

# **EMPRESA PÚBLICAS DE MEDELLÍN REHABILITA 342 M DE ALCANTARILLADO UBICADO A 15 METROS DE PROFUNDIDAD APLICANDO CIPP POR EL PROCESO DE PULLED IN PLACE.**

**Por: Claudia Figueroa**  
**[claudia.figueroa@epm.com.co](mailto:claudia.figueroa@epm.com.co)**

## **1. RESUMEN**

Empresa Públicas de Medellín, EPM, operadora que presta los servicios de acueducto, alcantarillado y energía en el municipio de Medellín y su Área Metropolitana, aplicó la metodología CURED IN PLACE PIPE, CIPP, para solucionar los problemas estructurales y rehabilitar el colector de aguas residuales de la quebrada La Honda. Este colector con tramos a 15 m de profundidad, presentó fallas estructurales a lo largo de 342 m, debido a que, por la ejecución de unos llenos no permitidos, fue sometido a unas cargas muertas para las cuales no había sido diseñado. El análisis para la intervención se basó en dos condiciones: la primera la profundidad y la segunda, que sobre el colector está construida una unidad residencial y tiene sembradas unas palmas reales de una altura aproximada a 11 metros. El reto para EPM consistió en realizar la rehabilitación del colector sin dañar la infraestructura de la unidad residencial y sin intervenir el componente arbóreo. Para ello realizó estudios geológicos, inspecciones con CCTV, estudio de cargas admisibles, análisis de métodos de intervención y sus posibles impactos, entre otros. Con la aplicación del CIPP, EPM además de obtener beneficios ambientales, económicos y mínimos tiempos de intervención, evitó la excavación de un volumen de 15.000 m<sup>3</sup> de tierra.

## **2. INTRODUCCION**

Este artículo tiene como finalidad mostrar el paso a paso de cómo se desarrolló la solución final para volver a incorporar al servicio un colector de aguas residuales que debió retirarse de la operación por los daños que le causó el exceso de carga a que fue sometido, describiendo cada fase del proyecto hasta encontrar la solución final, resaltando la creatividad que en algunos momentos fue determinante para obtener el propósito de su rehabilitación. Así mismo enfatizar en el uso de la matriz decisional como herramienta para el análisis y ponderación de elementos y condiciones particulares del proyecto, que permitió tomar decisiones que llevaron a ejecutar el proyecto en tiempo y precios razonables y con menores impactos ambientales y sociales. Destacar que si en algún tipo de proyectos tiene importancia el tiempo que se invierte en la fase de planeación, es en proyectos donde se haga uso de las tecnologías Trenchless, tiempo que se recompensa con creces ya que de dependiendo de la calidad de la planeación durante la fase de ejecución todo se convierte en un engranaje acompasado.

Y finalmente hacer una abstracción de las dificultades y limitaciones reales de los equipos y de los aspectos que con los equipos hoy disponibles se hubieran abordado de mejor manera.

Más que hacer una explicación detallada de la tecnología CIPP mediante pull in place, busca compartir las experiencias desarrolladas y brindar elementos para formar criterios que permitan tomar decisiones, siendo esto último de importancia porque es una de las falencias que más se detectan en el medio, ya que cuando existen ciertas dificultades en proyectos como el descrito, se recurre a la tradicional apertura de zanjas, dejando de lado la ventaja que en algunas situaciones ofrecen las Trenchless.

## **3. INDICE**

- **Antecedentes del proyecto**
- **Diagnóstico**
- **Desarrollo de la solución**
- **Rehabilitación con CIPP**

## 4. DESARROLLO

### 4.1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO

El colector de la quebrada la Honda ubicado en el municipio de Envigado, Colombia, fue construido por EPM entre los años 1.993 y 1.994. El diseño original proyectó una altura de llenos sobre las tuberías entre 2.50 m y 3.0 m siguiendo una línea paralela a dichas quebrada, que al momento de construcción del colector se encontraba corriendo en su cauce, sin ningún tipo de intervención o box coulvert.

A partir del año 2.000 y actuando de una manera no controlada, el terreno sobre el cual había sido construido el colector fue intervenido por dos firmas constructoras, sin hacer ningún tipo de refuerzo en la cimentación del colector. Por la forma en que fue intervenido el terreno se pueden diferenciar dos sectores, que en adelante se denominará sector A y Sector B.

