

Rehabilitación de conducciones de abastecimiento con tubos continuos curados "in situ" (CIPP) en la tubería pTII-c250 en Sant Quirze del Vallés.

# REHABILITACIÓN DE TUBERÍAS DE AGUA POTABLE DE GRAN DIÁMETRO CON MANGA AUTOPORTANTE

La rehabilitación de conducciones sin apertura de zanja es un sistema de renovación de tuberías englobado como nuevas tecnologías pero que no es realmente tan nuevo como parece, el sector cuenta con más de 60 años de experiencia, con millones de kilómetros instalados alrededor de todo el mundo. En España, la tecnología está instaurada desde hace más de 20 años con resultados y calidades muy satisfactorios. Sin embargo, aún nos queda mucho camino por recorrer para estar al nivel de países de nuestro entorno como Francia, Holanda, Reino Unido o Alemania, donde las tecnologías sin zanja son la solución prioritaria.

## **ANDRÉS DUEÑAS JURADO.**

Ingeniero Industrial-Jefe de Mantenimiento de Red ATL

## **RAÚL MARTÍN DOMÍNGUEZ.**

ITOP/ICCP – Director de Operaciones Insituform Technologies Ibérica

La rehabilitación de conducciones con tubos continuos curados "insitu" abarca todo tipo de conducciones, de gravedad y de presión (tanto abastecimiento, como impulsiones) y todo tipo de secciones transversales (circulares, ovoides, tajeas...). Existe una gran gama de resinas (poliéster, viniléster, epoxi...) que junto a la gama de recubrimientos (polipropileno, polietileno, poliuretano, surlyn...) dan soluciones estructurales a todo tipo de conducciones, así como a gran cantidad de productos químicos que puedan existir en el efluente, llegando incluso

a dar soluciones para efluentes con altas temperaturas, siendo especialmente aplicable al ámbito industrial.

La rehabilitación de conducciones con tubos continuos curados "in situ" con respecto a las tecnologías catalogadas como tradicionales, que implican abrir la zanja, demoler el tubo actual, colocar el tubo nuevo y cerrar la zanja con la pavimentación, tiene grandes ventajas:

- La principal es la mínima interferencia y molestias a los viandantes, pudiendo rehabilitarse tramos de 250 metros desde las arquetas de



registro en los extremos, independientemente del tráfico de personas o vehículos en superficie.

- Otra es el plazo de ejecución. Con esta tecnología se consiguen plazos mucho más ventajosos, pudiendo rehabilitar tramos completos en una fracción del plazo necesario con obra tradicional. Con esta tecnología se puede llegar a producciones de 250 m de DN300 en 4 horas.
- En el campo de la seguridad y salud, cabe destacar que, al no necesitar excavaciones, se eliminan

los riesgos de atrapamientos por tierras inestables. Especialmente importante en grandes profundidades con la necesidad de uso de entibaciones.

- Cómo última gran ventaja se puede citar, la nula interferencia con los servicios que se pueden ver afectados en el caso de realizar una zanja, servicios de telecomunicaciones, gas, energía eléctrica u otras tuberías de abastecimiento o saneamiento, no se ven afectados, evitando así retranqueos o posibles accidentes.

---

La rehabilitación de conducciones con tubos continuos curados “in situ” con respecto a las tecnologías tradicionales, tiene grandes ventajas

---



Imágenes de reparaciones en la tubería afectada

Tras el estudio detallado de todos los factores, ATL concluyó que la rehabilitación mediante manga continua era la solución con mejor calidad-precio.

### LA DIFÍCIL REHABILITACIÓN LLEVADA A CABO EN SANT QUIRZE DEL VALLÈS

La arteria PTL-C250, propiedad del Ens d'Abastament d'Aigua Ter-Llobregat (ATL empresa pública de la Generalitat de Catalunya) es una tubería de hormigón pretensado con camisa de chapa (PCCP) de diámetro interior 1.250 mm. Se trata de una conducción muy importante para el área metropolitana de Barcelona, con una longitud total de 15.218 m que conecta la ETAP del río Llobregat (T.M. de Abrera-Barcelona) con el depósito regulador de 50.000 m<sup>3</sup> de Sant Quirze del Vallès (Barcelona). Al inicio de la tubería hay una estación de bombeo capaz de suministrar 1,5 m<sup>3</sup>/s a 18 bares de presión.

