



Nuestra portada:

*Mapa de la Península de Corea
(c. 1470) de Yi Hoe y Kwon Kun
(Biblioteca de la Universidad Ryukoku,
Kioto, Japón)*

Vol. XXII - N.º 128

Mayo-Junio

2005

DIRECTOR

Carlos Barrueso Gómez

*

CONSEJO DE REDACCION:

Junta de Gobierno del Colegio
Oficial de Ingenieros Técnicos
en Topografía

*

DIRECCION, REDACCION,
ADMINISTRACION Y
PUBLICIDAD

Avenida de la Reina
Victoria, 66, 2.º C.

28003 Madrid

Teléfono 91 553 89 65

Fax: 91 533 46 32

topografiaycartografia@top-cart.com

Depósito Legal: M-12.002-1984

ISSN: 0212-9280

Título clave: TOPCART

Topografía y Cartografía

Fotocomposición e impresión:

ALBADALEJO, S.L.

Los trabajos publicados expresan sólo
la opinión de los autores y la Revista
no se hace responsable de su contenido.

Prohibida la reproducción parcial o total
de los artículos sin previa autorización
e indicación de su origen.

Esta revista ha sido impresa en papel
ecológico

TOPOGRAFIA y CARTOGRAFIA

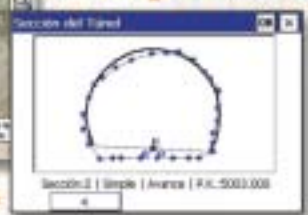


TOPCART REVISTA DEL COLEGIO OFICIAL DE
INGENIEROS TECNICOS EN TOPOGRAFIA

Sumario

Tecnología MED de reflexión directa para Topógrafos e Ingenieros Civiles R. Höglund y P. Large	3
Fusión de imágenes SPOT-P y Landsat-TM mediante el Método de Simulación Geoestadística Estocástica Jorge Delgado García, Amílcar Soares y Julia Carvalho	16
Laussedat y la Academia de Ciencias de España (I) Mario Ruiz Morales	27
La E-Administración Territorial del año 2015: ¿Una visión o una realidad? Winfried Hawerk	35
El servidor FTP de la Red de Estaciones Permanentes GPS del IGN Rafael Quirós Donate, Miguel Ángel Cano Villaverde, José Antonio Sánchez Sobrino y Marcelino Valdés Pérez de Vargas	42
Mejora de la Precisión Posicional: Una herramienta necesaria para actualizar e integrar los datos de un SIG Frank Gielsdorf, Lothar Gruendig y Bernd Aschoff	46
Topografía de Alta Definición HDS: Aplicaciones y entregas Antón Bravo Ribó	56
Bibliografía	63
Vida Profesional	66
Índice Comercial	71

Aplicaciones para Dispositivos Móviles



Replanteo y Toma de Datos con GPS y Estación Total

Gestión de Dibujo con potente CAD

Control de Obras de Túneles

TCP-MDT

Múltiples Superficies

Puntos Inteligentes

Secciones de Autovía

Recorrido Virtual



Edición de Cartografía

Cubicación Rápida

Parcelación



autodesk
authorized developer

Orto3D

Presentaciones realistas de alta calidad

Proyectos de carreteras y urbanización

Estudios de impacto ambiental

Incorporación de cartografía

Animaciones y Videos



Nueva Denominación:



C/ Sumatra nº 9, 29190 - Málaga

Tel: 952-439771

Fax: 952-431371

www.aplitop.com

Tecnología MED de reflexión directa para Topógrafos e Ingenieros Civiles

R. Höglund y P. Large
TRIMBLE SURVEY
WESTMINSTER (COLORADO, EE. UU.)

INTRODUCCIÓN

La tecnología más reciente que ha revolucionado la industria topográfica es la medición de reflexión directa, la medición electro óptica de distancias sin reflectores ni prismas. La capacidad de reflexión directa (DR) permite que los topógrafos midan puntos remotos con precisión, sin tener que ubicar primero un reflector físico en cada punto. La reflexión directa por lo tanto da lugar a nuevas posibilidades para los trabajos topográficos que requieren de una sola persona, incluyendo un incremento en la productividad y una mejora en la seguridad personal. Cuando la reflexión directa se combina con la tecnología robótica, se amplían aún más las posibilidades para los trabajos topográficos a realizar por una sola persona.

La DR se logra al emplear uno de los dos métodos de la tecnología MED (medición electrónica de distancias): Tiempo de Vuelo (láser de impulsos) o Desplazamiento de Fase.

Puesto que la tecnología DR300+ de la Trimble S6 utiliza el método de Tiempo de vuelo y la tecnología DR Estándar de la serie Trimble S6 emplea el método de desplazamiento de fase, Trimble puede ofrecer a los topógrafos la posibilidad de elegir entre ambas tecnologías. Cada método de medición está diseñado para adaptarse a diferentes tipos de necesidades y aplicaciones. El propósito de este artículo consiste en detallar las ventajas y desventajas de cada uno de estos métodos, permitiendo así que los topógrafos seleccionen una de estas opciones, o bien Tiempo de Vuelo o bien Desplazamiento de Fase, la que mejor se adapte a sus requerimientos.

TECNOLOGÍAS DR: TIEMPO DE VUELO (LÁSER DE IMPULSOS) Y DESPLAZAMIENTO DE FASE

Las mediciones MED sin un reflector se pueden lograr mediante el

empleo de uno de los dos métodos: Tiempo de Vuelo (láser de impulsos) o Desplazamiento de Fase. Por un lado, la tecnología de tiempo de vuelo utiliza un láser de impulsos para proporcionar un principio de medición que sustenta la tecnología DR200+ y DR300+, mientras que la tecnología de desplazamiento de fase ofrece el principio sobre el que se basa la tecnología DR Estándar. Tal como se ilustra en la figura 1, los principios ópticos para cada método son diferentes, teniendo cada uno de ellos sus propias ventajas y desventajas.

MEDICIONES CON TIEMPO DE VUELO (LÁSER DE IMPULSOS)

El método tiempo de Vuelo (TOF, Time of Flight) mide la información de tiempo con precisión a fin de calcular una medida de la distancia.

Explicándolo de forma sencilla, la MED genera varios impulsos de luz láser o infrarrojos cortos, que se transmiten por el telescopio a un reflector. Estos impulsos se reflejan en el reflector y vuelven al instrumento, donde el sistema electrónico determina el tiempo que cada impulso de luz ha tardado en volver. Puesto que la velocidad de la luz a través de un medio se puede estimar de forma precisa, el tiempo de desplazamiento se puede utilizar para calcular la distancia entre el instrumento y el reflector.

Sírvase observar que, a pesar de que el método TOF por lo general ofrece un alcance mayor, todavía cumple con los estándares más altos con respecto a la seguridad para los ojos, puesto que los intervalos entre los impulsos láser evitan que se acumule la energía que puede resultar perjudicial. Cada impulso es una medición de distancia directa, por lo tanto, si se envían miles de impulsos en un segundo mientras se está realizando la medición, se puede lograr un

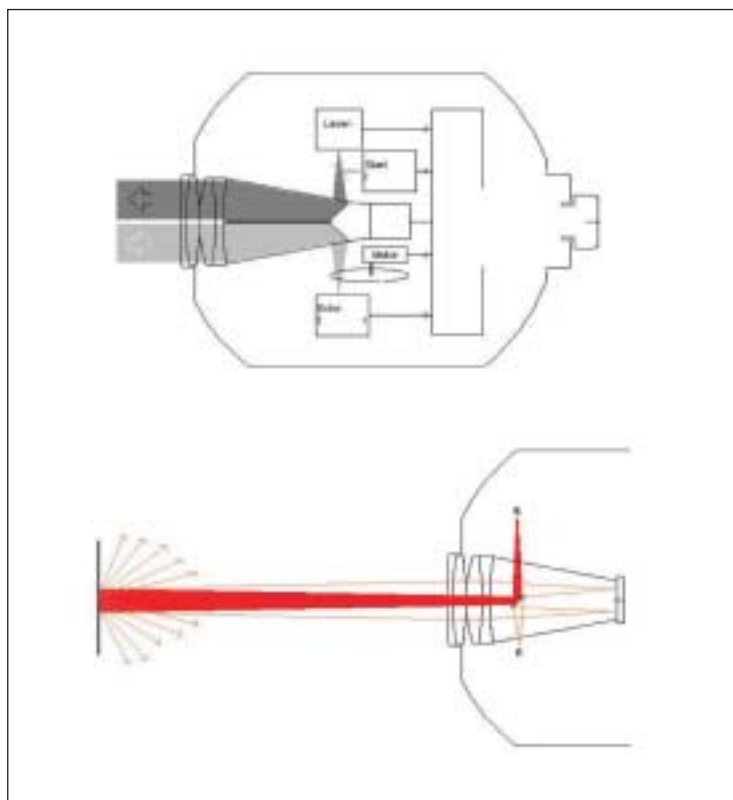


Figura 1: Principios ópticos para MED empleando Láser de impulsos (en la parte superior) y Desplazamiento de fase (en la parte inferior)

buen valor medio de forma relativamente rápida. La figura 2 ilustra la distribución de una medición para DR del láser de impulsos DR300+ de Trimble.

Normalmente, en cada segundo se miden unos 20.000 impulsos láser. Esto se puede promediar en un valor de medición de distancia muy preciso.

Las implementaciones convencionales para el láser de impulsos pueden reducir la precisión (hasta unos 10 mm) cuando se compara con la MED de desplazamiento de fase. Sin embargo, la opción DR200+ y DR300+ de Trimble utilizan técnicas de procesamiento

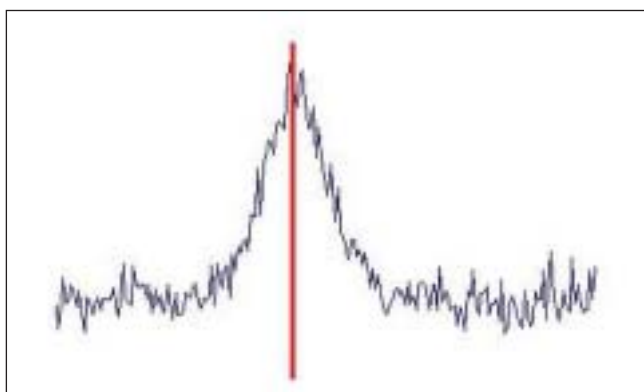


Figura 2: Promedio de impulsos TOF

de señales patentadas para lograr tanto un largo alcance como una alta precisión, ($\pm 3 \text{ mm} + 3 \text{ ppm}$ para la DR300+) con o sin prisma.

Sírvase observar también que los instrumentos MED de láser de impulsos convencionales requieren de un telescopio para enfocar antes de medir una distancia; esto no es necesario con la DR300+ de Trimble.

MEDICIÓN DEL DESPLAZAMIENTO DE FASE

La opción DR Estándar se basa en el método de comparación de fases. El sistema de MED transmite un rayo de medición óptica modulado con intensidad coaxial, éste es reflejado por un prisma o dispersado por la superficie a la que se dirige el rayo. Se detecta la diferencia de fase entre la luz transmitida y la luz recibida reflejada y ello representa la distancia.

La MED de la opción DR Estándar funciona en el modo prisma como una MED de largo alcance y precisa, alcanzando hasta unos 3.500 m con un solo prisma. En el modo DR, la MED de DR Estándar transmite un rayo láser rojo visible colimado al punto de destino y se calcula la distancia entre la luz transmitida y recibida.

El instrumento mide una desviación de fase constante a pesar de las inevitables variaciones en la señal emitida y recibida. Sólo se obtiene la desviación de la fase a través de la comparación de fases; en principio, una ambigüedad del ciclo evita que la distancia total se estime directamente. Esta ambigüedad se resuelve utilizando varias longitudes de onda de modulación en la medición, lo que proporciona un único número entero de ciclos. Una vez que se obtiene el número entero, la distancia al reflector se puede determinar de forma precisa, hasta $\pm 1 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ para DR Estándar en el modo de medición con prisma y $\pm 3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$ sin prisma.

COMPARACIÓN ENTRE LAS DOS TÉCNICAS

En resumen, el método TOF utiliza impulsos de luz para medir distancias directamente, en tanto que el método de desplazamiento de fase utiliza luz modulada para medir un desplazamiento de fase, lo que genera distancias una vez que se ha resuelto la ambigüedad del ciclo.

Los impulsos utilizados para el método TOF pueden ser varias veces más potentes que la energía empleada para una MED con des-

La suma de todo aquello que ha estado esperando.
Presentamos la Estación total Trimble S6.



El aumento de la demanda profesional sobre los topógrafos y las exigencias de calidad y tiempo a las que están sometidos son mayores que nunca. Por lo tanto, cuando usted nos pidió un mayor rendimiento, una precisión mejorada, una extrema versatilidad, le escuchamos. La Trimble S6 representa un paso gigante en la tecnología topográfica.

Para ofrecerle unas funciones mejores y más dinámicas, la Trimble S6 incorpora los últimos avances técnicos. Con la nueva tecnología servo MagDrive, la Trimble S6 realiza silenciosamente cualquier puntería angular en menos de un segundo. SurePoint asegura de forma automática la precisión al corregir la puntería y las mediciones incluso en condiciones más difíciles. Con MultiTrack usted puede elegir el modo de objetivo activo o pasivo, según sus necesidades.

SIN CABLES

Evite tener que transportar o conectar baterías externas. Comunicación mediante radios integradas y sin necesidad de licencia de uso.

MAGDRIVE™

Silencioso, el control directo electrónico de los servos proporciona una velocidad y precisión inigualables.

MULTITRACK™

Combina el seguimiento de prisma pasivos con la identificación ID de objetivos activos ofreciendo una flexibilidad y rendimiento excepcionales.

SUREPOINT™

La corrección automática de puntería asegura mediciones con la máxima precisión incluso en condiciones difíciles.

Experimente ahora la nueva Trimble
www.trimble.com/thesum



Trimble Ibérica
Vía Dos Castillas, 33 ATICA
Ed. 6 Planta 3
28224 Pozuelo de Alarcón (M)
Tel. 91 351 0100
Fax. 91 351 3443

plazamiento de fase. Por lo tanto, el método TOF puede medir distancias más largas (con o sin un prisma) que la técnica de desplazamiento de fase.

El método TOF ha sido tradicionalmente considerado menos preciso que el método de desplazamiento de fase. Sin embargo, con los métodos más modernos de procesamiento de señales patentados de Trimble que se han descrito anteriormente, esta diferencia es insignificante (véase la Tabla 1).

	DR300+	DR Estándar
Modo Prisma	3 mm + 3 ppm	1 mm + 1 ppm
Modo DR	3 mm + 3 ppm	3 mm + 2 ppm

Tabla 1: Comparación de las precisiones de ambas técnicas

Para muchos fines prácticos, la diferencia no es importante y la ventaja de obtener un alcance mayor que se logra con el método TOF lo convierte en un método muy deseado por muchos usuarios.

La física de la luz determina que todos los rayos de luz divergen (se dispersan) como una función de distancia desde el emisor. Esto es cierto tanto para TOF como para la MED de desplazamiento de fase, a pesar de que el tamaño y la forma del efecto de la divergencia del rayo difieren (al dispersarse del rayo a partir del estado de colimación perfecta), lo que produce una diferencia en el punto de medición. Estos efectos divergentes tienen sus propias ventajas y desventajas que se comentarán más adelante.

