectiva. *PURE es la única empresa en el mundo con una tecnología probada de esta naturaleza.*

1.3.2. PRESUPUESTO DE TRABAJO

Teniendo en consideración los antecedentes de la línea TIBITOC-CASABLANCA, proponemos instalar un cable de fibra óptica en la línea, teniendo el sistema *fuera de línea* (condición óptima) o con *la línea en completo funcionamiento* (en caliente). La idea es poder instalar Sistema de Procesamiento y Adquisición de Datos en base a Fibra Óptica (por sus siglas en ingles, OPDAS) tanto en la planta Tibitoc y el tanque

Casablanca. El cliente será responsable de proporcionar las condiciones de energía y comunicación necesarias (Internet de alta velocidad).

Tras la puesta en marcha del sistema de monitoreo, EL CLIENTE será notificado de la hora y el lugar preciso de los eventos relacionados a la ruptura de espirales dentro de la tubería mediante un sistema de alerta automatizado sistema con base en correo electrónico. El acceso al sitio Web confidencial de la base de datos estará a disposición de las personas autorizadas mediante una contraseña en el portal SoundPrint. Una interfaz SIG (o GIS) permitirá la ubicación de la espira que se rompe para ser visto en relación con la alineación de tuberías y la infraestructura que rodea, permitiendo que las consecuencias de dicho evento puedan ser evaluadas como parte de la gestión de administración de la tubería a largo plazo. Los usuarios pueden generar informes sobre la cantidad de espiras rotas durante un periodo de tiempo definido de acuerdo a las instrucciones del CLIENTE final. Además de los informes automatizados generados mediante la interfaz web, PURE también puede ingresar informes adicionales, talos como la inspección P-Wave de (l) (los) tramo(s), de acuerdo a las necesidades del CLIENTE.

1.3.2.1. EN FUNCIONAMIENTO (ONLINE)

SoundPrint Acoustic Fiber Optic (AFO) Monitoring

Tramo 1 – Suministrar e instalar el sistema AFO (5 km de tubería)	\$ 740.000 USD
Tramo 3 – Suministrar e instalar el sistema AFO (18 km de tubería)	\$ 1'442.000 USD

1.3.2.2. CON CIERRE DE LINEA (OFFLINE):

SoundPrint Acoustic Fiber Optic (AFO) Monitoring

Tramo 1 – Suministrar e instalar el sistema AFO (5 km de tubería)	\$ 670.000 USD
Tramo 3 – Suministrar e instalar el sistema AFO (18 km de tubería)	\$ 1'190.000 USD

1.3.2.3. ALQUILER

SoundPrint Acoustic Fiber Optic (AFO) Monitoring

Tarifa de Alquiler (por cada Unidad de Adquisición de Datos)*	\$ 15.000 USD (mensual)
Tramo 1 – Instalación de la fibra SIN CIERRE (incluyendo la fibra)	\$ 275.000 USD
Tramo 3 – Instalación de la fibra SIN CIERRE (incluyendo la fibra)	\$ 990.000 USD

* Nota: Las DAU se podrían relocalizar en el evento que no se desee monitorear mas cualquier tramo.

1.1.1. MONITOREO

Tarifa de Monitoreo Anual

Tramo 1 – Monitoreo anual (5 km de tubería)	\$ 39.000 USD
Tramo 3 – Monitoreo anual (18 km de tubería)	\$ 140.400 USD

Términos y condiciones

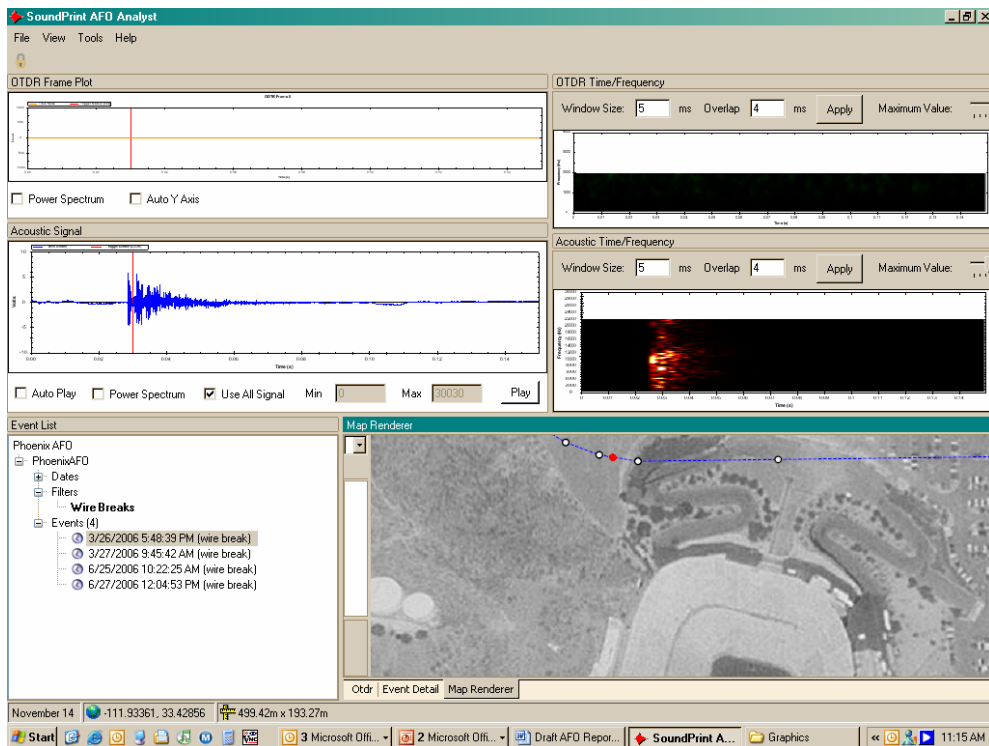
Las instalaciones y condiciones adecuadas de protección en el/los punto(s) donde se instalaran el/los equipo(s) (DAU), fuentes de poder y comunicaciones deben ser suministradas por el CLIENTE.

1.1.2. ALCANCES

- ⊕ **Evitar futuros cierres:** Esto es de particular importancia para la línea Tibitoc-Casablanca. Debido a que el estado de la tubería pueden ser rastreados continuamente no habrá necesidad de nuevos cierres, a menos que la se requiera un reemplazo o una reparación en un evento de riesgo.
- ⊕ **Monitorear continuamente la condición estructural:** El sistema de monitoreo continuo hace un seguimiento de la condición estructural de la tubería que permita la oportuna notificación de las secciones de tuberías que se están acercando a un nivel inaceptable de riesgo.
- ⊕ **Extender la vida útil restante:** Conocer la condición de un activo permite a los propietarios a tener confianza en la extensión de su vida útil.
- ⊕ **Operar la línea minimizando los daños:** Mediante la supervisión continua de una tubería, las secciones con daños moderados pueden mantenerse en servicio sin dejar de asegurar su seguridad. Esto permite mesurar el gasto programas de rehabilitación, ofreciendo al operador de la línea importantes ahorros de capital.
- ⊕ **Garantizar la seguridad:** La red de tuberías es controlada constantemente y por tanto, cualquier problema que surja con la línea es identificado tempranamente. Esto minimiza los riesgos asociados con la tubería y proporciona el más alto grado de seguridad.
- ⊕ **Incorporar Capacidad adicional:** El sistema de Fibra Óptica Acústica puede controlar hasta 40 kilómetros de canalizaciones con un (1) solo sistema óptico de adquisición de datos.

