

Inspección de túneles mediante escáner láser

Heiner Kontrus, Dibit Messtechnik GmbH
Carlos Fernández Tadeo, CFT & Asoc., S.L.

Los modernos sistemas de inspección de túneles están revolucionando la supervisión de su construcción, su mantenimiento y su rehabilitación. Los sistemas de escaneo mediante láser y fotografía de alta precisión en conjunción con programas informáticos para el manejo de la información obtenida tanto en 2D como en 3D, y la explotación de las bases de datos obtenidos, hacen de Dibit el sistema más potente en el mercado para el seguimiento y control de obras subterráneas en sus diferentes fases.

Escaneo de túneles durante su construcción

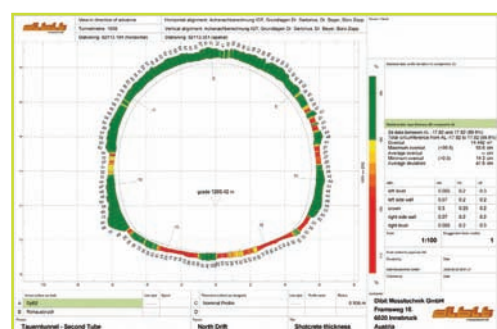
La utilización de escáneres láser durante la construcción de un túnel está permitiendo obtener una representación geométrica y visual completa del frente de excavación y de todo el contorno inmediatamente después de realizado el avance. El sistema Dibit utiliza un escáner láser de alta resolución junto con una cámara fotográfica de alta precisión, todo ello unido a un software especializado para el tratamiento de datos y obtención de imágenes, gráficos y tablas. Mediante este conjunto de herramientas



Escáner láser Dibit en el interior de un túnel en construcción



Escaneo del frente de excavación.



Control de espesores de hormigón proyectado.

tecnológicas se obtienen informaciones que son convenientemente tratadas y presentadas de manera comprensible, lo que permite realizar una evaluación rápida de la geometría, del estado y de la calidad de los trabajos de construcción del túnel en cada una de sus fases.

Las aplicaciones de esta tecnología son:

- Registro e inventario de la excavación del túnel, generando documentación de tipo geológico con imágenes de alta resolución en color; una comprobación del perfil de la excavación, y permitiendo un cálculo automático de los volúmenes de sobrexcautación.
- Registro e inventario de las capas de hormigón proyectado, determinando su sección y espesores, calculando mediciones, y comprobando la rugosidad del acabado.
- Registro e inventario del revestimiento final, determinando su sección y espesores y calculando la medición de hormigón.

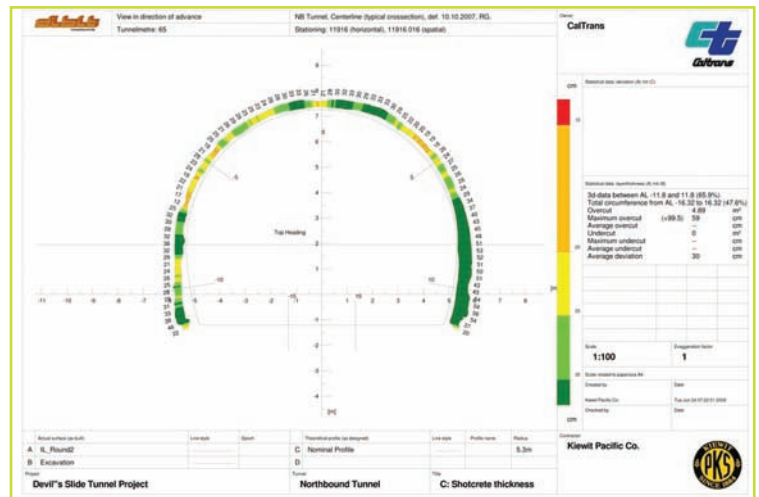
Los resultados se presentan en varias formas: imágenes en 3D que permiten una inspección virtual del túnel, secciones transversales, mapas con curvas de nivel reflejando diferentes características, orto-imágenes, y listados de cálculos en formato Excel.

Escaneo de túneles para generar documentación as-built

Mediante el mismo sistema de escaneo se obtiene una definición geométrica y una representación visual completa en el momento de finalizar la obra y proceder a su entrega. El sistema Dibit obtiene datos con mucha calidad, y el software Dibit permite realizar una evaluación fácil, rápida y eficiente de la geometría y del estado del túnel.

