

# Túnel de Cochem: una cuestión de rigor

por Gerhard Weithe

**El túnel ferroviario de Kaiser-Wilhelm, que transcurre por debajo del centro histórico de la ciudad de Cochem a lo largo del valle del Mosela en Alemania desde hace 130 años, se está saneando. Al mismo tiempo se construye un segundo tubo de túnel con 4.242 metros de largo que ha de abrirse al tráfico ferroviario en el año 2016. El proyecto de construcción del túnel de la Deutsche Bahn con un presupuesto de 200 millones de euros incluye la ampliación de la línea férrea entre Coblenza/Tréveris así como su adaptación a las nuevas normas de seguridad. Debido a las críticas condiciones geológicas, se desarrolló un concepto de auscultación automatizado que transmitía los datos de medición en tiempo real al conductor de la tuneladora.**

La galería de avance se dividía en secciones según las condiciones del suelo: una sección de aprox. 3.750 metros con piedra arenisca y arcillosa, así como un área de roca no consolidada con cerca de 500 metros de largo. Esta sección cruza por debajo de numerosos edificios y calles y se tuneló en el modo cerrado de empuje de tierras de la tuneladora (TVM). Los trabajos de avance del túnel empezaron en condicio-

nes relativamente favorables en el portal sur en un valle poco poblado del Mosela. Aquí las molestias por lo trabajos de avance con una tuneladora de 10,12 metros de diámetro no fueron muy percibidas por la población. No pasó lo mismo en el norte, en el lado de Cochem, donde el túnel pasa directamente por debajo del término municipal y finaliza en el centro histórico.

## **Mediciones de deformación permanentes**

El tunelado de la parte alta de Cochem con edificación crítica exigía medidas especiales de mejora del suelo e inyecciones de lechada en combinación con un estricto programa de medición. A pesar de la auscultación permanente con numerosos sensores, el tunelado con una cobertura de solo tres metros bajo cuatro de estos edificios críticos resultó extremadamente delicado. Otros 50 edificios se encontraban en la zona de influencia de los trabajos de construcción del túnel.

Para detectar a tiempo los posibles daños en los edificios, se supervisaban todos los puntos de medición durante las 24 horas. Simultáneamente, los sensores de presión hidrostáticos altamente precisos registraban deformaciones en los edificios críticos con un margen submilimétrico. En la fase crítica con cobertura mínima, los datos de medición se enviaban a un



centro de control a nivel de suelo y se introducían continuamente en un sistema de información. En caso necesario, podían realizarse inyecciones de lechada bajo los edificios mientras el trabajo avanzaba.

Para atender las exigencias especiales en la auscultación, el departamento de metrología de la constructora Alpine BeMo Tunneling GmbH (ABT) con la empresa Bruchsaler VMT GmbH, un socio de muchos años de Leica Geosystems, desarrolló un amplio concepto modular de medición. Este permitía una auscultación de deformación automatizada con transferencia de datos en tiempo real hasta el conductor en la cabina de control de la tuneladora.

### **Propiedades de sistema y componentes**

La auscultación de deformación automática en la ciudad de Cochem constaba de una estructura de sistema modular. Se instalaron más de 150 prismas que se observaban conforme avanzaba el trabajo con hasta nueve estaciones totales Leica TS30. Para aumentar la precisión y fiabilidad de los resultados, se medían además las líneas base asistidas por satélite con sensores GNSS. Luego se procesaban y evaluaban junto con las mediciones terrestres en el software de deformación VMT TUNIS con correcciones de red en tiempo real. Los movimientos en el subsuelo se registraban con un total de tres extensómetros.

La visualización de los resultados en toda la red de la obra y en la tuneladora se realizaba mediante una comunicación de datos segura por internet con el sistema de información IRIS (Integrated Risk and Information System) de VMT. Esto garantizaba una auscultación perfecta de los puntos en tiempo real con notificación automática. Tan pronto como se superaban los valores límite definidos, se informaba a los responsables del proyecto.

### **Tunelado bajo la ciudad de Cochem**

La planificación detallada de la técnica de medición en superficie empezó en diciembre de 2010 con el croquis de un programa de medición extensivo. El concepto especificaba la inclusión de todos los edificios en la auscultación permanente en los 30 metros de ancho del corredor de tunelado. La elección de sensores recayó en la estación total TS30 de Leica Geosystems, puesto que se trataba del único instrumento que podía cumplir con la precisión exigida de los resultados de medición y las distancias por medir.

