

Reporter 73

La revista global de Leica Geosystems





Un mensaje del Presidente

Todos somos conscientes del modo en que las infraestructuras son fundamentales para una comunidad segura y productiva, desde la prevención de interrupciones en las líneas de metros hasta la garantía de sistemas de alcantarillado totalmente operativos. Las organizaciones que forman y gestionan las infraestructuras vitales se enfrentan a retos diarios, mientras la población global aumenta al ritmo de una gran ciudad cada cinco días.

Nuestros clientes utilizan una gran variedad de soluciones de escáner por láser GIS, cartografía móvil e incluso vehículos aéreos para mantener las infraestructuras críticas en buenas condiciones.

Millones de viajeros de todo el mundo dependen de diversos modos de transporte diario. Se protegen mediante estaciones totales que controlan las posibles deformaciones de la nueva estructura de túneles y afectaciones a edificios a nivel del suelo. El Ministerio de Transporte de California utilizó estaciones Leica ScanStations para controlar las desviaciones de diseño de la mejora continua realizada a Oakland Bay Bridge, que se destruyó durante el terremoto de San Francisco en 1989.

Cada vez más gobiernos están adoptando el concepto de las ciudades inteligentes. IngenieurTeam GEO GmbH utilizó Aibot X6 UAV para modelar la nueva construcción en 3D para Waldshut-Tiengen, en Alemania, mejorando el desarrollo urbanístico. Sin cortar el tráfico, la agencia de topografía Severn Partnership realizó un levantamiento de la autopista M6 en Reino Unido, con nuestra solución para la cartografía móvil: Leica Pegasus:Two.

Cada día, nuestros clientes están dándole forma a este mundo en constante cambio y estoy orgulloso de formar parte de este proceso. Espero que disfrute la lectura de esta edición.

Juergen Dold
Presidente de Hexagon Geosystems

CONTENIDO

- 03 Una revolución en marcha
- 06 Del escáner al plano en un GIS
- 09 Mucho más que una simple caja roja
- 12 Máxima seguridad para el nuevo metro de Copenhague
- 16 London Power Tunnels: Comprobación de la integridad de los datos en tiempo real
- 19 Leica Captivate marca el comienzo de una nueva era
- 22 Escaneado láser de alta tecnología por debajo del Elba
- 26 Visiones en 3D de la antigua ciudad
- 28 Construir ciudades con UAVs
- 32 Un GIS para cuidar y proteger los árboles
- 35 En las profundidades
- 38 Digitalización de un edificio en movimiento
- 40 Exploración láser en 3D: Anticipándose a lo incontrolable

Aviso legal

Reporter: Revista del cliente Leica Geosystems

Publicada por: Leica Geosystems AG, CH-9435 Heerbrugg

Oficina editorial: Leica Geosystems AG, 9435 Heerbrugg, Suiza, teléfono +41 71 727 31 31, reporter@leica-geosystems.com

Responsable del contenido: Konrad Saal (Responsable de Comunicación y Marketing)

Editores: Konrad Saal, Katherine Lehmüller, Monica Miller-Rodgers

Información detallada de la publicación: La revista Reporter se publica en inglés, alemán, francés, español y ruso, dos veces al año. Cualquier re-impresión o traducción, incluyendo extractos, estará sujeta al permiso previo por escrito del editor.

© Leica Geosystems AG, Heerbrugg (Suiza), Diciembre de 2015. Impreso en Suiza

Portada: © Severn Partnership
Leica Pegasus:Two capturando datos de una infraestructura vial y de los activos relacionados. Lea la historia en la página 3.



© Severn Partnership

Una revolución en marcha

por Natalie Binder

Severn Partnership se esfuerza por ofrecer servicios a sus clientes utilizando las soluciones más modernas e innovadoras. Desde la adquisición del Pegasus:Two de Leica Geosystems, la firma de topógrafos Chartered Geomatics (Land) ubicada en Shrewsbury, Reino Unido, ha utilizado esta tecnología de vanguardia en diversos proyectos de infraestructura y construcción para sus clientes. Deseosos de transmitir los beneficios de esta nueva tecnología, en Severn Partnership estuvieron encantados de ser los encargados de realizar la medición de un tramo de la autopista M6 para la captación de importantes activos para su plan estratégico de riesgos y mantenimiento. Un estudio topográfico completo y detallado de una sección de 17 kilómetros de la M6 en el área de Midlands que incluía los límites de la calzada, las barreras de seguridad, activos tales como las señales de tráfico y los teléfonos de SOS, las divisiones centrales, la central de reservas, las estructuras de los puentes, y las farolas. El

estudio topográfico se necesitaba para mejorar el diseño general de la autopista, garantizando así que se pudieran mantener los controles regulares de mantenimiento, erradicando los baches y manteniendo una superficie del firme lisa y segura para los conductores

Los retos de la topografía de un tramo de la autopista M6 son muy amplios y cerrar este tramo de la concurrida autopista no era plausible. Las restricciones de acceso eran un problema grave, ya que era necesario que la autopista permaneciera abierta mientras se recogían los datos. Además, también era importante recordar el gran volumen de activos que debían ser objeto de medición en una autopista en un corto período de tiempo. El uso de instrumentos tradicionales tipo estación total para llevar a cabo este proyecto habría supuesto el doble de tiempo que usar un Pegasus:Two, que recogía miles de puntos de datos de medición por día. Desde el punto de vista logístico y práctico, es peligroso para los topógrafos recoger datos en mitad de una autopista. El coste general del proyecto aumenta con la necesidad de una gestión





© Severn Partnership

activa del tráfico durante todo el ciclo del proyecto. Se necesitaba un proceso de recogida más eficiente.

La mejor solución para el mapa de la autopista M6

Severn Partnership utilizó cartografía móvil – el proceso de recopilación de información geoespacial 3D desde un vehículo en movimiento – para proporcionar con rapidez y precisión a los clientes planos CAD en 2D y 3D, así como nubes de puntos totalmente registradas de todo el tramo viario. Estas nubes de puntos son millones de coordenadas individuales medidas sobre cualquier cosa que refleje el láser, como los puentes y carreteras y se pueden utilizar para extraer aún más información, como los conjuntos de datos GIS. El dispositivo está conectado al techo de un vehículo en movimiento y siete cámaras capturan entonces una imagen esférica completa de 360° cada 2 metros. Simultáneamente, un escáner LiDAR registra los datos en sección transversal cada 2 milímetros. Todo esto se combina en una sola nube para crear un modelo 3D.

Severn Partnership

Fundada hace más de 30 años, Severn Partnership es una firma de Chartered Land Surveyors, ubicada en Shrewsbury, Inglaterra. Operando por todo el Reino Unido y en el extranjero, Severn Partnership usa los equipos robóticos de medición más modernos, tecnología de escáner láser 3D y software de modelado 3D. Ofrecen servicios profesionales en geomática, estudios topográficos ferroviarios, mediciones 3D para empresas de servicios públicos y modelos de información de la construcción (Building Information Models, BIM), variados y con una gran cantidad de conocimientos y experiencia en medición.

En 2014, Severn Partnership realizó una importante inversión en el Pegasus:Two, la nueva solución de cartografía móvil de Leica Geosystems. El Pegasus:Two de Leica permite a Severn Partnership escanear un impresionante millón de puntos por segundo con 120 metros de alcance. El uso de la cartografía móvil ha permitido a Severn Partnership capturar conjuntamente las imágenes calibradas y los puntos de la nube de datos, logrando una mayor precisión y una recogida de datos más rápida.

El resultado es un levantamiento directo de atributos sin necesidad de un complejo postproceso de los datos observados, lo que ahorra tiempo y recursos.

Todo un mundo de oportunidades

El Pegasus:Two de Leica y el proceso de cartografía móvil han revolucionado el mundo de la topografía. Existen enormes ventajas en el uso de los sistemas de cartografía móvil, especialmente para proyectos de infraestructura como la autopista M6. El acceso a la autopista se deja despejado, sin necesidad de cerrar las carreteras al tráfico, ya que el Pegasus:Two actúa de la misma manera que cualquier otro vehículo público, con la salvedad de que recoge los datos geoespaciales 3D. La seguridad se ha mejorado drásticamente con el uso de cartografía móvil porque los topógrafos ya no necesitan estar trabajando con premura en la carretera en entornos críticos para llevar a cabo los proyectos. Todos los datos se capturan ahora desde la seguridad de un vehículo que circula a la misma velocidad que el resto del tráfico.



© Severn Partnership

■ Sin necesidad de cortar el tráfico, el Leica Pegasus: Two captura con seguridad los atributos y el entorno.

También mejoran la velocidad y exactitud de los datos recogidos. Si se usaran métodos estáticos de barrido láser, dos equipos emplearían varios meses en cartografiar la autopista y otros activos a lo largo del tramo de 17 kilómetros de la M6. Con el uso del Pegasus:Two de Leica, Severn Partnership proporcionó a su cliente datos detallados en tan solo dos semanas. La reducción de la velocidad de recogida de datos significa un ahorro de costes para los clientes del 60 por ciento en comparación con el barrido láser estático tradicional. También se dió cobertura a perímetros más amplios, con datos completos más exactos y eficientes gracias al uso combinado de LiDAR y fotogrametría.

«En Severn Partnership, entendemos la necesidad de invertir en la tecnología más avanzada con el fin de continuar ofreciendo el más alto nivel de servicio a nuestros clientes. El Pegasus:Two es una de las unidades de cartografía móvil más exactas del mercado y no necesita que el control de medición en tierra esté instalado por delante de él.» dijo Mark Combes, Director

Gerente de Severn Partnership. «Vamos a transferirlo entre vehículos móviles, coches, furgonetas, transportes combinados por ferrocarril y carretera, tranvías y otros vehículos para registrar los datos en toda clase de terreno.»

El mundo de la topografía está cambiando y la combinación y unión de múltiples tecnologías ha supuesto un salto gigantesco, que Severn Partnership ha abrazado abiertamente y adoptado serenamente para sus clientes. La cartografía móvil ha proporcionado una solución de captura de datos rápida para sus clientes, minimizando los costes, reduciendo los riesgos para la seguridad y logrando el máximo de valor. ■

Acerca del autor:

Natalie Binder es gerente de marketing y comunicaciones en Leica Geosystems Ltd. ubicada en Milton Keynes, Reino Unido.

natalie.binder@leica-geosystems.com



© Epp

por Ulrich Epp

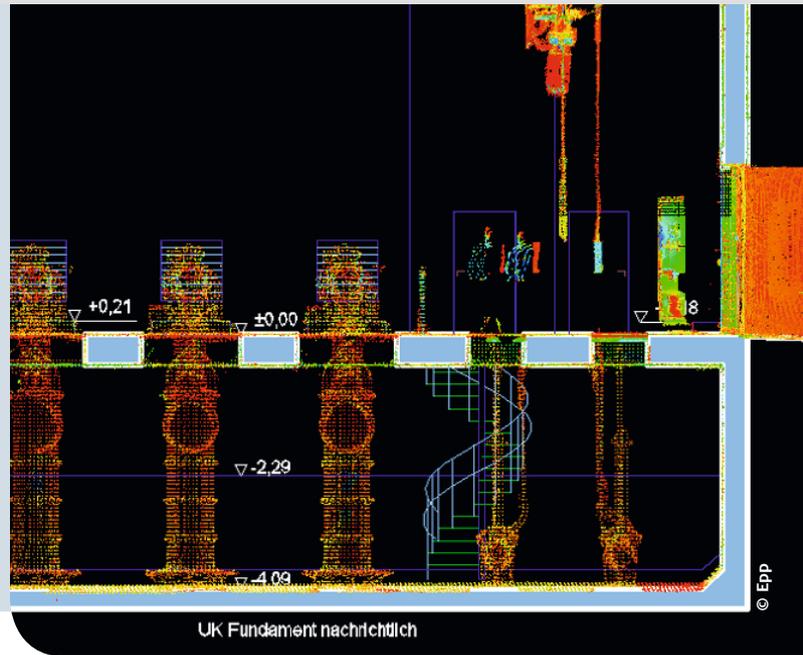
Continuamente surgen nuevos ámbitos de aplicación para el empleo de escáneres en 3D. Muchas obras subterráneas, en especial la construcción de canales, suelen ser tan estrechas, e incluso inaccesibles, que hacen prácticamente imposible un levantamiento topográfico por cuantificación taquimétrica o manual. Con la Leica ScanStation P20 y un adaptador para soporte de pozo desarrollado por la propia empresa ya es posible emplearlo en muchos proyectos y recoger datos

en estas obras de forma económica, exacta y sobre todo segura. Con el Leica CloudWorx para AutoCAD, los clientes no solo reciben una reproducción a pleno detalle de los diseños del objeto, sino que los escáneres pueden incluso transferir imágenes tan reales como fotos de las nubes de puntos a través de Internet en el sistema GIS para su inspección y medición.

A través de los años, se han construido numerosos canales que ahora requieren medidas de saneamiento. Los planos de construcción, si es que aún existen, son

Creando planos a partir de nubes de puntos

Las nubes de puntos ofrecen un nivel de detalle sin precedentes y permiten la creación de planos 2D o modelos 3D basados en información integral precisa. De esta manera, se crean modelos inteligentes conforme a obra para muchas aplicaciones en ingeniería civil, ingeniería y construcción de plantas de tubería. Cuando se reconstruyen edificios, los nuevos diseños 3D pueden ser utilizados para analizar las interferencias de las nubes de puntos con las estructuras existentes. Los análisis de interferencias pueden ayudar a ahorrar tiempo y costes en todas las fases de un proyecto.



muy diferentes al terreno actual, debido a los objetos añadidos desde entonces, por lo que suelen divergir del objeto real. Faltan planos fiables. La medición de construcciones de canales es laboriosa e incómoda debido a las condiciones de escasez de espacio en el lugar de las obras. También resulta peligroso permanecer ahí debido al terreno resbaladizo y al peligro de infecciones por gérmenes y gases venenosos que no deben tomarse a la ligera. Sin un sensor de presencia de gas y equipamiento seguro para evitar caídas no debe entrarse en semejantes lugares. Un inventario en estas estrechas construcciones solo puede realizarse utilizando una moderna tecnología con escáner láser en 3D.

Un escáner de alta calidad con los accesorios adecuados

Para esta complicada tarea solo podía utilizarse un escáner de alta calidad. La ScanStation P20 de Leica Geosystems permite medir distancias cortas en construcciones estrechas y además ofrece una gran calidad de datos, incluso con paredes mojadas.

Para la medición subterránea del canal con el escáner láser, se utilizó el soporte de pozo de la empresa Nedo, en cuyo cabezal se montó el escáner suspendido. Esto fue posible gracias a una placa montada en el escáner y al juego colocado en el soporte sobre el cabezal. Este adaptador está diseñado especialmente para fijar el escáner láser en 3D al cabezal.

Antes de emplear el escáner, se determinó una red de puntos con el receptor Leica GG12 GNSS y el servicio de ubicación por satélite SAPOS, reforzado además con la estación total Leica TCRP1202.

Una vez medidos los puntos del pozo del canal, se baja el escáner colocado en el soporte del pozo para realizar un escaneado del fondo. En otras construcciones de canales más grandes se utilizó el soporte clásico.

Sin embargo, hasta ahora ello requería desmontar innumerables tornillos pequeños lo cual resultaba bastante complicado en pozos con malas condiciones de luz. Por este motivo se desarrolló junto a la empresa Goecke de Schwelm el adaptador Nedo, que permitía utilizarlo no solo por encima de la cabeza sino que también podía mantenerse erguido. Esta combinación de escáner suspendido y erguido redujo considerablemente el tiempo de permanencia en construcciones peligrosas debidas a gases venenosos.

El software de proceso Leica Cyclone se empleó en la oficina para georreferenciar la nube de puntos. Con el Leica Cloudworx para autoCAD pudieron crearse a continuación los planos del suelo y los dibujos de secciones deseados.

Recogida de nubes de puntos en el GIS

Con el Leica Cyclone PUBLISHER pueden prepararse nubes de puntos que se ven con calidad de fotografía en el navegador web. El software gratuito de Leica TruView puso a disposición del cliente la representación de la nube de puntos con calidad de foto mediante el sistema de geoinformación público a través de Internet, con el fin de que pudiera inspeccionar la construcción y extraer mediciones.