Dos de las características más impresionantes de la tecnología SoundPrint® de vigilancia son la notificación por correo electrónico automatizado de eventos de interés y la disponibilidad del acceso Web por demanda a la base de datos en línea. Esta característica de acceso web permite a los clientes acceder a la base de datos para examinar el la actividad de rupturas a través de una interfaz SIG basada mediante un portal protegido por contraseña el sitio web de SoundPrint®. La interfaz SIG representa la ubicación donde ocurre la ruptura de los alambres en relación con la localización de la línea. Esto permite a los usuarios evaluar las consecuencias del posible fracaso en relación con la infraestructura construida, como las escuelas o residencias.

Los datos se cargan continuamente las oficinas centrales de PURE dentro del centro de procesamiento en Calgary, donde los datos son analizados y clasificados. Tras la clasificación de los eventos y como manera informativa, se envía por correo electrónico la notificación de la hora y el lugar del evento y es distribuido automáticamente a las personas que el cliente informa como responsables de atender la zona. Esto permite que los clientes sean conscientes de los cambios en las tasas de deterioro y permite evaluar la necesidad de intervención. Esta característica ha permitido recientemente dos empresas de servicios públicos (City of Calgary + Greater Lawrence Sanitary District) a tomar conciencia del aumento repentino del deterioro en las tuberías de concreto, para aplicar medidas de emergencia e impedir la rotura de sus tuberías. Un ejemplo de una web basada en SIG muestra a continuación:



Sistema GIS de monitoreo de actividad.

2. ADVITAM + FREYSSINET²

2.1. PRMS (PIPELINE RISK MANAGEMENT SYSTEM)

2.1.1. CONCEPTO

Advitam desarrolló un Sistema de Gestión de Riego para Tuberías (por sus siglas en inglés PRMS) que proporciona una solución amplia, dinámica y mejorada de la gestión de los activos (tubos), junto con una actualización dinámica de los datos.

2.1.2. HISTORIA

“The Great Man Made River” (por sus siglas en inglés GMRA) es un proyecto de abastecimiento de agua en el Norte de África, en el estado de Libia. El agua es transportada desde pozos en el desierto del Sáhara a los centros de población que se concentran en la franja costera del norte. Hasta la fecha, se han instalado casi 4000 kilómetros (2485 millas) principalmente de tubería de cuatro metros (158 pulgadas) de diámetro de cilindro hormigón pretensado (PCCP).

En agosto de 1999, las autoridades del proyecto GMRA, encontraron una primera falla en la tubería en la línea de transporte Sarir-SIRT de la SS/TB. Este primer evento fue seguido, un mes más tarde, por una segunda falla en el paralelo Tazerbo-Bengasi de la línea SS/TB de transporte. Entre septiembre de 1999 y abril de 2001, tres nuevas fallas se produjeron. En 2000, una inspección P-Wave + Sistemas de Monitoreo Acústico fueron implementados en el sistema. Sobre la base de la información facilitada por la inspección electromagnética y el monitoreo acústico, así como otros métodos tradicionales de inspección, un índice de criticidad de acueducto (PCI) fue creado para dar prioridad a la sustitución o reparación de secciones de tuberías. El índice PCI tuberías se clasifica en tres categorías:

- Aquellos que requieran una intervención inmediata
- Tuberías que requiere vigilancia en operación
- Tubos sin ningún tipo de amenaza inmediata y que se podrían volver a evaluar después de la siguiente inspección.

El índice PCI y la información contenida se convirtió en el precursor del Sistema de Gestión de Riesgo para Tuberías o PRMS.

2.1.3. DEFINICION

El sistema PRMS de Advitam involucra una plataforma SIG dinámica basada en lenguaje Web del Programa de Gestión de Riesgos para tuberías hormigón. Es una herramienta diseñada para dar soporte de decisión, lo

² Todas las referencias comerciales y de trabajo relacionadas con ADVITAM + FREYSSINET se relacionan en el Anexo 3.

que le brinda al usuario una forma simple, fácil y fiable de interpretar la información de gestión de la línea, además ser un depósito de datos relativos a las operaciones realizadas en el sistema. Las herramientas de funcionalidad incorporadas en el sistema PRMS son numerosas y se detallan a continuación:

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Inventario de Tubería basado en plataforma Web	Análisis Finito de Elementos Estructurales	Modelo de corrosión
Sistema de Información Geográfica		Predicción de Vida Útil Remanente/Gestión de Riesgo
Monitoreo de Línea		
Evaluación de Condición		
Planeación de Operación		

Advitam Data Pictogram

Line : Segment : 350-400 km From : To :

Selection has been made for 3436 pipes. Only the first 200 are displayed.

Category	5	1	1
Pipe diameter (mm)	4000,000	4000,000	4000,000
Pipe's length (m)	7,5	7,5	7,5
Design pressure (bars)	10	10	10
Eddy WB Total	145	0	0
Pwave WB Total	0	0	0
SoundPrint Wire breaks total	0	0	0
Pipe #	TB-SA-365+500 00	TB-SA-365+500 01	TB-SA-365+500 02
Category	1	1	1
Pipe diameter (mm)	4000,000	4000,000	4000,000
Pipe's length (m)	7,5	7,5	7,5
Design pressure (bars)	10	10	10
Eddy WB Total	0	0	0
Pwave WB Total	0	0	0
SoundPrint Wire breaks total	0	0	0
Pipe #	TB-SA-365+500 07	TB-SA-365+500 08	TB-SA-365+500 09
Category	1	1	1
Pipe diameter (mm)	4000,000	4000,000	4000,000
Pipe's length (m)	7,5	7,5	7,5
Design pressure (bars)	10	10	10
Eddy WB Total	0	0	0
Pwave WB Total	0	0	0
SoundPrint Wire breaks total	0	0	0
Pipe #	TB-SA-365+500 14	TB-SA-365+500 15	TB-SA-365+500 16

Ilustración: Vista del Sistema – Nivel 1 (Inventario)

