

## Colectores sur, desvío Tiribí. 6.6 km de microtúnel, MTBM, urbano en San José, Costa Rica

South tunnel sewage, Tiribí. 6.6 km of urban microtunnel, MTBM, in San José, Costa Rica

### Juan Paulín Aguirre

*Dirección de Ingeniería, Soletanche Bachy Iberoamérica, México, paulin.juan@solexpert.com*

### Raymundo González Reyes

*Dirección Comercial, BESSAC LATAM, México, raymundo.gonzalez@bessac.com*

### Andrés Herrera Barrios

*Dirección de Ingeniería, Rodio Swissboring Centroamérica, Guatemala, fherrera@rodiosbo.com*

**RESUMEN:** El alcance de este trabajo es presentar el proyecto de un colector de aguas de alcantarillado sanitario geotécnica y constructivamente. Este se ubica en San José, Costa Rica. El colector tiene una longitud de 6.6 km, diámetros de 1,200 y 1,500 mm, en tubería de concreto reforzado. El proyecto tiene tramos con trazados curvos y rectos con longitudes de hasta 430 m entre pozos, 37 pozos de trabajo construidos con muros de concreto lanzado los cuales fueron acondicionados como pozos de inspección definitivos. La profundidad de estos pozos varía desde los 4 m hasta los 24 m. Además, se excavaron 767 m de zanja abierta en un ancho de 1,050 mm y se realizó la conexión a la red existente. Los trabajos de microtuneleo se llevaron a cabo con dos frentes simultáneos de excavación, utilizando MTBM tipo *Slurry*, todo esto en un contexto urbano, muy denso al lado de una de las carreteras nacionales más transitadas de San José, con muchas restricciones a nivel de impacto social y espacio para las instalaciones de obra, en una geología compleja, heterogénea de depósitos volcánicos con rellenos antrópicos y rocas tipo Lahar, con muchos desafíos logísticos entre ellos la pandemia por Covid-19. Estos trabajos fueron ejecutados de noviembre de 2020 a mayo de 2023.

**ABSTRACT:** The scope of this work is to present the project of a sanitary sewer water collector geotechnically and constructively. This is in San José, Costa Rica. The collector has a length of 6.6 km, diameters of 1,200 and 1,500 mm, in reinforced concrete pipe. The project includes sections with curved and straight lengths of up to 430 m between shafts, 37 shafts work were built with shotcrete walls which were conditioned as definitive inspection access. The depth of these shafts varies from 4 to 24 m. In addition, 767 m of open trench was excavated in a width of 1,050 mm and the connection to the existing network was made. The microtunneling works were carried out with two simultaneous excavation fronts, using Slurry type MTBM, all this in a very dense urban context next to one of the busiest national highways in San José, with many restrictions at the level of social impact and space for the work facilities, in a complex geology, heterogeneous volcanic deposits with anthropic fills and Lahar-type rocks, with many logistical challenges including the Covid-19 pandemic. These works were carried out from November 2020 to May 2023.

**KEYWORDS:** Microtúnel, MTBM, *pipe jacking*, concreto lanzado, pozo acceso.

## 1 INTRODUCCIÓN

El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) a través de su Programa de Agua Potable y Saneamiento (PAPAS) tiene como objetivo principal mejorar la calidad del agua de los ríos y mantos acuíferos del área metropolitana de San José evitando así la contaminación de estos, con descargas directas sin tratamiento, mediante la construcción de un sistema de recolección y tratamiento de aguas residuales. El colector Desvío Tiribí, representa un hito de la ruta del saneamiento impulsada por esta institución, al eliminar la descarga de unos 12 millones de litros diarios de aguas residuales que anteriormente se vertían al río Tiribí y llegaban al mar.

Sin duda alguna, esta obra mejorará las condiciones ambientales y promoverá la salud de la población de costarricense para más de

1'070,000 habitantes del sur de San José, para una capacidad de tratamiento de 2.81 m<sup>3</sup>/s en promedio.

Este colector forma parte del Proyecto de Mejoramiento Ambiental del Área Metropolitana de San José, y fue financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) por \$24.5 millones de dólares.