Las técnicas de desplazamiento de fase y TOF también difieren en la tolerancia de las interrupciones a la línea de visión durante la medición; por ejemplo, las interrupciones tales como el tránsito que pasa por un rayo mientras los topógrafos están midiendo en lugares cercanos a carreteras. Puesto que el método TOF combina impulsos directos con las técnicas de procesamiento de señales de Trimble, es por lo general más tolerante a las interrupciones a la línea de visión que el método de desplazamiento de fase. Las interrupciones durante las mediciones de desplazamiento de fase pueden requerir el restablecimiento de las ambigüedades de ciclo, pero se detectarán las interrupciones y se excluirán las observaciones incorrectas.

RENDIMIENTO DE ALCANCE PARA DR

La comparación del rendimiento en el alcance de las distancias obtenidas mediante las diferentes tecnologías

MED es directa cuando se utiliza un reflector "cooperante", tal como un prisma topográfico estándar, puesto que la superficie de medición es siempre la misma. Al medir a un solo prisma utilizando el modo de largo alcance, las distancias para las opciones DR200+, DR300+ y DR Estándar son prácticamente las mismas, a 5.500 m (18.000 ps) y 5.000 m (16.400 ps) respectivamente. No todos los MED de desplazamiento de fase pueden medir tan lejos con un solo prisma como la opción DR Estándar; por lo tanto, al comparar otras implementaciones de esta tecnología, compruebe todas las especificaciones.

ESTÁNDARES KODAK GRAY (GRIS KODAK) Y KODAK WHITE (BLANCO KODAK)

Al comparar el rendimiento de las distancias sin un prisma estándar, las comparaciones no son tan directas. Puesto que en la práctica las mediciones DR se realizan a varias clases de superficie distintas, para realizar una comparación justa del rendimiento de las distancias cuando no se emplea un prisma las mediciones se deben realizar a una superficie estándar apropiada, como, por ejemplo, la tarjeta de prueba Kodak Neutral Test Card, comúnmente denominada tarjeta Kodak Grey (figura 3).

La tarjeta Kodak Grey ha sido un estándar reconocido en el campo de la fotografía profesional durante varios años. Por lo general, esta



Figura 3: La tarjeta de prueba Kodak Neutral Test Card (Kodak Cat. No. E1527795)

tarjeta es de 4" x 5" ó 8" x 10", con un grosor de 1/8", y es gris por un lado y blanca por el otro.

El lado gris, conocido como Kodak Gray, refleja exactamente el 18% de la luz blanca que lo alcanza. El lado blanco, Kodak White, refleja exactamente el 90% de la luz blanca que lo alcanza. Puesto que Kodak White se refleja más que Kodak Gray, es importante comparar las mediciones a Kodak Gray o Kodak White, pero no entre sí.

La industria topográfica contiene algunas incompatibilidades con respecto al uso de superficies estándares y por lo tanto es fundamental asegurarse de que las comparaciones entre productos utilicen mediciones a la misma superficie. Por ejemplo, algunas especificaciones se refieren solamente a una Tarjeta Kodak, sin indicar el lado (con un nivel de reflexión del 18% o del 90%) que se ha utilizado para la prueba. Los nombres correctos para los dos lados de la tarjeta Kodak Gray son Kodak Gray Card 18% Reflective (con un nivel de reflexión del 18%) y Kodak Gray Card 90% Reflective (con un nivel de reflexión del 90%). La opción original de un reflector que es un 18% reflexivo para el estándar Kodak para fotógrafos, se basa en el hecho de que la mayoría de los objetos y situaciones diarias a fotografiar presentan un 18% de reflexión de luz como promedio. Ésta también es la razón por la cual casi todos los exposímetros fotográficos están calibrados para proporcionar una exposición precisa con un 18% de reflexión. Por lo general, lo mismo se aplica a las situaciones y objetos a topografiar: un 18% de reflexión proporciona un valor medio adecuado.

En la práctica topográfica de campo, las mediciones DR se realizan sobre diversos objetos de uso diario, que por lo general no son un 90% reflexivos. Por este motivo, la distancia al estándar Kodak Gray con un nivel de reflexión del 18%, es el indicador más fiable de la distancia que se logrará en la práctica diaria. La distancia al estándar Kodak White, con un nivel de reflexión del 90%, solamente indica la distancia máxima de la MED a un reflector muy favorable. Las condiciones de la luz en el reflector también pueden influir en la distancia. Por lo general, la distancia se reduce cuando se mide a una superficie bajo la luz directa del sol.

COMPARACIÓN DE DISTANCIAS

La Tabla 1 compara las distancias máximas publicadas de DR Estándar, DR200+ y DR300+ de Trimble cuando se utilizan para medir a diferentes superficies.

La tabla muestra que, cuando se trata de distancias, el método TOF utilizado en DR200+ sobrepasa las mediciones de desplazamiento

de fase entre cuatro y ocho veces. Las técnicas utilizadas en la opción DR300+ logran una distancia 8 veces superior a una superficie con un nivel de reflexión del 90%, si se compara con el resultado del desplazamiento de fase.

Superficie	DR300+	DR Estándar
Kodak 90%	>800 m (2.625 pies)	>240 m (787 pies)
Kodak 18%	>300 m (984 pies)	>120 m (393 pies)
Concreto (hormigón)	>400 m (1.312 pies)	>100 m (328 pies)
Madera	>400 m (1.312 pies)	>200 m (656 pies)
Rocas claras	>300 m (984 pies)	>150 m (492 pies)
Rocas oscuras	>200 m (656 pies)	>80 m (262 pies)

Tabla 2: Distancias de DR de Trimble a diversas superficies

MEDICIÓN A SUPERFICIES NO REFLEXIVAS Y ÁNGULOS OBLICUOS

Los niveles de energía más altos del método TOF también proveen un mayor alcance cuando se mide a superficies húmedas. Cuando se mide a una superficie húmeda, con el método TOF las pruebas de campo generalmente muestran una distancia que es dos o más veces mayor que con el método de desplazamiento de fase, en especial cuando se mide en ángulos oblicuos. Esto se amplía con la opción DR300+.

El método TOF también mejora la probabilidad de poder medir a superficies no reflexivas y oblicuas, por ejemplo, a carreteras mojadas. En estos casos el criterio consiste en la posibilidad de medición.

Además, la velocidad de medición del método TOF ayuda a medir a puntos a través de un tránsito intenso.

El método TOF también mide sin problemas a objetos angostos, tales como cables. Una vez más, el criterio en estos casos consiste sencillamente en poder medir:

ESTÁNDARES DE SEGURIDAD LÁSER

A pesar de los niveles de energía más elevados del método TOF, los instrumentos MED que usan esta técnica, tales como el DR200+ y DR300+, normalmente cumplen con los estándares más altos de seguridad láser y se clasifican según corresponde.

Esto se debe a que los impulsos láser utilizados, si bien son suficientemente potentes para medir a cientos de metros, son cortos en duración y por lo tanto el rayo láser no acumula energía. Los ra-

los láser continuos, que a veces se utilizan para ampliar el alcance de los instrumentos MED de desplazamiento de fase, pueden producir una acumulación de energía que tal vez resulte peligrosa.

Las tres clases de láser correspondientes a la mayoría de los instrumentos topográficos son: Clase 1, Clase 2 y Clase 3R.

Láseres Clase 1

Al igual que el DR200+ y el DR300+ de Trimble, los láseres Clase 1 son láseres invisibles que cumplen con los estándares de seguridad más altos. Es improbable que la exposición directa del rayo en la piel o a los ojos descubiertos produzca algún daño. Los láseres Clase 1 tampoco presentan un peligro si otro instrumento topográfico está apuntando al origen del rayo láser Clase 1. El estándar IEC 60825-1 establece que "los láseres son seguros en las condiciones de manejo normales previstas, incluyendo el empleo de instrumentos ópticos para la visualización entre rayos". La opción DR Estándar en el modo Prisma también utiliza un láser Clase 1.

Láseres Clase 2

Los láseres Clase 2 emiten una radiación láser visible, que puede resultar peligrosa para los ojos descubiertos si se mira directamente al rayo. Los usuarios deben tener el cuidado especial de no mirar directamente al rayo con instrumentos ópticos tales como binoculares u otros instrumentos topográficos.

Los láseres Clase 2 son generalmente seguros de utilizar en lugares públicos (donde se llevan a cabo la mayoría de los trabajos topográficos) sin precauciones especiales, excepto la de no mirar directamente al rayo láser. Las reglamentaciones no exigen el uso de señales de advertencia, advertencias sonoras o personal especializado capacitado para esta clase de láser.

El DR Estándar de Trimble en el modo DR pertenece a la Clase 2, al igual que la opción del láser de punto visible en la serie 5600. Muchos dispositivos láser de mano, tales como los punteros láser de bolsillo, también pertenecen a la Clase 2.

Láseres Clase 3R

Es posible ampliar el alcance de un sistema MED de desplazamiento de fase incrementando la potencia de la fuente de luz; generalmente desde menos de 1 mW a más de 5 mW. Sin embargo, la continua luz láser más potente emitida incrementa los riesgos de salud y seguridad del rayo láser; cambiando la clasificación del láser a la Clase 3R.

El estándar IEC 60825-1 incluye precauciones adicionales necesarias para el empleo de equipo Clase 3R. A continuación se muestra un extracto:

"PRECAUCIONES PARA LA SEGURIDAD DEL USUARIO DE LA CLASE 3R Productos láser Clase 3R utilizados para la topografía, alineación y nivelación. Solamente a las personas capacitadas y calificadas se les deberá asignar la instalación, el ajuste y el manejo del equipo láser. Se deberá colocar una señal de advertencia de exposición a señal láser en los lugares en los que se utilizan estos láseres. Se deberán tomar las precauciones necesarias para evitar el reflejo accidental de la radiación. Para demostraciones, presentaciones y exhibiciones sólo se deben utilizar los productos láser Clase 1 o Clase 2. Capacitación: Solamente las personas que han recibido la capacitación correspondiente podrán controlar dichos sistemas. La capacitación deberá incluir: la familiarización con el manejo del sistema, el uso correcto de los procedimientos de control de peligro, señales de advertencia, etc. la necesidad de protección personal, procedimientos para el informe de accidentes con efectos biológicos del láser en los ojos y en la piel. Se deberán tomar las precauciones necesarias para evitar que las personas miren directamente al rayo. Se deberán tomar las precauciones necesarias para asegurarse de que el rayo láser no se dirija accidentalmente a superficies reflexivas. Se requieren advertencias sonoras o visibles cuando el láser está encendido."

Con estas precauciones, si bien la utilización de un equipo Clase 3R puede ser práctico en lugares tales como minas y determinados entornos de construcción, tal vez no resulte tan conveniente en lugares abiertos y públicos.

Al examinar las especificaciones del producto, es importante comparar una clase de láser realmente comparable con otra (Clase 1 ó 2) y comprender de forma clara las disposiciones y obligaciones del usuario para otras clases de láser tal como la 3R.

Ningún instrumento topográfico de Trimble pertenece a la Clase 3R.

TIEMPO DE MEDICIÓN EN EL MODO DR

Al comparar las distancias DR es importante comparar también los tiempos de medición, puesto que el tiempo que se tarda en medir afecta a la productividad. A mayores distancias, los métodos TOF son generalmente más rápidos que los métodos de desplazamiento de fase, porque este último, por lo común, tiene un tiempo de medición que se incrementa como una función de la distancia que se está midiendo. Los tiempos de medición para las MED de DR de desplazamiento de fase a menudo se indican como el tiempo resi-



NEBA Barcelona •
elona@aneba.com
(+34) 933 633 820
(+34) 933 633 821

ANEBA Madrid •
lrid@aneba.com
(+34) 913 287 146
(+34) 913 287 147

POCKET CARTOMAP 4

Pocket CARTOMAP ofrece una nueva dimensión para el trabajo en campo, proporcionando la información precisa y necesaria in situ para el desarrollo de las tareas de topografía, mejorando la velocidad e incrementando la calidad. Evita que se produzcan situaciones en las que las tomas de datos incompletas o con errores obliguen a posteriores trabajos adicionales y costosos.

Pocket CARTOMAP, para Windows CE y Pocket PC 2004, engloba todas las ventajas de las que dispone *CARTOMAP*, pudiendo conectarse a diferentes instrumentos (GPS, estaciones totales,...) ofreciendo la mejor solución en campo para Topografía, Ingeniería Civil y GIS, haciendo uso de la mejor interface de usuario para Pocket PC y Tablet PC.

Pocket CARTOMAP está avalado por los catorce años de experiencia de ANEBA, fabricantes de *CARTOMAP*, que cuenta con miles de usuarios en todo el mundo, lo que refleja su sencilla utilización y la disponibilidad de las funcionalidades más avanzadas del mercado.



Adquisición de datos



Dibujo automático campo.



Replanteo y control calidad.



Consulta y actualización de GIS.



Captura de datos
Topografía analítica de campo
Modelo Digital del Terreno
Isolíneas
CAD 2D/3D
Croquis automático asociativo
Perfiles longitudinales
Perfiles transversales
Rasantes
Replanteo
Control de calidad
Secciones tipo
Shapefiles & ODBC
GIS
y mucho más...

dual para distancias cortas, más un tiempo adicional para cada incremento que sobrepasa dicha distancia.

Tomando en cuenta el ejemplo de la DR Estándar (DR con desplazamiento de fase), el tiempo de medición en el modo de rastreo es de 0,8 segundos para los primeros 30 m más otro segundo por cada 10 m adicionales. En 100 m esto supondrá 7,8 segundos. El tiempo de medición típico para TOF en DR200+ o DR300+ es de 3 segundos. Esto varía según el tipo de superficie a la que se está midiendo. Tras la medición inicial, las actualizaciones se hacen cada 0,4 segundos en el modo de rastreo. Para mediciones de mayor precisión, ambos métodos requieren de más tiempo. Sin embargo, el método TOF no se incrementa como una función de distancia. Dicho punto es importante, puesto que un tiempo de medición más rápido en cada distancia tiene un efecto muy positivo en la productividad en el campo. La figura 4 muestra los tiempos de medición típicos como una función de distancia para las opciones DR200+, DR300+ de Trimble y DR con desplazamiento de fase.

La figura muestra que el método de láser de impulsos TOF es por lo general cuatro veces más rápido que el láser de impulsos con el alcance máximo de los instrumentos de desplazamiento de fase. Las distancias más grandes no se pueden comparar, puesto que sobrepasan el alcance del desplazamiento de fase basado en MEDs de DR.

DIVERGENCIA DEL RAYO Y PRECISIÓN

El rayo de luz utilizado para medir se dispersa a medida que se desplaza desde el origen, tal como se ha ilustrado en la figura 4. La naturaleza de la divergencia es diferente para un láser de impulsos TOF con respecto a un instrumento con desplazamiento de fase

continuo: cuando el láser sale del instrumento, el diámetro del rayo de medición del láser de impulsos es apenas más grande que para el rayo del desplazamiento de fase. Como el láser de impulsos se desplaza dos o tres veces más lejos que la MED de desplazamiento de fase, el punto de medición puede aumentar hasta unos 4 cm de diámetro con distancias más grandes. Sin embargo, esto no significa que la precisión de la medición para cualquiera de los métodos se degrada a 4 cm; la precisión quedará, tal como se ha especificado, en $\pm 3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$ (DR Estándar) y $\pm 3 \text{ mm} + 3 \text{ ppm}$ (DR200+/DR300+). Esto sencillamente significa que el área de muestra para la medición es de ese tamaño.