Mediante la inspección con escaneo láser y cámara fotográfica de alta resolución se obtienen:

- Perfiles geométricos, incluyendo huecos, calzada, etc.
- Dimensiones de componentes y fijaciones.
- Posición de juntas, nichos y otros elementos del túnel.
- Imagen visual, con identificación de zonas



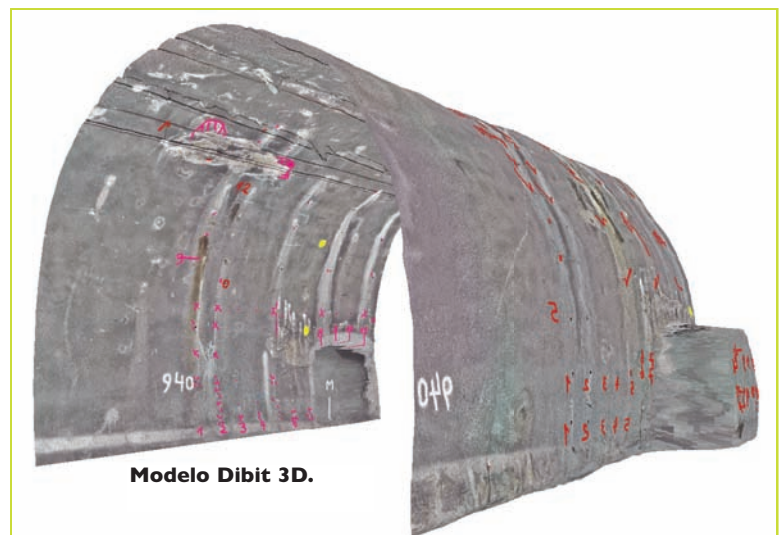
Control de espesores de hormigón proyectado.



Escaneo en túnel ferroviario.



Equipo Dibit



Modelo Dibit 3D.

- con diferentes materiales de revestimiento, zonas reparadas, zonas dañadas (fisuras, desconches, humedades, etc.), cambios de sección, bulones, instalaciones (conducciones, cableado, señales de tráfico, luminarias, elementos de seguridad, etc.).
- Comprobaciones de gálibo.

- Chequeo automático de juntas entre dovelas (posición, separación, resalto, etc.).
- Base de datos de todos los elementos que constituyen el túnel y que definen su estado en el momento de la inspección.

Como en el caso anterior, los resultados se presentan en forma de imágenes 3D, secciones transversales, mapas con curvas de nivel que representan diferentes valores de un determinado parámetro, bases de datos, listas de resultados de cálculos en formato Excel, exportación de coordenadas de nube de puntos a otros formatos CAD, orto-imágenes en color verdadero con alta resolución.

Inspección del estado de un túnel en explotación

El objetivo de las inspecciones periódicas de túneles es la preservación a largo plazo de la idoneidad para su uso, así como el mantenimiento de la seguridad operativa y de tráfico de la infraestructura. Para la comprobación del estado de las infraestructuras y la detección de cambios es crucial la comparación entre una inspección inicial y otras posteriores. De ese modo, por un lado se puede detectar la aparición de nuevos daños (fisuras, desconchados, etc.) objetivamente y con exactitud y, por otro lado,

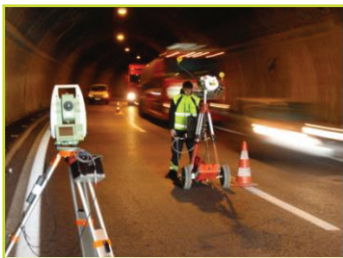
se pueden identificar con precisión alteraciones en daños ya existentes (incremento de la longitud o ancho de fisuras, etc.).

Para lograr esta comparación entre inspecciones consecutivas se debe capturar la superficie completa del túnel en toda su longitud mediante una técnica precisa y reproducible. Además, se deben documentar los resultados de las inspecciones mediante procedimientos estandarizados.

La inspección de túneles mediante el escáner de túneles Dibat proporciona una documentación de la estructura de manera objetiva, de total cobertura y de alta precisión, en todo lo referente a su estado y su geometría. Los datos obtenidos permiten detectar:

- Daños tales como fisuras, desconchados, filtraciones, eflorescencias, etc.
- Componentes e instalaciones existentes dentro del túnel.
- Equipamiento técnico y de control de tráfico, así como instalaciones de seguridad.

Este registro digital proporciona datos y atributos geométricos (localización, longitud,



Inspección en túnel en servicio.



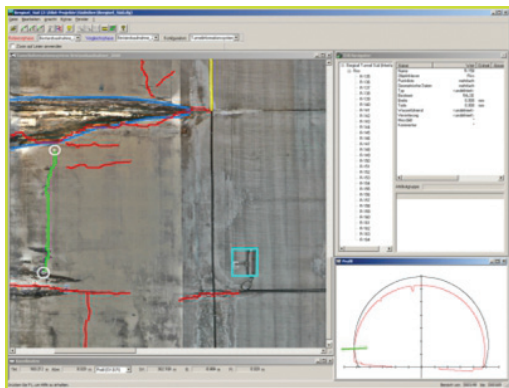
Modelo 3D.