El equipamiento técnico para la instalación de los componentes del sistema fue suministrado por la empresa Goecke GmbH de Schwelm, socio distribuidor de Leica Geosystems desde hace muchos años. Se encargó de la protección de los instrumentos con consolas y revestimientos de plástico especiales y





■ El túnel cruzaba por debajo de numerosas casas de la ciudad de Cochem, en parte con una cobertura de solo tres metros.

cubiertas contra las influencias climáticas y el vandalismo.

Mediante una tecnología WLAN especial se transmitían los datos de medición de los taquímetros y los sensores meteorológicos permanentemente mediante puntos de acceso a los denominados «mesh nodes» que eran capaces de interconectarse de modo inteligente y conectarse en derivación en caso de fallo de un nodo.

Especial importancia se dio a los sistemas de backup en caso de fallo de los componentes. Por ejemplo, en caso de fallo del ADSL, el sistema podía seguir funcionando mediante un router UMTS. No obstante, durante el tunelado no fue necesario en ningún caso recurrir a los componentes de reserva.

Un equipo de topógrafos, electricistas, técnicos de construcción y especialistas en TI estuvieron trabajando in situ varias semanas para la instalación del sistema de auscultación. El sistema fue puesto en marcha y probado antes de que la tuneladora

alcanzase el núcleo urbano. Al inicio del tunelado en octubre de 2011 se solventaron algunos pequeños fallos y el sistema de auscultación se puso en servicio con excelente fiabilidad y precisión.

### **La auscultación ha contribuido considerablemente al éxito de este proyecto**

Puesto que los trabajos de avance mecánico, en comparación a la construcción de túneles convencional, ofrece menos posibilidades de medición de las deformaciones subterráneas, la auscultación de deformación en la infraestructura durante este proyecto adquirió una especial importancia.

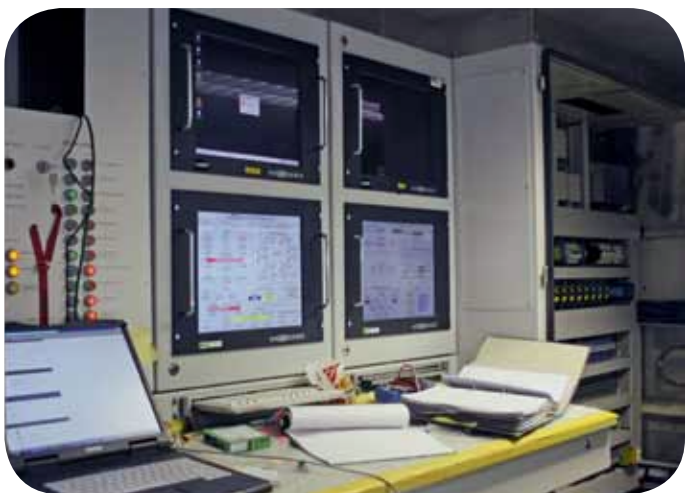
Mediante el sistema de información IRIS de VMT, los participantes en el proyecto tenían acceso en todo momento a los datos de medición. Una pantalla en la cabina de control mostraba en tiempo real la posición de la tuneladora en la foto de satélite y mostraba todos los sensores de superficie con los resultados de medición correspondientes.

El cálculo de los ingenieros se demostró preciso también en la zona crítica: el asiento proyectado y real de los edificios eran casi exactos a lo largo del avance del túnel.

El 7 de noviembre de 2011 la tuneladora perforó con precisión la pared de tope cerca del centro de la ciudad de Cochem. Sin el excelente estándar de metrología con instrumentos de alta precisión y el servicio fiable de una auscultación de deformación automatizada, este exigente proyecto no hubiera podido realizarse. ■

*Sobre el autor: Gerhard Weithe es ingeniero diplomado para topografía y responsable del departamento de metrología en la constructora Alpine BeMo Tunneling GmbH (ABT).*

*gerhard.weithe@alpine-bemo.com*



■ Mediciones actuales en la cabina de control.