Un punto de medición más grande o más pequeño, o "huella", puede presentar tanto ventajas como desventajas. Una huella más grande a mayor distancia es por lo general una ventaja, ya que permite detectar y medir objetos más pequeños, en especial cables eléctricos y antenas. Con una huella más pequeña tal vez se los omita. Como el impulso de alta potencia se puede dispersar en un área más amplia, es muy probable que alcance un reflector reducido y todavía mida de forma muy precisa.

La huella más pequeña de la MED de desplazamiento de fase cuenta con ventajas cuando las esquinas estrechas y vértices se miden a muy corta distancia, tal como sucede en los levantamientos en el interior de edificios o cuando se realizan mediciones a través de ojos de cerraduras. A pesar de que este error se reduce con un tamaño de rayo más pequeño, sírvase observar que el error está todavía presente en dichos casos. La solución más precisa para medir en esquinas estrechas consiste en eliminar el problema totalmente utilizando programas de aplicación sencillos, por ejemplo, aquellos que permiten al usuario medir ángulos y distancias a dos puntos en una pared contigua y luego medir con precisión el ángulo horizontal y vertical a la esquina o vértice.

Véase la figura 5. Este método funciona tanto para el desplazamiento de fase como para la DR de TOF y permite determinar una posición de mayor precisión para dicho punto que la que se puede lograr mediante la medición directa empleando cualquier tipo de tecnología DR. Como las MED de TOF y de desplazamiento de fase tienen divergencia del rayo, se producirá un error para ambos cada vez que se realiza una medición directa a una esquina o a un vértice.

La divergencia del rayo también produce un efecto cuando se mide con tecnologías DR a superficies en ángulos muy oblicuos con respecto a la línea de visión.

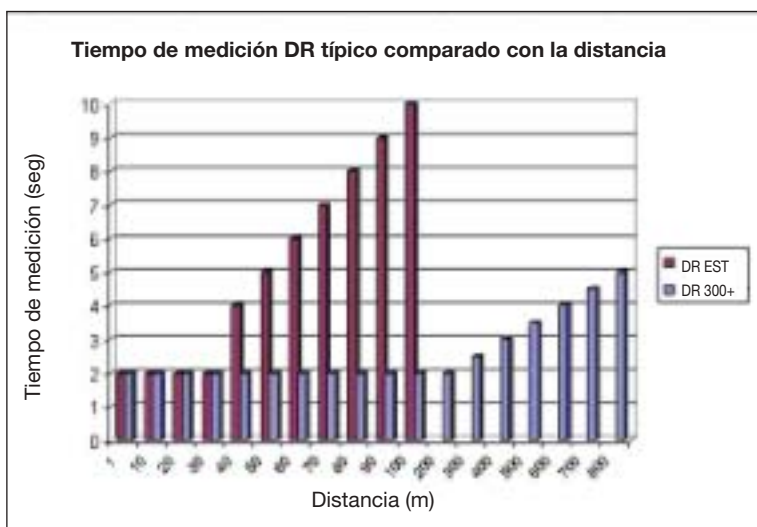


Figura 4: Tiempo de medición típico como una función de distancia

Las mediciones se ven afectadas mediante el empleo de cualquiera de los dos métodos, pero se reduce nuevamente en gran medida al usar otra aplicación sencilla, que permite realizar una medición de la Cara 1 (círculo directo) o de la Cara 2 (círculo inverso). El efecto de la inclinación que produce el ángulo oblicuo se puede eliminar utilizando un efecto de cancelación.

PRUEBAS DE CAMPO

Al evaluar las tecnologías DR, los topógrafos pueden fácilmente probar los rendimientos de las distintas tecnologías presentadas y la validez de las especificaciones del fabricante.

Para probar la distancia, sencillamente elija algunos objetos o estructuras remotas que estén alejados unos 600 m (~2000 ps) y observe hasta cuál de ellos se puede medir utilizando las diferentes opciones DR.

Para probar de forma sencilla los efectos de la divergencia y precisión del rayo, tome un objeto cuyas dimensiones reales se pueden medir fácilmente, tal como un lápiz. Sostenga el lápiz contra una pared a cualquier distancia y mida sobre él. Luego, retire el lápiz y mida hasta la pared. Compare la diferencia entre las dos distancias con la diferencia conocida, que es la anchura del lápiz. Al emplear uno de los tipos de tecnología DR, se podrá observar la diferencia, independientemente del tamaño del rayo. Otra prueba consiste en tratar de medir cables de electricidad y cables de teléfono aéreos a diferentes distancias.

Pruebe la tolerancia a las interrupciones del rayo realizando mediciones DR a objetos que están del otro lado de una carretera con mucho tránsito, donde el rayo deberá atravesar el tráfico.

Compruebe la precisión a puntos conocidos y asegúrese de comparar los tiempos de medición típicos a diferentes distancias: cuando se miden cientos de puntos por día, los tiempos de medición influyen notablemente en la productividad.

También pruebe las aplicaciones compatibles en el instrumento, como las que se describen a continuación.

APLICACIONES DR

Si bien las capacidades de medición MED son importantes, también lo son las capacidades del software de campo. El software de campo es el que permite que los topógrafos aprovechen al máximo la tecnología DR.

Los instrumentos Trimble S6 soportan una variedad de útiles aplicaciones, según el tipo de unidad de control elegida. A continuación se describen algunas de ellas.

Distancia de medición o límite

Ocasionalmente, utilizando la reflexión directa, los topógrafos tienen que medir a un objeto distante cuando hay otro objeto tan cerca de la línea de visión que pueden llegar a medirlo. La solución consiste en llevar a cabo una de las siguientes opciones: medir a un objeto que esté a una distancia aproximada a la del objeto deseado o medir al objeto que no se desea. Use uno de estos valores para fijar una distancia de medición, por ejemplo, para medir sólo distancias que superan los 100 m o para medir únicamente a objetos entre 120 m y 130 m.

Por ejemplo, si la línea de visión a la parte superior de un depósito de agua está atravesada por cables de electricidad cuyas medidas no se desean, primero mida a los cables. Si éstos están alejados a unos 45 m, configure la aplicación para que mida únicamente distancias que superan los 50 m, luego sólo se medirá la parte superior del depósito de agua.

Cuenta regresiva de la desviación típica

Se puede configurar una desviación típica deseada para la medición, por ejemplo 0,010 m ó 0,001 m. El software luego medirá hasta lograr la precisión deseada. Si la precisión deseada no se alcanza en un número máximo de mediciones, se le presentará al usuario la desviación típica lograda, con la opción de aceptar o de rechazar la medición.

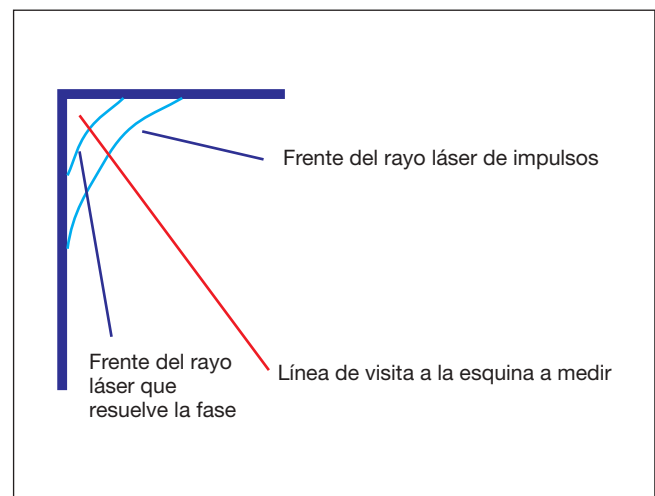


Figura 5: Efecto de la medición de esquinas con DR

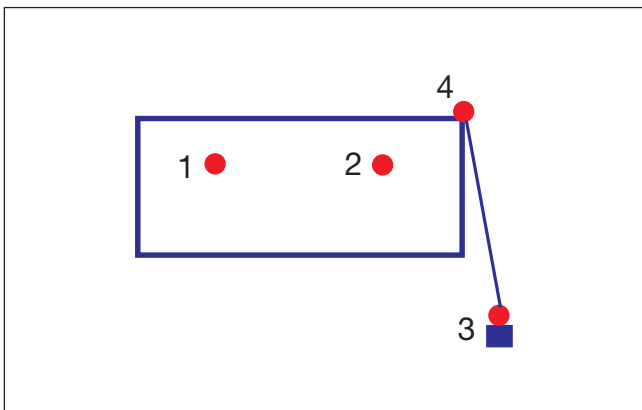


Figura 6: Aplicación con medición de ángulos en esquinas verdaderas

Medición precisa de esquinas

Todos los tipos de DR, TOF y desplazamiento de fase, tendrán un error cuando se mide a las esquinas y vértices, debido al efecto de la divergencia del rayo, donde el rayo se dispersa a medida que se desplaza con respecto al origen. Cuando el rayo se apunta directamente a una esquina, las paredes reflejan parte de la energía de la medición antes de que el rayo llegue a la esquina.

El efecto de la medición de la esquina se muestra en la figura 5, donde el frente del rayo para la opción DR de desplazamiento de fase se acerca más a la esquina que para DR de TOF el origen está ubicado a la misma distancia. Sin embargo, ambos métodos presentan algún error de distancia.

Debido a este error, definitivamente la forma más precisa de medir una esquina es con una combinación de mediciones de ángulo y de distancia. Una aplicación consiste en llevar dos mediciones DR 3D a una de las paredes, que establece una superficie plana o línea conocida. El ángulo a la esquina real a medir se puede medir con mucha precisión y no está afectada por el efecto de la esquina. Esta aplicación permite que las dos mediciones y el ángulo a la esquina verdadera se realicen en secuencia, a partir de la cual automáticamente se resuelve la posición precisa de la esquina verdadera (figura 6).

La medición de la intersección de dos líneas es compatible con otra aplicación disponible en la Trimble S6.

Medición de puntos excéntricos

Esta aplicación se ilustra en la figura 7, que en este ejemplo es un depósito de agua circular para el cual se requiere la posición del centro. Es obvio que no se puede medir directamente, pero se puede solucionar fácilmente utilizando las técnicas DR y el software correspondiente, sin tener que situar un reflector en la parte superior del depósito.

Primero, se realiza una medición DR al centro del depósito según se observa desde la ubicación del instrumento, que se puede efectuar desde una posición alejada hasta unos 800 m con la opción DR300+, hasta 600 m con la opción DR200+ o hasta unos 80 m con DR Estándar, de acuerdo con el tipo de superficie. Luego se mide el ángulo desde dicha línea de visión hasta el borde del depósito según se observa desde la ubicación del instrumento. A partir de estas mediciones, automáticamente se calculará el radio del depósito, del cual se resolverá la posición del centroide de forma automática.

Escaneado de superficies

Las superficies tales como las paredes de minas, las caras de canteras y bancos de escombros, se pueden medir automáticamente utilizando el modo de escaneado que realiza mediciones automáticas a intervalos definidos por el usuario dentro de una ventana predeterminada. Se podrá utilizar el software de

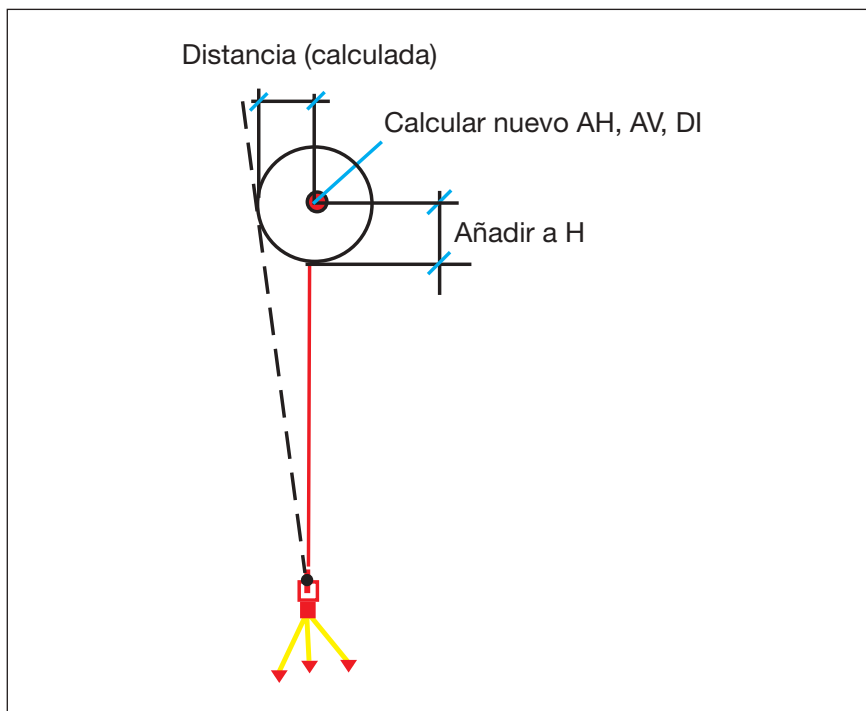


Figura 7: Medición de puntos excéntricos

Una poderosa nueva incorporación al
más productivo conjunto de soluciones
de medición de la industria ...

MENSI 3D Láser escáners



Presentamos la más reciente incorporación a nuestra línea de soluciones de Topografía Integrada "toolbox" de Trimble, los sistemas de láser escáner MENSİ 3D ahora forman parte de la familia Trimble. Altamente avanzados y muy potentes. Los escáners MENSİ y el software RealWorks Survey v.4 le ofrecen versatilidad y productividad para realizar cualquier tarea que pueda plantearse hoy en día y al mismo tiempo le permitirán incrementar las oportunidades de negocio. Incorpore una de estas soluciones a su empresa y se sorprenderá de lo lejos que podrá llegar con ella.

TRIMBLE. SIEMPRE UNA GENERACION POR DELANTE.