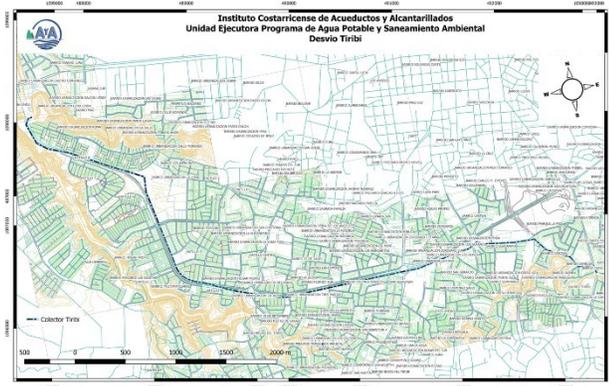


Figura 1. Trazado del Colector Desvío Tiribí.

La construcción del Colector Desvío Tiribí fue llevada a cabo por el Consorcio SADE-BESSAC a través de una licitación pública internacional. La supervisión del proyecto fue realizada por el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). Los trabajos se llevaron a cabo desde noviembre de 2020 hasta mayo de 2023, los trabajos de microtuneleo lograron una optimización de 3 meses en el programa de obra.

## 2 TRAZO DEL PROYECTO

El Colector Desvío Tiribí fue construido utilizando la tecnología de microtuneleo en un 90% de su longitud total. El colector incluye 6.8 km de tubería sanitaria que traslada las aguas residuales hasta la planta de tratamiento Los Tajos, en La Uruca; Con diámetros desde 1.05 hasta 1.50 m, conecta dos colectores en funcionamiento y traslada las aguas reusadas al Túnel Traslase (primer túnel Urbano construido en Costa Rica), conectando la red de alcantarillado sanitario norte y sur de San José para trasladar estas aguas residuales a la Planta de Tratamiento Los Tajos en la Uruca.

## 3 ESTRATIGRAFÍA DEL SITIO

Con base en VIETO & ASOCIADOS S.A. 2015, y en AYA 20118, la excavación del túnel se realizó en suelos heterogéneos, depósitos volcánicos típicos de San José.

Específicamente, en una toba arenosa litificada con clastos de algunos cm de lava andesítica porosa de color rojizo, con alteración mineral con un aspecto arenoso, con RQD de hasta el 65%, con presencia en algunos tramos de nivel freático por encima de la línea de instalación, ver Figura 2 y Tabla 1.

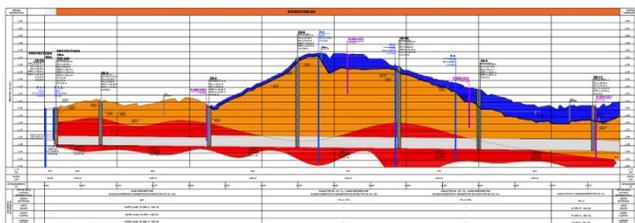


Figura 2. Perfil geológico del trazado del colector.

Tabla 1. Unidades geotécnicas en el trazado del túnel.

Unidad geotécnica	Descripción
UG1_a	Depósitos de suelo superficiales que se presentan mayoritariamente como arenas limosas tipo SM, con presencia ocasionales de limos arenosos de densidad variable desde muy sueltas ( $N_{SPT} 5$ ) hasta muy densas ( $N_{SPT} 50$ ) y arcillas arenosas de baja plasticidad.
UG1_b	Arcillas y limos de alta plasticidad tipo CH y MH, con presencia ocasional de arcillas arenosas tipo CL, de consistencia variable desde muy blanda ( $su < 12kPa$ ) hasta muy dura ( $Su > 200kPa$ ). Llega a presentar rechazo ( $N_{SPT} > 50$ ) en varias de las perforaciones.
UG2	Lahares compuestos por clastos andesíticos o en ocasiones de toba soldada englobados en una matriz que varía entre arenarcillosa, areno-limosa y limosa muy plástica (MH). El mayor tamaño de fragmento lávico recuperado fue de 400 mm, pero es de esperar que se encuentren clastos de mayores dimensiones.

## 4 PROCESO CONSTRUCTIVO

### 4.1 Pozos

Los pozos de trabajo (también definitivos) fueron diseñados y construidos aplicando la técnica de concreto lanzado reforzado con malla electrosoldada y acero corrugado. El muro se consideró como estructural, definitivo.

La profundidad promedio de los pozos fue del orden de los 7.5 m con profundidad máxima de hasta 24 m.

Los concretos del proyecto fueron previstos con impermeabilizantes por cristalización, Además, para garantizar la estanqueidad en las juntas entre tramos de lanzado se colocó un perfil expansivo acrílico y un sellador expansivo hidrofílico de poliuretano.