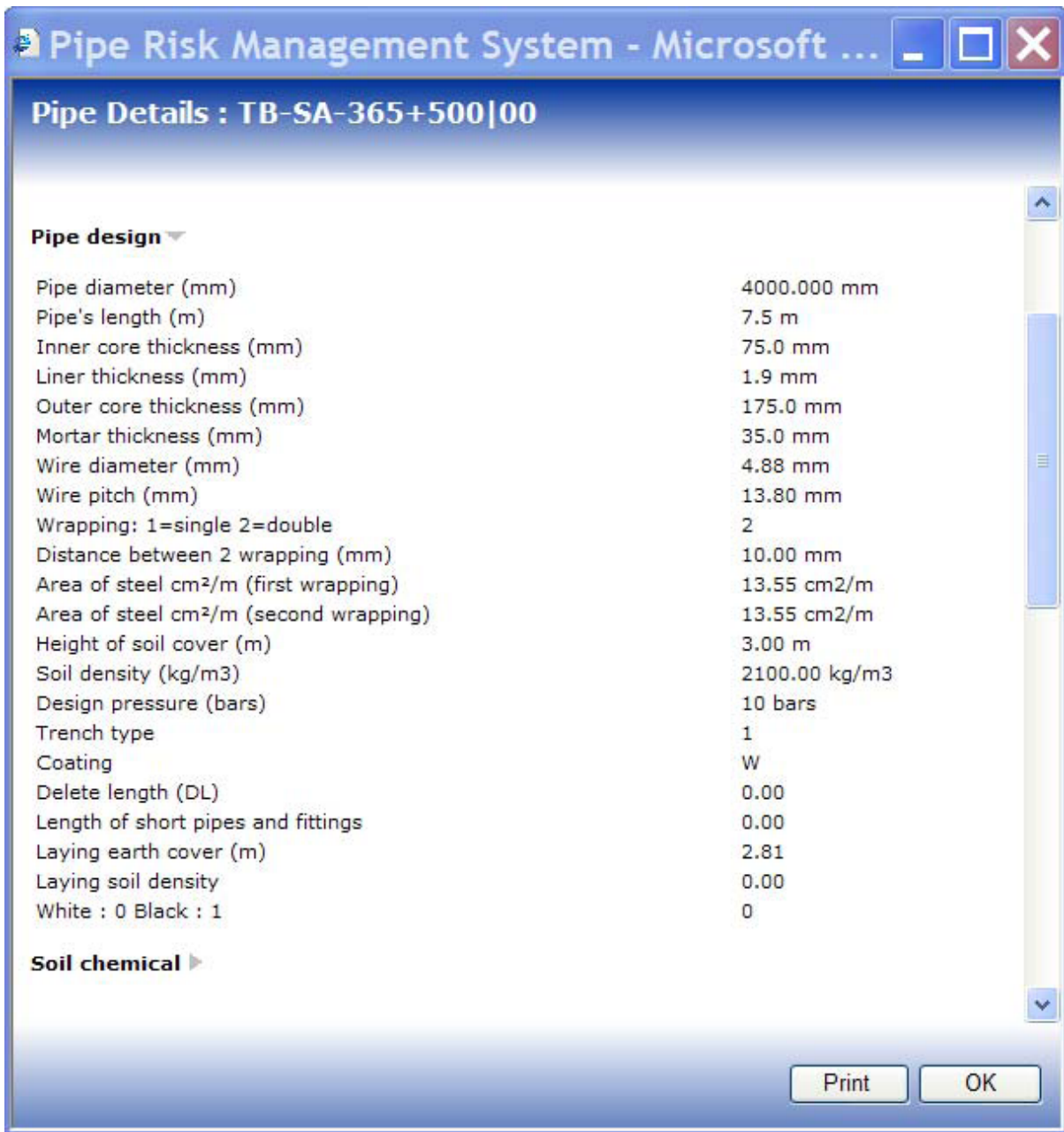


Ilustración: Vista del Sistema - Nivel 1 (Inventario)

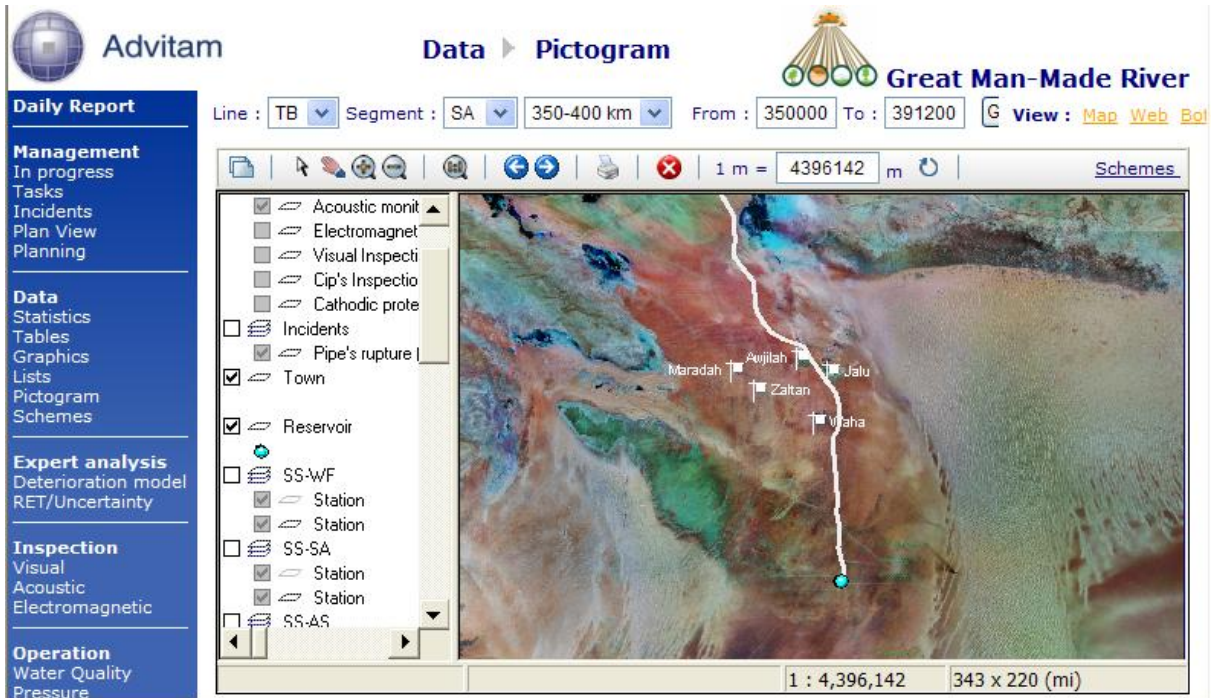


Ilustración: Vista del Sistema – Nivel 1 (Plataforma GIS)