Para conocer más detalles acerca de cómo las soluciones de medición MENSİ pueden ayudarle a ampliar sus posibilidades, visite: www.trimble.com/mensi

DISTRIBUIDOR EN ESPAÑA:



Santiago & C^{ma} S^{ca}, S. A.
Calle José Echegaray, nº 4
P.A.E. Casablanca 85
28100 Alcorcón Madrid (España)
Tel: +34 902 12 08 70 - Fax: +34 902 12 08 71
www.santiagoemtra.es



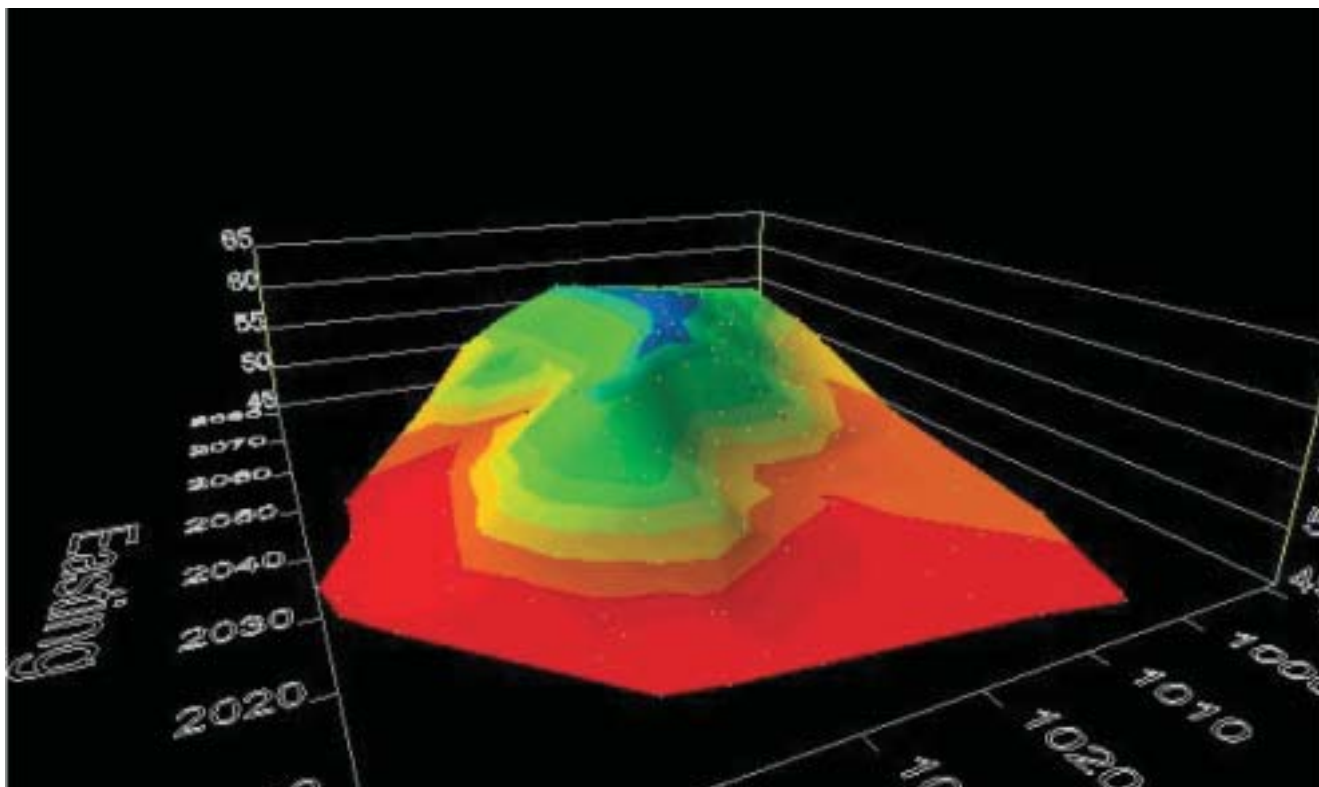


Figura 8: Visualización de una superficie escaneada

Trimble tal como el software Terramodel, para generar y visualizar dicho tipo de superficie (figura 8).

CONCLUSIONES

Las mediciones de reflexión directa ofrecen importantes ventajas en la productividad y seguridad. Las zonas y los puntos inaccesibles se pueden medir con facilidad. Los lugares peligrosos, tales como canchales, represas, superficies rocosas, paredes de minas y zonas con tránsito, se pueden medir sin tener que enviar al personal operativo a la zona de peligro. Los levantamientos de fachadas de edificios se pueden llevar a cabo de forma muy rápida utilizando esta tecnología y todo ello con un equipo topográfico compuesto por una sola persona, lo que reduce los costos considerablemente. La posibilidad de realizar este tipo de medición sin contacto cuando se trata de levantamientos en carreteras y líneas férreas también reduce la interrupción del tránsito y mejora la seguridad.

Se han explicado dos enfoques diferentes para esta tecnología, los métodos Desplazamiento de Fase y Tiempo de Vuelo, junto con las ventajas y desventajas que presentan cada uno de ellos. También se han descrito las aplicaciones compatibles más típicas.

El Tiempo de Vuelo, o el método de láser por impulsos, según se utiliza en la opción DR300+, ofrece una alta precisión en el modo DR ($\pm 3 \text{ mm} + 3 \text{ ppm}$) y por lo general logra un alcance seis ve-

ces superior al de la DR con Desplazamiento de Fase, sin comprometer la precisión ni el tiempo de medición. En consecuencia, el DR300+ se recomienda para aplicaciones de exterior donde se requieren mediciones de reflexión directa amplias con un alcance de 150 m–800 m para minimizar el número de estaciones del instrumento e incrementar la productividad.

La técnica de Desplazamiento de Fase utilizada en la tecnología DR Estándar de Trimble ofrece la mayor precisión en el modo Prisma ($\pm 1 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$) y el modo DR ($\pm 3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$). La DR Estándar es particularmente útil para aplicaciones de levantamientos subterráneos, en túneles, y de control de alta precisión. También resulta ideal para los topógrafos que dedican la mayor parte de su tiempo a realizar levantamientos de interior y por lo tanto no necesitan la capacidad de un mayor alcance de la opción DR300+. Éstas son las aplicaciones para las que se recomienda la opción DR Estándar.

Con las capacidades del láser de impulsos de DR300+ y las capacidades DR Estándar en la serie Trimble S6, Trimble ofrece a los topógrafos la gama más completa de soluciones disponibles para la medición de distancias sin reflectores. Al comprender las diferencias entre la tecnología de Tiempo de Vuelo empleada en la DR300+ y la tecnología de Desplazamiento de Fase que se utiliza en la DR Estándar, los topógrafos pueden realizar una elección bien documentada con respecto a la opción más adecuada para sus necesidades y tipos de aplicaciones de trabajo. ■

PROTOPO 6.0

DINAMISMO EN AUTOCAD



Config. Transv. Vía. Bksp.

Transversales

- 11600.000
- 11610.000
- 11620.000
- 11630.000
- 11640.000
- 11650.000
- 11660.000
- 11670.000
- 11680.000
- 11690.000
- 11700.000
- 11710.000
- 11720.000
- 11730.000
- 11740.000
- 11750.000
- 11760.000
- 11770.000
- PROYECTO
- TERRENO
- VEGETAL
- BASE
- SUB-BASE
- EXPLANACION
- FIRME
- Banca
- Mobiliario
- Address
- 11780.000
- 11790.000
- 11800.000
- 11810.000
- 11820.000
- 11830.000
- 11840.000
- 11850.000
- 11860.000
- 11870.000
- 11880.000



Vértices | Transversales

IDV1207	Dist.	Cota	Perd.	C.Rosa	Ve	Código	Capa
1	22.563	619.670	0.000000		<input checked="" type="checkbox"/>	San código	TERRENO
2	19.833	619.070	0.000000		<input checked="" type="checkbox"/>	San código	TERRENO
3	19.833	618.770	0.000000		<input checked="" type="checkbox"/>	San código	VEGETAL
4	19.833	619.070	0.000000		<input checked="" type="checkbox"/>	Talud de desnivel	PROYECTO
5	16.700	618.917	6.381720		<input checked="" type="checkbox"/>	San código	VEGETAL
6	15.763	618.217	6.773500		<input checked="" type="checkbox"/>	San código	TERRENO
7	15.763	618.917	0.000000		<input checked="" type="checkbox"/>	San código	VEGETAL

**DISPONIBLE PARA
AUTOCAD
2005**

Fusión de imágenes SPOT-P y Landsat-TM mediante el Método de Simulación Geoestadística Estocástica

Jorge Delgado García

DPTO. ING. CARTOGRÁFICA, GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA (UNIVERSIDAD DE JAÉN)

Amílcar Soares, Julia Carvalho

CENTRO DE MODELIZACIÓN DE RESERVORIOS PETROLÍFEROS (UNIVERSIDAD TÉCNICA DE LISBOA)

Resumen

La extracción de la información contenida en las imágenes satélite depende fundamentalmente de su resolución espacial y espectral. Desgraciadamente, ambos aspectos suelen ser contradictorios, de forma que las imágenes de alta resolución espacial proporcionan escasos canales espectrales y la inversa, siendo necesario recurrir a las técnicas de integración de imágenes. Estas técnicas intentan proporcionar una imagen sintética que combine las ventajas de ambas imágenes. En este trabajo se presenta un método basado en la cosimulación secuencial directa, con el objetivo de generar imágenes con la variabilidad espacial de las imágenes de alta resolución y respetando las características espectrales de las imágenes de mayor resolución espectral. El método ha sido aplicado a la integración de Landsat-TM y SPOT-P obteniendo unos resultados óptimos en la conservación de las características estadísticas y coeficientes de correlación entre los canales de las imágenes.

I. INTRODUCCIÓN

La utilización de imágenes digitales en aplicaciones cartográficas es cada día mayor. Actualmente, existe un amplio abanico de sistemas (sensores) que proporcionan diversos tipos de imágenes. Dichos sensores, y las imágenes proporcionadas por los mismos, son clasificados en función de su resolución espacial (tamaño del píxel sobre el terreno) que condiciona su escala cartográfica de representación y su resolución espectral (número de bandas o canales del espectro electromagnético que incluyen) que condicionan su aplicación, en especial para determinadas aplicaciones de tipo medioambiental. Evidentemente, un mayor número de bandas espectrales implica un mayor volumen de almacenamiento de los datos capturados, de forma que, por norma general, los sensores multispectrales tienen una menor resolución espacial, de forma que se mantenga un volumen de datos adecuado para su tratamiento posterior (fig. 1). Actualmente existen diversas aplicaciones cartográficas (por ejemplo, clasificación, interpretación de las imágenes, etc.) que requieren disponer de una buena resolución espectral, para poder obtener una información complementaria del terreno, y una buena resolución espacial, para trabajar a escalas de trabajo medias y grandes.

Esto se puede resolver mediante la utilización de las técnicas de integración de imágenes. El objetivo de estas técnicas es generar imágenes sintéticas que combinen las características radiométricas de las imágenes proporcionadas por los satélites multispectrales con la resolución proporcionada por los satélites de alta resolución espacial.

Chavez *et al.* (1991) indica que el método empleado para la fusión de la información de las imágenes no debe distorsionar las características radiométricas de la imagen proporcionada por el sensor de alta resolución espectral, al ser fundamental para los trabajos de calibración y, por otro

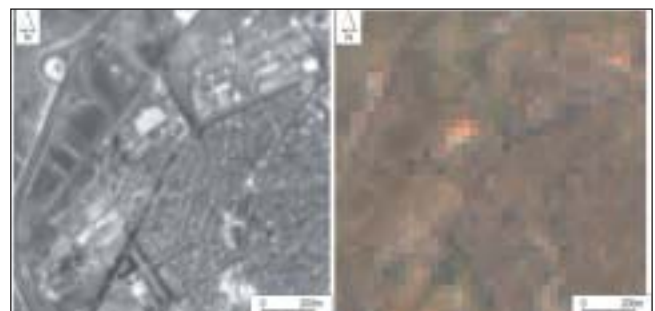


Figura 1. Izq.: Imagen SPOT-P (GSD=10 m); Der.: Imagen Landsat TM (RGB:543) (GSD=30 m)

Leica SmartStation ¿Qué tal si...



...las estaciones totales hablaran con los satélites GPS?

Lo hemos conseguido con Leica SmartStation: TPS y GPS trabajando juntos, integrados en un único instrumento. SmartStation es la primera estación total de altas prestaciones en el mundo que cuenta con un receptor GPS integrado en la misma estación. Usted puede utilizar TPS y GPS juntos o puede separarlos, de manera que podrá trabajar independientemente con una estación total y con un GPS móvil en tiempo real.

¡GPS y TPS en un único instrumento!

Usted se quedará asombrado de la facilidad de uso de la SmartStation y de la rapidez con la que trabaja para obtener los datos que necesite. Podrá ahorrarse hasta un 80% del tiempo requerido para llevar a cabo un estacionamiento con un equipo topográfico convencional. Usted será más rápido, más eficaz y más productivo.

Si desea tener más información de como Leica SmartStation puede facilitar su trabajo, contacte con nosotros.

lado, la imagen final debe poder ser descompuesta en las imágenes empleadas para la integración.

El ejemplo clásico de integración de imágenes digitales, que será el mostrado como ejemplo de la aplicación del método propuesto en este trabajo, es el de integración de imágenes pancromáticas provenientes del sensor SPOT (SPOT-P), con un tamaño de píxel sobre el terreno (GSD) igual a 10 m, y del sensor Landsat Thematic Mapper (Landsat-TM), que proporciona 7 bandas, de las cuales 6 tienen un tamaño de píxel igual a 30 m, que cubren diferentes zonas del espectro electromagnético visible e infrarrojo. El objetivo final será la obtención de imágenes en las mismas regiones del espectro del Landsat TM pero con una resolución mejorada a 10 m.

Estas imágenes fusionadas tienen importantes aplicaciones de tipo cartográfico medioambiental, como, por ejemplo, la identificación de usos de suelo y cultivos (estudios de monitorización de carácter global, gestión y planificación de recursos naturales), agricultura (nivel de estrés hídrico, condiciones de los cultivos, control de plagas, etc.), geología (cartografía litológica y estructural), catastro, etc., aplicaciones que necesitan combinar la información multispectral con una buena resolución espectral que permita la generación de productos cartográficos a las escalas deseadas.

Existen diversos métodos para la mejora de la resolución espectral de las imágenes multispectrales mediante la fusión con imágenes de alta resolución espacial. Algunos de los métodos más comúnmente empleados son el método Intensidad-Tono-Saturación (IHS), Análisis de Componentes Principales (ACP), la Transformación Brovey (Marr, 1982), la Transformación de Filtro de Paso Alto (HPF) y el método de Color Normalizado (CN) (Vrabel, 1996). El objetivo de este trabajo es presentar un nuevo método de integración de imágenes provenientes de diferentes sensores basado en la aplicación de las técnicas geoestadísticas de simulación y realizar una comparación con los métodos clásicos.

2. MÉTODOS CLÁSICOS DE FUSIÓN DE IMÁGENES

De los métodos citados en el apartado anterior los más utilizados son el método IHS, el ACP, el HPF y el CN.

2.1. Intensidad-Tono-Saturación (IHS)

El método IHS es, sin duda, uno de los métodos más conocidos para la fusión de imágenes provenientes de diferentes sensores. Haydin *et al.* (1982) empleó este método para la integración de imágenes Landsat MSS con imágenes de los sistemas Return Beam Vidicon y Heat Capacity Mapping Mission. El método IHS se utiliza particularmente para la integración de imágenes Landsat TM y SPOT P (Chavez *et al.*, 1991). El método utiliza tres bandas de la imagen del sensor con menor resolución y las transforma al espacio IHS. La imagen de mayor resolución espacial se ajusta para ajustar su media y varianza a la imagen Intensidad obtenida de la

transformación y, posteriormente, reemplaza a la misma. Finalmente, la transformación se deshace pasando de nuevo al espacio RGB.

2.2. Análisis de Componentes Principales (ACP)

El método ACP presenta grandes similitudes con el método anterior. Las imágenes provenientes del sensor multispectral son utilizadas como entrada a un proceso de análisis de componentes principales directo. Como en el caso anterior, la imagen de alta resolución se ajusta para que tenga aproximadamente la misma media y varianza que el primer componente principal CPI. Dicha imagen ajustada sustituye a la imagen del componente principal 1 y posteriormente se deshace la transformación, obteniendo las imágenes originales a resolución espacial mejorada.

2.3. Filtrado de Paso Alto (HPF)

El método HPF se basa en el empleo de una técnica de compresión y reconstrucción de datos, e imágenes, propuesto por Schowengert (1980). En este método, la imagen de mayor resolución espacial es sometida a un filtrado de paso alto. El resultado de dicho filtrado contendrá el componente/información de alta frecuencia que está directamente relacionada con la información espacial. El filtrado espacial elimina la mayor parte de la información espectral. Los resultados HPF son añadidos, píxel a píxel, a la imagen de menor resolución espacial.