La conducción abastece de agua potable a importantes poblaciones del área de Barcelona tales como: Sabadell, Terrassa, Sant Quirze del Vallès, Rubí y Sant Cugat del Vallès. La población abastecida por esta conducción supera el medio millón de personas.

Entró en servicio en el año 1977, con una vida de 42 años está a punto de cumplir su vida útil. La gran mayoría del trazado, aproximadamente el 80%, discurre por zonas rústicas

y el 20% restante por zonas urbanas densamente pobladas. Es en este tramo donde el mantenimiento y reparación de esta infraestructura se hace más complicado y arriesgado.

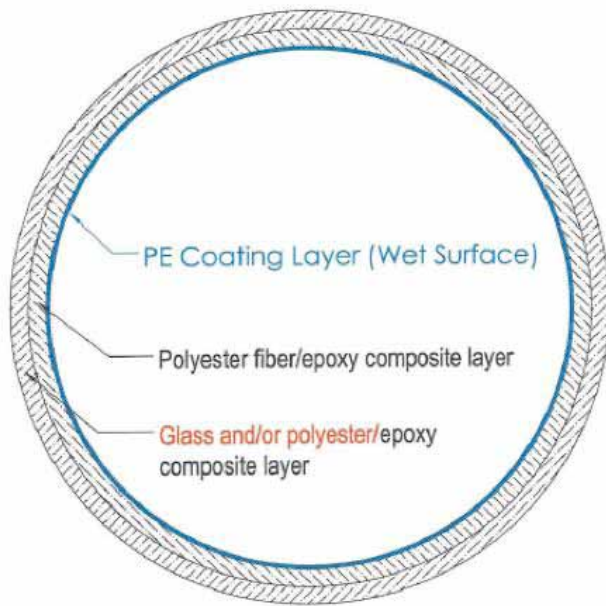
En concreto, en el barrio de Les Fonts (Sant Quirze del Vallès), el histórico de averías era superior al resto de la conducción y presentaba los siguientes problemas:

- La tubería tiene una cota rasante en algunos puntos de hasta 5,5 m.
- Con los años, numerosas edificaciones fueron construidas en las inmediaciones del trazado de la tubería. Estas construcciones, en algunos casos, impedían el acceso con maquinaria de la tubería. En otros casos, una rotura severa de la tubería supondría un grave riesgo de afección a las personas y a las edificaciones.
- La presión estática en este tramo oscila entre los 8 y los 9 bares, lo que provocaba que pequeñas fisuras causasen fugas de gran caudal.

Eran muchas las dificultades que presentan las reparaciones en esta conducción.

Toda la problemática expuesta motivó que, desde el Departamento de Mantenimiento de la Red de ATL, se realizara un proyecto de rehabilitación de la tubería en el tramo a estudio. El proyecto de rehabilitación se realizó atendiendo a los siguientes criterios:

- Rehabilitación de un total de 676 m de tubería de hormigón pretensado con camisa de chapa. Dicha actuación debía tener una durabilidad elevada, al menos de 25 años.



Capas	Espesor
Fieltro de poliéster	3,0 mm
Fieltro de poliéster	4,5 mm
Capa de fibra de vidrio	2,5 mm
Capa de fibra de vidrio	2,5 mm
Recubrimiento PP	3,0 mm
<b>Espesor Nominal Total</b>	<b>15,5 mm</b>

- Las tareas de rehabilitación debían tener un impacto mínimo sobre el entorno, así pues, debía realizarse el mínimo número posible de excavaciones a cielo abierto.
- Asegurar el suministro de agua de forma alternativa durante las obras de rehabilitación era esencial. Para ello se proyectó:
  - a. Construcción de 3 arquetas y 2 pozos de registro.
  - b. Instalación de 100 m de tubería de PEAD (polietileno de alta densidad) de diámetro nominal 500 mm para asegurar el suministro alternativo durante la ejecución de las obras ("by pass").