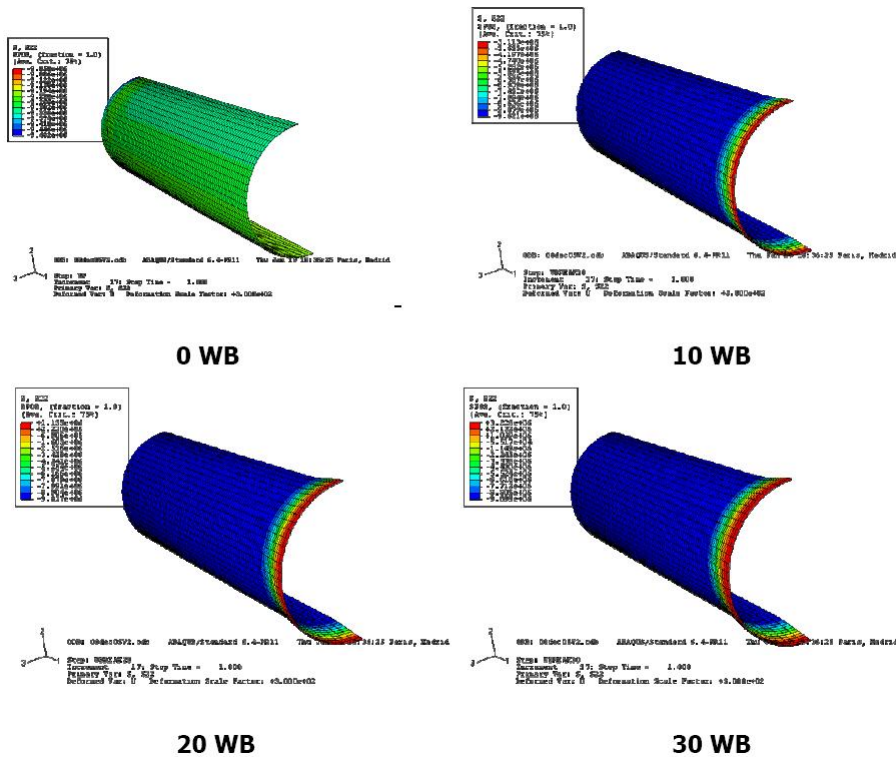


Ilustración: Vista del Sistema – Nivel 2 (Modelo Finito de Elementos)

1.1.1. PRESUPUESTO

Advitam PRMS

Implementación del Sistema PRMS para Tramos 1 + 3 € 374.000 (\$ 553.520 USD³)
Tiempo de instalación requerido 4/6 meses

1.1.2. ALCANCES DE LA PROPUESTA

- ⊕ **Integración con el Sistema GIS**
- ⊕ **Licencia para el sistema PRMS (Excluyendo las licencias para servidor SQL y Autodesk Mapguide)**
- ⊕ **Procesamiento y recolección de datos**
- ⊕ **Modelación Estructural y Finita de Elementos**
- ⊕ **Modelo de Corrosión**
- ⊕ **Modelo Experto – Clasificación**
- ⊕ **Integración con la Base de Datos**

1.2. FREY-CWRAP

Foreva® Frey-CWrap es una solución de reparación patentada por FREYSSINET para la rehabilitación y refuerzo mediante el uso de polímeros de refuerzo en fibra de carbono, diseñado tanto para tubería expuesta como aquella bajo tierra.

Frey-CWrap es recomendado para tuberías de agua potable con un mínimo de 60" de diámetro (1.5 m).

➔ *Esta específicamente diseñado para tuberías PCCP*

1.2.1. PRESUPUESTO

Nuestro presupuesto tiene en cuenta los siguientes hechos:

- Potencial de tubos a reparar: 18
- Longitud promedio por tubo: 7 m

Nota: Esta propuesta se elaboró de acuerdo a información suministrada por SMA y EAAB

Costo de reparación POR TUBO € 33.000 (\$ 48.840 USD⁴)

³ Precios calculados a una TRM de \$ 1,48 USD/EURO

⁴ Precios calculados a una TRM de \$ 1,48 USD/EURO

1.2.2. VENTAJAS

- ✓ **Reparación de Alta Calidad:** sistema completamente estandarizado e industrializado
- ✓ **Rápida ejecución:** varios cientos de metros por día (reducción del tiempo de mantenimiento)
- ✓ **Alteración mínima de las actividades en superficie,** particularmente en áreas urbanas
- ✓ **Diseñado para operación a altas presiones y tuberías de grandes diámetros**
- ✓ **Cero pérdidas hidráulicas inducidas**
- ✓ **Cero incremento en el peso muerto**
- ✓ **Apto para líneas de agua potable,** cumple con las regulaciones NSF/ANSI 61
- ✓ **Resina libre de solventes**
- ✓ **Reparación libre de mantenimiento**
- ✓ **Diseño con garantía de 50 años**

ALCANCES DE LA PROPUESTA

- ⊕ Validación de la reparación y de los planos existentes
- ⊕ Especificaciones de material y procedimientos de trabajo
- ⊕ Suministro y envío de los materiales relativos a la aplicación del sistema Frey-CWrap (fibra de carbono tejido + polímero resina)
- ⊕ Suministro de la mano de obra requerida y envío de los equipos específicos del sistema Frey-CWrap (Impregnado, andamiaje, Camión con control de temperatura, etc.)
- ⊕ Materiales relativo a la preparación conjunta-
- ⊕ Envío de 1 superintendente durante el período de trabajo (5 meses)

No Incluye:

- ⊕ Zona de almacenamiento para (1) contenedor
- ⊕ **Preparación del sitio:** accesos en espacios confinados (bocas de acceso necesarias), adecuación para ventilación y deshumidificación, condiciones de trabajo en espacio confinado, equipos de seguridad, etc.
- ⊕ **Preparación de la superficie de los tubos:** lavado con agua a presión, limpieza y evacuación de desechos y secado
- ⊕ **Reparación de tubería de superficie:** reparación de fisuras, parches en concreto
- ⊕ Descontaminación final de de la tubería
- ⊕ Control de Tráfico y gestión de posibles intromisiones en superficie
- ⊕ Seguridad Industrial en el sitio de trabajo
- ⊕ Todos los impuestos y seguros necesarios
- ⊕ Pequeñas herramientas (Rodillos para pintar, etc.)
- ⊕ Suministro de electricidad (generador), montacargas y otros equipos necesarios para la correcta labor (torres de luz, arneses de seguridad, etc.)
- ⊕ Equipo y material de transporte del área de almacenamiento hacia los sitios de trabajo

1.3. DURALOOP

Foreva® Duraloop, solución exclusiva de Freyssinet, proporciona una alternativa de costo-beneficio para la rehabilitación de tuberías PCCP/PCP expuestas a un alto riesgo de ruptura como resultado de fallas en los alambres pretensados debido a corrosión.

El refuerzo se logra mediante la implantación de aros pretensados externos, el cual es determinado por la necesidad de tubo para mantenerse en completo servicio, aún en el caso de una pérdida completa de la presión inicial de los alambres pretensados.