En el sector A, se construyeron unos llenos en su mayoría con escombros, provenientes de material de excavación que debía desecharse por su calidad. En este sector también se modificó el nivel del cauce de la quebrada y se construyó un box coulvert. Sobre el lleno construido, se adecuó una cancha de futbol. En la longitud correspondiente a este sector, se hicieron los llenos y las cámaras de inspección del colector de aguas residuales no fueron realizadas, quedando el colector además de oculto por el lleno, sometido a unas cargas de hasta 17 m de altura. Para la época en que fue construido el colector en EPM apenas se iniciaba la cultura de registrar en un SIG los datos reales de construcción y el hecho que este colector no hubiera sido actualizada según los datos reales ocasionó múltiples dificultades que más adelante se detallarán.

Para el sector B los llenos los realizaron de manera controlada, las cámaras de inspección fueron realizadas y sobre los llenos se construyeron pisos duros y alguna infraestructura de una unidad residencial.

Debido a las fallas que empezó a presentar el colector, en el año 2008 fue necesario sacar de servicio los tramos afectados. En diciembre de 2009 se realizó la construcción de una solución temporal, construida en tubería de polietileno e instalada en el interior del box coulvert de la quebrada la Honda, para dar continuidad al transporte de aguas residuales y mitigar el impacto ambiental causado por el daño del colector.

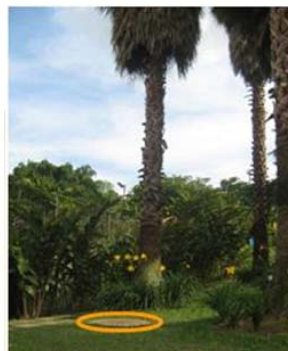


Figura 1: Aspectos del sector B

### 4.2 DIAGNÓSTICO

Se llevó a cabo una fase de diagnóstico para estudiar las posibles soluciones que pudieran tener aplicación en las condiciones en que se encontraba el colector. Se contrató el estudio geotécnico y geológico para conocer las condiciones que presentaba el terreno sobre el cual se habían construido los llenos. Había una incertidumbre muy alta sobre la condición estructural de las tuberías y si estaba completamente colapsado. En el sector A se confirmó la mala calidad de los llenos, en el sector B se encontró un punto totalmente colapsado.

En las siguientes imágenes se muestran los perfiles de los sectores A y B en los que se explican las intervenciones realizadas.

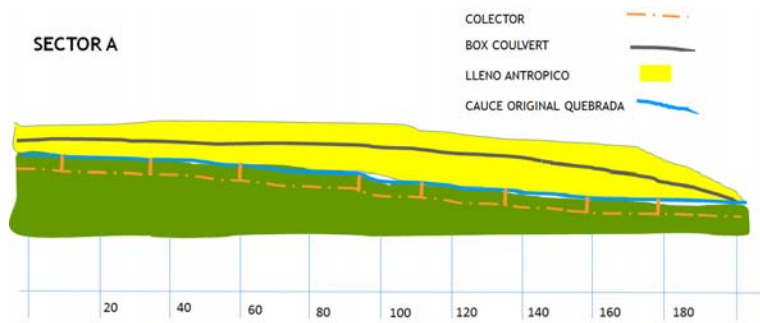


Figura 2: Perfil del sector A

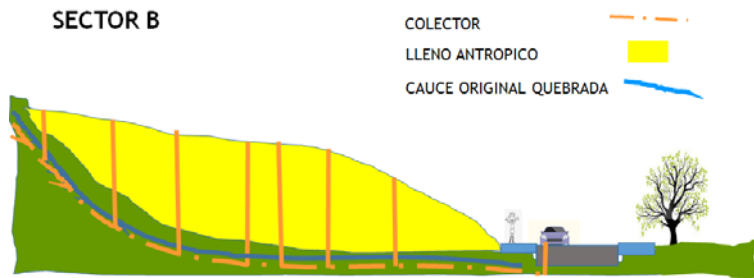


Figura 3: Perfil del sector B

El contrato de diagnóstico que se llevó a cabo tuvo el derrotero que se indica en la gráfica xxx. Se llevó a cabo para obtener información directa y que permitiera tomar decisiones acerca de qué hacer para reponer o rehabilitar el colector se realizó la inspección del colector con circuito cerrado de televisión, CCTV. Si bien no estaban visibles en terreno se inspeccionaron 11 de los 14 tramos previstos.