La empresa de gestión municipal Hennef, una institución de derecho público, utiliza esta tecnología para preparar la nube de puntos en el sistema de infor-



active >>
Customer Care

Project Advice
Warranty
Product Advice
Cloud Service
Workflow Services
Software Updates
Workflow Training
Equipment Maintenance
Technical Support

Mucho más que una simple caja roja

Los topógrafos se enfrentan a numerosos retos en el campo, tiempos breves de espera, llamadas urgentes para ir a la obra, presión de tiempo, demandas de alta precisión, necesidad de reaccionar rápidamente a los cambios de diseño, manejo de proyectos complejos, certificados para cumplir las especificaciones del control de calidad y a mucho más, con los rápidos avances en la tecnología de medición geoespacial. Es indispensable que los usuarios reciban formación continua y soporte técnico para ofrecer la máxima productividad y trabajar de forma más eficiente. Lawrence Dixon, director de postventa de EMEA, explica todo lo que ofrece Leica Geosystems en términos de servicio y soporte, y porqué el negocio está dándole una importancia renovada a una experiencia positiva integral, de todos los servicios postventa, por parte de los clientes.

¿Qué implica su trabajo?

Es mi responsabilidad supervisar todos los aspectos de nuestro servicio de postventa, si el soporte técnico es rápido y existe comunicación sencilla entre el personal de la obra y los expertos técnicos cualificados, manteniendo el equipamiento actualizado y en perfectas condiciones u ofrecer formación de primera. Colaboramos con los usuarios para alcanzar el éxito y existe una gama de servicio activo de atención al cliente y paquetes de soporte disponibles, diseñados para cubrir las necesidades de nuestra diversa base de clientes. En resumen, queremos que la experiencia del manejo de dispositivos de Leica Geosystems sea siempre excepcional después de haber realizado la compra inicial. Es mi trabajo asegurarme de que esto ocurra.

¿Por qué hace falta una dedicación exclusiva?

La necesidad de una dedicación exclusiva a los servi-



cios postventa surgió como un subproducto del éxito continuo de nuestras soluciones de medición geoespacial. La capacidad del servicio técnico se extendió orgánicamente mientras el negocio crecía y siempre quisimos asegurarnos de ofrecer estándares altos de forma consistente con el rendimiento de los productos, sin importar dónde estuviera situado el cliente. Ahora el servicio es el centro de nuestra cultura empresarial y la orientación al cliente forma parte de estos valores principales de Hexagon.

Los usuarios se enfrentan a numerosos retos en sus vidas diarias en el campo, como presión de tiempo, la necesidad de equipos fiables, transferencia de datos, certificación de equipos, y la necesidad de respuesta inmediata además del soporte completo. Es sumamente importante que tengamos contactos y que los especialistas técnicos estén familiarizados con las dificultades en potencia a las que se pueden enfrentar los clientes.

¿Por qué es tan importante la experiencia de postventa?

Si vamos a ofrecer las soluciones de medición más fiables, innovadoras y resistentes, tenemos que ofrecer un valor añadido que vaya más allá del hardware o del software. El soporte y el servicio que ofrecemos ayudará a los usuarios a ponerse al día y garantizar que su equipo está en perfectas condiciones, lo que ayudará a asegurar el nivel máximo de productividad.



■ Un cliente de Leica Geosystems recibe una formación práctica.

¿Cómo han cambiado las necesidades de los clientes?

En nuestra calidad de clientes esperamos respuestas rápidas de los negocios, especialmente cuando necesitamos una solución a un problema relacionado con sus productos o servicios. Es exactamente lo mismo para nuestros clientes. Suelen trabajar en contextos de alta presión y cuando tienen problemas, deben solucionarlos rápidamente. La velocidad requerida para la solución ha aumentado año tras año, lo que ha supuesto el cambio mayor.

¿Qué ofrece Leica Geosystems en términos de servicio y soporte de postventa?

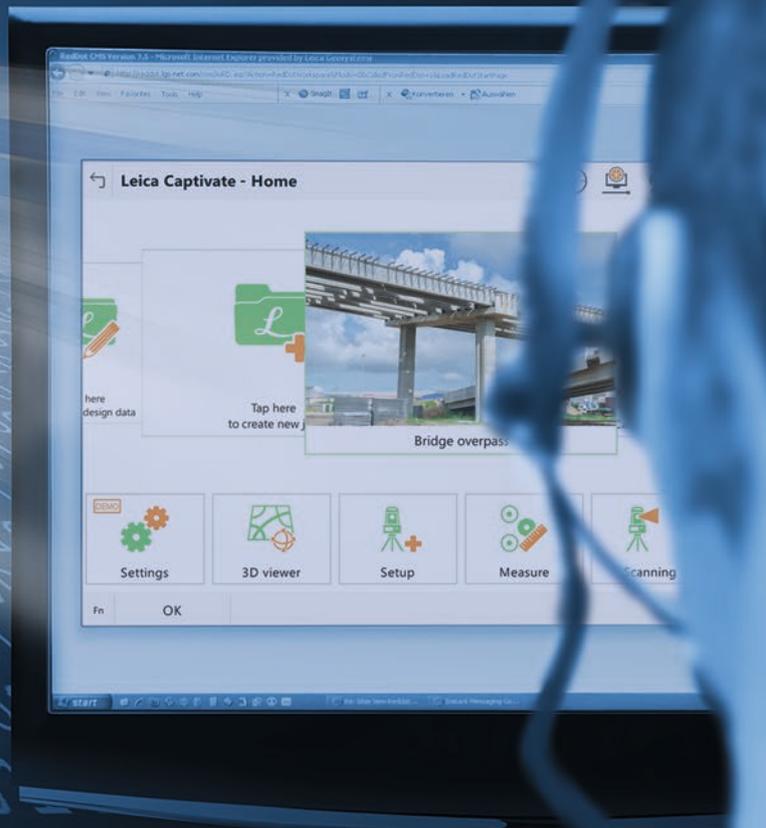
Ofrecemos un servicio completo de postventa a los usuarios en el campo. Nuestro concepto de atención al cliente activa ofrece las redes de servicio y soporte más integrales del mundo y los modos en los que añadimos el valor cubre tres áreas principales: relacionadas con el «producto», como mantenimiento de hardware, reparación y calibración; relacionadas con las «personas», por ejemplo el soporte técnico, formación, comunicaciones con el cliente; y relacionadas con el «flujo de trabajo», como el servicio de posicionamiento en tiempo real SmartNet Network RTK. Seguimos invirtiendo en personal adicional y en tecnología como resultado de la escucha activa a nuestros clientes, para ofrecer el mayor nivel de servicio y el mejor acceso al soporte técnico en nuestra industria.

¿Cómo sabe si está dándole a sus clientes lo que quieren?

Escuchamos a nuestros clientes. Nos preocupamos por sus necesidades y reaccionamos rápidamente a cualquier consulta. Hemos realizado encuestas de satisfacción, dándole la oportunidad de ofrecernos sus críticas acerca de la experiencia con Leica Geosystems y hacer sugerencias para mejoras futuras. Así conseguimos información cuantitativa y cualitativa que podemos usar para comparar nuestros progresos y realizar mejoras continuas.

¿Han afectado los desarrollos tecnológicos al tipo de soporte que podemos ofrecer?

En los últimos años, hemos visto avances gigantescos en los servicios de software de última generación y en infraestructura informática, lo que nos permite ofrecer un nivel de soporte mejorado en el campo con seguridad máxima. Por ejemplo, Leica Active Assist permite a un ingeniero del soporte técnico acceder de forma remota a un dispositivo situado directamente en el



■ **Leica Active Assist ofrece acceso directo a un dispositivo para el soporte técnico en campo.**

campo y dar al usuario una guía a la solución paso por paso. Active Assist es único en la mercado y nos permite centrarnos en el uso de las capacidades de Leica Geosystems para superar los retos a los que se enfrentan nuestros clientes. Otra innovación más es Leica Exchange, que permite a los usuarios transferir datos entre el campo y la oficina fácil, rápidamente y con seguridad.

¿Cómo varía experiencia de postventa entre los clientes?

En pocas palabras, esperamos que no ocurra. Dado que esperamos que nuestro equipo funcione con la máxima consistencia, sin importar el cliente, aspiramos a ofrecer la misma experiencia de postventa, sea quien sea o tenga la experiencia que tenga. Por supuesto, es todo un reto para un negocio global, pero básicamente es lo que se esconde detrás de nuestro eslogan «when it has to be right». Cada día nos esforzamos por alcanzar este objetivo.

Una herramienta importante que ayuda a ofrecer una experiencia consistente es el portal myWorld. Este servicio en línea ofrece acceso inmediato a manuales de producto y guías de formación, y a una zona de entrada de consultas de soporte técnico. Otra función útil para nuestros clientes es la capacidad de ver el estado de su equipo desde uno de nuestros centros de

servicio de última generación, permitiéndoles planear sus siguientes trabajos hasta la fecha programada de retorno.

¿Cuáles son sus mayores retos en el futuro?

Es muy importante que el nivel del servicio y soporte de postventa que ofrecemos sea consistente en todo el mundo en base a cada país. Es el motivo por el que seguimos invirtiendo en soporte adicional y en recursos del centro de servicio para darle a los clientes acceso mejorado y tiempos reducidos de espera, y por el que animamos a nuestros socios de distribución a hacer lo mismo. Estamos muy contentos de que nuestro sector siga creciendo, así que tenemos que seguir desarrollando e implementado las iniciativas para mantener el ritmo de la demanda. Es un buen problema. ■

Para más información de la atención al cliente activa, visite www.leica-geosystems.com/de/acc

Lawrence Dixon es el director de postventa de EMEA en Leica Geosystems. Entró en el sector en abril de 1999 y ha trabajado en varios cargos de venta. Desempeña su cargo actual desde enero de 2013



Máxima seguridad para el nuevo metro de Copenhague

por Dieter Heinz

El metro de Copenhague es uno de los más modernos del mundo. Para poder mejorar la infraestructura de la capital danesa, la ciudad amplía en dos tercios su sistema de metro ya existente mediante la construcción de la nueva línea de metro circular denominada «Cityringen». Ahora, a las líneas M1 y M2, se les añaden la M3 y M4. Abrir túneles de gran tamaño en el centro del casco antiguo de la ciudad es una medida que conlleva un gran potencial de riesgo debido a las condiciones geológicas poco favorables, las escasas superposiciones y la cercanía de las edificaciones existentes. Con el fin de garantizar la estabilidad durante todas las fases constructivas, se están aplicando diferentes sistemas geotécnicos y geodésicos de medición que permiten un seguimiento automático a fin de descubrir a tiempo posibles deformaciones y aplicar de inmediato las medidas que lo contrarresten. Aquí tienen un papel especialmente importante los sistemas de medición en 3D instalados en todas las estaciones, los fosos y tramos de túneles.

Las nuevas líneas abarcan 17 estaciones de metro nuevas, tres fosos con cambio de carriles y un cen-

tro de espera también nuevo. El tramo completo tiene 15,5 kilómetros de longitud y recorre dos túneles paralelos en el subsuelo de Copenhague. Así, con las nuevas líneas, ya se puede conectar a la red de metro la estación central de trenes (København H) y la estación oeste (Østerport). Al igual que el metro existente, el nuevo también se ha concebido como sistema totalmente automatizado sin conductor.

Los costes totales del proyecto ascienden a unos dos millones de euros. El constructor de este gran proyecto es el Ministerio de Transporte de Copenhague y la municipalidad de Frederiksberg, representada por Metroselskabet I/S. El consorcio ejecutor es una sociedad conjunta italiana, compuesta por Salini/Impregilo Tecnimont y SELI – Copenhagen Metro Team (CMT).

Otra sociedad conjunta integrada por GEODATA Ziviltechnikergesellschaft mbH y ANGERMEIER INGENIEURE GmbH recibió el encargo de realizar el seguimiento de todo el proyecto, para lo cual fundó una nueva empresa denominada SMT Denmark ApS a fin de poder cumplir con esta enorme tarea.

La labor de SMT Denmark ApS

La SMT Denmark ApS es la encargada del seguimiento de los datos geodésicos y geotécnicos. Ello comprende



una nivelación precisa, la concepción, construcción y asistencia de los sistemas de seguimiento automatizados en 3D, la construcción y atención del inclinómetro automático, el medidor de deformaciones, el extensómetro y los sistemas de medición de los niveles de agua. Además, SMT Denmark ApS también se encarga del banco de datos central del proyecto: KRONOS, en el que transmiten y almacenan todos los resultados de las mediciones, así como los datos de las cuatro tuneladoras cada 30 segundos, entre otros aspectos. Casi 30 empleados se dedican por completo a las tareas de seguimiento del proyecto Cityringen.

Control de las construcciones en las zanjas y a lo largo de los tramos de los túneles

En enero de 2012 se comenzó a dotar sucesivamente a todas las estaciones y fosos en construcción de sistemas automatizados en 3D. Ambos canales de túneles transitan de forma paralela a las cuatro tuneladoras. El proceso consiste en que dos de las máquinas recorran un tramo de un trayecto determinado en la nueva circular de metro.

Desde el verano de 2013 los trayectos del túnel llevan equipados sistemas de medición mientras trabajan las tuneladoras. Así, cada una de las estaciones totales quedaron recogidas en las redes, con la intención de

que el planificador pueda cubrir con seguridad posibles prioridades (también denominadas «Zonas de influencia»). Con esta finalidad se emplean hasta ocho estaciones totales Leica TM30 para los sistemas de seguimiento que se controlan y vigilan desde un ordenador central a través de WiFi.

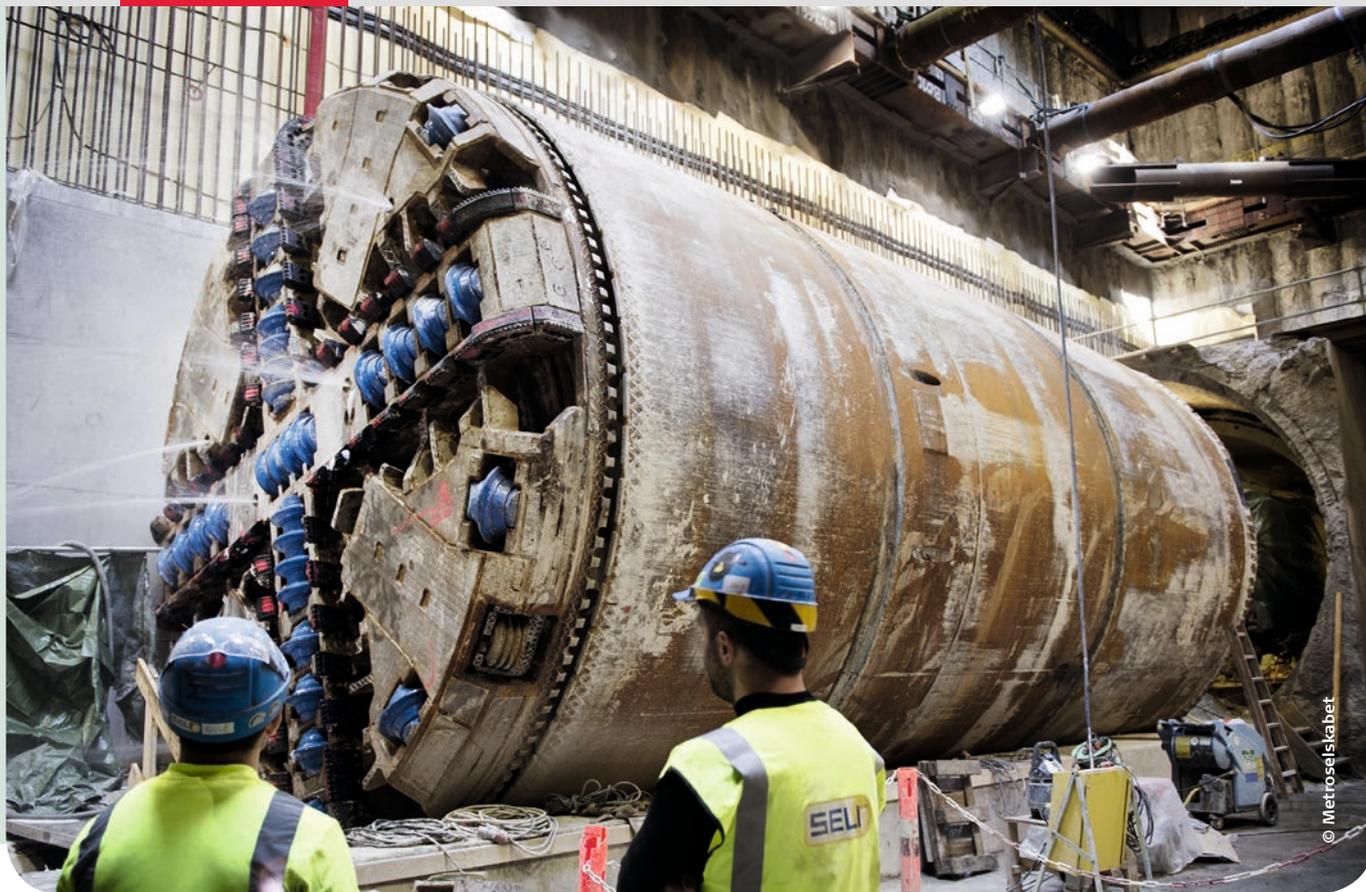
Instrumentos de seguimiento de Leica Geosystems

Desde hace años, ambas empresas matrices de SMT Denmark ApS son fieles clientes de Leica Geosystems. Por eso desde el comienzo del proyecto se le adjudicó a este fabricante suizo de calidad superior el suministro de los instrumentos de medición geodésicos y todos los accesorios. A lo largo del proyecto se demostró que de nuevo, como en casos anteriores, había sido una buena elección. Los instrumentos de medición funcionan con una gran exactitud, de tal forma que los sistemas de medición en 3D y las mediciones de nivelación redundantes realizadas con la Leica DNA03 y 2m de mira invar, se adaptaban a medio milímetro. La alta calidad de los resultados obtenidos con las mediciones son, en gran parte, responsables de que el proyecto tenga éxito.