2.4. Color Normalizado (CN)

El método del color normalizado (Vrabel, 1996) utiliza una combinación matemática de la imagen multispectral y la imagen de alta resolución para la fusión. Cada banda en la imagen de mayor resolución espectral es multiplicada por el resultado de dividir la imagen de mayor resolución dividida por la suma de las bandas de la imagen multispectral. La función lleva incorporado el remuestreo de la imagen final utilizando el método del vecino más próximo, la interpolación bilineal o la convolución cúbica. Las imágenes resultantes tendrán similares características espectrales que las imágenes provenientes del sensor multispectral y la resolución espacial del sensor que proporciona imágenes de mayor detalle. Este método está incorporado en algunos sistemas comerciales de tratamiento de imágenes de satélite como, por ejemplo, el programa ENVI v.3.6 (RSI, ****).

De todos estos métodos se han seleccionado para su comparación con el método propuesto los métodos IHS y CN.

3. MÉTODO GEOESTADÍSTICO PARA LA INTEGRACIÓN DE IMÁGENES

El método propuesto tiene como objeto la creación de una imagen sintética de cada banda del sensor Landsat utilizando la técnica de la simulación estocástica para integrar la estructura espacial presente en la ima-

gen SPOT-P y conservar las características de la imagen Landsat-TM original, de forma que si se remuestrea la imagen final obtenida (con tamaño de píxel 10 m) a un tamaño de píxel de 30 m (el de la imagen Landsat TM original), las imágenes serán coincidentes.

La aplicación de las técnicas de simulación geoestadísticas, en particular la cosimulación secuencial directa (Soares, 2001), permite la obtención de valores simulados de la imagen Landsat con un tamaño de píxel de 10 m, a partir de la imagen original con resolución espacial de 30 m y la correlación existente entre la imagen Landsat y la imagen SPOT-P. Este método permite generar diferentes realizaciones de los valores originales con un tamaño de píxel específico, conservando las características estadísticas de las imágenes originales y utilizando la información de la imagen de alta resolución de acuerdo con el valor de correlación local.

Sea $TM_i(x_0)$ el nivel digital de la imagen Landsat TM original con tamaño de píxel de 30 m para la banda i en a posición x_0 y $PAN(x_1)$ el nivel digital de la imagen SPOT P original con tamaño de píxel de 10 m en la posición x_1 y $TM_i^s(x_1)$ el valor simulado de la imagen Landsat TM para la banda i con un tamaño de píxel de 10 m en la posición x_1 (figura 2).

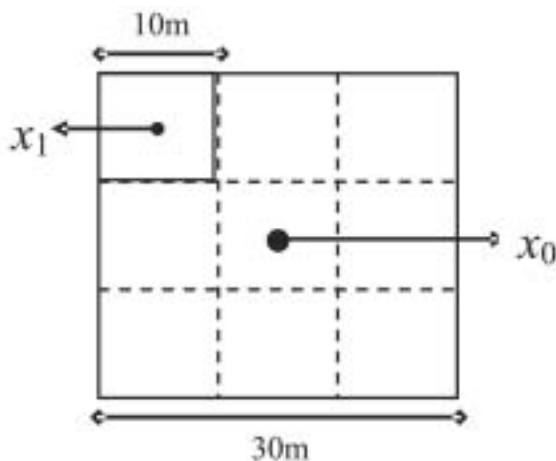


Figura 2. Esquema de la relación entre la resolución espacial SPOT y Landsat

Con el algoritmo propuesto la imagen simulada $TM_i^s(x_1)$ debe tener el patrón espacial de la imagen SPOT-P, el histograma de la banda i de la imagen Landsat TM con la varianza corregida para un espaciado de 10 m y la misma media local para la banda i de la imagen Landsat TM, es decir, la medida de los 9 píxeles $TM_i^s(x_1)$ deben ser iguales al valor correspondiente de la imagen Landsat original $TM_i(x_0)$.

De forma resumida se puede indicar que el píxel simulado $TM_i^s(x_1)$ debe cumplir las siguientes condiciones:

1. Para cualquier nivel digital:

$$\text{prob}\{TM_i^s(x) < ND\} = \text{prob}\{TM_i(x) < ND\}$$

siendo $TM_i^s(x)$ el valor corregido de la variable TM para la varianza en un espaciado 10 x 10 m.

2. $\gamma_{PAN}(h) = \gamma_{TM_i^s}(h)$
siendo $\gamma_{PAN}(h)$ y $\gamma_{TM_i^s}(h)$ los variogramas de las imágenes SPOT-P original y simulada Landsat TM, respectivamente.
3. Condicionamiento de las imágenes simuladas a las medias locales de la imagen Landsat TM original: La media de los píxeles simulados agrupados de acuerdo con un patrón de 3 x 3 píxeles debe ser igual a los valores de la imagen original Landsat con tamaño de píxel de 30 m:

$$TM_i(x_0) = \frac{1}{9} \sum_{j=1}^9 TM_i^s(x_{1j}) \tag{1}$$

La idea del algoritmo propuesto es utilizar la Co-DSS (cosimulación secuencial directa) para generar $TM_i^s(x)$ en un espaciado de 10 m utilizando la imagen SPOT $PAN(x)$ como información secundaria. El histograma de la banda i de TM corregida para la varianza de acuerdo con un espaciado de 10 m se utiliza para el proceso de simulación.

La correlación espacial entre las imágenes principal y secundaria, Landsat y SPOT respectivamente (tras aplicar un reescalado para tener ambas imágenes con un tamaño de píxel de 30 m), no puede ser considerado homogéneo ni representativo de la imagen completa. Por tanto, se aplica un modelo local de corregeionalización basado en la utilización de la aproximación de tipo Markov propuesta en Pereira *et al.* (2000). En esta aproximación los coeficientes de correlación local entre las imágenes son calculadas utilizando ventanas locales y dichos valores se utilizan en los modelos de corregeionalización que se utilizarán como entrada en el proceso de cosimulación.

El proceso de cosimulación asegura el cumplimiento de las condiciones 1 y 2, es decir, la similitud de histograma y variograma, entre las imágenes originales y simuladas. Pero no asegura la verificación de la tercera condición, es decir, la igualdad de las medias locales de la imagen original TM.

Para satisfacer la condición 3, el método propuesto se plantea desde una óptica iterativa y puede resumirse en las siguientes etapas (fig. 3):

1. Cálculo de los estadísticos básicos, matrices de correlación y variogramas de las diferentes imágenes que tomarán parte en el proceso de fusión de imágenes. El cálculo es aplicado a las bandas **TM1**, **TM2**, **TM3**, **TM4**, **TM5** y **TM7** de la imagen Landsat y a la imagen SPOT-P.
2. Para cada banda de la imagen TM a fusionar:
 - a) Generación de un número de imágenes lo suficientemente elevado utilizando el método de cosimulación secuencial directa, con la imagen Landsat TM como información primaria y la imagen SPOT-P como información secundaria y considerando los coeficientes de correlación local entre ambas imágenes y calculados en ventanas cuyo tamaño (en este caso 150 m) depende del alcance de los variogramas calculados.

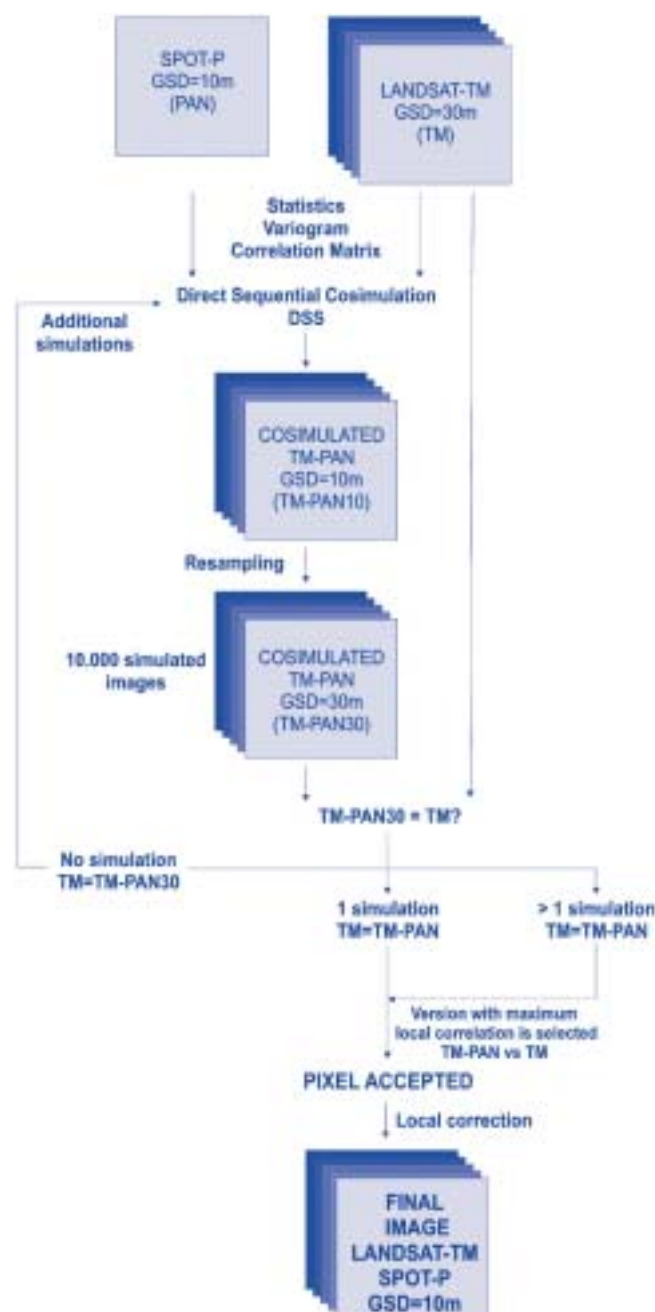


Figura 3. Esquema general del método de integración de imágenes propuesto basado en la aplicación del método de cosimulación secuencial directa

- b) Remuestreo de las imágenes simuladas (mediante el cálculo del valor medio) en píxeles de 30 m (equivalente a 3×3 píxeles). Para cada píxel, se compara el valor medio de los valores simulados con el valor real de la imagen TM original (condición 3, ver ecuación 1).
- c) Para cada píxel, se establece una comparación entre los valores originales de la imagen Landsat TM y los valores de la imagen fusionada (Landsat-SPOT) remuestreada a 30 m. Son posibles tres casos:

- Existe una única imagen en la que se verifica que la imagen fusionada remuestreada es igual a la imagen original. En este caso, este píxel simulado es seleccionado como definitivo en la imagen final.
- Existen varios píxeles (diferentes imágenes simuladas) en los que se verifica la anterior condición. En este caso, se selecciona como definitivo el píxel correspondiente a la imagen que presente un coeficiente de correlación local mayor (definido en una ventana de 150×150 m) con la imagen SPOT-P.
- No existe ningún píxel es el que se verifique la condición. En este caso es necesario obtener imágenes adicionales utilizando el procedimiento indicado en el punto 2.

3. Cuando se obtienen todos los píxeles, se lleva a cabo un proceso de comprobación final. El objetivo de este proceso es localizar todos los píxeles que han presentado los problemas en la simulación. Estos píxeles son normalmente píxeles en los que sus valores de correlación y los valores de la imagen SPOT-P son muy restrictivos. En este caso se pueden obtener valores erráticos. Estos valores pueden ser ajustados utilizando un coeficiente proporcional que ajusta los valores medios simulados remuestreados a los valores correspondientes de la imagen Landsat. Si los coeficientes de correlación local, entre la imagen TM y la imagen fusionada reescalada son lo suficientemente elevados, no se suelen detectar ningún tipo de problemas en la imagen generada. No obstante, y tal como quedará patente en el apartado correspondiente al ejemplo de aplicación, los problemas son poco importantes.

4. EJEMPLO

4.1. Localización geográfica

Para mostrar las posibilidades del método propuesto, se muestra un ejemplo completo de aplicación del mismo. La zona seleccionada cubre una superficie de 2.400×2.400 m localizada en las proximidades de la ciudad de Jaén. El área presenta diversos usos del suelo (urbano, zona de cultivo de olivos, vegetación de ribera, carreteras, etc.) (fig. 4).

4.2. Imágenes empleadas

Las imágenes empleadas para este ejemplo han sido las siguientes:

1. *Imagen Landsat-TM*. Escena: 20034/95. Fecha: 26/08/1995. GSD= 30 m (La banda **TM6** no ha sido considerada).
2. *Imagen SPOT-P*. Escena: 35-274/O-P. Fecha: 06/01/1995. GSD=10 m.

Como se puede observar, ambas imágenes han sido capturadas en la misma fecha, de forma que se garantiza la calidad de la integración. De



- **Digi3D**
Estación de fotogrametría digital
- **TopCal21**
Cálculos topográficos
- **MDTop**
Modelos digitales del terreno
- **AeroTri**
Programa de aerotriangulación

PLAN RENOVE

CAMBIA CUALQUIER TOPCAL
DE MS-DOS, CON O SIN
LLAVE, POR EL NUEVO
TOPCAL21 PARA WINDOWS,
LLENO DE NOVEDADES,
POR SÓLO 600 €

www.digi21.net

902 21 51 21

Ctra. Canillas 138
2º planta, oficina 16 C
28047 Madrid



Figura 4. Localización geográfica del área de estudio

dichas imágenes y tras la realización de un proceso de georreferenciación a un sistema de coordenadas terreno común, se ha seleccionado una pequeña porción de 240 x 240 m, lo que implica un tamaño de 80 x 80 píxeles de la imagen Landsat y de 240 x 240 píxeles en la imagen SPOT-P.

4.3. Estadísticos básicos y correlación

Los estadísticos básicos de las diferentes imágenes y su matriz de correlación se muestran en las Tablas 1 y 2.

Imagen	Media	Var.	Mediana	Mín.	Máx.
TM1	99,10	224,68	97	66	166
TM2	51,65	103,33	50	26	97
TM3	67,37	214,87	66	28	131
TM4	74,99	206,18	74	34	133
TM5	123,56	762,55	122	45	226
TM7	66,67	281,00	66	22	139
PAN	140,58	662,78	137	63	254

Tabla 1. Estadísticos básicos de las imágenes utilizadas

	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM7	PAN
TM1	1,00	0,96	0,90	0,84	0,85	0,81	0,83
TM2		1,00	0,97	0,90	0,88	0,87	0,83
TM3			1,00	0,91	0,89	0,90	0,82
TM4				1,00	0,88	0,85	0,74
TM5					1,00	0,97	0,72
TM7						1,00	0,70
PAN							1,00

Tabla 2. Matriz de correlación (SPOT-P remuestreada a 30 m)

La información proporcionada por la información secundaria, es decir, por la imagen de alta resolución, queda reflejada en la imagen final fusionada de acuerdo con el nivel de correlación existente entre las imágenes a fusionar. Éste es, sin lugar a dudas, un aspecto de gran importancia, puesto que si se analizan los coeficientes de correlación global, la correlación entre las bandas del visible de la imagen Landsat TM y la imagen SPOT-P es superior a 0,82, pero dicho valor disminuye considerablemente (en torno a 0,72) para las bandas correspondientes al infrarrojo. Esta diferencia entre la relación de las imágenes debe quedar reflejada en el proceso de integración al asignarle un peso diferente a cada una de las imágenes, así en el método propuesto los valores de correlación son siempre conservados.