➔ *Es aplicable a tuberías PCCP/PCP de diámetros mayores a 48" (1.2 m)*

1.3.1. PRESUPUESTO

Nuestro presupuesto tiene en cuenta los siguientes hechos:

- Potencial de tubos a reparar: 8
- Longitud promedio por tubo: 7 m

Nota: Esta propuesta se elaboró de acuerdo a información suministrada por SMA y EAAB

Costo de reparación POR TUBO € 22.000 (\$ 32.600 USD⁵)

⁵ Precios calculados a una TRM de \$ 1,48 USD/EURO

ALCANCES DE LA PROPUESTA

- ⊕ Revisión de cálculos validando los planos de diseño y de reparación
- ⊕ Material especificaciones y procedimientos de trabajo
- ⊕ Suministro y envío de los materiales en relación con el sistema Duraloop (anclas de 2 x 15 m, líneas, conductos, fragua, grasa).
- ⊕ Suministros para el período indicado de trabajo y el envío de los equipos específicos para el Sistema Duraloop (bomba, rache tensor, hormigón).
- ⊕ 1 superintendente durante el período de trabajo (2 meses)
- ⊕ **Diseño con garantía de 50 años**

No Incluye:

- ⊕ Zona de almacenamiento para (1) contenedor
- ⊕ Preparación y limpieza de tuberías para la reparación: excavación, muros de contención, equipos de seguridad, evacuación de desechos, etc.
- ⊕ Preparación de la superficie de reparación de los tubos (descubrir el mortero + parches)
- ⊕ Control de Tráfico y gestión de posibles intromisiones en superficie
- ⊕ Seguridad Industrial
- ⊕ Todos los impuestos y seguros
- ⊕ Pequeñas herramientas (martillos de viruta, cinceles, etc.)
- ⊕ Alimentación eléctrica (generador), levantar la mesa y otros equipos necesarios para la correcta labor (torres de luz, arneses de seguridad, etc.)
- ⊕ Equipo y material de transporte desde el área de almacenamiento hacia los sitios de trabajo
- ⊕ Trabajo de relleno de zanja

PROPUESTA DE MANEJO PARA LA LINEA TIBITOC-CASABLANCA / TRAMOS 1 Y 3

De acuerdo al cronograma y las metas que la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá se ha propuesto con relación a la línea TIBITOC-CASABLANCA, hacemos el planteamiento de una solución alternativa que satisfaga las necesidades de la empresa, minimizando los costos de manera agresiva:

1. Instalar AFO en el Tramo 3 para validar el estado de la tubería. Cabe anotar que NO ES MANDATORIO REALIZAR PRIMERO EL P-WAVE PARA OBTENER BUENOS RESULTADOS. Es viable de la misma forma, instalar primero AFO. La fibra óptica puede ser instalada con la línea en pleno funcionamiento.
2. Utilizar PRMS para construir el modelo que permita operar el sistema en la línea 1 + 3 sin tener que hacer los preparativos para el P-Wave del Tramo 3, de esta forma ganamos un poco de tiempo y conocemos el estado de deterioro de la tubería.
3. Reparar con Frey-CWrap o Duraloop los tubos más críticos del Tramo 1 (reparaciones locales y rápidas)
4. Instalar AFO en el Tramo 1 para conocer la sintomatología de operar con tanque alto.

Con estas estrategias, vamos a obtener los siguientes beneficios:

- Lograremos sacarle el mayor provecho al activo en funcionamiento.

- Lograremos maximizar la vida útil de los tubos instalados sin incurrir en un presupuesto alto de gastos.
- Tendremos la información de la tubería de manera centralizada, al alcance de las generaciones futuras.
- Estaremos a la vanguardia de los métodos empleados en la actualidad por las empresas de acueducto referencia en el mundo.

ANEXO 1

PURE TECHNOLOGIES: REFERENCIAS COMERCIALES Y EXPERIENCIA

Listado de clientes

Tabla 1

Pure Technologies Pipeline Clients

Cliente	Diámetro de la tubería (metros)	Inspección Electromagnética	Monitoreo Acústico	Análisis Estructural	Monitoreo de Transiente de Presión	Inspección Visual/Sonora	Dentro de los últimos tres años	Investigación Forense	Reparaciones Hechas Basadas en la Inspección
San Diego County Water Authority*	1.7 to 2.4	✓	✓		✓		✓		✓
Tucson Water*	1.4 to 2.4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
WSSC*	1.5	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓
Baltimore County*	1.2	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓
City of Phoenix*	1.8 to 3.0	✓	✓			✓	✓	✓	✓
Providence Water*	2.6	✓	✓				✓		✓
City of Calgary*	1.2	✓	✓				✓	✓	✓
Great Manmade River Authority	4.0	✓	✓	✓			✓	✓	✓
New Jersey American Water	0.6 to 1.5	✓	✓			✓	✓	✓	✓
Greater Lawrence Sanitary District	1.8	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Middlesex County Utility Authority	2.6	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓
Central Arizona Project	5.6		✓				✓		✓
South Coast Water	1.0 to 1.2		✓				✓		
Howard County	0.6 – 1.2	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓
Springfield Water	1.5	✓					✓		
San Francisco Water	1.8	✓	✓				✓		
City of Baltimore	1.4	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓
Detroit Water and Sewer	0.9	✓					✓		
Arizona Public Service		✓	✓				✓		
City of Baltimore	3.0	✓				✓	✓		
Comision de Servicios de Agua del Estado, Mexicali, Mexico	1.8	✓					✓	✓	✓
City of Montreal (project just underway)	varies	✓	✓				✓		
Metropolitan Water District, CA.	2.4	✓							
San Gabriel Valley Water District	1.4	✓							

Central Arkansas Water	1.8	✓	✓						
Southern Nevada Water District	2.4	✓							
City of Houston	1.5	✓	✓						
Tampa Bay Water	2.1	✓	✓						✓
City of Aurora	1.8	✓							
Fairfax County Water Authority	0.9		✓						✓
Denver Water Department	1.8		✓						
Tarrant Count Water District	1.8		✓						
Halifax Regional Water Commiss.	1.2		✓						
Pinellas County Utilities Authority	1.2		✓						✓

* Clientes que han usado nuestro sistema Soundprint® AFO.

City of Tucson PCCP Transmission Mains

Contact: Britt Klein, Superintendent Water Operations
520-791-4816 ext. 121

Organization: City of Tucson

Inspection Dates: 2003 to present

Inspection Technique: Electromagnetic Inspection, Acoustic Monitoring, Visual and Sounding Inspection and SmartBall ‘Beta’ testing.