60.000 mediciones silenciosas al día

La frecuencia de medición estándar es de dos horas





■ Una tuneladora llega a una nueva estación de la línea de metro de Copenhague.

para todos los sistemas de medición automatizados. En situaciones críticas, esta frecuencia puede reducirse a una hora o 30 minutos, dependiendo de la cantidad de puntos a medir.

Cuando las tuneladoras debían cruzar los canales de túneles, se produjo un caso especial al observar los canales de metro ya existentes, que requirió un aumento de la frecuencia de medición a 90 segundos para diez puntos, con el fin de poder dar respuestas permanentes a las prioridades en los pasajes.

El software Observer, perteneciente a la propia empresa ANGERMEIER INGENIEURE GmbH, se encargó de controlar todos los taquímetros. Ello permitió eliminar automáticamente errores de bulto durante cada una de las mediciones, dentro de un ciclo de medición. Finalmente se enviaron y evaluaron todos los valores medidos para su comparación. Si los resultados están dentro del rango de exactitud requerida, las coordenadas y el informe protocolario se transmiten a la base de datos KRONOS pero se produce una caída de la transmisión de datos del software GEODATA de la empresa Ziviltechnikergesellschaft mbH o se sobrepasan los niveles internos de aviso y alarma (lo cual puede suceder si, por ejemplo, los valores del compensador quedan fuera de nuestro rango de exactitud predeterminada), se produce de forma inmediata y

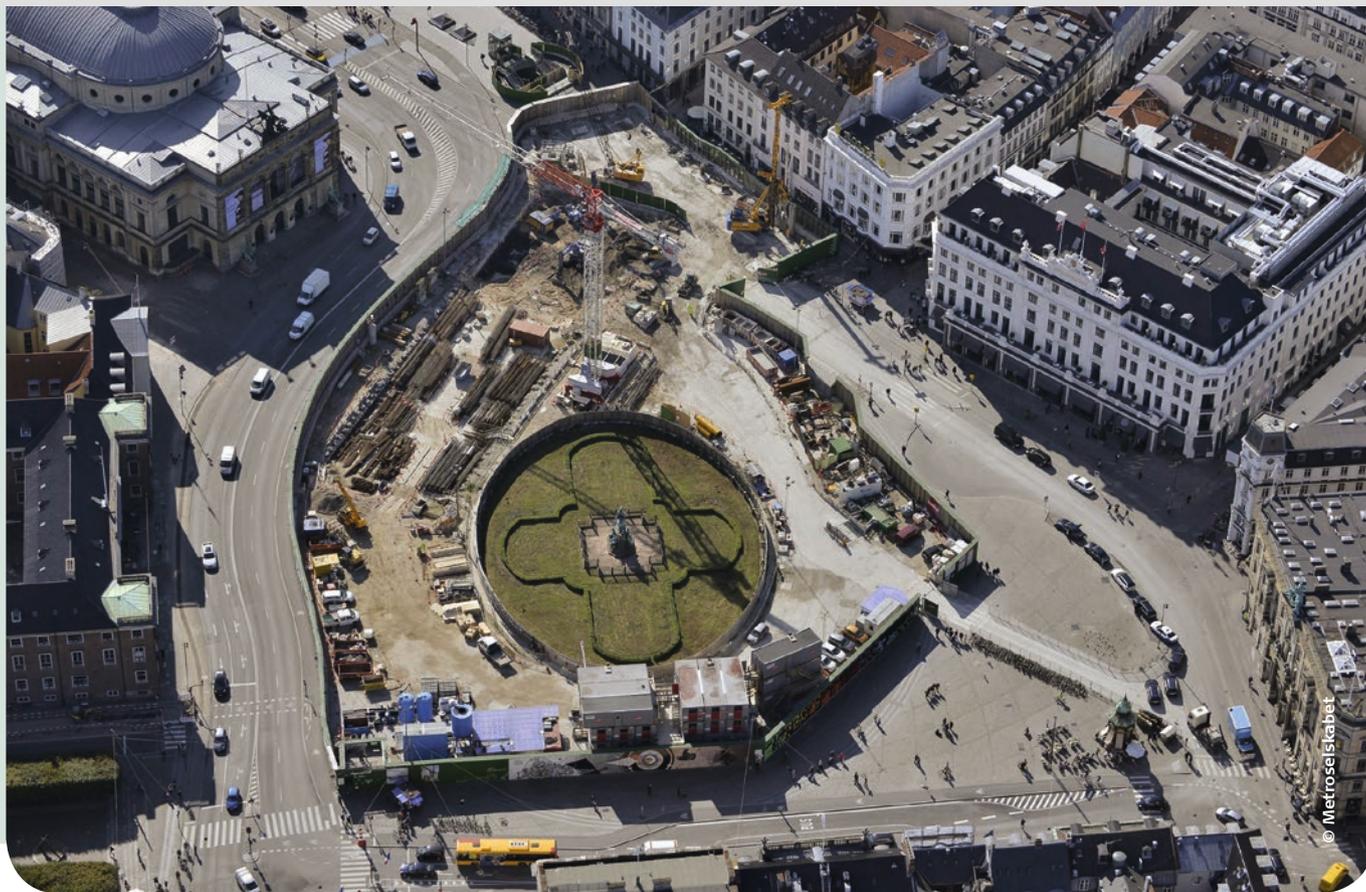
automática un aviso de alarma dirigida a un círculo de personas internas ya predefinidas.

Hasta diciembre de 2014 se instalaron 72 estaciones totales TM30 en las 21 obras nuevas acometidas. A lo largo de los tramos de los túneles, recorren paralelamente un promedio de 21 estaciones totales, montadas en aproximadamente cuatro meses una vez acabadas, y vueltas a desmontar antes de cada nuevo corte. En conjunto, con las estaciones totales se instalaron más de 4.000 prismas. Al día se miden unos 60.000 prismas. Hasta la fecha esto supone más de 44 millones de mediciones realizadas en 3D, a las cuales se añadieron analógicamente otras 600.000 mediciones manuales de nivel.

Es digno de mencionar el poquísimos ruido producido por las estaciones totales de Leica Geosystems, que podrían instalarse incluso al lado de ventanas de dormitorios sin perturbar el sueño de descanso reparador bien ganado de sus habitantes.

Asistencia permanente de las estaciones totales

Cuatro empleados se ocupan en exclusiva de asistir continuamente a las estaciones totales. Entre sus ámbitos de tareas, está la eliminación de los fallos que surgieran en cada sistema en particular y la ins-



■ Una vista aérea de la construcción de la nueva línea de metro de Copenhague.

talación de sistemas nuevos en las estaciones y los tramos de túneles. Los sensores deben desmontarse de nuevo después de que dos tuneladoras atraviesen el pasaje correctamente. En las obras de las estaciones de metro existentes todavía están funcionando los sistemas en 3D.

Se puede acceder inalámbricamente a todos los ordenadores desde un ordenador principal central, lo cual supone una ventaja a la hora de tratar los fallos. Si no fuera posible solucionar la avería mediante teleasistencia, un grupo se desplaza al lugar para buscar el origen del fallo. Muchos de los errores son causados por las mismas obras en las estaciones, como por ejemplo, un corte en la alimentación eléctrica o una limitación en las conexiones visuales de los prismas de referencia y deformaciones debido a las grandes máquinas constructivas empleadas.

Para montar los prismas y las estaciones totales, la empresa SMT Denmark ApS ha colocado su propia plataforma de elevación en un camión de 3,5 toneladas. Solo así se puede realizar sin necesidad de más aparatos, de forma flexible y en poco tiempo, el montaje y desmontaje para realizar el mantenimiento.

Equipos experimentados, sistemas fiables

Llevar adelante un proyecto tan amplio de seguimiento

para el bienestar y la seguridad de los habitantes de Copenhague y todos los implicados supone un gran reto para todo el equipo y los sistemas de medición.

En cuanto al equipo, aquí lo que se requiere es mucha experiencia. Los procesos internos se optimizan continuamente. También los componentes del software del Observer se someten a adaptaciones continuas, debido a los requisitos modificados de este complejo proyecto de seguimiento.

En cuanto a los instrumentos, se exige la máxima calidad, fiabilidad y precisión. Lo mismo que a los empleados, que deben poder reaccionar de forma flexible, rápida y segura ante todos los fallos que sucedan. En los sensores de seguimiento TM30 de Leica Geosystems hemos encontrado el socio perfecto para llevar a cabo esta enorme tarea. ■

Acerca del autor:

Dieter Heinz es licenciado en ingeniería de transmisión TU para mediciones y jefe de proyecto, responsable del «Cityringen of Copenhagen», así como empleado de SMT Denmark ApS.

dieter.heinz@smt-geomonitoring.dk

London Power Tunnels: Comprobación de la integridad de los datos en tiempo real

por Konrad Saal

National Grid se embarcó en un proyecto de siete años, London Power Tunnels, para ayudar a garantizar el suministro de electricidad en el futuro para la capital del Reino Unido. Las mejoras en la infraestructura de transmisión requerían una red de túneles que se construirán a través de Londres, para albergar lo que se ha descrito como «una nueva superautopista subterránea para la electricidad». Para construir los túneles, National Grid contrató a Costain Group, uno de los principales proveedores de soluciones de ingeniería del Reino Unido. Utilizaron la premiada multiestación Leica Nova MS50 de Leica Geosystems para explorar los túneles y el software TMS Tunnelscan de Amberg Technologies para procesar la información generada durante este proyecto.

Ya en las etapas iniciales del proyecto, quedó claro que habría una serie de retos que el equipo de topografía debía superar. El trabajo consistió en la construcción de 33 kilómetros de túnel en tramos alineados a través del centro de Londres, incluido el soterrado de 14 pilares y cámaras revestidas de hormigón proyectado. La excavación de cámaras de admisión en torno a un depósito de leche en desuso resultó ser uno de los

aspectos más problemáticos, ya que el revestimiento de hormigón proyectado cambiaba rápidamente desde 4m de diámetro circular hasta secciones elípticas de 8m de altura.

Nigel Drayton, Gerente principal de Estudios Topográficos en London Power Tunnels formó parte del equipo involucrado en la excavación de las cámaras de admisión del almacén de leche. Él observa lo siguiente: «Como las entradas cambiaron a una forma elíptica, era muy difícil para el ojo humano determinar si había



■ Nube de puntos 3D en la pantalla de la multiestación.



imperfecciones en la forma del túnel. Teníamos que asegurarnos de que habíamos alcanzado las tolerancias requeridas, con las entradas cortadas a 1 cm de su perfil final.»

Como suele ser el caso, los nuevos túneles debían estar terminados en un plazo muy breve con el fin de minimizar los problemas con los activos de terceros. Esto significaba que la exploración convencional no cabía dentro de lo posible. « Simplemente habríamos tardado demasiado tiempo en procesar los datos, » explica Nigel. El equipo necesitaba encontrar una solución alternativa, que pudiera proporcionar datos de barrido de alta precisión en el plazo requerido.

Como los ingenieros de Costain Group habían trabajado anteriormente con Leica Geosystems y habían tenido una experiencia positiva, se tomó la decisión de utilizar la multiestación, el cual escaneaba secciones de un metro de longitud a 1 cm de rejilla. A continuación, los datos se procesaron a través del software TMS Tunnelscan de Amberg Technologies, que dió perfiles de excavación de salida a centros de 10 cm en aproximadamente diez minutos. « Entonces pudimos comprobar rápidamente si era necesario examinar de nuevo alguna de las zonas fuera de tolerancia, antes de que se llevase a cabo más trabajo », añade Nigel.

Una vez que se logró el perfil correcto del túnel, se le dio un revestimiento de hormigón proyectado. A continuación, la multiestación Leica Nova MS50 se utilizó de nuevo, mientras aún era posible trabajar en el hormigón proyectado, para comprobar si el túnel recién revestido era del espesor requerido. Los datos capturados también podrían mantenerse como parte de los registros de construcción.

Exactitud en los perfiles de túneles

Al utilizar la multiestación Leica Nova MS50, fue posible producir perfiles de túneles con exactitud y a una velocidad superior. Gracias a su flujo de trabajo y la tecnología de medición integrada, el equipo de construcción fue capaz de llevar a cabo la exploración y los análisis necesarios de manera eficiente y precisa. Hubo una disminución en los materiales de desecho y en la necesidad de retoques, lo que resultó en ahorro de tiempo y costes tanto para Costain Group como para National Grid.

Amberg Technologies es socio desde hace mucho tiempo de Leica Geosystems, y el Nova MS50 MultiStation se integra fácilmente en el TMS Tunnelscan. « Los equipos encontraron que la tecnología de escáner era fácil de usar y el apoyo técnico a mano era insuperable, » concluye Nigel. « La integridad estructural del



Durante más de treinta años, Amberg Technologies AG ha venido desarrollando soluciones de sistemas de fácil uso para la adquisición y procesamiento de datos georreferenciados en el campo del desarrollo de infraestructuras. Esta empresa suiza ofrece productos estandarizados, soluciones de sistemas específicas para sus clientes y servicios específicos del proyecto en los campos de la topografía ferroviaria, la topografía de túneles, las inspecciones de túneles y la sísmica de túneles. Tres aplicaciones, conocidas colectivamente por el nombre TMS Solution se utilizan para la topo-

grafía en ingeniería y construcción de túneles. Permiten topografiar de manera exacta una amplia gama de aspectos cruciales como el perfil del túnel, incluidas las desviaciones en tiempo real de la superficie real que se va a diseñar, el control automático de la orientación del túnel y el replanteo preciso de todas las instalaciones del túnel. Además, el análisis completo y la documentación de las cotas, las deformaciones y el estado de una estructura del túnel forman parte del alcance de TMS Solution.

túnel es absolutamente crucial y el nivel excepcional de exactitud proporcionado por los instrumentos de Leica Geosystems nos dio la garantía de calidad en que podíamos confiar.»