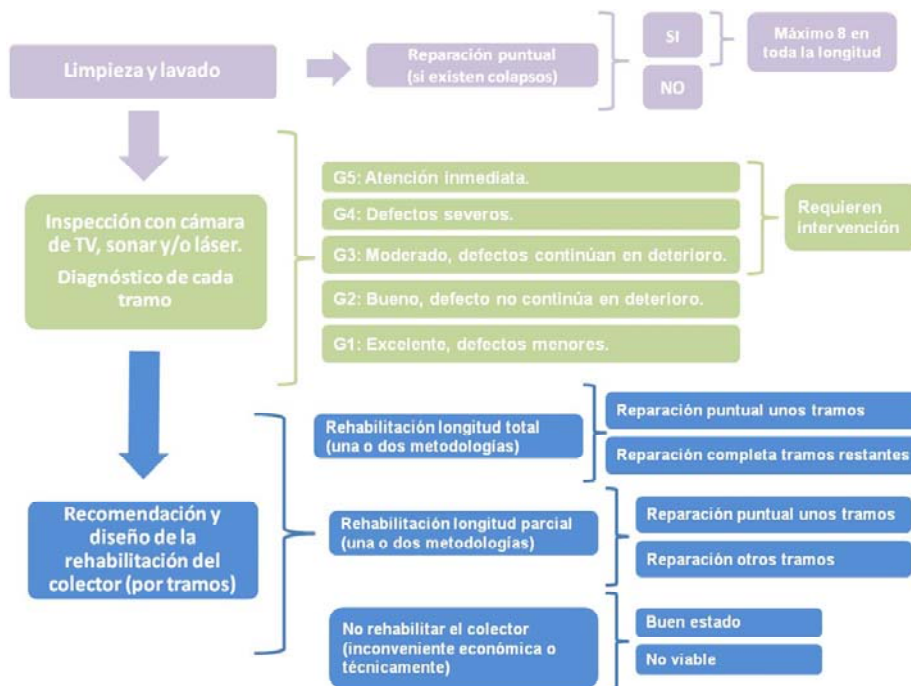


Figura 4: Premisas del contrato de diagnóstico

En este esquema cuando se habla de reparación puntual durante la fase de limpieza y lavado, se hace referencia a la instalación de los anillos en acero quirúrgico conocidos como quick look, esto con el fin de hacer intervenciones rápidas que permitieran evitar colapsos eminentes hasta desarrollar la solución definitiva.

En su mayoría los tramos fueron calificados en el aspecto estructural en los grados 4 y 5, lo que indicaba que el colapso de las tuberías estaba cercano, e incluso se encontró punto de colapso. A continuación, se muestran algunas fallas de las tuberías, asociadas al exceso de carga.



Figura 5: Imágenes de la tubería, se observar fracturas, colapsos e infiltraciones

En uno de los tramos se encontró una piedra de aproximadamente 45 cm de diámetro, la cual fue necesaria retirar para continuar con la inspección con CCTV. Para su retiro fue necesario recurrir al ingenio de los técnicos, quienes al robot de inspección le adecuaron un gancho para agarrar la piedra y poder arrastrarla hasta la cámara de inspección más cercana.



Figura 6: Adecuación del robot para retirar piedra.

### 4.3 DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN.

Terminada la fase de inspección con CCTV y de trabajo de campo, se dividió la longitud total del colector en tres sectores de acuerdo a lo encontrado y al tipo de intervención que debía implementarse.

Dos sectores para rehabilitar y un sector en el cual por la imposibilidad de encontrar el colector tapado por los llenos y por la construcción de una torre de apartamentos muy cerca de donde se presumía estaba el colector, se propuso construir un nuevo colector y buscar un punto de empalme entre lo nuevo y lo rehabilitado, tal como se indica en el siguiente esquema.

Aunque se trabajó con dos equipos de geo-radares con el fin de encontrar el punto de conexión entre lo existente y lo nuevo, no fue exitoso el trabajo. Se hicieron varias jornadas de trabajo y por las profundidades y calidad del material de los llenos, las señales no fueron confiables.