Repair Methodology: Localized Repairs (Post-Tensioned Tendons)

Howard County PCCP Transmission Mains

Contact: Robert Diaz, Project Manager
410-313-6125

Organization: Howard County Department of Public Works

Inspection Dates: 2000 to present

Inspection Technique: Electromagnetic Inspection, Acoustic Monitoring and Visual Inspection

Repair Methodology: Localized Repairs (Carbon Fibre) and Pipe Replacement

Washington Suburban Sanitary Commission (WSSC)

Contact: Nathan Leshner, Senior Engineer
301-206-8563

Organization: Washington Suburban Sanitary Commission

Inspection Dates: 2006 to present

Inspection Technique: Visual and Sounding, Electromagnetic Inspection and Acoustic Monitoring

Repair Methodology: Pipeline Replacement and Repairs

ANEXO 2

ADVITAM + FREYSSINET: REFERENCIAS COMERCIALES Y EXPERIENCIA

PIPELINE MANAGEMENT SYSTEMS - ESTUDIO DE CASO: MIDDLESEX Y PHOENIX

Es parte de nuestro valor agregado poder suministrar información a nuestros clientes acerca de los avances y las estrategias en acueductos y alcantarillados en lugares del mundo a los que tenemos acceso y hacemos parte de la solución integral. Analizando las características de la tubería TIBITOC-CASABLANCA, encontramos que de acuerdo a sus antecedentes y las características, MIDDLESEX Y PHOENIX presentan condiciones similares. Así, con hecho reales y datos concretos se podría apreciar un poco mejor la sintomática de las tuberías PCCP y la evolución en el tiempo del desgaste.

Case Study: Field ground experience on using Pipeline Management Technologies

Authors: Muthu Chandrasekaran, Sheldon Franchuk and Juan Manuel Isaza

INTRODUCTION

The pipeline management is a hard task for water utilities nowadays and it is important to highlight the current technology allows to dramatically reduce budget costs by isolating the events where all resources should be focused, meaning a step forward on improving planning.

P-Wave is an electromagnetic technology that helps determine the initial state of the pipes, but the pipeline itself shouldn't be considered as a static event. Actually, pipelines present its own dynamics which we now are capable to follow with enough accuracy to be confident on reducing risk margins.

The aim of this document it to show evidence on what are the facts followed by a P-Wave inspection, the do's and don'ts that several other facilities have faced to decide their best interest on handling the water resources and also reducing the amount of budget while committing to maximum safety for the end users.

CASE STUDIES

According our database, Middlesex and Phoenix are two utilities with similar conditions as EAAB. We will scan through Middlesex Pipeline history according all the pipes who reported an event, whereas in Phoenix we are taking specific pipes to compare their performance along time.

MIDDLESEX, NJ

- 102" diameter raw sewage line
- Line rupture caused flooding in suburban area, causing several million dollars in damage
- P-Wave analysis showed extensive damage, triggering repairs to several sections of the line, as well as installation of monitoring system
- When pipe was put back in service, rate of deterioration was not restricted to previously damaged pipes.
- Incidents of breaking wires were found throughout the line, even on pipes previously identified as undamaged in the P-wave survey.
- Line is still being monitored, and a follow-up P-wave inspection is scheduled for this year.

PHOENIX, AZ

- 60" diameter water line
- Part of expanded monitoring area around city of Phoenix using AFO technology
- P-wave used to provide baseline of damage before installation of monitoring system
- Majority of wire breaks identified by monitoring system located on pipes previously identified by P-wave as having damage, including pipes with small numbers of initial wires broken (5-10)
- Client is committed to expanding AFO monitoring of their lines, as it is the most cost-effective solution to allow identification of deteriorating pipes before ruptures occur.

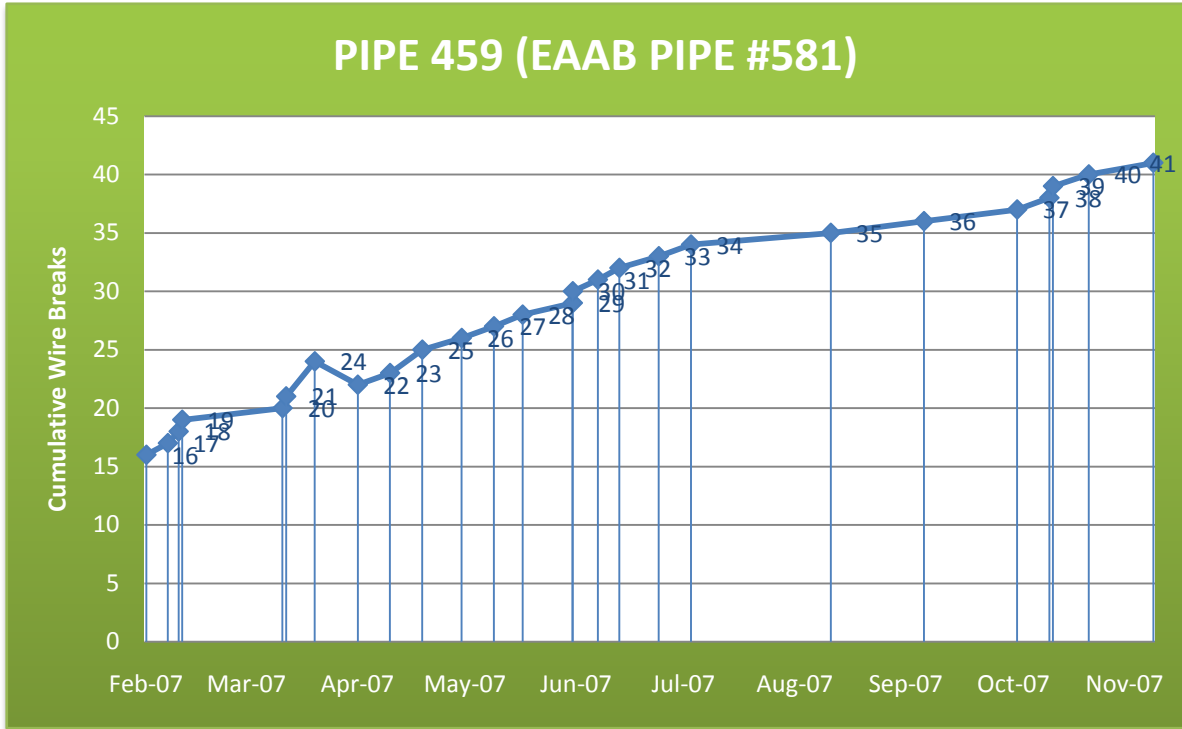


Chart 1. Small distressed Pipe

PIPE 459 (Compared to EAAB Pipe #581)

EVENT RECORD (P-Wave = 15)