Tras el estudio detallado de todos estos factores, ATL concluyó que la rehabilitación mediante manga continua era la solución con mejor calidad-precio.

En más detalle, la solución adoptada fue la rehabilitación de la conducción mediante tubo curado "in situ" Insitumain®, compuesta por 2 capas de fibra de poliéster combinada con 2 capas de fibra de vidrio y con recubrimiento de polipropileno, impregnado con una resina desarrollada específicamente para estar en con-

tacto con agua potable, cumpliendo todos los requisitos del Real Decreto 140/2003, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. En este caso, el tubo continuo curado "in situ" proporciona una solución interactiva con la conducción a rehabilitar.

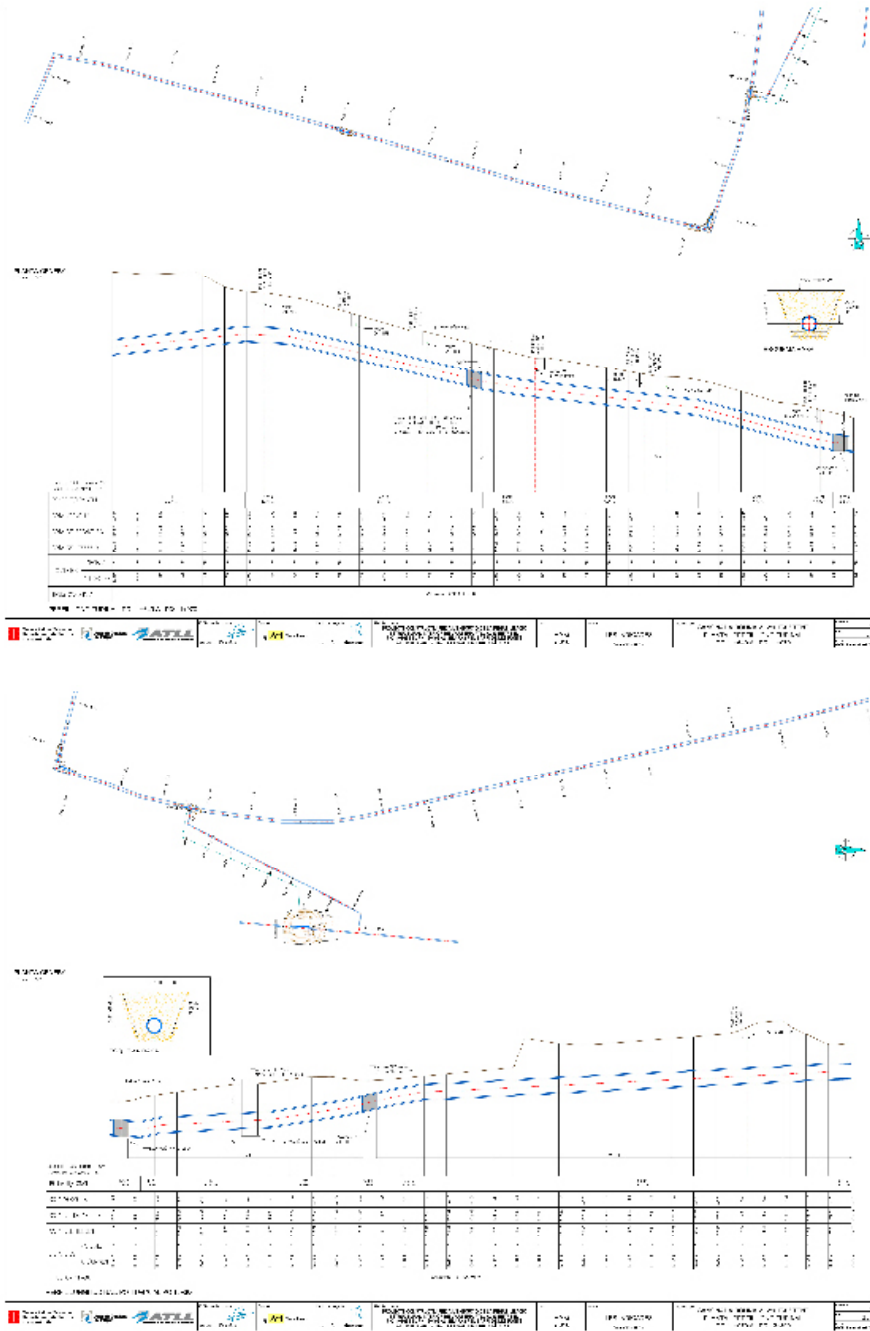
El proceso de rehabilitación con tubos curados "insitu" consta de dos fases principales; la primera, impregnación en fábrica y transporte, y la segunda, instalación en obra.