Figura 3a. Pozos de trabajo, lanzamiento y recepción en fase constructiva.



Figura 3b. Pozos de trabajo, lanzamiento y recepción en fase constructiva.

Todos los pozos durante su construcción y utilización para el sistema de microtuneleo contaban con barandal de seguridad, línea de vida con freno de descanso.



Figura 4b. Descenso de microtuneladora al pozo de lanzamiento.

Los pozos se dividieron según su tipo y funcionalidad durante el proceso constructivo del colector (por ejemplo: de lanzamiento, recepción y mixtos). En el caso de los pozos de lanzamiento, estos tuvieron un diámetro interno de 5.5 m, mientras que los pozos de recepción tuvieron un diámetro interno de 4.5 m. El tipo de pozo mixto obedece a que, en dichos puntos, la microtuneladora se rescató en la parte donde el colector se instalaba a cielo abierto, utilizando los ademes tipo *Krings* y posteriormente se colocaría en un pozo circular.



Figura 4a. Descenso de microtuneladora al pozo de lanzamiento.

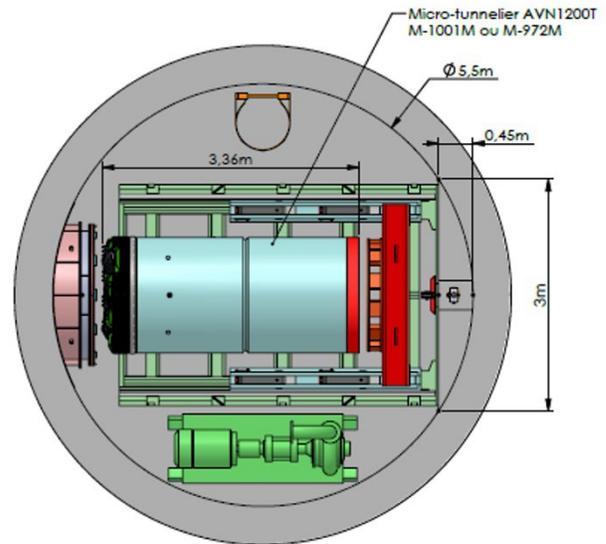


Figura 5 - Planta de pozo de lanzamiento.

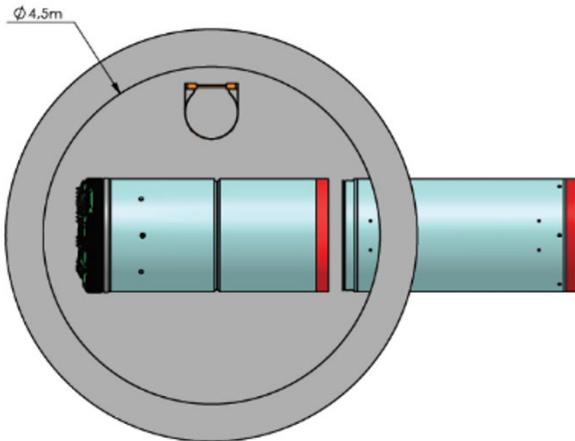


Figura 6 - Planta de pozo de recepción.

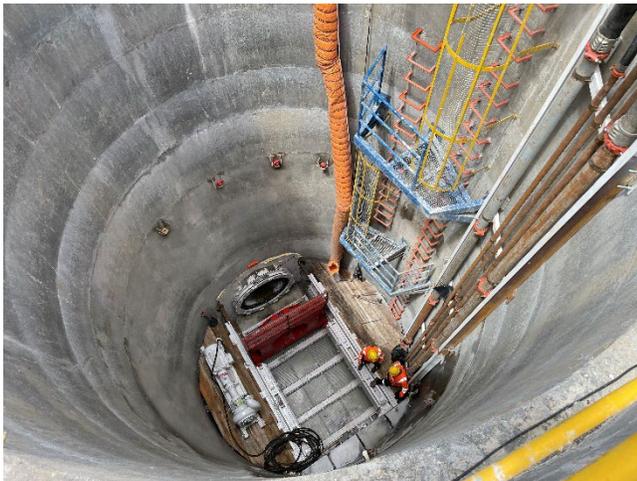


Figura 7 – Pozo de lanzamiento con profundidad superior a los 20 m.

Para el proceso de microtúnelo hubo un total de 28 pozos, 15 de lanzamiento y 13 de recepción, más 9 pozos de ventilación, para un total de 37 pozos inspeccionables para mantenimiento.