459	2/17/2007 8:02:04 PM UMST	26
459	2/23/2007 7:08:57 PM UMST	26
459	2/26/2007 7:03:28 AM UMST	26
459	2/27/2007 6:25:22 PM UMST	26
459	3/27/2007 1:19:06 PM UMST	26
459	3/28/2007 12:24:59 PM UMST	26
459	4/17/2007 9:14:15 PM UMST	26
459	4/26/2007 6:08:45 PM UMST	26
459	5/4/2007 4:11:14 PM UMST	26
459	5/5/2007 2:36:35 AM UMST	26
459	5/16/2007 3:28:30 PM UMST	26
459	5/25/2007 5:36:32 PM UMST	26
459	6/2/2007 10:47:32 AM UMST	26
459	6/16/2007 11:28:34 AM UMST	26
459	6/18/2007 12:53:29 PM UMST	26

59	6/23/2007 10:48:24 PM UMST	26
459	6/29/2007 7:49:03 PM UMST	26
459	7/10/2007 9:13:49 PM UMST	26
459	7/19/2007 9:26:44 PM UMST	26
459	8/27/2007 10:56:04 PM UMST	26
459	9/22/2007 7:51:19 AM UMST	26
459	10/18/2007 1:42:18 AM UMST	26
459	10/27/2007 2:04:42 AM UMST	26
459	10/28/2007 3:39:02 AM UMST	26
459	11/7/2007 2:30:00 AM UMST	26
459	11/25/2007 6:06:54 PM UMST	26

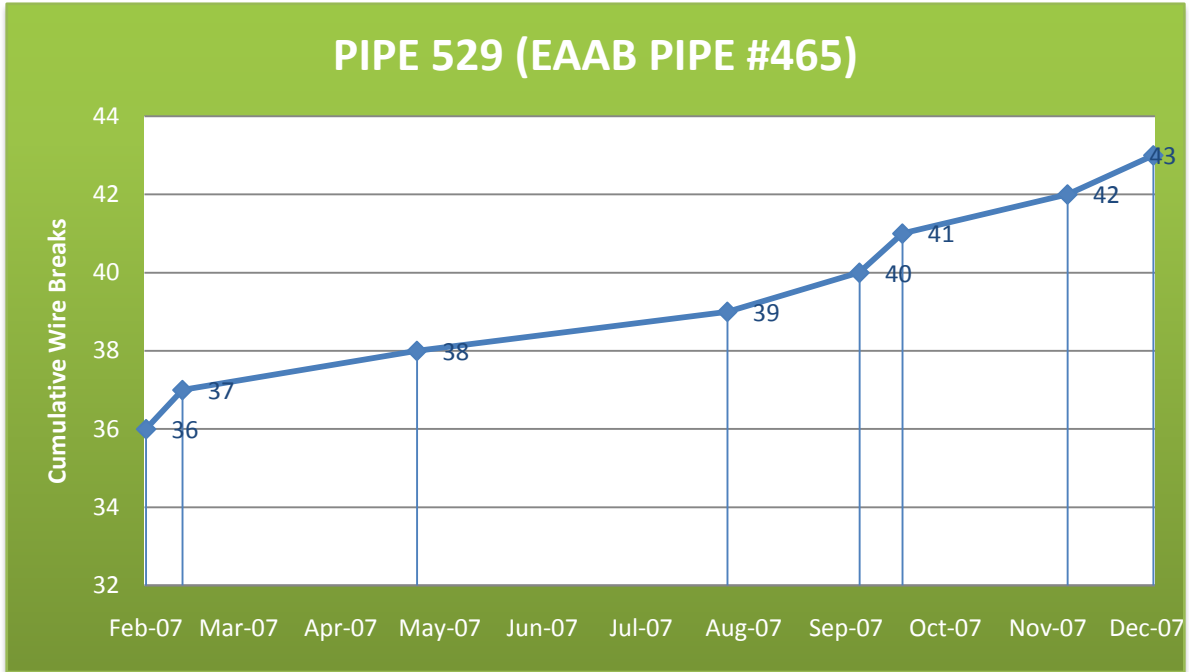


Chart 2. Medium Distressed Pipe

PIPE 529 (Compared to EAAB Pipe # 465)

EVENT RECORD (P-Wave= 35)

529	2/24/2007 3:51:40 AM UMST	8
529	3/7/2007 6:56:50 PM UMST	8
529	5/17/2007 6:02:52 AM UMST	8
529	8/19/2007 8:23:29 AM UMST	8
529	9/28/2007 7:20:00 AM UMST	8
529	10/11/2007 4:05:06 PM UMST	8
529	11/30/2007 10:04:23 AM UMST	8
529	12/26/2007 6:39:05 AM UMST	8

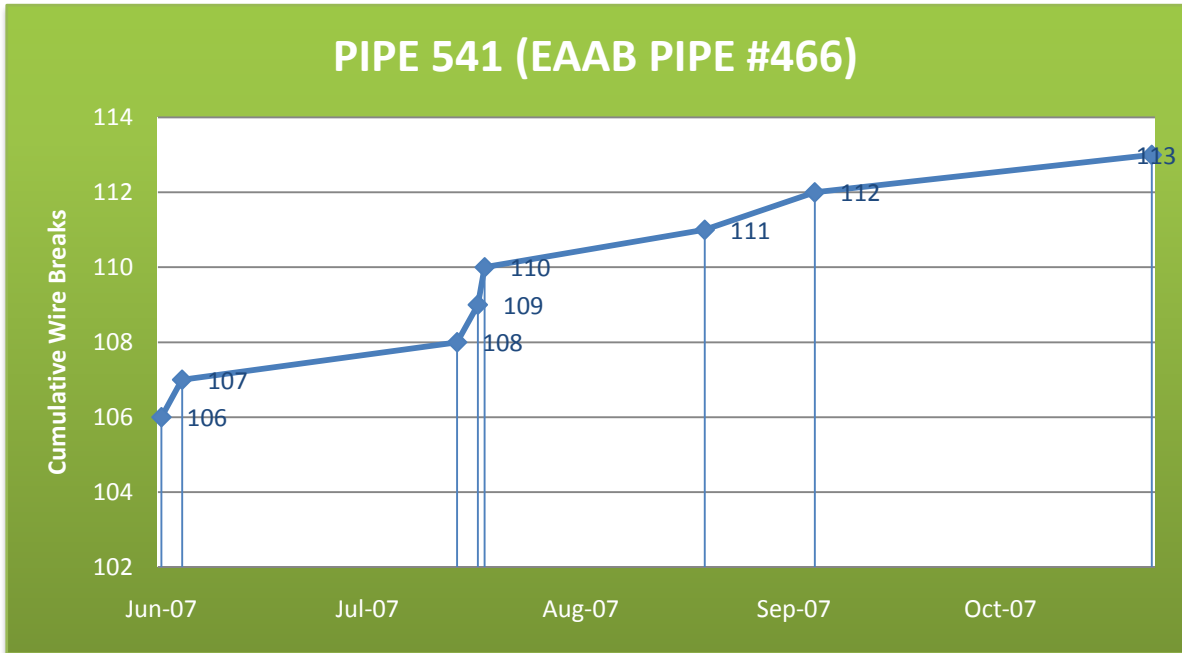


Chart 3. Large Distressed Pipe

PIPE 541 (Compared to EAAB Pipe #466)