Al conjunto se le somete a un proceso de vacío, por el cual se extrae el aire entre las capas dejando libre el espacio que es ocupado por la resina, con lo que se asegura que queda uniformemente repartida en todos sus puntos, evitando discontinuidades en la pared del tubo.

Con este sistema de impregnación se consigue que la manga tenga las mismas características mecánicas en toda la superficie, asegurando los requisitos que el proyecto exige.

Una vez terminada la impregnación completa de las capas de fibra con la resina, el material se transporta en condiciones controladas de temperatura para evitar una prematura polimerización de la resina, manteniendo las propiedades intactas hasta su instalación en obra.

La impregnación con la resina termoendurecible de las capas de fibra de poliéster y de vidrio se realiza en fábrica y no en el lugar de la obra, permitiendo así un mejor control del proceso y menos molestias y ocupaciones en la obra.



## ESPECIFICACIONES ESTRUCTURALES

El diseño del tubo curado "insitu" de Insitumain® según las normativas ASTM F1216

Previo a la instalación, se realizaron:

- 3 Arquetas: Una arqueta de seccionamiento y 2 de derivación
- 5 pozos de ataque para la introducción-extracción del tubo curado "insitu".
- Un by-pass de tubería de PEAD de 100 m de longitud.

La longitud total de la actuación se ejecutó en 5 instalaciones.

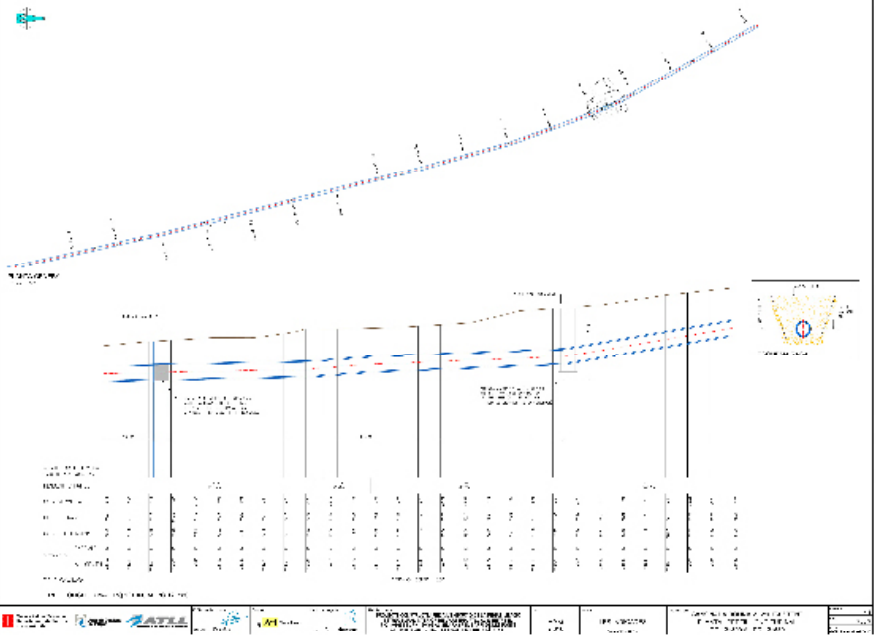
- De la cámara E3 al codo con una longitud de 158 m.
- De la cámara E1 a la cámara de seccionamiento de 177 m.
- De la cámara E1 a la cámara E2 de 235 m.
- De la cámara E2 a la cámara del margen derecho de 47 m.
- De la cámara del margen derecho al codo de 59 m