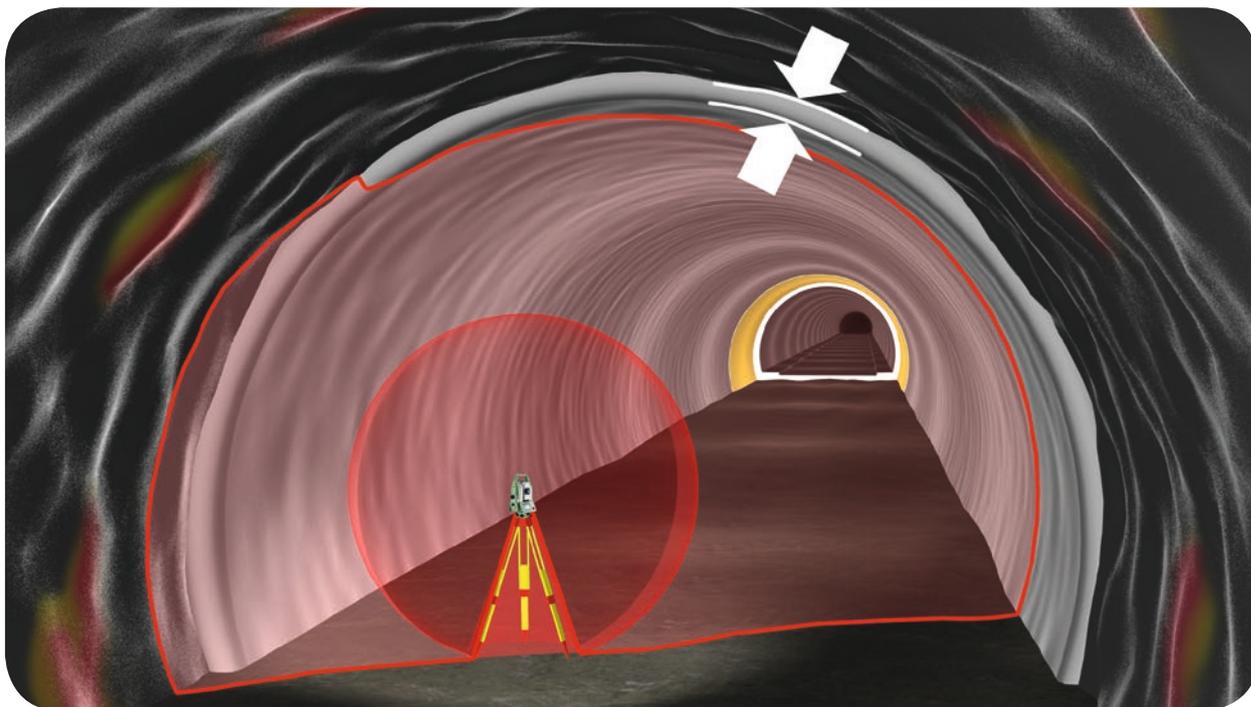
La precisa tecnología de medición la multiestación Leica Nova MS50 y su software intuitivo permite a los usuarios tomar decisiones más rápidas, más inteligentes, a través de una gama sin precedentes de aplicaciones. Es el primer dispositivo de medición del mundo que combina exploración, estación total, imagen y posicionamiento GNSS en un solo instrumento

para dar unos resultados rápidos y fiables. En 2013, Costain Group fue premiado por el « uso más innovador de la nueva tecnología en estudios topográficos » por la ejecución del proyecto London Power Tunnels con el Nova MultiStation. ■

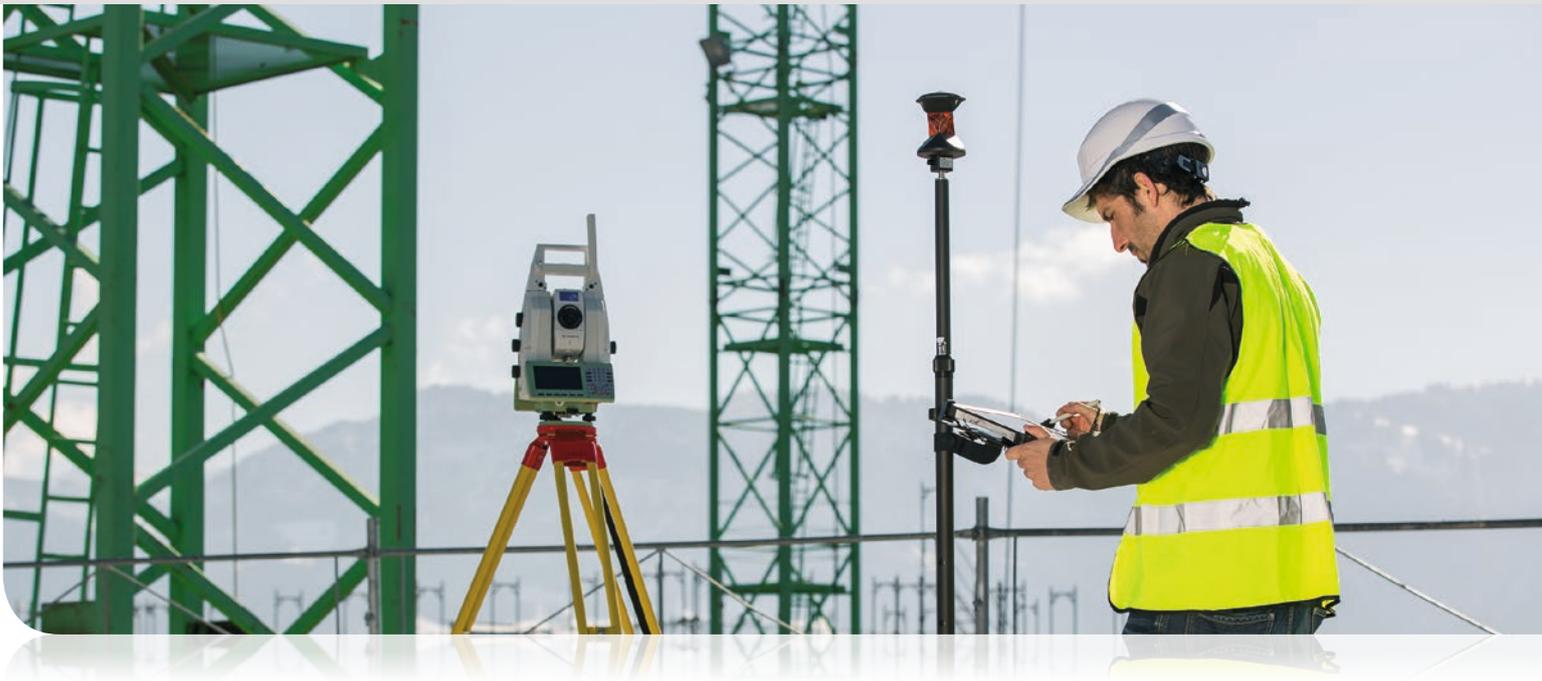
Acerca del autor:

Konrad Saal es un Ingeniero de Topografía y Gerente de Comunicaciones de Marketing en Leica Geosystems AG en Heerbrugg, Suiza.

konrad.saal@leica-geosystems.com



■ TMS Tunnelscan y Amberg Navigator se apoyan en el escáner y entregan resultados en tiempo real.



Leica Captivate marca el comienzo de una nueva era

por Monica Miller Rodgers, APR

Cuando Shawn Crawford comenzó su carrera de topografía hace más de 24 años con un teodolito no robótico, sus sueños de categorizar fácilmente la información de las tareas y el modelado estaban lejos de hacerse realidad. Frases como «tecnología táctil» y «aplicaciones personalizables» ni siquiera eran todavía parte del vocabulario común. Él, como la mayoría de los topógrafos, siguió luchando para dar con la forma de posicionar grandes conjuntos de datos y extraer el máximo valor de un proyecto.

Casi dos décadas y media después asistimos al advenimiento del Topógrafo 2.0 – el profesional del que ya no solamente se espera que mida los ángulos y distancias sino el gestor de datos, cuya parte de su rutina diaria es trabajar en 3D, dando forma no solamente a las coordenadas de un proyecto, sino modelando todo el diseño. Gracias a los avances en la tecnología de medición, tales como las estaciones totales robóticas y los escáneres láser 3D, el topógrafo de hoy día trabaja con datos mejores, pero con más datos que nunca: datos que necesitan analizarse con cuidado para encontrar su significado.

Este proceso es detallado y puede requerir una cantidad considerable de tiempo y diligencia. Durante años, a medida que las mediciones se han vuelto más complejas, los topógrafos han trabajado con solo una representación parcial de la realidad del sitio real en las interfaces de software. Dejar atrás los puntos críticos, por lo costoso que resulta volver al trabajo de campo una vez que se descubren en la oficina cosas pasadas por alto, luchar para encontrar los datos correctos del proyecto dentro de un conjunto: todo esto son retos que los topógrafos conocen demasiado bien.

Presentamos una nueva era en la experiencia del usuario

Tras escuchar a los clientes como Crawford y analizar las tendencias observadas en los teléfonos inteligentes, los desarrolladores de Leica Geosystems han creado el Leica Captivate, el software de tecnología táctil que cuenta con aplicaciones personalizables para una variedad de instrumentos de medición, entre las que se incluyen estaciones totales, MultiStations y GNSS. El nuevo software permite a los topógrafos y otros profesionales de la medición unir revestimiento y codificación avanzados para proporcionar un modelo 3D interactivo en el cual los usuarios pueden generar vistas ampliadas, panorámicas y orbitales para una visualización y manipulación óptimas.



«Cuando escuchamos a nuestros clientes, el tema que se repetía siempre era la simplicidad. El software antiguo no era el más fácil de usar, y sabíamos que los atareados profesionales necesitaban una manera mejor de acceder y trabajar con las capturas que recogían sobre el terreno,» dijo Alastair Green, director del programa de software para controladores de campo y topografía de campo de Leica Geosystems. «Nuestros clientes suelen trabajar todo el día en tareas similares, como la codificación de funciones, el trazado de líneas, y los puntos y las líneas de replanteo. Hacer que estos elementos fundamentales de su trabajo sigan siendo fáciles y agradables es muy importante para una experiencia positiva del cliente. Con las aplicaciones fáciles de usar y la tecnología táctil de Leica Captivate, los profesionales ahora pueden ahorrar tiempo, dinero y molestias mediante la actualización de la información de la obra directamente con los modelos 3D más realistas disponibles en cualquier software de medición.»

En Leica Captivate, los usuarios pueden fusionar la superposición de los puntos medidos, los modelos 3D y las nubes de puntos en una sola vista. Esta novedosa capacidad permite a los usuarios trabajar de forma simultánea con la realidad actual de cualquier obra, garantizando que no queden puntos fuera de la imagen y así evitar costosos regresos a la obra.

Crawford, el Director Regional Adjunto de Topografía para ESE Consultores en Boston y probador (*beta tester*) de Leica Captivate, ve su valor especialmente en la capacidad de comprobar la integridad de un puesto de trabajo sobre el terreno en vez de necesitar volver a la oficina para descargar las imágenes.

«Leica Geosystems ha dado un paso de gigante con la introducción de los escáneres 3D en el software y ahora es posible girar y rotar ese modelo en 3D para disponer de aún más oportunidades de observación. Ser capaz de ver un levantamiento topográfico en pantalla sobre el terreno en busca de errores o imperfecciones antes de volver del campo a la oficina permite al topógrafo asegurarse de que ha recogido toda la información que necesita,» explicó. «Lo último que quieres tener que hacer es decirle a alguien que tiene que volver porque no ha obtenido suficiente información.»

Los primeros instrumentos de medición en el mundo con capacidad de autoaprendizaje
Leica Captivate también aumenta la capacidad de



rendimiento de la última generación de las estaciones totales y multiestaciones Viva y Nova de Leica Geosystems. Con la mejora del reconocimiento automático del prisma ATRplus, estos instrumentos pueden ahora seguir permanentemente un mismo objetivo, incluso en las condiciones más difíciles.

Gracias a la tecnología de sensores optimizada, ATRplus detecta distracciones no relevantes en el terreno, tales como reflectores, luces brillantes y la lluvia, y automáticamente los excluye del objetivo. En el caso de visión interrumpida, ATRplus también vuelve a fijar el objetivo en el tiempo más breve del mercado.

«Es el primer paso hacia la inteligencia artificial en las estaciones totales robóticas,» dijo David Dixon, director del programa de estaciones totales de Leica Geosystems. «Las anteriores funciones de fijación en las estaciones totales podían «despistarse» en entornos difíciles, como las tormentas de lluvia o los albedos por calor, con la consiguiente pérdida de tiempo y de recursos valiosos. ATRplus ahora ofrece a los usuarios la confianza de que están recibiendo la información correcta a pesar de las dificultades, liberándolos para poder centrarse en tareas más cruciales.»



■ **Leica Captivate mejora el rendimiento de las estaciones totales y multiestaciones Leica Viva y Nova.**

Junto con la nueva multiestación Nova MS60, las estaciones totales Nova TS60 y Viva TS16 de Leica Geosystems, la versión de Leica Captivate también incluye un nuevo controlador de campo y una tableta. Los Leica CS20 y CS35 proporcionan acceso remoto a las multiestaciones y a las estaciones totales y se han actualizado con pantallas más grandes para disponer de mayores oportunidades de observación y transiciones táctiles fáciles.

Una solución que lo abarca todo

Mientras que los topógrafos y otros profesionales de la medición se han limitado durante años a trabajar en representaciones virtuales en 2D de sus proyectos, con Leica Captivate ahora se abre la posibilidad de participar plenamente en la realidad captada en los datos. Este nuevo software integrado en instrumentos de precisión ofrece una solución integrada en la gestión de prácticas complejas y en la información de medición, verificación, replanteo y exploración por barrido. Con estos modelos realistas en 3D y la capacidad sin igual para permanecer fijados en un objetivo, los profesionales con experiencia y los recién llegados a la industria ahora pueden trabajar con la seguridad de que ningún punto, grande o pequeño, se queda atrás.

Para Crawford y otros «topógrafos 2.0», los avances tecnológicos como Leica Captivate están llevando la industria a donde tiene que estar en el acelerado mundo de hoy en día. A medida que su campo sigue avanzando, sus necesidades y la forma de expresarse y de cubrir esas necesidades también cambian.

«Leica Captivate realmente está haciendo la transición hacia donde nos lleva nuestra tecnología cotidiana. Al igual que con los teléfonos inteligentes, la posibilidad de personalizar las aplicaciones con imágenes e interactuar con esas aplicaciones a través de toques en pantalla es muy valiosa para nosotros,» dijo Crawford. «Ahora podemos ver nuestro trabajo justo allí cuando lo captamos en lugar de esperar hasta que regresamos a la oficina. Ser capaces de obtener la referencia de uno mismo en el interior de una imagen de barrido en 3D, no hay nada que ni siquiera se le parezca.» ■

Acerca del autor:

Monica Miller Rodgers, APR, es una profesional de marketing y comunicación y es la principal redactora de Hexagon Geosystems.

monica.miller-rodgers@hexagon.com

Escaneado láser de alta tecnología por debajo del Elba

por Konrad Saal

A unos 28 metros por debajo de la superficie de agua del Elba se encuentra una de las principales infraestructuras del norte de Europa: el túnel bajo el Elba, que forma parte de la autovía A7 que conecta el sur con el norte de la ciudad hanseática de Hamburgo, y los países escandinavos con las grandes ciudades europeas. Su longitud alcanza los 3,3 kilómetros, de los cuales unos 1.000 metros se recorren por debajo del lecho del río. Cada día, a horas punta, transitan por las cuatro bocas del túnel hasta 145.000 camiones y coches. Para poder garantizar, también en el futuro, la seguridad de esta importante vía de tráfico, entre los años 2009 y 2013 se llevaron a cabo obras de saneamiento en las tres bocas más antiguas del túnel, siguiendo las directrices actualizadas para equipamiento y funcionamiento de túneles en carreteras. Dentro de este contexto, el departamento de Hamburgo Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung, encargó a la empresa Dr. Hesse und Partner Ingenieure (dhp:i) que documentaran todas las bocas de los túneles mediante un escaneado láser en 3D cine-

mático. El objetivo era adjuntar al funcionamiento del túnel del Elba (LSBG, administración federal para carreteras, puentes y aguas residuales) una documentación actual y precisa del objeto después de la extensa modernización realizada.

La información georreferencial obtenida es necesaria para el servicio y mantenimiento, así como el apoyo a los procesos concernientes a los planos, diseños, informes y la administración del túnel bajo el Elba y como base para un futuro modelado de información de construcción (BIM).