EVENT RECORD (P-Wave= 105)

541	6/12/2007 6:37:33 AM UMST	8
541	6/15/2007 12:47:42 AM UMST	8
541	7/25/2007 9:43:33 PM UMST	8
541	7/28/2007 7:20:29 AM UMST	8
541	7/29/2007 1:50:03 PM UMST	8
541	8/30/2007 12:48:50 AM UMST	8
541	9/15/2007 8:23:13 PM UMST	8
541	11/3/2007 6:39:53 AM UMST	8

CONCLUSIONS

Deterioration of any PCCP pipeline is uncertain as can be seen by the data above. A pipe with large amount of anomalies doesn't necessarily mean that it will deteriorate at a faster rate than a pipe with small number of anomalies. Real time monitoring is the only true method to gain an accurate overview of the level of deterioration associated with any specific pipe.

On both cases, AFO systems were deployed as part of the solution strategy and on both, this technology has demonstrated a cost-benefit step up not only addressing to the already aggressively distress pipes, but also considering how fast the small and medium risk-level ones becomes a threat to the integrity of the line.

- The utilities shown in this paper have dramatically reduced their cost operating these lines.
- The operator controls the line and knows exactly when to act to prevent a compromising situation.
- There is a latent risk of having a rupture because you are not monitoring unrepaired pipes.

Ruptures often occur when water pressure changes suddenly, either through planned changes or through "pressure transients", rogue pressure waves that can be spontaneously generated inside some pipelines. Pipes with corrosion damage are susceptible to these pressure changes, as the flexing of the pipe can cause a chain reaction of breaking wires that were weakened by corrosion within the wire wrap. Even a pipe that shows only moderate damage in a P-wave survey can be compromised, allowing corrosion to attack the remaining wires, leaving it vulnerable to damage and possible leaking or rupture.

Although repairing pipes is a long term solution, it does not address the problem of the growing rate of deterioration for pipes in the non-risky zone.

ANEXO 3A

PHOENIX AND MIDDLESEX: TABLA DE ACTIVIDAD POR CATEGORIA

PWave (Varios elementos)

PHOENIX: SMALL DISTRESSED PIPES

Cuenta de Event Date	Months Surveyed												Total Events per Pipe
	2007						2008						
Pipe Number	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	
217					1								1
221						1							1
228								1					1
239							1						1
240				1									1
241							1				2		3
243				1									1
248				1									1
257				1									1
262	2		2										4
302		1											1
304	1												1
308				1									1
310		1		1									2
325											1		1
328				1									1
330	1												1
333				1									1
341				1									1
346		1											1
348											1		1
362					1								1
386			1										1
392									1				1
393									1				1
434				2	1				1				4
436		1	1				1						3
439	1												1
440		2											2
443				1									1
444												1	1
445	1												1
446					1								1
453			1										1
456	2		1	3						1			7
458	7	1	1	5	2	2	1		2		1	1	23
459	4	2	2	4	5	2	1	1	3	2			26
469	2	5	1	1			1				1		11
471		1	1	1	3			1			1		8
472	1	5	4	6	1			1					18
473		1					1		1				3
474					1								1
476		1				2							3
477	2												2
479				1									1
480	1	1					1						3
487	1			1	1					1			4
488		1			1		1				1		4
489	1												1
493				1		1							2
494								1					1
498			1	1									2
502	1						1					1	3
504				1			1						2
509	1												1
511				1							1		2

Cuenta de Months
Event Date Surveyed

Pipe Number	2007											2008	Total Events per Pipe	
	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene		
513		1				2		1						4
514			1											1
515		2			1		1			1				5
522		1	1											2
526			1											1
527			1											1
528				1	2									3
533						1								1
534						1								1
535					1	2	1	1						5
536			2	1	1		1							5
545		2			1									3
546				1	1									2
552		1		1				1					1	4
554				1										1
556			1											1
557										1				1
561						1								1
567					1		1							2
569			1	1				1						3
572			1	2										3
573					1									1
Total Events per Pipe		36	33	24	47	25	13	14	8	8	5	8	4	225

PWave (Varios elementos)

PHOENIX: MEDIUM DISTRESSED PIPES

Cuenta de Event Date	Months Surveyed	2007										Total Events per Pipe
Pipe Number	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	
223	1											1
249					1							1
260				1								1
411					1							1
417			1									1
425					1			1				2
470		2		1	1				2			6
481				1								1
529	1	1		1			1	1	1	1	1	8
540	1	2			1	1						5
549						1						1
550				1								1
Total Events per Pipe	3	5	1	5	5	2	1	4	1	1	1	29

PWave (Varios
elementos)

PHOENIX: LARGE DISTRESSED PIPES

Cuenta de Event Date	Months Surveyed												Total Events per Pipe	
	2007						2008							
Pipe	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene		
261						1							1	
307		1											1	
495										1			1	
505					1						1		2	
507		1	1				1			1	1	1	6	
508					1								1	
512			1			1							2	
517											2		2	
518		1		1				2				1	5	
520		1		1		1	1						4	
530				2							1		3	
531		1				2					1	1	5	
537		1	2										3	
539		1				1							2	
541					2	3	1	1		1			8	
542		1	1					3	2				7	
547								1					1	
565		1	1										2	
Total Events per Pipe		3	8	4	4	4	9	3	7	2	5	4	3	56

PWave (Varios elementos)

MIDDLESEX: SMALL DISTRESSED PIPES

Cuenta de Rótulos de
Event Date columna

Rótulos de fila	2003	2004					2005					2006					2007					Total general							
	dic	ene	feb	mar	abr	dic	feb	mar	abr	jun	jul	sep	dic	ene	feb	mar	abr	jun	sep	nov	ene		feb	mar	abr	may	jun	jul	
D10		1													1													4	
D13				1				1		1		2			1		1								1			7	
D21				1															1									2	
D22		1	1																									2	
D29					1																				1			1	
D3																									1			1	
D35			1																									1	
D36			2																									2	
D4			1			1																1	1					4	
D5			1		1												1								1	1		5	
D50				1																								1	
D51				1																								1	
D9					1	1																						2	
D66							1																					1	
D46									1			1										1	1					4	
D15										1																		1	
D39										1																		1	
D8												1																1	
D12														1														1	
D24																1		1										2	
D67																	1		2									3	
D45																		1			2							3	
IMH#20																					1							1	
D20																							1					1	
Total general		2	2	5	4	2	2	1	1	1	2	1	1	3	2	1	1	3	1	4	1	3	1	2	2	2	1	1	52