Figura 7: Aspectos del trabajo con geo radar

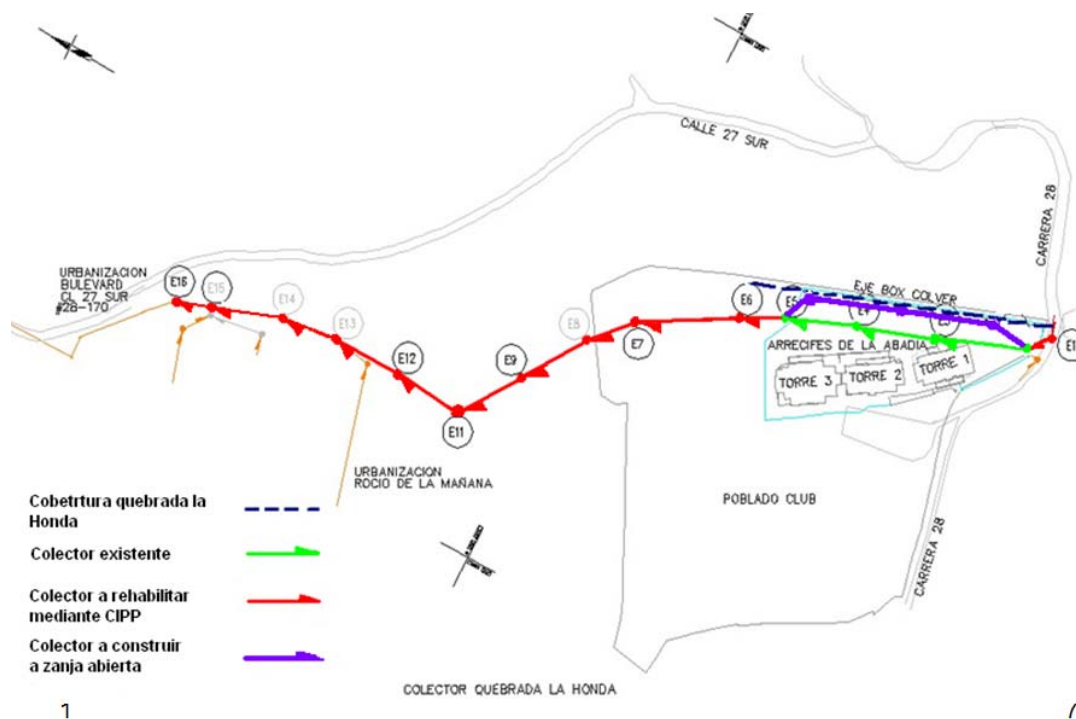


Figura 8: Zonificación de acuerdo al tipo de intervención

**Construcción de una matriz decisional.** Con toda la información recopilada en la fase de diagnóstico, tanto en el trabajo de inspección con CCTV, de geotecnia y de revisión de las condiciones de carga del colector, se procedió a evaluar las posibles metodologías que pudieran aplicarse, con sus ventajas y desventajas, teniendo en cuenta la premisa de conservar dos puntos de conexión obligados. Para esto se construyó una matriz decisional y entre la firma consultora y EPM se concertaron los aspectos de importancia que debían evaluarse y ponderarse en dicha matriz.

De antemano se descartó la inclusión en la matriz del método de perforación horizontal dirigida, por la calidad y heterogeneidad de los llenos. En el siguiente cuadro se indica la matriz construida y que permitió tomar la decisión sobre el método a desarrollar para rehabilitar el colector.

Los aspectos que se consideraron de mayor importancia en la matriz fueron dos, el costo total de ejecución y la posibilidad de ejecutar el proyecto con las restricciones espaciales. El primer aspecto podía dar al traste con la metodología seleccionada, aun en el escenario de no tener ninguna restricción para aplicarse. Y es precisamente en este punto donde el método de excavación a zanja abierta tiene la más baja calificación y es que considerando una sección promedia de 9 m de profundidad, la sola excavación por metro lineal es de aproximadamente 36 m<sup>3</sup>. Para los tramos en los cuales el colector se encuentra a 15 y 16 metros de profundidad el volumen excavado por metro lineal podría ser del orden de 120 m<sup>3</sup>, lo cual hace inviable económicamente la reposición del colector. El segundo aspecto es de importancia, porque, aunque el método sea viable desde el punto de vista de costos, si no puede implementarse o para hacerlo destruye la vegetación o la infraestructura existente finalmente no sería viable. Para dar una idea acerca de la complejidad de desarrollar la reposición del colector a zanja abierta se muestra la sección de corte propuesta, para evitar derrumbes, sección que en el sector B es inviable por la infraestructura existente allí.

#### 4.4 REHABILITACION CON CIPP

Se realizó la programación para rehabilitar analizando las condiciones más críticas, especificando tiempos de lavado de la tubería, desvíos, inserción de la manga y curado por cada uno de los tramos a intervenir. Se tomó la decisión de aplicar el CIPP mediante pull in place por la profundidad de la tubería, por el diámetro y por la dificultad de la instalación.