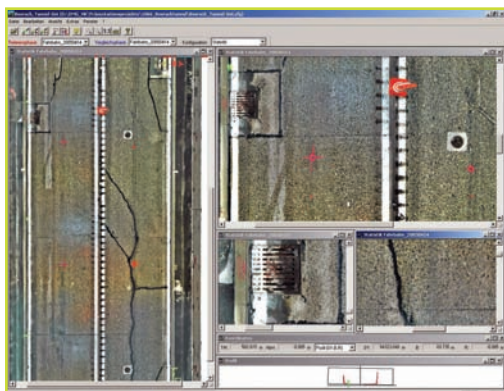
Evolución de daños: comparación entre dos inspecciones sucesivas.



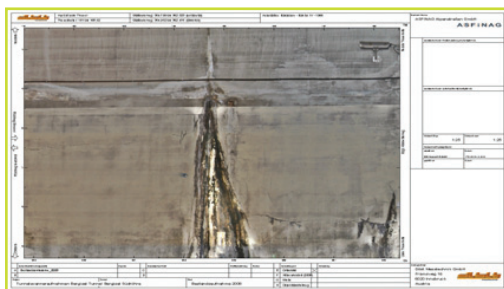
Inspección en túnel ferroviario.



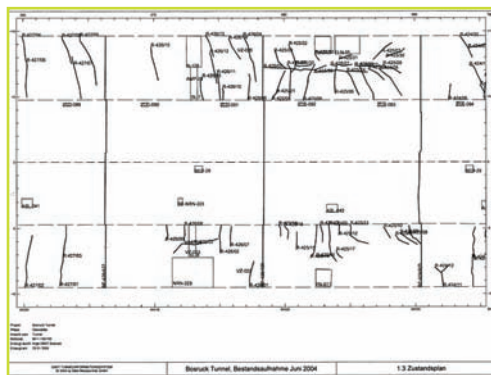
Base de datos de daños.



Ampliación de imagen.



Detalle de humedad en revestimiento.



Plano de fisuras.

anchura, profundidad, área, volumen, etc.) para cada objeto, los cuales se guardan en un sistema de base de datos moderna y orientada a objetos, de nombre **dibit TIS** (Tunnel

Information System), pudiendo ser recuperados para análisis posteriores según se necesite.

Se realiza “in situ” una grabación geométrica y visual combinadas de la superficie del revestimiento del túnel. La resolución geométrica es 10 x 10 mm con una precisión de 5 mm de desviación estándar. La resolución de la imagen es 1 x 1 mm en la superficie del túnel. De los datos obtenidos se crea un modelo 3D del túnel en textura de color verdadero. Este modelo constituye la base para cualquier otra evaluación posterior.

La captura de componentes estructurales y daños se realiza semi-automáticamente (p.ej. para fisuras), el cálculo de cualquier atributo geométrico de cualquier objeto se realiza de manera totalmente automática.

El modelo de cobertura total 3D y los objetos almacenados en el sistema TIS producen los siguientes resultados:

- Comprobación de la sección: desviación de la superficie del túnel con respecto a una sección de referencia.
- Orto-imágenes: superficie del túnel con representación visual de las zonas dañadas.
- Planos “as-built” y de indicación del estado actual.

Una vez realizado el escaneo del túnel, para un posterior examen visual y una valoración de la estructura por parte de un ingeniero especializado sólo se necesitan inspecciones puntuales en zonas seleccionadas a partir de los resultados del escaneo. El modelo 3D texturizado en color verdadero en combinación con el software **dibit 3D-View** y **dibit TIS** permiten hacer una preparación simple y económica de esas visitas puntuales de evaluación en el túnel mediante:

- Inspección virtual del túnel en ordenador.
- Preparación de planos e informes de campo (hojas de datos).

Durante la inspección de campo no hace falta elaborar largos informes de inspección, sino tan solo tomar algunas notas adicionales sobre los mismos documentos preparados previamente. Tras importar la nueva información recogida durante el examen en la base de datos **TIS** (Tunnel Information System), se dispondrá de un reflejo digital completo de la estructura del túnel y de sus características más relevantes.

Con esta documentación bien preparada se puede reducir al mínimo el trabajo en las inspecciones posteriores. Cada una de las siguientes tareas podrá ser efectuada fácilmente:

- Proyección de la evolución de los daños a partir del comportamiento observado durante los años pasados.
- Planificación a largo plazo de medidas de rehabilitación necesarias.
- Cálculo de mediciones para la licitación de obras de rehabilitación (p.ej. longitud de fisuras).
- Presupuestos de trabajos de rehabilitación.
- Preparación de planos para otros propósitos de ingeniería.