Otro aspecto fundamental para lograr una fusión de calidad es la conservación de las correlaciones a nivel local, debido a las grandes diferencias que se detectan en las imágenes. Para ello se han calculado las correlaciones a nivel local en una ventana de tamaño 150 x 150 m (la mitad del alcance del variograma). Los valores de correlación local varían de 0 a 0,981, 0,988, 0,985, 0,954, 0,976 y 0,973 para Landsat **TM1**, **TM2**, **TM3**, **TM4**, **TM5** y **TM7**, respectivamente (valores mínimos truncados a 0).

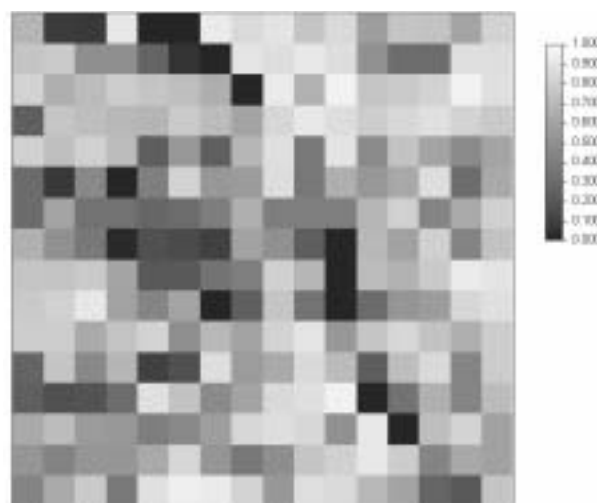


Figura 5. Coeficientes de correlación local (mínimos truncados a 0) entre la imagen SPOT-P y Landsat TM4 en una ventana de 150 x 150 m.

4.4. Variogramas Experimentales

Tras el cálculo de los estadísticos básicos y correlaciones se deben calcular los variogramas experimentales y ajustarlos a un modelo teórico, que será el modelo que se utilizará en el proceso de simulación. Se han calculado los variogramas direccionales para todas las bandas de la imagen Landsat y la imagen SPOT, con una distancia máxima de 1.500 m (en torno a la mitad de la dimensión de la zona de trabajo).

Los variogramas obtenidos (figura 6) muestran un carácter isotrópico y han sido ajustados utilizando un modelo exponencial con un valor de meseta igual a la varianza experimental de la banda y un alcance que de-

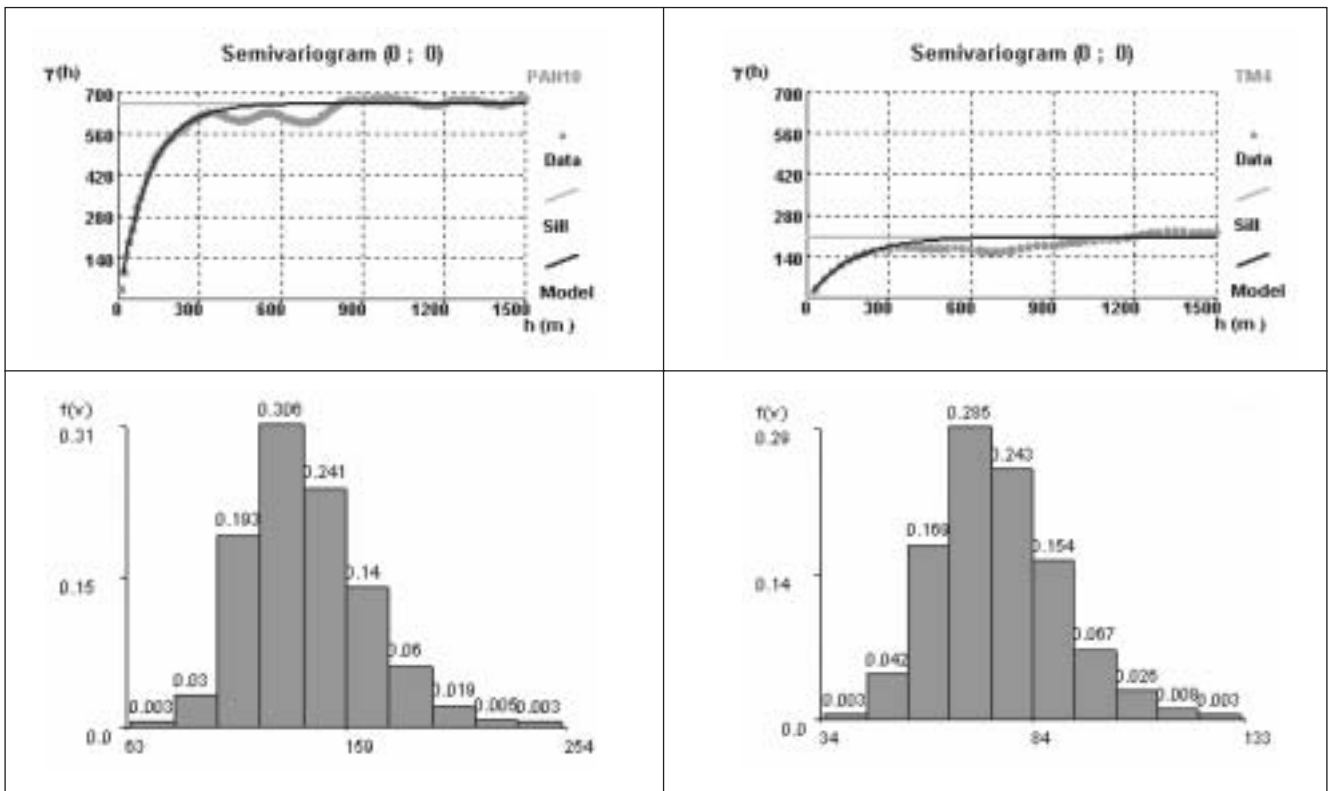


Figura 6. Variogramas e Histogramas de las imágenes originales. Izq.: SPOT-P; Der.: Landsat TM4

pendará de cada una de las bandas (480 m TM1 y TM4, 420 m TM2, 450 m TM3, 660 m TM5 y TM7 y 330 m SPOT-P).

4.5. Simulación

El proceso de simulación comienza con la generación de un conjunto de imágenes simuladas (en este caso se han generado 10.000 imágenes) tras lo cual se ha realizado un postproceso iterativo para lograr el cumplimiento de la tercera condición impuesta (conservación de las medias locales de la imagen Landsat TM). Una vez que se ha conseguido obtener píxeles correctos para completar la imagen simulada, el proceso finaliza, siendo ésta sometida a una primera verificación de forma visual.

A continuación se comprueba el cumplimiento de las condiciones 1 y 2 (conservación del histograma y variograma experimentales). Para ello, las imágenes fusionadas son remuestreadas a un tamaño de píxel de 30 m y se obtienen su histograma y variograma. En la figura 7 se muestran los variogramas correspondientes a la imagen fusionada de la banda TM4, en la que se puede observar como la simulación final reproduce el histograma de la imagen Landsat y el variograma de la imagen SPOT-P.

4.6. Comparación con otros métodos

Para poner de manifiesto las características de las imágenes generadas se han comparado los resultados obtenidos con los correspondientes de la aplicación de los métodos IHS y CN. En la figura 8 se muestran tanto

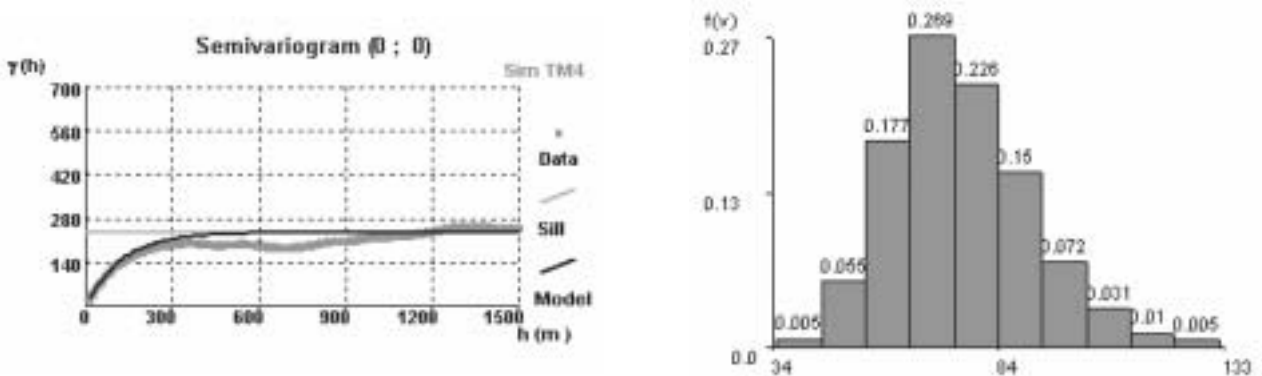


Figura 7. Variograma e histograma de la imagen fusionada Landsat TM4/SPOT-P con tamaño de píxel 10 m

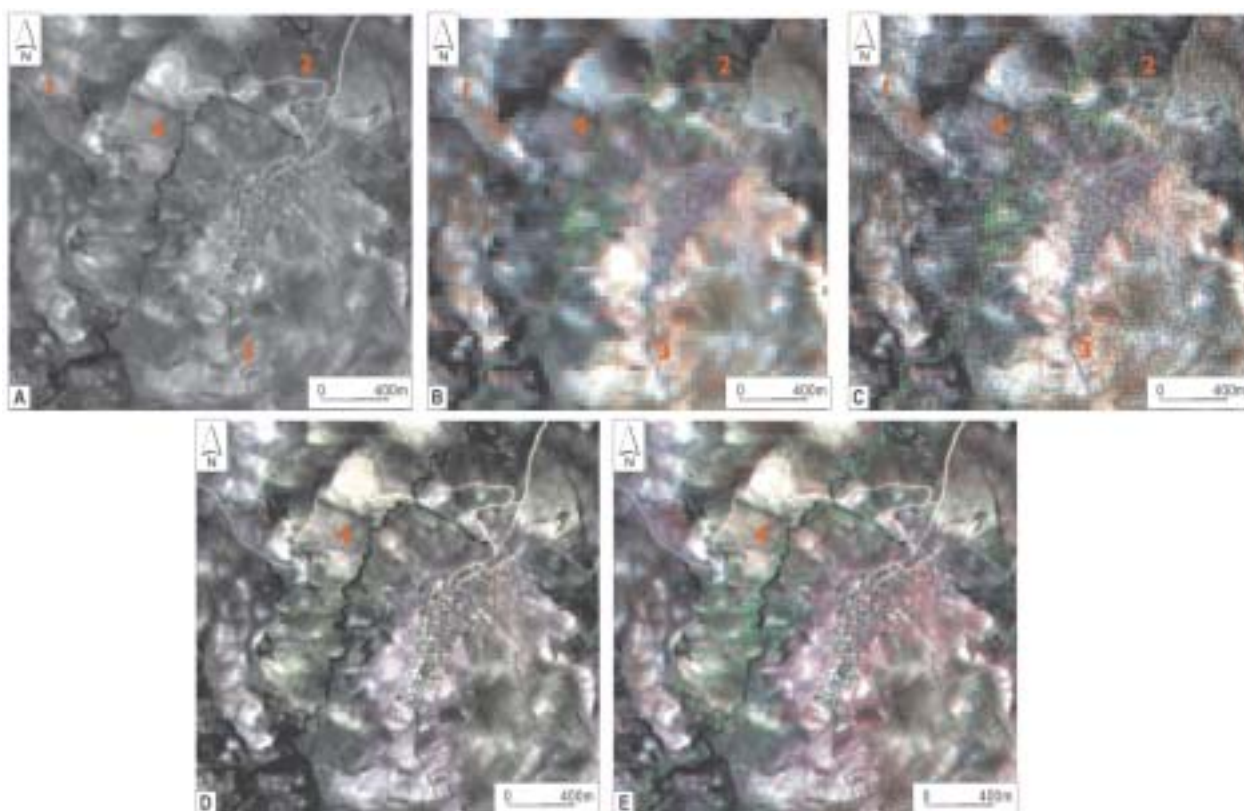


Figura 8. A: SPOT-P; B: Landsat-TM; C: GEOSTAT TM-PAN; D: IHS TM-PAN; E: CN TM-PAN. Combinación RGB: 5, 4,3. Expansión lineal 2% (más información en el texto).

las imágenes originales (fig. 8A y 8B) como las imágenes fusionadas (fig. 8C, método propuesto; fig. 8D, método IHS; fig. 8E, método CN) correspondientes a la combinación RGB 5,4,3.

En primer lugar, es posible evaluar la apariencia visual de las imágenes fusionadas. Las imágenes obtenidas tienen una apariencia bastante diferente. Así las imágenes obtenidas por los métodos clásicos muestran un gran parecido con la imagen SPOT-P, con lo que se facilita la fotointerpretación, si bien esta mejora es una ilusión, puesto que los elementos que se observan son los rasgos propios de la imagen SPOT-P y no de la imagen Landsat que se desea interpretar. La apariencia final de las mismas es la de imágenes SPOT-P suavemente coloreadas, en la que los tonos de color han sido obtenidos de las bandas de la Landsat TM. Por otro lado, la imagen fusionada con el método geoestadístico es bastante más parecida a las imágenes Landsat, si bien la calidad de la imagen es mejor. Así, por ejemplo, en la figura 8 se pueden observar en la imagen fusionada diferentes elementos lineales (carreteras y caminos) que son difícilmente distinguibles en la imagen original (etiquetas 1 a 3) facilitando su interpretación. Por otro lado, es importante observar el efecto que tiene el peso otorgado por los métodos clásicos a la imagen en los elementos que tienen una fuerte reflectancia en las bandas no visibles, como zonas con elevado nivel de humedad (como, por ejemplo, la zona de ribera marcada en la figura con la etiqueta A) que en los métodos clásicos toman valores de reflectancia baja (debido al color oscuro de la vegetación en el pancromático) y sólo se preserva en el método geoestadístico.

Otro análisis fundamental es la comparación de las características estadísticas de las imágenes (Tabla 3). En esta tabla se puede observar la mejor conservación de las características estadísticas de la imagen fusionada.

Imagen	Banda	Media	Desv.Típica	Mínimo	Máximo
Imágenes Landsat originales	TM1	99,10	15,00	66	166
	TM2	51,65	10,17	26	97
	TM3	67,37	14,66	28	131
	TM4	74,99	14,37	34	133
	TM5	123,56	27,62	45	226
	TM7	66,67	16,77	22	139
Imágenes fusionadas por el método geoestadístico	Geo1	99,10	15,94	66	166
	Geo2	51,64	10,83	26	97
	Geo3	67,37	15,56	28	131
	Geo4	74,99	15,35	34	133
	Geo5	123,59	29,44	45	226
	Geo7	66,67	17,87	22	139
Imágenes fusionadas por el método HIS	IHS1	108,28	60,09	0	255
	IHS2	57,12	33,98	0	177
	IHS3	75,14	45,83	0	245
	IHS4	65,41	36,38	0	202
	IHS5	108,27	60,09	0	255
	IHS7	58,54	33,68	0	165
Imágenes fusionadas por el método CN	CN1	63,42	10,32	31	117
	CN2	32,78	6,62	14	64
	CN3	42,89	9,42	17	91
	CN4	39,42	7,19	20	79
	CN5	64,93	12,20	27	123
	CN7	34,75	7,43	10	69

Tabla 3. Estadísticos básicos de las imágenes fusionadas

da por el método geoestadístico gracias a las características de conservación estadística impuestas. Así, las bandas fusionadas deben tener la misma media y varianza de la imagen Landsat TM original y las características del variograma que deben estar influenciadas con las características de variabilidad de la imagen SPOT-P (es importante tener en cuenta que la imagen SPOT-P es sólo una referencia sobre la variabilidad de las características del terreno considerando un tamaño de píxel de 10 m). También es muy importante tener en cuenta que este mantenimiento de las características estadísticas de las imágenes no se obtiene con los métodos tradicionales, debido a las transformaciones que se aplican en el proceso de integración.