Además de la geometría del túnel, también había que recoger todos los objetos y medios de funcionamiento del túnel con escasos centímetros de divergencia en la exactitud. Entre estos cabe señalar las instalaciones de suministro y seguridad (como las de tecnología del tráfico), las salidas y letreros de emergencia, los huecos para el servicio y las llamadas de emergencia, los dispositivos contra incendios, los pozos de ventilación, las instalaciones de iluminación, las cámaras, los altavoces y los sensores de la telemática de tráfico y la tecnología de funcionamiento; es decir, en total más de 200 objetos diferentes en 3D.



Seleccionar el proceso adecuado

Debido a la importancia crucial que tiene el túnel del Elba para el tráfico en y alrededor de Hamburgo, para realizar la medición solo podía cerrarse durante espacios de tiempo muy cortos. Desde el principio quedó claramente establecido que las actividades se realizarían durante las horas de menos afluencia, entre las 20:00 de la tarde y las 5:00 de la madrugada, y que solo se cerraría una boca de túnel cada vez.

Por deseo explícito del cliente la convocatoria para la medición debía realizarse mediante escaneado láser cinemático. A lo largo de la licitación se evaluaron varios sistemas de escaneado móvil y sobre vehículo de diversas empresas. Al final del proceso de selección, la decisión recayó en el sistema ProScan T-Series de la empresa p3D systems GmbH, que convenció al jurado, entre otras cosas, por la facilidad para integrar la Leica ScanStation P15, su gran velocidad a la hora de recopilar datos y su extremada exactitud en la recogida de objetos.

«El sistema de escaneado cinemático utilizado por dhp:i no solo nos garantiza las máximas exactitudes y un registro completo de toda la construcción del túnel,

sino que además nos da la seguridad de que podemos confiar en la calidad de los datos y, al mismo tiempo, minimizar las horas de cierre de este importante túnel,» dice el ingeniero Bernhard Cieslik, director del departamento comunal de medición en Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung y responsable del proyecto.

El sistema ProScan T-Series («T» proviene de Tracking – seguimiento mediante estaciones totales –) es un escáner láser manual y a color. En una maleta con ruedas se halla una unidad de medición inercial y un escáner láser de serie adaptado (como la ScanStation P15), a lo cual se le añade una tableta para recoger los datos y manejar el control. En este proyecto, las estaciones Leica TS30 y Leica Viva TS15i se ocupan de proporcionar el posicionamiento preciso, que siguen al prisma montado en el sistema con 8 mediciones por segundo.

Entre las ventajas de este método de registro, está, por un lado la referenciación directa del sistema mediante el seguimiento con las estaciones totales. Así, ya no se necesita una determinación de los puntos de fijos como sucedía en los sistemas basado en vehículo. Por



otro lado, convence la gran exactitud de la nube de puntos y la excelente alta resolución simultánea, así como la posibilidad de procesar y controlar los datos poco después de su recogida.

Ya los primeros cálculos del pronóstico dejaron claro que con esta solución puede registrarse una boca de túnel cada noche y, además, en alta resolución.

Medición: un túnel por noche

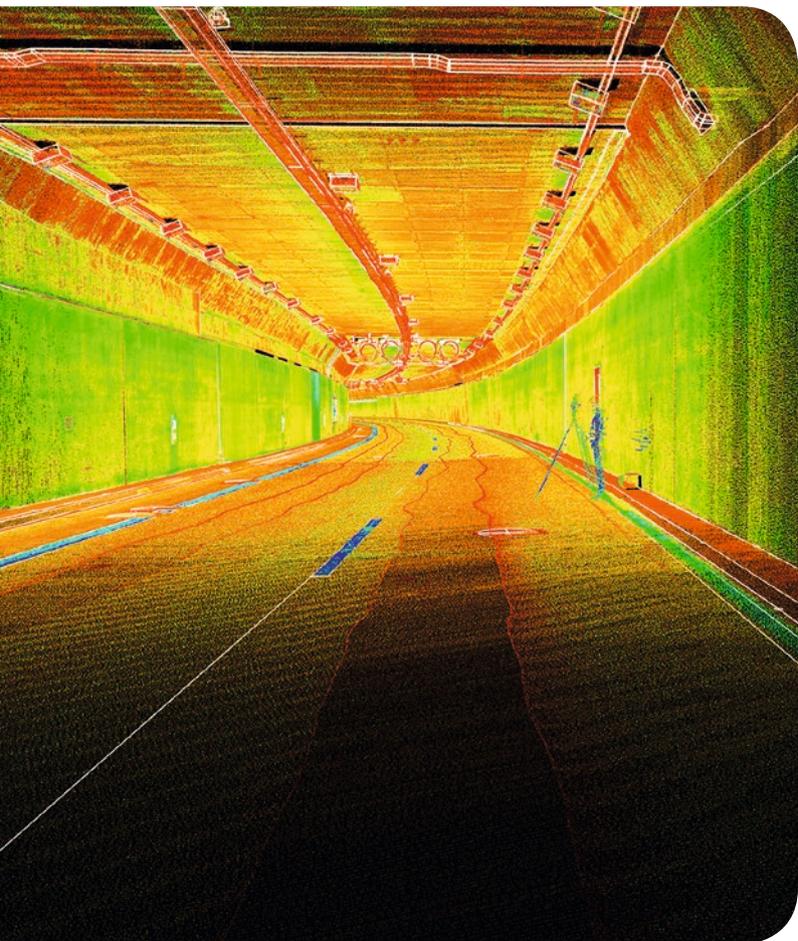
La medición de las cuatro bocas del túnel se realizó en cuatro operaciones nocturnas. El proceso de trabajo se efectuó sin traba alguna, gracias a una intensa planificación previa y al detallado concepto de medición, tanto a la hora de recopilar los datos como en la valoración. El horario previsto de nueve horas por boca de túnel a medir, pudo reducirse bastante ya en la primera medición.

Dentro del marco del escaneado en el lugar, había que registrar no solo las paredes del túnel, sino también

todos los accesorios instalados, como letreros, ventilaciones, etc. Con esta finalidad, se dividieron las bocas en tramos de 300 metros de longitud, los cuales fueron escaneados dos veces (ida y vuelta) en 40 minutos.

Este doble registro no solo eliminó las zonas de sombras sino que además probaron que en este proyecto podían lograrse exactitudes mejores de 10mm con el escaneado láser cinemático .

Para que el sistema de escáner cinemático trabajara de la manera más eficiente posible, y sin tener que realizar interrupciones, se acordaron entre sí las tareas de los tres empleados del proyecto en el lugar. Un empleado se dedicó a mover continuamente el ProScan a lo largo de los 300 metros del tramo del túnel, mientras los otros dos iban con dos estaciones totales intercambiándose para realizar un seguimiento exacto del objetivo del sistema. Por eso solo hubo algunos momentos de parada de trabajo al comienzo y al final de la medición, así como para cambiar la batería.



Preparación de datos según normas determinadas

Muchos estados federados utilizan modelos de datos estandarizados para proyectos de infraestructura y otros de orden constructivos. Los contenidos ahí descritos regulan catálogos de directrices que sirven para suministrar datos homogéneos a todos los sectores técnicos que trabajan con esta información.

El catálogo normalizado de Hamburgo describe, desde 2008, un estándar detallado para objetos de datos digitales y la planificación del tráfico. El catálogo regula en especial la estructura y el formato de los datos, así como la visualización del mapa geoespacial digital. En esta norma se definen, por ejemplo, la estructura, los nombres del plano y las clases de líneas y bloques o los contornos y cotas. Como ampliación al catálogo normalizado bidimensional de Hamburgo, se construyeron en 3D todos los objetos CAD modelables para este proyecto, así como la geometría completa del túnel

Para instalar las estaciones totales se pudo utilizar la red de punto fijo en posición y altura existente en el túnel que había establecido Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung y que se solía utilizar normalmente para las mediciones de seguridad de prueba y medidas de construcción

La velocidad a la que se movía el ingeniero medidor con el sistema a lo largo del túnel estaba adaptada a la resolución requerida por el objeto. Dado que dentro del túnel había muchos objetos pequeños, se tuvo que garantizar una distancia de punto de medición que fuera mejor que dos centímetros, obteniéndose como resultado una velocidad de escaneado de 0,5 metros por segundo.

«A pesar de que ya llevábamos una cantidad de dos cifras de proyectos realizados con este sistema, la velocidad de registro con la Leica P15, las estaciones totales de Leica y al p3d ProScan siempre nos sorprenden. Para obtener una resolución comparable del objeto con escaneado láser unido a un soporte, es decir fijo, hubiéramos necesitado al menos el triple de tiempo,» resume Christian Hesse, director general de dhp:i.

Al finalizar el escaneado láser se recogieron aún en el lugar los datos de medición de las estaciones totales, se importaron de la tarjeta de memoria y comenzó la georreferenciación automática del escáner en p3d PCloud.

Las nubes de puntos finalizadas se importaron en la Leica Cyclone 9, donde se filtraron y limpiaron. Para poder crear de forma eficiente los más de mil objetos en 3D, se vincularon las bases de datos de la Cyclone con la ayuda de los plugins del Leica CloudWorx en AutoCAD. A esto le siguió el modelado paralelo de los objetos CAD requeridos, así como toda la geometría del túnel.

El resultado: 13,5 km de túnel de autovía recogidos en alta definición y de forma precisa en cuatro noches, la completa satisfacción del cliente y unos conductores que apenas se dieron cuenta de ello. ■

*Dr. Hesse und Partner Ingenieure (dhp:i) es una oficina de mediciones técnicas a nivel internacional con sede en Hamburgo y pertenece a las empresas líderes dentro del sector de escaneado láser en 3D.
info@dhp:i.com*



Construcción y saneamiento del túnel bajo el Elba

Tras siete años de obras, en 1975 se abrieron al tráfico las tres primeras bocas del túnel bajo el Elba. Desde su ampliación en 2002, ahora dispone de cuatro bocas con un total de ocho carriles. Entre 2009 y 2013 se realizó un amplio saneamiento de las tres primeras bocas. Bajo el nombre de «A7: programa de reequipamiento del túnel bajo el Elba» se llevaron a cabo las obras de saneamiento, la mejora del sistema de aireación, de la protección contra incendios y de las vías de salida de emergencia, así como la modernización de las instalaciones técnicas. Esta medida constructiva era necesaria para que el túnel cumpliera con las «Directivas para equipamiento y funcionamiento de túneles de carretera» (RABT) ya en vigor en el año 2006.

El túnel del Elba es gestionado por el Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer Hamburg (LSBG), el departamento federal para carreteras, puentes y aguas residuales de Hamburgo.

Visiones en 3D de la antigua ciudad

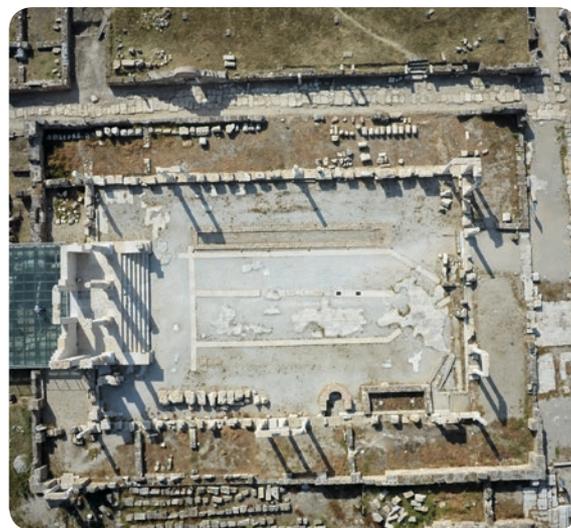
por Katherine Lehmuller

El centro arqueológico, Laodicea, es uno de los yacimientos arqueológicos más grandes e importantes de Turquía hoy en día. Situada a seis kilómetros al norte de la ciudad moderna de Denizli, Laodicea amplió sus fronteras hasta cubrir más de 90.000 metros cuadrados y posee al menos diez importantes ruinas de edificios, incluida una de las siete principales iglesias del cristianismo primitivo mencionada en el libro del Apocalipsis del Nuevo Testamento. Edificada en una zona sísmica de primer grado, la ciudad sufrió varios terremotos devastadores y fue reconstruida muchas veces antes de que sus residentes finalmente la abandonaran y emigraran alrededor del año 600 DC.

El municipio de Denizli ha podido garantizar apoyo financiero, y durante los últimos diez años, se han llevado a cabo extensos trabajos de excavación y de restauración por parte del Departamento de Arqueología de la Universidad de Pamukkale y el Ministerio de Cultura y Turismo bajo la dirección del Prof. Celal Şimşek con la autorización del Consejo de Ministros. Debido al tamaño de la antigua ciudad y por ser Laodicea uno de los lugares históricos más importantes de Turquía, se ha dedicado mucho tiempo y dinero a la creación de mapas y modelos del lugar para documentar su progreso y también para planificar la excava-

ción futura en la próxima temporada. Recientemente, el departamento decidió intentar trabajar con un vehículo aéreo no tripulado UAV y alquiló el Aibot X6. Quedaron muy satisfechos con los resultados.

« Pudimos poner en práctica las misiones de vuelo de Aibotix en nuestro flujo de trabajo anual. Es una manera muy rápida y ventajosa de ver lo que hemos hecho en una temporada de excavación ya que las ortofotografías en alta resolución muestran el progreso de modo excelente. » comentó el Prof. Celal Şimşek, jefe de la excavación arqueológica de Laodicea.



■ Imagen altamente detallada del templo sagrado.



Utilizando el UAV de Aibotix, generar los datos para un modelo de ciudad en 3D le llevó al equipo muy poco tiempo. H. Bora Yavuz, que trabaja como consultor técnico para la empresa Sistem A.Ş., es distribuidor de Leica Geosystems en Turquía, explica, « Con los métodos convencionales, se necesitarían casi diez días y cinco personas cualificadas solo para el trabajo de campo y si tenemos en cuenta el procesamiento de modelado, tal vez habríamos necesitado diez días en la oficina con operadores cualificados. Ahora, usando el hexacóptero VANT Aibot X6 y su software, hemos creado un modelo de ciudad en cinco horas y necesitamos solo una persona entrenada para toda la misión. »

Después de usar equipos de Leica Geosystems, como los receptores Viva GS15 de Leica para establecer puntos de control sobre el terreno que luego se utilizaron para la georreferenciación, se fijó una cámara Nikon modelo Coolpix A con correas al bastidor para cámaras del Aibot X6. El software de Aibotix, AiproFlight, se utilizó para planificar la misión de vuelo del UAV, lo que permitió la planificación de los detalles del vuelo, tales como mantener el UAV a una altura de 70 metros durante toda la grabación y permitir una precisión del modelo de 3 cm para la distancia de muestra a tierra (ground sample distance, GSD). Después de esto, se planificó la dirección, la resolución y la ruta del vuelo real, y se cargó en el Aibot X6. Una vez hecho esto, la adquisición de datos durante el vuelo era completamente automática.

Debido a la cámara panorámica especial montada en el Aibot X6, eran posibles ángulos de imagen de 45° con un solapamiento de 80°, lo cual generó imágenes detalladas de las paredes laterales, por ejemplo.

Para el procesamiento, las imágenes se georreferenciaron utilizando los puntos de control a tierra establecidos sobre el terreno por un software especial de procesamiento, el Photoscan Pro de Agisoft, que creó modelos 3D y procesó ortofotografías de alta resolución de manera muy eficiente y sin problemas.