Escaneo de túneles para su rehabilitación

Los túneles precisan trabajos de rehabilitación cada cierto tiempo, para reparar elementos de revestimiento dañados y envejecidos, para mejorar las condiciones de seguridad y uso, para aumentar su sección o adecuarla a nuevas condiciones de utilización, o por otros motivos. Mediante la utilización de técnicas de escaneo láser como las de **Dibit**, los propietarios, los contratistas, los proyectistas y los supervisores pueden obtener una información objetiva y de gran calidad sobre la geometría y la calidad del estado del túnel, antes, durante y después de los trabajos de rehabilitación.

En la fase previa a la rehabilitación, la inspección con láser permite obtener:

- Registro completo de la cara interior visible del túnel.
- Captura geométrica de componentes e instalaciones.

Control de gálibo

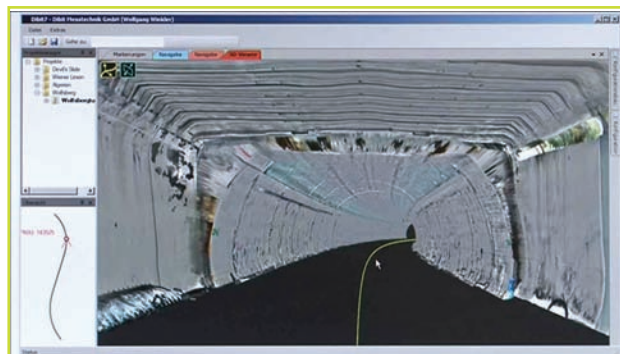


Imagen Dibit 3D.

- Optimización del eje del túnel, del perfil nominal y obtención de diagramas de gálibo.
- Mediciones para petición de ofertas, con volúmenes de demolición y de hormigón nuevo a utilizar, longitudes de fisuras, superficie de áreas dañadas a rehabilitar.

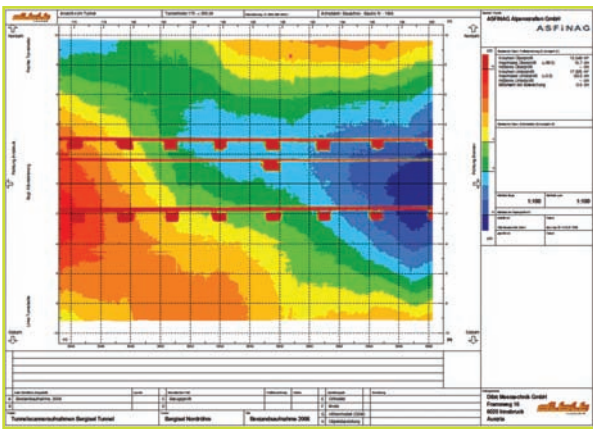
Al final de la fase de demolición, la inspección con láser permite obtener:

- Cálculo de volúmenes reales de demolición.
- Documentación del subsuelo que aparece.
- Comprobación del perfil teórico con los perfiles reales.
- Determinación del volumen de hormigón necesario para el revestimiento final.

Al terminar la rehabilitación, la inspección láser permite obtener:

- Comprobación del perfil final del túnel.
- Determinación de los espesores de revestimiento colocados.
- Documentación de las zonas rehabilitadas.
- Medición de longitudes de fisuras reparadas.
- Medición de superficies reparadas.

Para todos estos trabajos se utiliza el software Dibit, que realiza el tratamiento de datos y presenta los resultados en forma de mágenes 3D, secciones transversales, mapas con curvas de nivel que representan diferentes valores de un determinado parámetro, bases de datos, listas de resultados de cálculos en formato Excel, exportación de coordenadas de nube de puntos a otros formatos CAD, ortoimágenes en color verdadero con alta resolución.



Curvas de nivel con diferencias sobre el perfil teórico.

Conclusiones

Los propietarios, explotadores, constructores y diseñadores de túneles disponen hoy en día de herramientas tecnológicas de alta calidad y rendimiento para facilitar en gran manera los trabajos de construcción, explotación y rehabilitación de túneles.

Dibit Messtechnik GmbH es una empresa austriaca líder en el mundo en la aplicación de tecnologías láser y fotográficas a la auscultación de túneles y en el desarrollo de software especializado para el tratamiento de imágenes y datos y la obtención de informes.

CFT & Asociados S.L. es una empresa española, líder en la realización de ensayos y pruebas en cimentaciones profundas y en el suministro de equipos técnicos especializados en controles geotécnicos, que representa y presta apoyo a Dibit para la realización de trabajos de auscultación de túneles en nuestro país.

www.fernandeztadeo.com
www.dibit.at