La primera instalación, desde la cámara E3 al codo se instaló el 20 de febrero de 2019 con una longitud de 158 metros y una diferencia de cotas en la rasante del tubo entre el inicio y el final de la instalación de 5,58 metros.

La semana siguiente, el equipo de rehabilitación se trasladó a la cámara E1, para instalar la segunda el 27 de febrero de 2019, desde la cámara E1 hasta la cámara de seccionamiento, con una longitud de 177 metros y una diferencia de cotas en la rasante del tubo entre el inicio y el final de la instalación de -1,56 metros.

### Datos de partida para el cálculo:

Diámetro de la tubería existente	1250 mm.
Presión de trabajo de la tubería existente (MDP)	9 kg/cm <sup>2</sup>
Presión de prueba (STP)	10 kg/cm <sup>2</sup>
Presiones negativas, si existiese	- 0,20 kg/cm <sup>2</sup>
Profundidad de la máxima de tubería (sobre solera)	4 metros.
Profundidad del nivel freático (si existiese)	1 metros.
Módulo de densidad del suelo	1.920 kg/m <sup>3</sup>
Módulo de reacción del suelo	6,89 Mpa.



Desde la misma cámara E1, se instaló el 6 de marzo de 2019 el tramo más largo del proyecto, desde la cámara E1 hasta la cámara E2, con una longitud de 235 metros y una diferencia de cotas en la rasante del tubo entre el inicio y el final de la instalación de 3,13 metros.

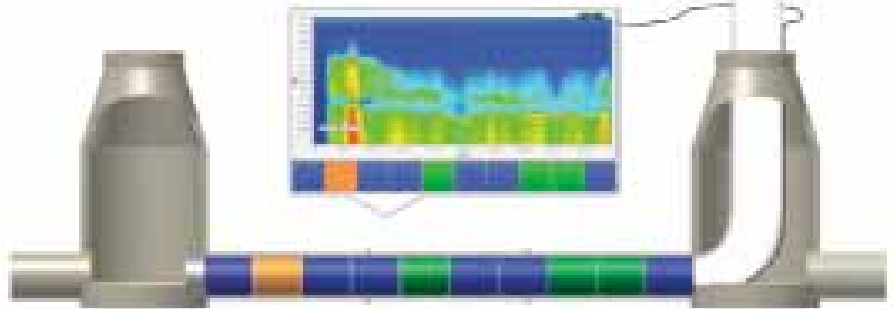
Las dos últimas instalaciones se realizaron desde la misma cámara, la cámara del margen derecho, la primera de ellas hasta la cámara E2, con una longitud de 47 metros y una diferencia de cotas en la rasante del tubo entre el inicio y el final de la instalación de -1,38 metros se instaló el 13 de marzo de 2019.

Finalmente, la última instalación del proyecto se llevó a cabo el 20 de marzo de 2019 con una longitud de 59 metros y una diferencia de cotas en la rasante del tubo entre el inicio y el final de la instalación de 0,61 metros.

Con esta última instalación se completaron los 676 metros en 5 semanas.

La técnica elegida en esta obra por Insituform Technologies Ibérica, S.A. fue mediante reversión y calentamiento con agua, por ser la tecnología que mejor asegura el control preciso de la temperatura de endurecimiento de la resina y su óptimo curado.