« Nunca ha sido más fácil de obtener un conjunto de datos de alta calidad de imágenes aéreas para la documentación, disponer de un modelo topográfico digital preciso, y lo más importante, una ortofotografía de alta resolución de la zona que muestra cada piedra en su posición real. Además, esta aeronave no tripulada es segura y rápida, » explica Özhan Kaynarca, propietario de la compañía Ölçen Harita Surveying Services. ■

Para obtener más información sobre la ciudad de Laodicea, por favor visite: www.laodikeia.pau.edu.tr

Acerca del autor:

*Katherine Lehmuller recibió su Licenciatura en Bellas Artes por la Tufts University, NY, y trabaja como redactora en Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Suiza.
katherine.lehmuller@leica-geosystems.com*

Construir ciudades con UAVs



por Martin Schwall y Benjamin Busse

La ciudad doble de Waldshut-Tiengen, de unos 22.000 habitantes, se halla dentro de la bonita zona del Alto Rin en Baden-Wurtemberg, cerca de la frontera suiza. La oficina municipal de urbanismo necesitaba un plano actualizado de la superficie para poder realizar proyectos constructivos de nueva planificación o para el desarrollo urbanístico de ambas partes urbanas. Al revisarlo, los responsables se dieron cuenta de que los documentos no eran lo suficientemente buenos, a pesar de presentarse de forma tridimensional. La culpa es de su escaso detallismo, también denominado LoD (siglas del inglés level of detail). No bastaba con tener un modelo de madera (LoD1) y otro con las formas estandarizadas de los tejados (LoD2). Lo que la oficina municipal de urbanismo requería era un modelo más exacto en 3D para poder tomar decisiones en superficies. Sin embargo la cuestión era cómo obtener datos exactos de tejados más complejos sin arriesgarse a subir a los escarpados tejados o encargar a una empresa que tomara fotografías aéreas con una avioneta o helicóptero.

La empresa IngenieurTeam GEO GmbH utiliza desde hace tiempo un Aibot X6, y fue contratada por la ciudad de Waldshut-Tiengen para que hiciera sobrevolar UAV (del inglés Unmanned Aircraft Vehicle) y recogiera los datos necesarios para crear ortofotos geográficas georreferenciadas, una nube de puntos a color y un modelo en 3D. El encargo también contemplaba la recogida de geometrías de tejados, así como las alturas de los aleros y las cumbres. En un primer paso, habría que editar los datos obtenidos con el programa Autodesk hasta llegar al modelado en 3D.

Los modelos en 3D suponen una mejor base para los que toman decisiones

Con el proyecto lo que la oficina municipal de urbanismo pretendía era crear un modelo exacto en 3D para visualizar claramente las posibilidades de nuevas edificaciones en el núcleo de la ciudad de Tiengen y en la zona de Waldshut antes de planificar la construcción. Al contrario que los planos en papel, solo un modelo en 3D es capaz de representar la realidad como es y de convencer al público general y a los que toman decisiones.

Como sabían que la empresa IngenieurTeam GEO GmbH ofrecía servicios de mediciones aéreas, se les



ocurrió la idea de utilizar la ortofotografía para completara los datos existentes en la oficina municipal de urbanismo, obtener información geográfica y propiciar el desarrollo del terreno con datos actuales obtenidos al vuelo y, así, aumentar la exactitud.

Recoger datos de forma cómoda y segura

El vuelo sobre una gran superficie de 70.000 metros cuadrados en Waldshut y Tiengen lo realizó en mayo el piloto del Aibot X6 Benjamin Busse. Para sobrevolar el centro de la ciudad, se requerían permisos particulares y cumplir determinadas condiciones.

La evaluación de los datos en bruto se elaboró con el Agisoft Photoscan Pro. Antes del vuelo fueron medidos, anotados y señalizados con una estación total Leica TPS1200 y una Leica Viva GNSS de sistema de puntos de control para poder calcular después la transformación necesaria que permitiera obtener resultados de alta precisión y exactitud.

De acuerdo al principio de medición «Ninguna medición sin control», se realizaron adicionalmente puntos de control de edificios sueltos durante dicha medición con la estación total para poder demostrar que los

datos de posición y altura coincidían en un rango de ± 5 centímetros.

El sistema UAV Aibot X6 ofrecía numerosas ventajas al proyecto, empezando por su rápida aplicación y las imágenes obtenidas en alta resolución de 16,2 megapíxeles, que conseguía alcanzar literalmente al vuelo la precisión requerida.

También destacaba por su capacidad para recoger con exactitud tejados de formas diferentes, así como alturas de cumbres y aleros, lo cual no se podría haber logrado de pleno con los métodos clásicos de medición, debido a que los edificios de la zona de la ciudad en cuestión estaban muy pegados entre sí, y las cumbres ya no eran visibles debido a sus pendientes muy pronunciadas.

Una imagen vale más que mil palabras

Sin embargo, la utilidad real está en los datos obtenidos que ofrecen a la oficina municipal de urbanismo de Waldshut-Tiengen de un alto valor añadido, con un modelo texturizado en 3D, una nube de puntos a color y ortofotografías con una resolución topográfica de un centímetro para obtener la reproducción óptima del



Level of Detail (LoD)

Como Level of Detail (LoD; en español: grado de detalle) se definen los diversos niveles de detalles de la representación de mundos virtuales. También se aplican los conceptos LoD en modelos de paisajes y ciudades virtuales tridimensionales.

Según sea la aplicación, hay diversos niveles de detalles requeridos. El City Geography Markup Language (CityGML) es un esquema de aplicación para almacenar y compartir modelos de ciudades virtuales en 3D.

CityGML es desde agosto de 2008 un estándar del Open Geospatial Consortium (OGC) que actualmente se fundamenta en muchos modelos de ciudades alemanas.

Estos son los siguientes niveles de detalles que se especificaron para CityGML:

- LOD 0:** Modelo regional, modelo de terreno en 2,5D con textura de foto aérea
- LOD 1:** Modelo de madera, bloque de edificios (superficie elevada)
- LOD 2:** Modelo en 3D de la envoltura externa y estructuras con tejado en texturas sencillas
- LOD 3:** Modelo de arquitectura, modelo en 3D de la envoltura externa con textura
- LOD 4:** Modelo interior, modelo en 3D del edificio con plantas, espacios interiores, etc., y texturas.

objeto. Bytes & Building GmbH fue quien hizo posible la visualización, una empresa asociada que también está al lado de Waldshut, para prestar su asesoramiento en el ámbito de los sistemas AutoCAD utilizados. Bytes & Building GmbH suministró amplias soluciones en los sectores de arquitectura, tecnología de construcción de edificios e infraestructura y cuenta con una posición líder en Alemania en cuanto a construcciones y modelado de información de construcción (BIM por sus siglas en inglés).

Cuando Bytes & Building GmbH presentó a la ciudad modelos en 3D, e incluso una animación tridimensional del terreno urbano realizado al transmitir los datos, solo encontraron alabanzas y entusiasmo. El director de la oficina de ingeniería civil, Uwe Kopf comentó contento: « ¡Estamos encantados! Los datos y la información presentados han abierto un nuevo ángulo de visión en el sentido más real de la palabra a la oficina municipal de urbanismo. »

« Las ortofotografías actuales en alta definición y los modelos en 3D tienen para nosotros un inmenso valor añadido porque la visualización supera con creces los planos horizontales y las vistas de edificios en 2D. Nos simplificaron enormemente la decisión de la planificación posterior, » explica Kopf.

El complemento óptimo a los procedimientos tradicionales de medición

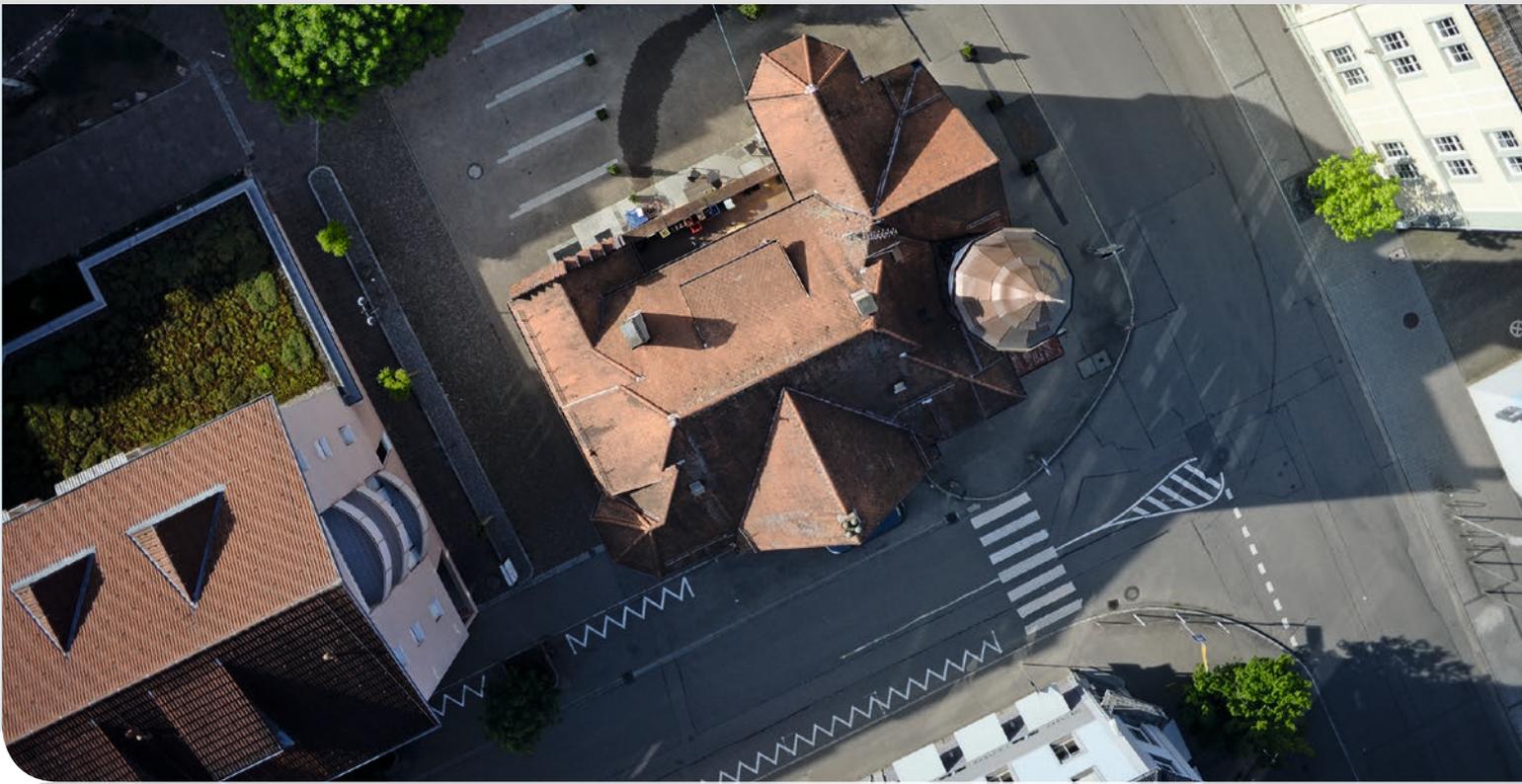
El empleo del sistema UAV y los hasta ahora más de

30 proyectos realizados por la empresa IngenieurTeam GEO GmbH muestran que utilizar este tipo de sistemas suministran excelentes resultados para los servicios de ingeniería de medición técnica. La documentación de los objetos y la creación de ortofotografías, como las de este proyecto, solo ejemplarizan dos de los ámbitos de aplicación posibles. En cuanto a ofrecer más aplicaciones, vemos un futuro muy positivo. Por ejemplo, para inspecciones de obras e inmuebles y la visualización comprobada de una gran superficie. También pueden aplicarse para sobrevolar mediante sistema global de navegación por satélite independiente por encima de grandes fábricas.

El procesamiento de datos y las nubes de puntos resultantes se asimilan a un escáner láser, permiten múltiples procesos de reedición y complementan de forma óptima los procesos de medición clásicos.

Gracias a programas de software considerablemente mejorados dentro del sector de la fotogrametría, como el Agisoft Photoscan Pro aplicado, puede hablarse de un renacimiento de la fotogrametría, porque permite recoger y evaluar grandes cantidades de datos en poco tiempo, lo cual se traduce en una transmisión rápida de datos en 3D al cliente, lo que será sin duda de más ayuda que un gran trozo de papel cuyo contenido trazado solo permite sugerir la situación real en el lugar.

Sin embargo, actualmente, la edición de cantidades muy grandes de datos supone un problema, ya que



■ **Requisito del cliente cumplido: geometrías exactas de las tipologías de cubiertas, capturadas con el X6 Aibot.**

a pesar de las altas capacidades con que cuentan los ordenadores, inclusive la memoria, los mapas gráficos de alto rendimiento, etc., aún requieren mucho tiempo para su procesamiento. Asimismo las cantidades y los tamaños de los datos que se transfieren al cliente es algo que debe concretarse con anterioridad y determinar lo antes posible. Finalmente, el cliente final y el usuario también deberán poder utilizar los datos pedidos según sus propias necesidades y aplicaciones. Está claro que los temas concernientes a UAVs y la evaluación fotogramétrica para obtener datos en 3D también complementarán los proyectos futuros con procesos clásicos de forma eficiente y efectiva.

El veloz desarrollo de los sistemas de UAVs está apoyado por los fundamentos de la medición y la geoinformática. Como especialistas dentro del sector geo-

espacial, nuestra tarea es asesorar a los clientes de la mejor manera y realizar el encargo utilizando los métodos y sensores más precisos, evaluar óptimamente los datos y mejorarlos, de manera que ofrezcan su máximo valor añadido. ■

Acerca de los autores:

Martin Schwall es licenciado en ingeniería de medición (universidad técnica), director gerente y socio de la empresa IngenieurTeam GEO GmbH.

martin.schwall@it-geo.de

Benjamin Busse es licenciado en ciencias de cartografía y geomática, director de proyectos técnicos de UAVs en la empresa IngenieurTeam GEO GmbH.

benjamin.busse@it-geo.de

IngenieurTeam GEO GmbH

La empresa IngenieurTeam GEO GmbH, con sede en Karlsruhe (Alemania), ofrece prestaciones de servicios dentro del sector de la medición de ingeniería e hidrocartografía (medición de aguas). Desde 2014 la empresa ha ampliado su oferta orientándose hacia otro campo de negocios con gran futuro: la medición

con sistemas de UAVs. IngenieurTeam GEO GmbH contempla ampliar la recogida de datos a través de un sistema de UAV, ya que sabe que es la decisión correcta para tener éxito en el futuro. Esta oficina de ingenieros está equipada con los más modernos sistemas de medición y evaluación de datos. www.it-geo.de

Un GIS para cuidar y proteger los árboles

por Johannes Grösbrink

ThyssenKrupp Steel Europe AG y sus empresas antecesoras trabajan activamente desde hace más de 120 años en su sede central de Duisburg. La empresa, junto con sus filiales, proporciona una amplia gama de productos de transformados de acero para diversos sectores. Sin embargo, cada una de las sedes no solo se ocupa de aplicar en el lugar los criterios concernientes a la compatibilidad medioambiental, sino que la empresa gestiona de forma activa y sostenible la protección del medio ambiente. Dentro de este contexto, y en cumplimiento del reglamento legal, hace ya dos años que se formuló la tarea de completar y recoger datos valiosos para mantener y añadir todo el contingente de árboles de la fábrica de Duisburg, dentro del propio departamento GIS de la empresa, con procedimientos de campo.

El objetivo es mantener y también crear, un paisaje de árboles homogéneo y adaptado al terreno en cada uno de los ámbitos dentro de la superficie de 800 hectáreas con las que cuenta la sede. Asimismo, este

proyecto, permitirá documentar las plantaciones sustitutivas. De esta manera, el plan recoge la investigación anual prescrita de los árboles dañados con su cuidado correspondiente. Además, las devastadoras tormentas del año 2014 demostraron la importancia de mantener la seguridad de los árboles en el lugar. Los datos se utilizan como fundamento del anuncio de las medidas nombradas que recoge una actualización de todas las superficies dentro del terreno de la fábrica. Los departamentos correspondientes también recibirán las cifras exactas que indican las tasas por drenaje y la adjudicación de medidas para cuidar las superficies verdes existentes, con el fin de hermetizar las superficies y mantener otras con plantas. Finalmente, se contabilizarán todos los empalmes de las grandes instalaciones de tubos industriales dentro del terreno de la fábrica, anotando además el recorrido de su trazado y la cantidad de tubos correspondiente para el propio departamento GIS de la empresa.

Con un equipamiento correcto se ahorra tiempo

Con la finalidad de poder cumplir de forma efectiva y dentro de un plazo de tiempo previsible, antes de iniciar



el proyecto se decidió trabajar con el cuaderno de campo gráfico del FX Collector de la empresa frox IT Fabrik para la recogida de geodatos. La base de este hardware la compone la tableta Panasonic Toughpad FZ-G1 con la Zeno GC03 GNSS SmartAntenne, así como la CS25 GNS plus con antena helicoidal de Leica Geosystems.