#### 4.2 Microtúnel

En la construcción del Colector Desvío Tiribí, para respetar la fecha de entrega del proyecto la excavación del túnel se realizó en dos frentes simultáneos, utilizando en cada uno de ellos una microtuneladora (MTBM) tipo *slurry* (presión de lodos).



Figura 8 – MTBM AVN 1200 Marca: Herrenknecht.

La cabeza, o rueda, de corte se diseñó en función de los diámetros de excavación y de la geología a lo largo del trazo.

Construidos los pozos de trabajo (lanzamiento y recepción) se procedió a la instalación de los equipos en el pozo de lanzamiento, los cuales consistieron en un banco de empuje o bastidor, bombas de lodos, sistema de guiado, MTBM, cabina de control, y otros equipos complementarios -ver Figura 9-.

1. Cabina de control.
- 2 y 3. Sistema de mezclado de fluidos de inyección.
4. MTBM.
5. Puntos de inyección instalados en el equipo.
6. Tubería de concreto reforzado.
- 7 y 8. Cajas de inyección. Puntos de lubricación en la tubería.
9. Bomba de inyección de lubricación.
10. Líneas eléctricas.
11. Líneas de datos.
12. Líneas de lubricación.

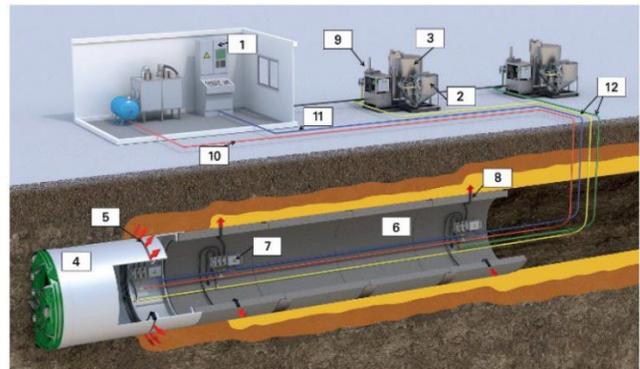


Figura 9 – Principales equipos complementarios del sistema de microtúnelo.

Después de la revisión topográfica en el interior del pozo, la cual valida la correcta instalación de los equipos con base en las cotas y alineamiento de proyecto, el bastidor empieza a empujar la tuneladora penetrando en el terreno a través de la cabeza de corte que gira y corta abriendo el espacio para el avance de la tuneladora. El banco de empuje continúa hasta que el cuerpo completo de la máquina este dentro del suelo, cuando esto sucede, se desconectan





Figura 13 – Optimización de trazado, implementado curvas con radios estrechos.

## 6 RETOS DE LA EJECUCIÓN

La ejecución de esta obra enfrentó diversos desafíos por trabajar a lo largo 6.7 km en una densa zona urbana al lado de una de las principales carreteras nacionales de San José, por tanto, era crucial llevar a cabo los trabajos sin comprometer la seguridad y la calidad en la ejecución, respetando los aspectos sociales y ambientales, bajo en contrato con plazos establecidos.



Figura 14 Trazado en las vías de circulación principal de San José.

Con base en lo anterior se implementaron dos frentes de trabajo simultáneos utilizando MTBM tipo *slurry* para acelerar la construcción del colector. Asimismo, como ya se ha mencionado, se reevaluó el trazo del colector reubicando los pozos de acceso en áreas con menor impacto social y vial. Se optimizó el método constructivo de los pozos, pasando de pozos tipo *caisson* a pozos de concreto lanzado, estructural, definitivo (ver Figura 14).

Desde una perspectiva social, se implementaron turnos nocturnos. El equipo responsable de la socialización del proyecto realizó un trabajo excepcional al concientizar a la población sobre los beneficios del proyecto y explicar los detalles de los trabajos, incluyendo la descripción del tipo de maquinaria que sería utilizada. Se mantuvo una comunicación constante con la comunidad para lograr una mayor tolerancia hacia la ejecución de las tareas, especialmente las nocturnas. Paralelamente, se tomaron

medidas para mitigar las afectaciones a la población, colocando paneles de poliestireno anti-ruido e insonorización de algunos equipos. (ver Figura 16). Se mantuvo la zona de trabajo limpia y se optó por alarmas visuales en lugar de acústicas.



Figura 15 - Colocación estratégica de pozos de trabajo.



Figura 16 Insonorización de equipos.