Los métodos IHS y CN producen una importante reducción de los valores medios de las imágenes (que va a ser del 50% en el método CN). Por otro lado, el método IHS incrementa los valores de varianza (hasta tres veces), dando valores finales más elevados que las imágenes que se integran. Por el contrario, el método CN produce una disminución de los valores de varianza, lo cual está en contradicción con el tamaño del píxel.

Otro aspecto importante a tener en cuenta es el mantenimiento de los coeficientes de correlación global entre las diferentes imágenes (bandas) que se utilizan en el proceso de fusión. Así, se ha calculado el coeficiente de correlación entre las imágenes tras promediar la imagen obtenida en grupos de 3 x 3 píxeles. Los resultados se muestran en la Tabla 4.

	PAN	PAN	PAN	PAN
TM1	0,83	Geo1 0,84	IHS1 0,99	CN1 0,97
TM2	0,83	Geo2 0,86	IHS2 0,99	CN2 0,99
TM3	0,82	Geo3 0,84	IHS3 0,98	CN3 0,97
TM4	0,74	Geo4 0,78	IHS4 0,98	CN4 0,91
TM5	0,72	Geo5 0,76	IHS5 0,99	CN5 0,99
TM7	0,70	Geo7 0,76	IHS7 0,99	CN7 0,96

Tabla 4. Correlación global entre la imagen SPOT-P y las imágenes fusionadas. Las imágenes Landsat TM son consideradas remuestreadas a tamaño de píxel 10 m

En la primera columna de la Tabla 4 se muestran los coeficientes de correlación entre la imagen Landsat TM original (remuestreada a 10 m) y la imagen SPOT-P, mientras que en las columnas 2, 3 y 4, se muestran los coeficientes calculados a partir de las imágenes fusionadas por el método geoestadístico, IHS y CN, respectivamente. Los métodos IHS y CN producen un incremento muy importante en los coeficientes de correlación globales calculados entre las imágenes fusionadas y la imagen pancromática. Estos coeficientes pasan de valores en torno a 0,82 para las bandas del visible y 0,73 para las bandas del infrarrojo (ver Tabla 2) a valores superiores a 0,98 para el método IHS y a 0,91 para el método CN, presentando en ambos casos valores similares para las bandas visibles e infrarrojas. Por otro lado, el método propuesto basado en la simulación geoestadística conserva los valores de correlación originales con un aumento en torno a 0,04-0,05 debido a la influencia de la imagen SPOT-P en las imágenes fusionadas finales y reproduce las diferencias de valores de coeficientes entre las bandas del visible y del infrarrojo.

Por último, se ha comprobado la conservación de los coeficientes de correlación a nivel local, aspecto fundamental para garantizar la calidad de la imagen fusionada en aplicaciones tales como clasificaciones temáticas. Los coeficientes locales de correlación son calculados en una ventana móvil de tamaño 150 x 150 m. En la figura 9 se muestra la distribución de coeficientes para la fusión de Landsat **TM4** y SPOT-P.

En el par original TM4-SPOT PAN el valor de correlación mínimo calculado es aproximadamente -0,69 y es un valor que se produce ligado a la presencia de una zona de vegetación de rívera (etiqueta E en la figura 9) que produce valores de reflectancia muy elevada en la banda **TM4** y muy baja en el visible (pancromático). Este comportamiento sólo se mantiene en el método propuesto, que presenta un valor de correlación mínimo en dicha zona, igual a -0,41, mientras que los otros dos métodos considerados siempre obtienen coeficientes superiores a 0 (Tabla 5).

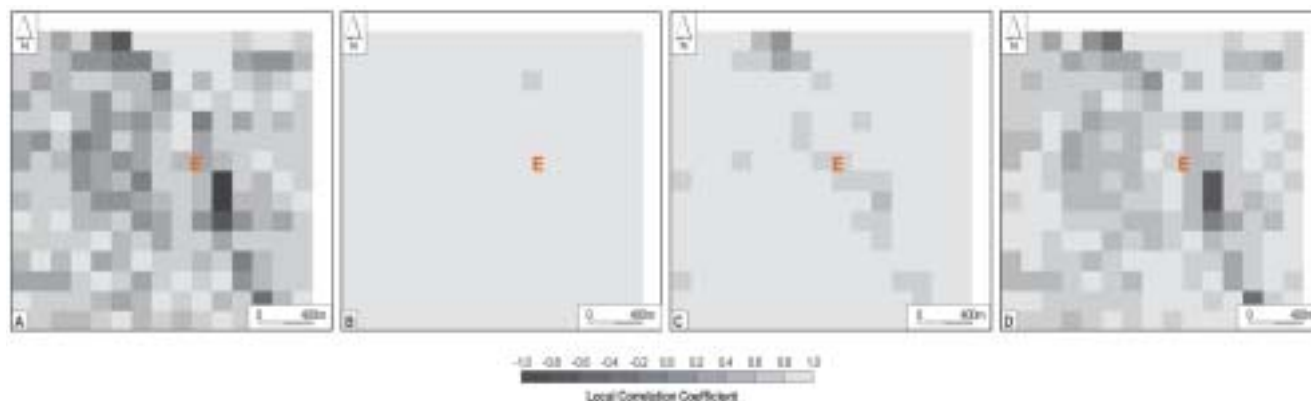


Figura 9. Coeficientes de correlación local (definidos en una ventana de 150 x 150 m). A: Landsat TM4-SPOT PAN; B: IHS4-SPOT PAN; C: CN4-SPOT PAN; D: Geostat4-SPOT PAN

	Media	Desv. Típica	Mínimo	Máximo	RMS	Error máx.abs.
TM4/PAN	0,5663	0,2903	-0,6179	0,9210	-	-
HIS4/PAN	0,9755	0,0284	0,6749	0,9969	0,4975	1,5898
CN4/PAN	0,8963	0,1088	0,1251	0,9939	0,4023	1,2602
Geostat4/PAN	0,6901	0,2178	-0,4061	0,9497	0,1598	0,5063

Tabla 5. Estadísticos de correlación local. Los errores RMS y máximo absoluto consideran diferentes entre los coeficientes de las imágenes originales y fusionadas

5. CONCLUSIONES

En este trabajo se presenta un nuevo método de fusión de imágenes digitales basado en la aplicación del método de Cosimulación Secuencial Directa (CoDSS) y los modelos de corregionalización local, y se pone de manifiesto como, a diferencia de otros métodos clásicos de integración de imágenes, el método propuesto conserva las características espectrales de la imagen de mayor resolución espacial. Así, el análisis visual y estadístico de las imágenes fusionadas por los métodos IHS y CN revela como se producen alteraciones importantes de los valores digitales de las imágenes fusionadas, al proporcionar un mayor peso a la imagen SPOT en el proceso de fusión (se obtienen imágenes SPOT coloreadas con los valores de la imagen Landsat TM) que facilita el proceso de interpretación, aunque impiden tratamientos posteriores con las imágenes que afecten a su interpretación radiométrica (por ejemplo, clasificación).

El aspecto visual de las imágenes obtenidas es ligeramente diferente al habitual de este tipo de métodos, puesto que el peso que se le otorga a cada una de las imágenes en el proceso de integración será función del coeficiente de correlación global y local, manteniéndose estos coeficientes en las imágenes fusionadas. Esto es una ventaja importante a tener en cuenta cuando se trabajan con bandas correspondientes al no visible, que están peor correlacionadas con las imágenes de alta resolución espacial, que habitualmente son pancromáticas. No obstante, la incorporación de la imagen SPOT añade información que facilita la interpretación y legibilidad de la imagen manteniendo las características estadísticas (histograma y variograma) de la banda original.

En los métodos de fusión de imágenes es necesario establecer un balance entre la información espectral (extraída de las imágenes multiespectrales) y la información espacial (extraída de la imagen de alta resolución espacial). En los métodos de fusión clásicos se obtienen imágenes con una calidad espacial muy elevada (similar a la imagen SPOT-P) pero con una calidad espectral muy baja, puesto que sus características espectrales son modificadas, por lo que su utilización queda limitada a interpretación visual, no pudiendo ser sometidas a procesos de clasificación temática. El método propuesto genera una imagen que tiene una ligera mejora de la resolución espacial (comparada con la imagen Landsat

original) y que, por otro lado, conserva las características radiométricas de la imagen multiespectral, pudiendo ser sometida a procesos de clasificación temática.

Por otro lado, es importante indicar que la mayoría de los métodos clásicos no son en realidad métodos de fusión, sino métodos de sustitución (como, por ejemplo, IHS y ACP). En su procedimiento se realiza una simple sustitución de las imágenes de alta resolución espectral por una imagen de alta resolución espacial, en base a un alto coeficiente de correlación (que en la mayoría de los casos no se calcula ni tiene influencia en el proceso en sí, aunque sí lógicamente en los resultados). Por el contrario, el método geoestadístico puede ser considerado como un procedimiento real de integración de las imágenes, en el que el peso otorgado a una o a la otra dependerá de la correlación local.

El principal inconveniente del método propuesto es su complejidad. El método requiere que el usuario cuente con una adecuada formación geoestadística y el software adecuado para su aplicación. Por otro lado, el considerable volumen de información que es necesario manejar requiere que el software sea específicamente diseñado y planificado para el procesamiento de dichos volúmenes de datos.

6. REFERENCIAS

- Chavez, P. S.; Sides, S. C. y Anderson, J. A. (1991): *Comparison of three different methods to merge multiresolution and multispectral data: Landsat TM and SPOT Panchromatic*. PE&RS, 57 (3), 295-303.
- Marr, D. (1982): *Vision*. Ed. Freeman and Company, Nueva York.
- Pereira, M. J.; Soares, A. y Rosario L. (2000): *Characterization of forest resources with satellite SPOT images by using local models of co-regionalization*. En: Kleingeld, W. J. y Krige, D. G. (eds), *Geostats 2000*, Ed. Kluwer Publ. Co., Cape Town, vol 2, pp 581-590
- Pohl, C. (1998): *Multisensor image fusion in remote sensing*. International Journal of Remote Sensing, 19 (5), 823-854
- Soares, A. (2001): *Direct Sequential Simulation and Cosimulation*. Math. Geol., 33 (8), 911-926
- Vrabel J. (1996): *Multispectral imagery band sharpening study*. PE&RS, 62 (9), 1075-1083

7. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte de las actividades del Grupo de Investigación TEP-213 (Sistemas Fotogramétricos y Topométricos) del Plan Andaluz de Investigación de la Junta de Andalucía. El trabajo ha sido financiado de forma parcial por el proyecto REN2002-00079/RIES del Programa Nacional de I+D+I del Ministerio de Ciencia y Tecnología, cofinanciado parcialmente con fondos FEDER de la Unión Europea. ■

Laussedat y la Academia de Ciencias de España (I)

Mario Ruiz Morales

PERITO TOPÓGRAFO E INGENIERO GEÓGRAFO

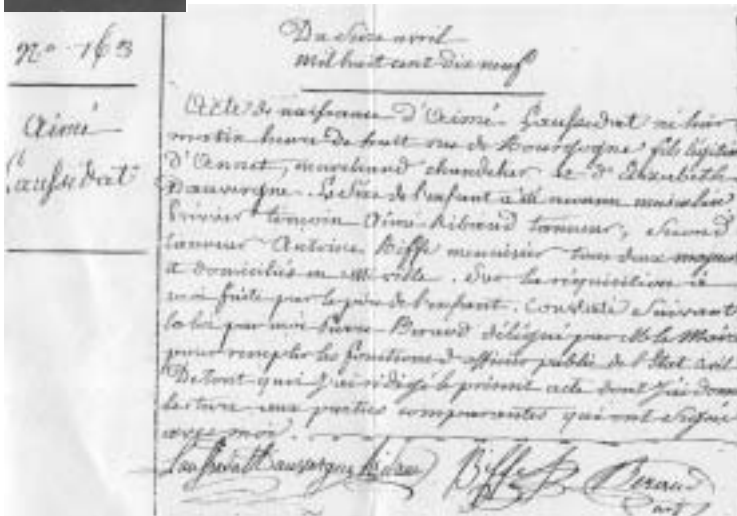
INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL. UNIVERSIDAD DE GRANADA

Es incuestionable, y de sobra conocido, que Laussedat fue el verdadero impulsor de la fotogrametría topográfica, gracias a los ensayos realizados con el rudimentario fototeodolito que le fabricaron en los prestigiosos talleres parisinos de los hermanos Brunner. En cambio, es menos sabido que sus experiencias se publicaron por primera vez en el año 1864, con el título *Mémoire sur l'emploi de la Photographie dans le lever des plans et spécialement dans les reconnaissances militaires*. Tales experiencias y sus trabajos posteriores le hicieron acreedor, años después, al honor de ser considerado el fundador real de la fotogrametría. De igual modo, es conveniente recordar que las aplicaciones de la metodología tan novedosa propuesta por ese coronel francés no fueron inmediatas en absoluto, de hecho llegaron a ser más frecuentes fuera que dentro de Francia. El paradigma

de tal circunstancia fue su exhaustivo empleo en los levantamientos de las Montañas Rocosas canadienses, dirigidos por el discípulo más aventajado de Laussedat, el eminente Topógrafo francés E.G. Deville, residente en Canadá desde el año 1874. La admiración y el respeto que sentía Deville por su mentor se pone de relieve, con toda claridad, en la nota necrológica que redactó, en 1908, cuando falleció Laussedat. El texto de la misma, publicado en el número uno de la revista *Canadian Alpine Journal*, se incluye por su interés en el anexo A, una vez traducida al español.



El monte Valonin en el año 1861, una de las primeras fotografías realizadas por Aimé Laussedat



Aimé Laussedat y su partida de nacimiento, según consta en los archivos municipales de Molins (Departamento de Allier). El documento ha sido cedido por Bernadette Rondepierre

Tampoco se ha divulgado demasiado el que Laussedat fuese comisionado por el gobierno francés para que pudiese asistir a la medición de la Base Central de Madridejos, una operación geodésica de primer orden que había despertado la expectación de la comunidad científica internacional y que se iba a efectuar de acuerdo con las directrices marcadas por Ibáñez de Ibero y por Saavedra, fundamentalmente. Fue entonces cuando se conocieron Ibáñez y Laussedat, dos personajes claves para el devenir posterior de las Ciencias Geográficas. El informe que presentó Laussedat a la Academia de Ciencias de París fue tan positivo que aquella afamada y ecuaníme institución calificó la medición de "Memorable operación científica de non plus ultra". El pronunciamiento de la Academia francesa se produjo el día 2 de marzo de 1863, el mismo año en que Carlos Ibáñez ingresó en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

La Real Academia española había sido creada en el año 1847, en virtud del decreto firmado por la reina Isabel II el día 25 de febrero y promovido por el Ministro de Fomento, y primer marqués de Molins, Mariano Roca de Togores. En la introducción del decreto se comentan los antecedentes de la misma, desde la Academia de Matemáticas, creada por Felipe II, a los fallidos intentos protagonizados por Jorge Juan y Antonio de Ulloa, finalizando con el más directo de todos ellos: la Academia Matritense de Ciencias Naturales, fundada en el año 1834 por iniciativa de la reina regente María Cristina, madre de Isabel y esposa de Fernando VII. Su primer presidente, desde su fundación hasta el año 1866, fue Antonio Remón Zarco del Valle, un ingeniero militar insigne que participó en la guerra de la independencia y que, en palabras de M. Alonso Baquer, fue un hito indispensable del proceso de integración de los militares en el quehacer cartográfico (*Aportación militar a la cartografía española en la historia contemporánea*, pág. 12, Madrid 1972).