Los objetos a grabar se determinaron con la Leica Zeno GNSS SmartAntenne de alta precisión, con la asistencia de las numerosas funciones de dibujo disponibles en el FX Collector, como los puntos ortogonales, la determinación de arcos geodésicos y las sondas. Como complemento, se aplicaron procedimientos mixtos en los cuales se aprovechó la rápida combinación del FX Collector con la Leica Zeno GNSS SmartAntenne, dado que permitían suministrar de inmediato los datos de posición para puntos de ayuda con el fin de reconstruir objetos de difícil acceso.

El FX Collector facilita todos los datos de fondo georeferenciados (imágenes desde el aire, servicio de mapas de red, datos CAD). Todo ello permitió que el análisis de las superficies, la comprobación de los árboles existentes y la medida de la iniciativa de apoyo, ade-

más de la orientación en el lugar, fuera un juego de niños. Solo así fue posible recoger una gran cantidad de datos en poco tiempo y de una calidad excelente.

Gran movilidad y seguridad de los datos en la nube

Trabajar con gráficos en los cuadernos de campo resultó ser una ventaja para las superficies densamente boscosas. Se trata del método más eficiente para controlar la totalidad de los datos que se muestran visualmente desde el mismo lugar. La ventaja del sistema es su gran movilidad, lo que permite trabajar sin necesidad de tener que realizar otras labores adicionales, como realizar a mano esquemas de campo, portar mapas y llevar más equipamiento.

En especial la aplicación del CS25 GNSS plus con antena helicoidal Zeno demostró ser un sistema fiable y fácil de manejar, con mucha libertad de movimiento, que además consiguió alcanzar exactitudes inferiores a 10 centímetros. La Panasonic Toughpad FZ-G1, con antena en la vara de la sonda de la Zeno GG03, se empleó en todos los demás ámbitos en los que se requería una mayor exactitud.



Cada día el proyecto se subía a la nube, donde quedaba seguro, de manera que el servicio interno pudiera disponer de inmediato de las entradas de las etapas intermedias obtenidas. La función de la sesión del FX Collector utilizado dentro este contexto permitió, por ejemplo, exportar los datos por día, sin tener que instalar un proyecto nuevo cada jornada.

Los resultados se suministraron de forma digital. Así, los árboles y los empalmes de los tubos se exportaron mediante interfaces controladas por tablas del FX Collector, lo cual permitió que pudiera leerse directa-

mente en el sistema GIS de ThyssenKrupp Steel Europe AG. El GIS cambia o complementa las superficies nuevas o modificadas.

Trabajos de oficina reducidos al mínimo

Una gran parte de la hoja de ruta la realizó el servicio externo de manera que, gracias a la excelente calidad estándar de los datos recogidos, el trabajo del servicio interno se vio reducido al mínimo. El servicio interno pudo recoger rápida y sencillamente los datos dentro del GIS de la propia empresa del cliente, lo cual pone de relieve la efectividad de todo el proceso.

Según Klaudius Drass, licenciado en ingeniería geográfica de ThyssenKrupp Steel Europe AG y responsable del GIS de la empresa, «La Leica CS25 GNSS plus ofrece una buena plataforma para el uso del FX Collector. La antena Leica Zeno GG03 se vinculó mediante bluetooth a ambas tabletas. La medición pudo realizarse manualmente a buen ritmo y poco después se suministró una solución veloz. A través de los puntos auxiliares medidos por GNSS (sistema global de navegación por satélite) y las numerosas funciones constructivas, también se pudo trabajar rápidamente en zonas sombrías.»

El señor Drass también se muestra satisfecho con el hardware de la Leica Zeno CS25 GNSS: «Ni la lluvia ni el viento ni la suciedad han dañado la tableta CS25 GNSS plus, muy resistente a la meteorología. El ordenador y la antena podían transportarse fácilmente toda la jornada laboral. Incluso los acumuladores duraban todo el día, y como se cargaban en poco tiempo permitía tenerlos ya llenos la mañana siguiente. El nombre es «Solución veloz», y las antenas utilizadas están a la altura de su nombre. Es extremadamente veloz y apenas hubo tiempos de espera.»

«El uso del sistema completo FX Collector con la Leica CS25 GNSS plus y la Leica GG03 SmartAntenne ha convencido a Thyssen-Krupp Steel Europe AG. En comparación con los procedimientos de campo convencionales, se ha demostrado que su efectividad aumenta en un 30 por ciento.» ■

Acerca del autor:

Johannes Grösbrink es licenciado en ingeniería de medición y trabaja como jefe de proyecto en Frox IT. j.groesbrink@frox-it.de





En las profundidades

por Andreas Barmettler

En el municipio de Hausen, en el Cantón de Aargau, existe una galería de minas desde 1928 excavada por una empresa cementera de aquellos tiempos para la obtención de material. Con la construcción de dicha galería, de unos 800 metros de longitud, también quedó inscrita en el registro de la propiedad del terreno de la empresa la servidumbre de mantenimiento obligado. Cuatro años después se pararon las instalaciones de cemento, que quedaron vacías hasta su adquisición por una empresa de productos químicos. Con el paso del tiempo, el nuevo propietario llenó los accesos a la galería con hormigón y esta cayó en el olvido. Dentro del marco de una posible venta del terreno, y del traspaso de la servidumbre que iba unido a ello, el nuevo propietario quiso saber más acerca de esta misteriosa galería.

Como los documentos de los planos se habían perdido, hubo que volver a medir la galería. La Leica Nova MS50 MultiStation se reveló como el instrumento perfecto para este cometido.

El único acceso aún abierto a la galería era un pozo vertical de solo 60 centímetros de anchura que conducía a más de 15 metros de profundidad. Durante la primera inspección en el lugar junto a un especialista en canalización se pudo determinar que en el fondo del pozo ya no había más oxígeno. En una segunda exploración salieron a relucir más retos. La galería estaba inundada hasta 30 centímetros e incluso había una parte que estaba cubierta de limo y lodo en más del 80 por ciento. Además la comunicación por radio no funcionaba en los 800 metros de longitud de la galería, lo cual limitaba considerablemente la seguridad. La galería también mostraba tres aberturas en forma de caverna parcialmente derrumbadas y que, según pare-





■ A diferencia de otros ambientes de trabajo, la topografía en túneles necesita un equipamiento especial.

ce, sirvieron como estaciones de carga y zona para dar la vuelta al vagón de transporte de material. Los dos extremos de la galería nunca fueron ensanchados y aún hoy en día se encuentran sin abrir.

El tenue aire de la galería requiere una preparación importante en materia de seguridad

Estas condiciones extremas hicieron que los trabajos de medición, ya de por sí complicados, fueran un auténtico reto en materia de logística y seguridad técnica, comparable a una expedición. Para los tres empleados de la empresa Trigonet AG, así como para otro de BSF Swissphoto, el servicio de salvamento tuvo incluso que planificar un plan de acción para casos de emergencia. Además del equipamiento minero compuesto de casco, linterna y aparato de radio, hubo que proporcionar la necesaria protección respiratoria para garantizar una segura entrada y salida del lugar, junto al transporte del material. Todo el proceso de medición estaba sometido a una gran presión de tiempo, ya que el aire de la galería solo duraba unos seis segundos.

Se requiere la máxima precisión para transmitir las coordenadas en la galería

La exactitud deseada quedó determinada en 5 centímetros, tanto para la longitud como para la altura. Primero se midió una red de puntos fijos a ras de tierra, basándose en los puntos fijos de la medición oficial y tres puntos de control en el extremo superior del pozo vertical. A través de estos tres puntos, se calculó un estacionamiento libre debajo de la galería para poder

transmitir la posición en el pozo con una exactitud por debajo de un milímetro. Seguidamente se midieron las correspondientes estaciones con una poligonal abierta con centraje obligatorio y un cierre de seguridad a cada lado (pernos reflectores). Las longitudes de las conexiones visuales entre dos o más puntos de medición variaban, según la situación, entre 30 y 200 metros. Además, durante la medición poligonal, se tomaron unos 70 perfiles cada vez que cambiaba la geometría de la galería. En los extremos de la galería se introdujo la pieza no desmontada con función escáner de la Nova MS50 de alta definición, con una definición vertical de menos de 1 centímetro. Estos datos permitieron después generar los perfiles CAD.

Para una transmisión exacta de la orientación de la red a ras de tierra en la galería se utilizó un giroscopio, el Gyomat2000. Las mediciones fueron realizadas por la empresa BSF Swissphoto. Cada hora la medición abarcó tramos de referencia de 130 metros de longitud a ras de tierra. Seguidamente se dejó todo el equipamiento de medición dentro de la galería y se realizaron mediciones de ida y vuelta. Debido a la geometría de la galería, y a que el nivel de agua del fondo del pozo era demasiado alto, hubo que transmitir la orientación en la galería a una distancia de 300 metros del pozo vertical.

Lamentablemente la estación total del giroscopio no estaba motorizada ni el telescopio contaba con una cámara integrada que pudiera retransmitir la imagen y la cruz reticular en la pantalla. Así pues los pun-



© Trigonet AG

■ La multiestación permite una topografía precisa, sin necesidad de tener que apuntar a los objetivos a través del telescopio.

tos objeto de medición debieron realizarse a mano. El observador tenía que llevar una mascarilla de respiración especial para mirar a través del ocular.

Cuando se volvió a realizar el siguiente registro de la longitud total y las aberturas de la galería con la Nova MS50, este problema desapareció. La función integrada de cámara y escáner resulta ideal para estos tipos de mediciones.

Dentro del tiempo, dentro de las especificaciones

El cálculo de las coordenadas se realizó combinado con todo tipo de mediciones y basado en los puntos fijos de la medición oficial. En los extremos de la galería se pudo alcanzar una exactitud de medición de 4 centímetros en cuanto a la longitud y de 2,7 centímetros de altura, con lo cual se lograron cumplir los requisitos del cliente. La edición de las mediciones en perfiles trasversales y longitudinales se realizó mediante CAD. Algunos puntos del perfil tuvieron que ser reconstruidos, en especial en las tres aberturas de cavernas, cuyo acceso estaba bloqueado por escombros.

Debido a la presión de tiempo tampoco se pudieron efectuar tantos estacionamientos como se deseaba. Asimismo, había que medir la sobrecubierta. Como base sirvió el modelo del terreno a ras de tierra (swisSALT3D) de swisstopo, en el cual no estaban integradas ni las casas ni las infraestructuras. La sobrecubierta se halla en la zona del pozo vertical y tiene unos 12

metros en la parte más estrecha llegando a alcanzar la enormidad de 100 metros a medida que aumenta la longitud.

La Leica Nova MultiStation reduce el tiempo de medición

El secreto de la galería caída en el olvido ya está desvelado. A pesar de la gran presión temporal y los enormes esfuerzos físicos, la medición de la galería se consiguió realizar de forma segura. También resultó acertado el empleo del giroscopio con el fin de alcanzar con seguridad la exactitud de la longitud necesaria.

La Leica Nova MS50 MultiStation se ha revelado como un instrumento de medición exacto y universal en su aplicación. Dispone de una gran velocidad de giro en el telescopio, una función de escáner muy útil, un panel de control iluminado y una función de cámara., que resultó ser especialmente ventajosa, porque permite transmitir a la pantalla la cruz reticular y la imagen de la cámara integrada en el telescopio, permitiendo que las mascarillas respiratorias no molesten al realizar la medición. El hecho de que se hayan podido realizar mediciones seguras en la galería de 800 metros de longitud en apenas seis horas se debe sin duda a la MultiStation. ■

Acerca del autor:

Andreas Barmettler es licenciado en ingeniería geomática y director de proyectos en la empresa suiza Trigonet. andreas.barmettler@trigonet.ch



Digitalización de un edificio en movimiento

por Angus W. Stocking, PS

Los arquitectos, proyectistas, contratistas y otros profesionales de la ingeniería civil han estado utilizando escáneres por láser para crear documentos 3D de gran calidad de los edificios desde hace muchos años, así que podría pensarse que no queda mucho más que escribir acerca de la digitalización arquitectónica. Pero James G. Davis Construction Corporation (DAVIS) de Maryland demostró que estaba equivocado después de digitalizar un edificio de ladrillos de 880 toneladas, y 4 pisos en Washington D.C., y después de volver a digitalizarlo una semana después, se dio cuenta de que el edificio se había desplazado 34 pies.

Por suerte, era según lo previsto. El edificio en cuestión estaba en 639 New York Avenue, y fue construido en 1891. Es un edificio histórico necesita un mantenimiento escrupuloso. Pero también está sujeto a la historia y formó parte de un desarrollo masivo del centro contratado por DAVIS. Para trabajar con el resto de los planes de desarrollo, 639 New York Avenue realmente necesitaba estar apartado. «El desarrollador tiene un nicho en esta zona, trabaja con propiedades históricas,» explica el Vicepresidente de construcción integrada en DAVIS, Chris Scanlon. «En este caso, afectó a varios edificios, en alguno, solo había que preservar la fachada. Pero había que preservar dos edificios por completo y trasladarlos, para poder trabajar con todo el desarrollo.»

Conocimientos cruciales en etapas tempranas

La digitalización inicial fue una mera rutina; bastó con tres configuraciones de Leica ScanStation C10. La información detallada suministrada era invaluable y no podía obtenerse con las técnicas de muestreo convencionales. «Por un lado, aprendimos que el edificio estaba todavía más lejos de los lindes de lo que pensábamos,» dice el superintendente de proyectos Doug Bauer. «Se observaron cuatro pulgadas de invasión en el espacio público pero la digitalización indicó un saliente en la fachada de ladrillo que en realidad penetraba ocho pulgadas en el espacio público. Hubiera sido importante haber sabido todo esto después del movimiento.»

Los equipos y el personal de oficina de DAVIS utilizaban soluciones de software Leica Infinity y Leica Cyclone para importar y manipular las nubes de puntos. La herramienta principal de análisis, mapas de calor, se utilizó para identificar las deformaciones desde el plano. «Podemos proyectar planos fácilmente dentro de Cyclone, desde el linde por ejemplo y después, generar mapas de calor, que nos muestren las deformaciones relativas al plano,» explica el ingeniero superior de campo Mike Cumberland. «Es una función muy buena, nos da la información crítica rápidamente.»

Los datos de deformación del edificio nos ayudan a añadir el soporte necesario antes de realizar un movimiento para facilitar la eliminación y la sustitución pre-

cisa de las secciones del edificio y para responder a problemas en el linde, tal y como se describió previamente. El análisis de mapas de calor también reveló otra deformación en la pared lateral, un saliente que podría haber supuesto un gran problema. «Estábamos desplazando este edificio 34 pies lateralmente hacia una nueva rampa dentro de un margen de pocas pulgadas de un edificio existente de cuatro pisos,» explica Cumberland. «De hecho, las columnas de cada edificio estaban proyectadas para estar dentro de dos pulgadas entre sí, así que cuando aprendimos que las columnas de nuestro edificio no tenían plomo, inclinándose más de una pulgada en vertical, nos dimos cuenta de que era un problema en potencia. Pero la situación fue salvada con la digitalización del edificio colindante, ya que estaba inclinado unas cinco pulgadas en la zona correspondiente de paredes laterales.»