La tubería continua flexible se instala mediante reversión gracias a la presión hidrostática ejercida por la columna de agua creada con la suma de la profundidad de la conducción y la altura de la estructura de inversión. Este fluido es el que ejerce la presión necesaria al tubo continuo flexible para que se ajuste perfecta-

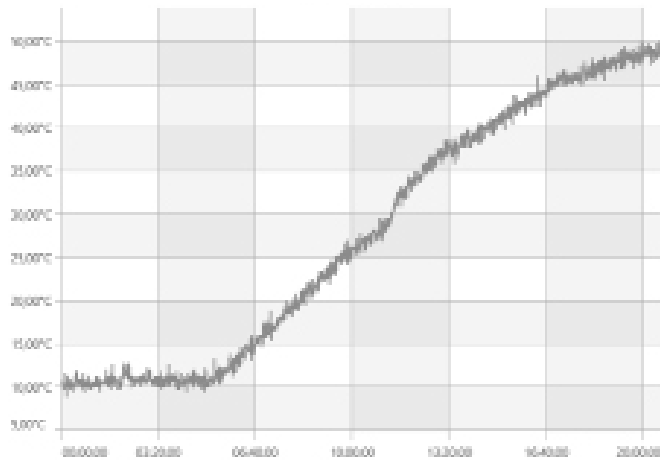


mente en todo el desarrollo circunferencial de la tubería existente.

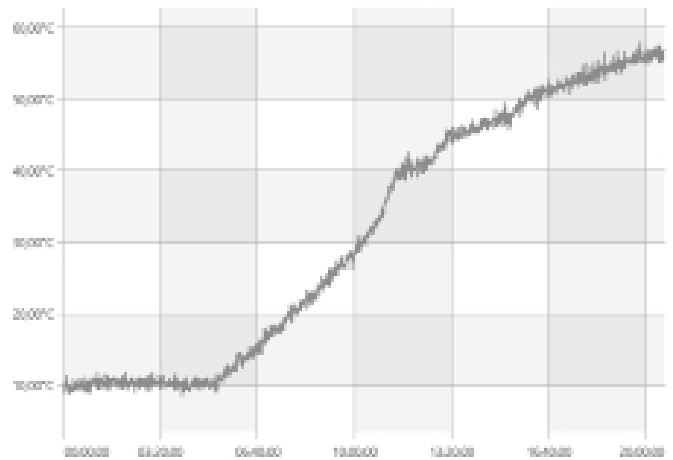
El mismo fluido utilizado para la instalación se aprovecha para el calentamiento. Esto se consigue con un sistema de recirculación a través de una caldera de agua sobrecalentada, en la que se alcanzan los 80 grados centígrados. La temperatura del fluido es transferida a la resina termoendurecible, provocando así una reacción exotérmica en sus moléculas y consiguiendo su endurecimiento "in situ".

En tuberías de presión, es aún más importante asegurar el correcto curado de la resina. No es conveniente que se alcancen altas temperaturas que provoquen un gran estrés térmico, ya que puede traducirse en tensiones internas y provocar

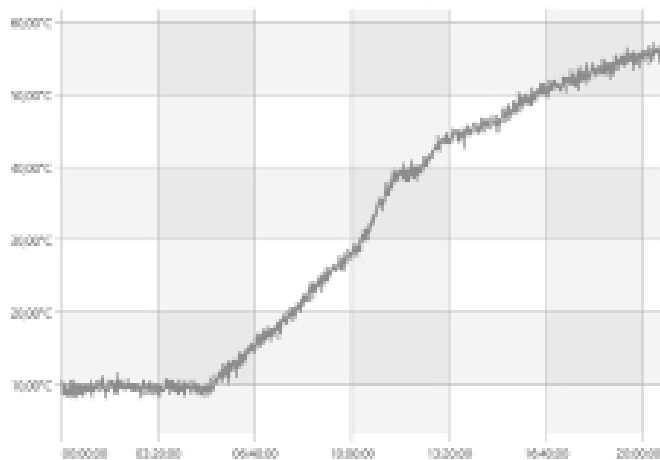
La técnica elegida en esta obra fue mediante reversión y calentamiento con agua, por ser la tecnología que mejor asegura el control preciso de la temperatura de endurecimiento de la resina y su óptimo curado