Otro reto fue de índole técnico, al excavar en depósitos volcánicos heterogéneos, donde las características cambiaban bruscamente en pocos metros, variando de arcillas, transiciones a rocas sanas, duras. Estas variaciones dañaban las herramientas de corte y alteraban constantemente los rendimientos de avance. Por ello se trabajó con precaución, evitando forzar los equipos y anticipándose con herramientas de corte adecuadas para rocas duras. La dificultad se acentuó debido a las limitaciones para obtener localmente refacciones, lo que llevó a reparaciones temporales respaldadas por la gran experiencia de operarios en microtúneles. Se tuvo importación de herramientas, pero se gestionó logísticamente el suministro de refacciones, evitando excesos que pudieran generar costos adicionales.



Figura 17 – Rueda de corte antes de iniciar el tramo.



Figura 18 Rueda de corte finalizando tramo.

Además, la rigurosidad ambiental del país fue otro aspecto crucial. Para evitar un impacto negativo de esta situación, se obtuvieron y planificaron previamente todos los permisos necesarios, así como sitios de acopio autorizados y protocolos para el manejo adecuado de los lodos.

## 7 CONCLUSIONES

La construcción del colector de aguas de alcantarillado sanitario Desvío Tiribí en San José, Costa Rica representó un importante logro para el Instituto Costarricense de Acueductos y

Alcantarillados (AyA) y su Programa de Agua Potable y Saneamiento (PAPAS), ya que se resalta la capacidad de superar obstáculos y lograr resultados significativos en términos de saneamiento, salud pública y mejora del medio ambiente en una zona densamente urbana de más de 1 millón de habitantes al evitar la descarga de aguas residuales sin tratar en el río Tiribí.

El proyecto, ejecutado por el consorcio SADE BESSAC consistió en la construcción de un colector de 6,720 m de longitud con diámetros de tubería de 1,200 y 1,500 mm, utilizando tecnología de microtuneleo, tipo *pipe jacking*, en un contexto urbano y con geología compleja.

A pesar de los desafíos logísticos, geológicos y ambientales, la ejecución del proyecto fue exitosa, llevada a cabo con gran atención en la seguridad, calidad y consideración social. La estrategia de trabajo en turnos nocturnos y la comunicación constante con la comunidad permitieron mitigar las molestias ocasionadas por la obra. Además, la adaptación de los procedimientos constructivos, incluyendo los de los pozos, demostraron la capacidad de abordar los desafíos técnicos debidos a la presencia de depósitos volcánicos heterogéneos.

El proyecto destaca la importancia de una planificación meticulosa, con enfoque en la sostenibilidad ambiental y la colaboración entre entidades gubernamentales, contratistas y la comunidad local.

## 8 REFERENCIAS

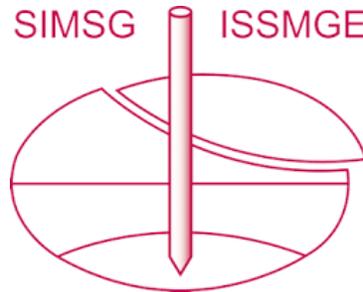
- Ingenieros Consultores VIETO & ASOCIADOS S.A. julio 2015. *Estudio geotécnico complementario de caracterización de suelos, Informe final para la Construcción de Alcantarillado Sanitario Colectores Sur del río Tiribí, San José, Costa Rica*. Informe No. 18-OTS-0027b-2015".
- AYA. 8 noviembre 2018. *Construcción de alcantarillado sanitario, colectores sur: desvío Tiribí "informe de interpretación geotécnica (GIR)"*. Unidad Técnica de Ingeniería (UTI).

## 9 AGRADECIMIENTOS

Cliente: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) y su Programa de Agua Potable y Saneamiento (PAPAS).

A BESSAC S.A.S por habernos permitido publicar su material fotográfico.

# INTERNATIONAL SOCIETY FOR SOIL MECHANICS AND GEOTECHNICAL ENGINEERING



*This paper was downloaded from the Online Library of the International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE). The library is available here:*

<https://www.issmge.org/publications/online-library>

*This is an open-access database that archives thousands of papers published under the Auspices of the ISSMGE and maintained by the Innovation and Development Committee of ISSMGE.*

*The paper was published in the proceedings of the 17th Pan-American Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (XVII PCSMGE) and was edited by Gonzalo Montalva, Daniel Pollak, Claudio Roman and Luis Valenzuela. The conference was held from November 12<sup>th</sup> to November 16<sup>th</sup> 2024 in Chile.*