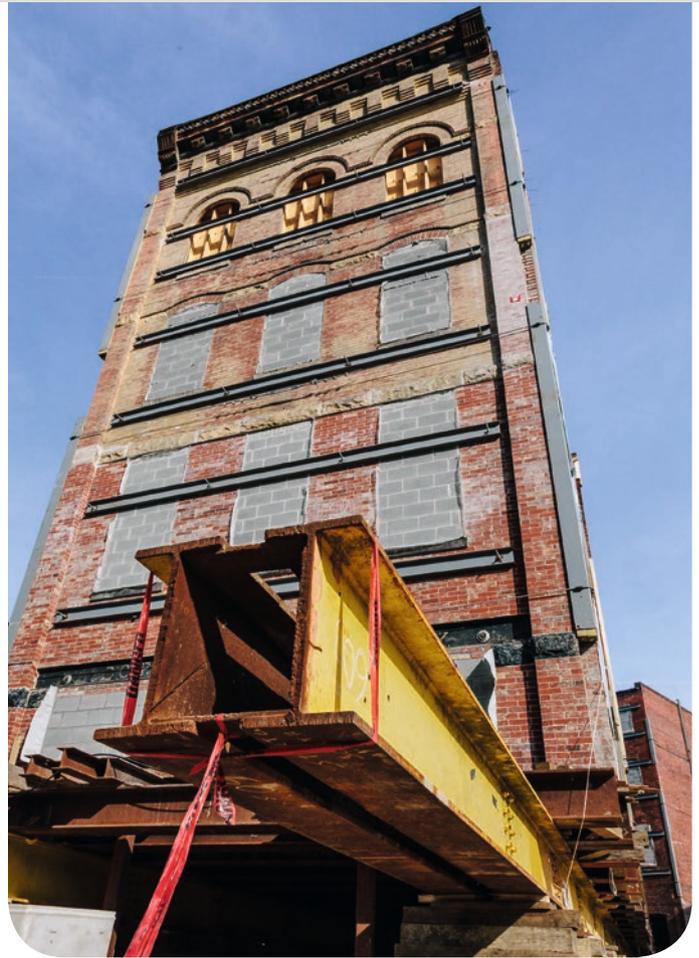
Seguimiento del movimiento con fines de precisión

Durante el movimiento actual, DAVIS utilizó una multiestación Leica Nova MS50 para realizar el seguimiento del edificio y comparar su ruta hacia una línea base ideal. «Sabíamos dónde estaba el edificio, desde los planos de la obra y supimos dónde había que desplazarlo,» explica Bauer. «Conseguimos realizar los ajustes en el transcurso del proceso ya que había cinco gatos empujando el edificio.» Durante el evento, el seguimiento inicial del empuje había dejado tres pulgadas del edificio fuera de escuadra. Al ajustar los gatos, lo devolvimos al curso deseado.

Montamos varios prismas en el edificio en movimiento y grabamos periódicamente. Pero Cumberland dice que la próxima vez el proceso se realizará de forma diferente. «Montaremos prismas para el siguiente movimiento, pero esta vez, la Leica Nova MS60 realizó un seguimiento continuo, una exhaustiva información en tiempo real.»

La digitalización se está convirtiendo en un estándar en la construcción

«Cuando formamos nuestro grupo de construcción virtual hace seis años, la inversión en Leica ScanStation C10 supuso un paso importante en cuestión de confianza,» explica Scanlon. «Tuvimos un par de casos de uso, incluyendo el Constitution Center [a más de 93.000 metros cuadrados (1 millón de pies cuadrados), el centro es el edificio de oficinas privado más grande de D.C.], que justificó una gran parte de los gastos, pero después no estábamos seguros de que



■ Desplazamiento de la casa hasta su nueva ubicación.

hubiera suficiente digitalización para dedicar todo un equipo a esta tarea. Pero de hecho, la topografía de alta densidad se convirtió rápidamente en un estándar, es más eficiente y los equipos de campo lo entendían enseguida.»

Parece que se han descubiertos todas las aplicaciones de los escáneres por láser, ya que se han vuelto cada vez más habituales. Pero DAVIS Construction demostró al desplazar correctamente y con precisión un edificio de 880 toneladas que los topógrafos y contratistas solo acaban de comenzar a darse cuenta de lo que es capaz de conseguir esta tecnología increíble. ■

Vídeo de movimiento del edificio:
<https://vimeo.com/125509745>

Este artículo es una adaptación del original publicado en *American Surveyor*, edición de julio de 2015. Para mayor información, visite www.amerisurv.com.

Acerca de la autora:

Angus W. Stocking, PS es un topógrafo agrícola licenciado que escribe acerca de infraestructura desde el año 2002.

angusstocking@gmail.com

Exploración láser en 3D: Anticipándose a lo incontrollable

por Vicki Speed

Cuando el terremoto de Loma Prieta de magnitud 6,9 golpeó el norte de California el 17 de octubre de 1989, el sistema de San Francisco-Oakland Bay Bridge (SFOBB), conocido localmente como el Puente de la Bahía, fue una de las principales estructuras creadas por el hombre que sufrieron daños. Un tramo de la cubierta superior de la parte este se desplomó sobre el piso inferior, matando a una persona y obligando al cierre durante un mes de una de las arterias de transporte más importantes de la región.

Los funcionarios del Departamento de Transporte de California (Caltrans) y los socios del proyecto necesitaban saber la magnitud del movimiento que había ocurrido en el tramo este original, debido a las secciones de cubierta colapsadas y dañadas. Desafortunadamente, no existían registros de medición del Puente de la Bahía ni del resto de los puentes principales del área de la bahía, de modo que no resultaba posible obtener una evaluación cuantitativa sobre toda la deformación de la sección apuntalada del tramo este original. Era un dilema que el Jefe de la Oficina de Distrito de Caltrans District 4 Right of Way Field Surveys Nelson Aguilar, PLS, estaba decidido a evitar en el futuro.

Cuando la construcción se inició en 2002 en un nuevo trazado de 3.103 metros al este del Puente de la Bahía, una tecnología innovadora estaba empezando a atraer el interés de la comunidad de topógrafos e ingenieros. La exploración de barrido por láser en 3D, iniciada por Ben Kacyra como topografía de alta definición (High Definition Surveying, HDS) bajo la marca Cyrax (adquirida por Leica Geosystems en 2001), prometía revolucionar la documentación incorporada mediante el uso del láser para la captura en 3D de la realidad.

En abril de 2008, durante el trabajo preliminar del proyecto de desvío Sur-Puente de la Bahía Sur, el equipo de Caltrans utilizó una versión inicial del escáner láser ScanStation de Leica para captar las áreas bajo la cubierta y los alrededores del puente. Estos primeros éxitos prepararon el escenario para completar el visionario proyecto concebido por Aguilar: un modelo digital detallado, topográficamente exacto de todo el puente de la bahía, un trabajo que vendría a ser conocido por el equipo de topografía del Distrito 4 como «El Proyecto Erskine». «Una parte clave del proyecto de topografía era garantizar que las estructuras diseñadas por los consultores y construidas por el contratista se hubieran realizado conforme al diseño y se comportaran tal como se esperaba en un acontecimiento sísmico importante,» comenta Aguilar.



© Rebecca Boyer

Un calendario muy ajustado

Dado que el tráfico seguía utilizando la estructura del tramo este original, el nuevo tramo este era fácil de escanear. Un cierre previsto del puente durante el fin de semana del Día del Trabajo en 2013 proporcionó la mejor oportunidad para explorar las cubiertas del tramo oeste. Para dirigir el trabajo, Caltrans eligió a C.J. Vandegrift, PLS, topógrafa principal de transporte y Jefe de la rama de West Bay, quien había dirigido los equipos de topografía de Caltrans en el proyecto del tramo este.

El cierre previsto era desde el miércoles por la noche a las 10 p.m. hasta la madrugada del martes por la mañana después del Día del Trabajo. El lunes bien entrada la mañana, un equipo de fotogrametría aérea sobrevoló el centro del puente para reunir datos LIDAR desde el aire. El personal de tierra realizó exploraciones de barrido móviles el sábado por la mañana, la tarde del domingo y el lunes en ambos tramos. Los equipos de Caltrans utilizaron tres escáneres láser ScanStation C10 de Leica para escanear el piso inferior del tramo occidental, la parte inferior de los dos vanos, y la suspensión autoanclada (SAS) de la cubierta superior del puente a través del túnel inferior YBI.

Los tres escáneres estuvieron en funcionamiento continuamente durante al menos 12 horas al día. Una planificación meticulosa permitió que gran parte del

trabajo se llevara a cabo sin problemas, pero había un problema que el equipo no había previsto: la vibración extrema. «Esperábamos cierta expansión térmica y vibración, pero nada como lo que vivimos,» dice Vandegrift. «Incluso sin vehículos en el puente, la vibración atmosférica y las consiguientes deflexiones eran notables.»

Para lograr la máxima redundancia, el equipo añadió estaciones totales y GPS. Se hicieron múltiples mediciones GPS por la noche en las cubiertas del tramo central, en las que no se observó ninguna interferencia multitrayectoria con los cables. También se realizaron mediciones GPS en las esquinas norte y sur en la parte superior de cada torre SFOBB, partes estables de la estructura que se utilizaron como control. A pesar de las difíciles condiciones, los datos de los escáneres láser terrestres fijos reunieron los requisitos exigibles a la topografía de precisión, y el proyecto quedó terminado en la fecha prevista. De hecho, el trabajo se terminó más rápido de lo previsto, lo que permitió que Caltrans abriera el nuevo tramo este del puente al tráfico unas siete horas antes de lo previsto.

Información tridimensional de gran alcance

Para Vandegrift y el resto de profesionales del equipo, el proyecto proporcionó información crucial sobre las prácticas y los procedimientos necesarios para garantizar un buen resultado con escáneres láser. «Lo más



importante que hay que recordar, sobre todo en un proyecto de este tamaño, es la necesidad de establecer un control,» dice Vandegrift. «Muchos contratistas creen que pueden subir y bajar del vehículo con un receptor y obtener datos de estaciones de referencia de funcionamiento continuo (Continuously Operating Reference Stations, CORS): eso no funciona en un proyecto como este, y el uso de escáneres sube la apuesta inicial. Los contratistas deben calibrar por fuera del control establecido o no van a obtener los mismos valores. Con la digitalización con escáner, si en un equipo de proyecto utilizan el control equivocado, reunirán datos que son exponencialmente inexactos.»

Los topógrafos y contratistas deben entender que crear el modelo de una exploración es simple: pero para que sea exacto y calibrado respecto a los datos horizontales y verticales locales, deben profundizar en la metodología de la topografía y en los errores asociados. Deben entender la escala desde el sistema de coordenadas de referencia hasta el suelo, sobre todo en una zona como San Francisco, donde la tierra se desplaza de forma continua.

«Estoy extraordinariamente orgullosa de este proyecto,» dice Vandegrift. «Cuando se trata de la exploración láser, si tienes un control estricto, obtienes el mejor producto y con la menor cantidad de tiempo sobre el terreno.»

«En muchos proyectos, se pueden producir cambios no controlados, por lo que el contratista acaba necesitando más datos,» añade. «Los topógrafos a menudo tienen que contar con desplazamientos adicionales sobre el terreno o con cambios en el conjunto de datos. Pero con la exploración de barrido, sabemos que una vez que tenemos un modelo, el personal, ya en la oficina puede extraer datos de él sin más trabajo de campo. No podríamos haber creado este modelo intensivo en datos y de alta precisión, en un corto periodo de tiempo sin tecnología punta como el escáner láser en 3D. Podemos lograr el detalle que los métodos de topografía convencionales simplemente no pueden y tenemos datos en bruto hasta de los pernos y remaches. Es algo muy potente.» ■

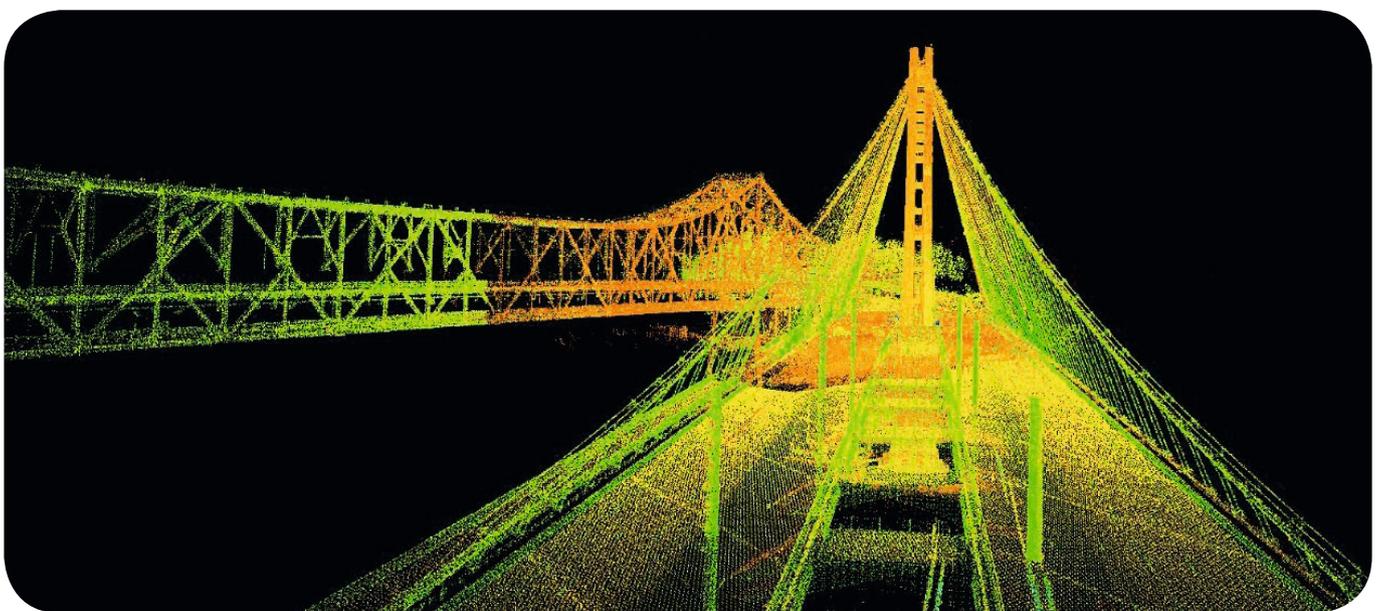
Nota del editor:

El formato original de este artículo se ha acortado para adaptarlo a las limitaciones de espacio. Para descargar el artículo completo en formato PDF, visite www.leica-geosystems.us.

Este artículo es una adaptación del original, publicado en LiDAR News Vol.5 N.º 1. Para obtener más información, visite www.lidarnews.com.

Acerca del autor:

Vicki Speed es una escritora independiente residente en Colorado, que se especializa en el ámbito de la arquitectura, la ingeniería y la construcción.



■ Nube de puntos detallada del Puente de la Bahía en Oakland, San Francisco.

CANALES HxGN

CONTINÚE LA **CONVERSACIÓN DURANTE TODO EL AÑO**

Manténgase conectado a Hexagon visitando nuestros canales HxGN, las plataformas digitales donde se reúnen fantásticas historias sobre nuestras marcas.

¡Únase a nuestra cada vez mayor comunidad de innovadores y líderes de opinión sintoniando estos canales para seguir artículos, avances y funciones de moda!



VISÍTENOS en HxGN LIVE

Únase a nosotros en HxGN LIVE, nuestra convención internacional anual que presenta un emocionante programa de conferencias, eventos sociales, una exposición tecnológica y cientos de sesiones centradas en soluciones del sector industrial y geoespacial.

hxgnlive.com



VEA HxGN TV

Nunca más se perderá una novedad con HxGN TV. Disfrute de contenidos generales, resúmenes de eventos y de una programación exclusiva desde su ordenador o dispositivo móvil allí donde esté.

hxgntv.com



ESCUCHE to HxGN RADIO

Pensamientos, ideas y expresiones. Escuche a sus colegas y líderes de la industria mientras comparten información en redifusiones multimedia y emisiones especiales en HxGN Radio.

hxgnradio.com



LEA HxGN NEWS

HxGN News es la voz de las marcas de Hexagon. Descubra las últimas noticias, historias de éxito y declaraciones de la empresa en hxgnnews.com. Hay grandes historias esperándole.

hxgnnews.com

Leica Captivate Simplesmente 3D



Simplifique su forma de trabajar en campo y oficina con las sencillas aplicaciones de Leica Captivate y su tecnología táctil. Convierta datos complejos en modelos 3D realistas y funcionales, tendrá un control completo de cualquier lugar de trabajo. Dé un paso más allá con los datos y tome mejores decisiones.

Be Captivated

Visite www.leica-geosystems.com/becaptivated para obtener más información y solicite una demostración.

Las imágenes, descripciones y datos técnicos no son vinculantes. Todos los derechos reservados. Impreso en Suiza.
Copyright Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Switzerland, 2015. 741806es - 12.15 - galledia

Leica Geosystems AG
Heinrich-Wild-Strasse
CH-9435 Heerbrugg
Teléfono +41 71 727 31 31
Fax +41 71 727 46 74
www.leica-geosystems.com

- when it has to be **right**

Leica
Geosystems