Por tratarse de un terreno que no tenía ninguna vía construida fue necesario adecuar un paso para los equipos, los cuales fueron llevados al sitio donde se hicieron las inserciones con retroexcavadoras, tal como se muestra en las siguientes imágenes



Figura 9: Aspectos generales del transporte de los equipos hasta el punto de inserción

Si bien inicialmente se consideró hacer rehabilitación tramo por tramo, posteriormente se estimó posible hacer en un solo tiro varios tramos y fue así como en las dos primeras inserciones se realizaron varios tramos, lo cual acortó el tiempo de intervención beneficiando la comunidad aledaña al proyecto, como se indica a continuación.

- Primera Inserción:

Tramos Mh 7 – Mh 8, Mh 8 – MH 9 – MH 9 – Mh11 A

Longitud total rehabilitada: 113 m

Tiempo empleado: 4 días

- Segunda Inserción:

Tramos Mh 16 – Mh 15, Mh 15 – MH 14

Longitud total rehabilitada: 56 m

Tiempo empleado: 3.5 días

Durante la instalación de la manga, la vida de los habitantes del sector B continuo normal, a tal punto que el parque infantil en donde la tubería a rehabilitar se encuentra a 14 metros de profundidad fue rehabilitada y mientras se desarrollaron los trabajos el parque permaneció en uso, tal como se muestra en la siguiente imagen. En ella se ve un niño en un columpio y los equipos de trabajo al lado, conviviendo sin ningún problema.



Figura 10: Trabajos en el parque infantil sin afectar su uso

Por los daños de las tuberías y el desgaste no uniforme, una vez curada la manga aparecieron en algunos tramos unos pliegues que se formaron por la irregularidad de la sección. La formación de estos pliegues puede tener repercusión en la fase de operación por la posibilidad de retener solidos que viajen a través del tubo. Sin embargo, las prácticas de buena Ingeniería especifican como medirlas y de acuerdo a su medición que debe hacerse. Para el caso del proyecto en mención, no sobrepasaron las medidas tolerables, por lo cual se dejaron intactos.



Figura 11: Aspecto del colector rehabilitado, se observa la formación de pliegues.





La gran dificultad que tuvo el Proyecto fue encontrar el punto de conexión entre los tramos rehabilitados y los nuevos, debido a que no se contaba con un colector georreferenciado y los equipos de georadares no pudieron dar puntos exactos de localización de las cámaras de inspección tapadas con los llenos. Después de varios intentos de localización de las cámaras se optó por hacer la búsqueda del punto de conexión con retroexcavadoras. En las siguientes imágenes se muestran las maquinas excavando para encontrar el punto de conexión. Este trabajo además de tomar mucho tiempo, fue costoso.



Figura 12: retroexcavadoras en búsqueda de cámara de inspección.

## 5. CONCLUSIONES

- La rehabilitación de los tramos con CIPP fue exitosa, tanto en tiempo como en costo. No hubo afectación a infraestructura ni a vegetación. El tiempo de ejecución fue menor al proyectado.
- El CIPP es una de las metodologías con mayor uso en el mundo, en Colombia ya se cuenta con varias firmas contratistas que tienen equipos y personal entrenado. El tema al que mayor desarrollo debe dársele es a la rehabilitación de las domiciliarias, aspecto fundamental en la estabilidad de la red y que se perfila de gran proyección para esta metodología.
- Por el desgaste disparado que tuvieron las tuberías, la formación de pliegues en diferentes posiciones horarias una vez curada la manga, -como se mostró en la figura xx-, es un resultado esperado, no se trata de una inadecuada instalación o una mala medición de los diámetros interiores, es evidencia del tipo de daños en las tuberías.
- Es fundamental impartir formación en los aspectos de supervisión y aceptación para determinar cuándo una manga debe recibirse y cuando no y qué debe hacerse en los casos en que el resultado no es el esperado, bien sea por indebidos procedimientos de instalación o por los pasos previos como medición de diámetro y fabricación de felpas.
- En términos generales, construir una matriz decisional permite ponderar y obtener datos objetivos para tomar decisiones en los diferentes niveles encargados de la planeación y ejecución de las obras de infraestructura. Cada matriz es única, su robustez y forma dependerá de las características de la zona a intervenir y del proyecto mismo.
- Cada proyecto es único, para hacer óptima su ejecución utilizando algún método Trenchless, debe conocerse metro a metro toda la zona de trabajo.
- Cuando los llenos son muy heterogéneos los equipos geo-radares no son tan eficientes como se quisiera y si a esto se le suma una profundidad mayor de 8 metros, la posibilidad de obtener información de calidad es casi nula.