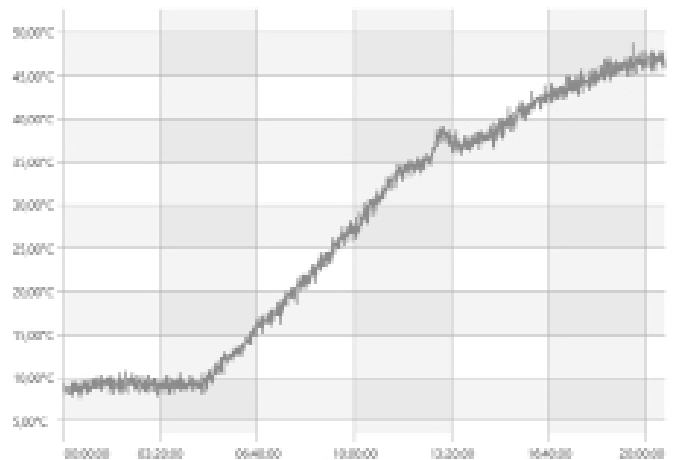
Gráfica temperatura-tiempo posición 59,20 m



Gráfica temperatura-tiempo posición 107,40 m



Gráfica temperatura-tiempo posición 145,0 m



Gráfica temperatura-tiempo posición 168,90 m

Una vez terminada la instalación y curado de cada tramo, se consigue un tubo sin ningún tipo de junta a lo largo de toda su longitud.

grandes retracciones, microrroturas en la pared del nuevo tubo o reducción de las características mecánicas.

Para ello, el calentamiento con agua ofrece un control más preciso, no solo a lo largo de toda la longitud, sino también a lo largo de toda la sección, no variando entre partes altas y partes bajas de la conducción.

El calentamiento se controla mediante un sistema centralizado que registra datos de temperaturas cada 10 cm en tiempo real, gracias a las propiedades de la fibra óptica. Este sistema ofrece, una gran capacidad de adaptación a las condiciones especiales de cada instalación, asegurando la calidad y la robustez del producto final, puesto que garantiza la trazabilidad del proceso de calentamiento y curado.

Una vez terminada la instalación y curado de cada tramo, se consigue un tubo sin ningún tipo de junta a lo largo de toda su longitud. Se evita así, el riesgo de fuga que puede causar dichas juntas (puntos más vulnerables de la red). Los puntos extremos, tanto al inicio como al final, se solucionan con juntas internas que aseguran la estanqueidad del tubo curado "in situ". Estas juntas internas están construidas con EPDM (Etileno Propileno Dieno tipo M ASTM) y dos aros de acero. Estos aros se instalan mecánicamente solapando por una parte el tubo continuo curado "in situ" y por otra la tubería existente.

Para ATL, la colocación de la manga reversible Insitumain ha cumplido ampliamente los objetivos marcados en el proyecto inicial:

Arriba, estado de la tubería existente  
Abajo, estado tras la rehabilitación



- La afección al entorno ha sido mínima.
- Los procedimientos de trabajo se han basado en una monitorización en continuo de parámetros como la temperatura y la humedad relativa. Esto ha permitido seguir escrupulosamente los gradientes de variación de dichos parámetros, así como los tiempos de curado. Todo ello repercute en una buena calidad del producto acabado.
- El producto acabado presenta un excelente aspecto y es apto para transportar agua para el consumo humano.
- La utilización de este sistema ha resultado más económica que si se hubiera realizado la tradicional sustitución de tubería.
- Se ha asegurado la fiabilidad del funcionamiento de una arteria principal de la red de abastecimiento de ATL. ■