Medalla de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

Geográfico (1870-1873) y Director del Instituto Geográfico y Estadístico (1873-1889). El propio Ibáñez reconocerá su tutoría, años después, cuando en su discurso de ingreso en la Real Academia de Ciencias afirmó que bajo su paternal dirección dio sus primeros pasos en la carrera militar.

A la Academia pertenecía también, por aquel entonces, el general Antonio Terrero y Díaz Herrera, el cual había sido miembro de la Dirección de la Carta Geográfica de España y ya había anunciado, en 1862, su teoría para identificar los puntos homólogos; una teoría que, como es sabido, se conocería después como método de los puntos nucleares, vocablo acuñado por iniciativa del alemán G. Hauck. Es igualmente notorio que el Ingeniero Geógrafo José Torroja Miret hizo una brillante síntesis al proponer ambos nombres bajo idéntico epígrafe: Teorema de Terrero-Hauck.

Las inquietudes científicas de los miembros de la Academia en general, y en particular las de Terrero e Ibáñez, permiten suponer que tendrían noticias de las fotografías realizadas, años antes, por el francés G.F. Tournachon (más conocido con el pseudónimo de Nadar) sobre la vertical de París y de las posibles aplicaciones militares de otras análogas, previstas por Napoleón III, con relación a la próxima batalla de Solferino. En esa misma época, en el año 1862 para ser más exactos, ya se habían utilizado fotografías aéreas, tomadas también desde globos aerostáticos, durante la guerra de secesión norteamericana. Tampoco parece muy aventurado afirmar que ambos estarían al tanto de los trabajos que había efectuado el propio Laussedat en las proximidades de Versalles, justamente en el pueblo llamado Buc. Todo apunta pues a que por iniciativa suya se institucionalizó en España el empleo de la fotogrametría, que pasó así a formar parte del conjunto de procedimientos asociados al levantamiento topográfico del territorio.



Antonio Remón Zarco del Valle y Carlos Ibáñez e Ibáñez Ibero, cuando el segundo ingresó en la Real Academia presidida por el primero.



Anotación del astrónomo Aguilar, Director del Observatorio del Retiro durante más de treinta años y Secretario de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

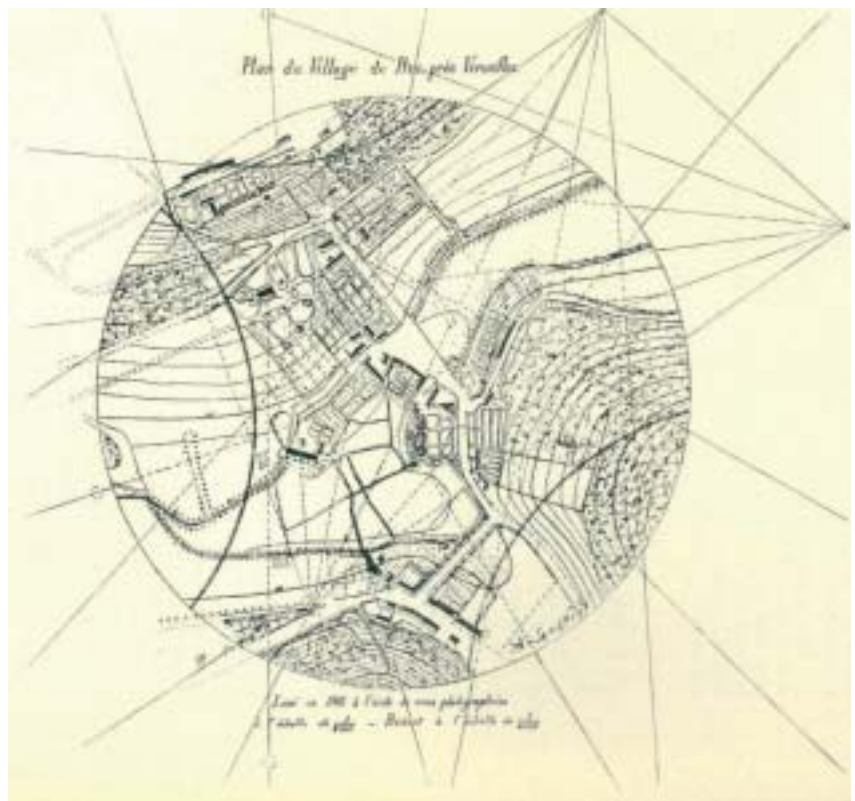
Efectivamente, en el mismo año 1862, la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales convocó el concurso siguiente: *Determinar los errores probables que deben resultar en los planos topográficos deducidos de dos perspectivas fotográficas, teniendo en cuenta todas las causas que puedan influir en su producción.* Al concurso se presentó únicamente una Memoria, que fue presentada en la Secretaría de la Academia el día 18 de abril de 1863, con el lema *Per varios usus artem experientia fecit (Manilius), sit modus in rebus.* El lema

fue extraído del primer libro de *Astronomica*, una extensa obra del poeta latino Marcus Manilius, contemporáneo de los emperadores Augusto y Tiberio. En el anexo B se reproduce la página en la que figura realzado el referido lema, cuya traducción libre podría ser que la experiencia es la madre de la ciencia. Estando tan reciente la publicación de otro trabajo mío sobre Laussedat y el comienzo de la fotogrametría en el Instituto Geográfico, me ha parecido más cómodo transcribir aquí gran parte de lo que allí comentaba a propósito de dicha Memoria; espero que los lectores sepan disculpar mi pereza al presentar ahora como principal novedad, con relación al anterior, el texto íntegro de la misma, la cual deja por tanto de ser inédita.

La resolución del concurso no se produjo hasta el año siguiente, dentro de la sesión celebrada por la Academia el día 29 de enero y presidida por el Marqués de Socorro, en ausencia del Presidente fundador Antonio R. Zarco del Valle. A la misma asistieron un total de quince académicos, entre los que cabe destacar a los Señores Terrero, Saavedra, Ibáñez y el astrónomo Aguilar; que actuó como Secretario. Tras dar lectura a los informes preceptivos de las secciones afectadas, se procedió a la votación mediante el escrutinio de bolas blancas y negras, resultando siete bolas blancas y ocho negras; de manera que el Presidente, en funciones, declaró que no había lugar a la adjudicación del premio por no contar con la mayoría absoluta. No obstante, de inmediato se procedió a una segunda votación para dilucidar si la Memoria presentada era digna o no del correspondiente *Accésit*, con el resultado de catorce bolas blancas y una negra.

Ante el resultado de la segunda votación, el Presidente consultó con el resto de los académicos la conveniencia o no de abrir el pliego correspondiente. Al ser la respuesta afirmativa, se procedió a ello, encontrando dentro del mismo otro pliego más pequeño en el que se hallaba escrito: *A. Laussedat Commandant du Genie, Professeur de Géodésie à l'École Polytechnique de Paris*. En consecuencia, el Presidente proclamó con toda formalidad que Laussedat había obtenido el *Accésit* como autor de la Memoria premiada por la Academia, debiéndole entregar una medalla de oro, a tenor de lo manifestado muchos años después por el propio Laussedat. A pesar de que se conserva el acta manuscrita de la sesión que se viene comentando (ver anexo C), hay que hacer notar la existencia de otro folio manuscrito, firmado por el Secretario, en el que se cita textualmente lo siguiente: "Primer Premio para el año 1863. Memoria nº 1. Presentada en Secretaría en 18 de Abril de 1863. El Secretario. Antonio Aguilar".

La Memoria presentada por Aimé Laussedat es un valioso documento que se conserva en la Biblioteca de la Real Academia de Ciencias, cuyas ochenta y seis páginas están redactadas con un perfecto castellano y con una caligrafía muy presentable y perfectamente legible. El único defecto que cabe atribuírsele es su inadecuada acentuación, totalmente disculpable y sin importancia cuando se tiene el carácter foráneo del autor. Su trabajo, titulado *Memoria sobre la aplicación de la fotografía al levantamiento de planos*, consta de una presentación y de un prolegómeno, como pasos previos a sus tres partes fundamentales, que culminan con una brillante conclusión y cuatro sustanciosas notas.



Restitución fotogramétrica de Buc, un pueblo en los alrededores de Versalles, incluida por Laussedat en la Memoria que presentó al concurso convocado por la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

La parte primera, comprendida entre las páginas 9 y 32, la dedica a establecer las bases de la teoría del levantamiento fotográfico, que desarrolla en dos capítulos: 1º) *Construcción de los planos perspectivas* y 2º) *Descripción y uso de la cámara oscura topográfica*, luego llamada fototeodolito. En el primero de ellos trata de las cuestiones que se indican a continuación: *División de las operaciones. Planimetría. Medición de la Base. Medición de los ángulos. Disposición de las vistas para la construcción del plano. Nivelación. Observación. Comprobación de la planimetría. Comprobación de la Nivelación*. Los

epígrafes del capítulo segundo son los siguientes: De la cámara oscura propiamente dicha. Del objetivo. Del cristal deslustrado de los bastidores. Del pie del instrumento. De los órganos geodésicos. Colocación en estación y rectificaciones del instrumento. 1º Dar una posición vertical al eje de rotación de la cámara oscura. 2º Rectificar el eje óptico del anteojo. 3º Dar al eje óptico del anteojo una posición horizontal y determinar el eje de colimación. Eje óptico y plano focal. Agujas de referencia. Colocación y comprobación de las referencias de la línea del horizonte y del punto principal. Determinación de la distancia del punto de vista al cuadro.

En el único capítulo de la parte segunda, entre las páginas 32 y 60, se trata de la *Discusión de los errores que hay que temer en la aplicación de la fotografía al levantamiento de planos*, que, como se recordará, era el tema central del concurso. Las cuestiones que aborda en su estudio son: errores que provienen de la formación de las imágenes por el objetivo. Corrección de los ángulos tomados sobre las fotografías. Curva de error. Amplitud constante de 30º adoptada definitivamente. Observación. Corrección de los ángulos de pendiente. Deformación en los ángulos de la prueba. Valuación numérica de los errores angulares. Grado de precisión de las operaciones gráficas. De la exactitud que se puede alcanzar en la planimetría. De la precisión de la nivelación. De los errores accidentales.

Designación de las referencias	Longitud de las líneas	Ángulos comprendidos entre las líneas	Ángulos observados en cada estación	Objetos observados
1ª			4-1-3	
2ª			12° 33'	
3ª			4-2-3	
4ª			102° 22'	
5ª			62° 33'	
6ª			8-2-6	
7ª			45° 33'	
8ª			1-2-3	
9ª			46° 3'	

El objeto de las once páginas de la tercera parte de la Memoria es detallar el *Conjunto de las operaciones de un reconocimiento*. Para ello analiza las operaciones geométricas, elección de las estaciones. Operaciones fotográficas. Bosquejos de detalle. Construcciones gráficas, dibujo en limpio del plano.

Números de las operaciones	Distancias de los puntos de la línea de horizonte al punto principal	Ángulos comprendidos entre los dos puntos	Distancia calculada del punto de vista al cuadro
1	2555	6,485	2505
2	2000	9,25	2503
3	1124	10,885	2502
4	1176	44,29	2500

Entre las conclusiones de Laussedat, que ocupan las cuatro páginas siguientes, destacaremos tres de sus últimos párrafos por vaticinar el futuro inmediato:

“Si el ejército español en Marruecos, si los ejércitos franceses en China, en Siria, en Méjico, hubiesen tenido ingenieros provistos de instrumentos fotográficos convenientemente dispuestos, los documentos traídos de estas comarcas cuya topografía es tan poco conocida, hubieran sido de una utilidad evidente durante la campaña misma, y serían de un interés inmenso para lo sucesivo, si otros acontecimientos viniesen a desarrollarse sobre el mismo teatro.

La fotografía hábilmente empleada utilizará todos los esfuerzos individuales, proporcionando por si misma elementos numerosos e incomparablemente más exactos que los que se hallan de ordinario tanto en los mapas manuscritos como en las vistas dibujadas al recorrer precipitadamente el terreno. Creemos pues no exagerar nada al decir que la fotografía debe representar en breve el primer papel en los reconocimientos rápidos. Otro tanto puede decirse respecto de su intervención tan apreciada ya en los viajes de exploración científica.

Designación de las referencias	Longitud de las líneas	Ángulos comprendidos entre las líneas	Ángulos observados en cada estación	Objetos observados
1ª				
2ª				
3ª				
4ª				
5ª				
6ª				
7ª				
8ª				
9ª				
10ª				
11ª				
12ª				
13ª				
14ª				
15ª				
16ª				
17ª				
18ª				
19ª				
20ª				
21ª				
22ª				
23ª				
24ª				
25ª				
26ª				
27ª				
28ª				
29ª				
30ª				

Tres estadillos incluidos por Laussedat en la Memoria con que concursó. El de la parte superior recoge la observación de una poligonal. En el del centro se estudia la variación de la distancia focal. El tercero le permitió analizar la exactitud de la nivelación

Por último no vacilamos en considerar las vistas fotográficas como destinadas a cooperar con ventaja a la ejecución de las operaciones de detalle emprendidas para la formación del mapa de los países accidentados. No sería difícil designar, sobre todo en España, los numerosos sitios en cierto modo inaccesibles a los medios de que disponen ordinariamente los ingenieros, y que el arte cuyas reglas hemos intentado establecer permitirá estudiar sin gran trabajo, al mismo tiempo que sirve para reproducir su aspecto pintoresco”.

El resto de las páginas de la Memoria lo ocupan cuatro notas, en las que se comentan los siguientes epígrafes: *Sobre la formación de los planos por las perspectivas. Sobre la orientación del plano. Sobre la estadía. Sobre el uso de los aparatos fotográficos ordinarios.*

La Memoria, íntegramente reproducida en el anexo D, iba ilustrada con las correspondientes figuras, aunque desgraciadamente hayan desaparecido, según se desprende de la información que me proporcionaron en la Academia de Ciencias. La explicación para esa posible negligencia puede que fuera dada, indirectamente, por el mismo Laussedat en su obra *Recherches sur les instruments, les méthodes et le dessin topographiques*, una obra monumental estructurada en cuatro capítulos. Los dos primeros los incluyó en el primer tomo, aparecido en París en el año 1898, que inicia con el mismo lema extraído del poema de Manilius; publicándose la primera parte del segundo, dedicado al capítulo tercero *Iconometría y Metrofotografía*, tres años después; finalmente, en el año 1903 se editó su último capítulo, dedicado al estudio del *Desarrollo y Progreso de la Metrofotografía en el extranjero y en Francia*. Concretamente, en la página 145 del libro en el que trata de la Metrofotografía, aparece una nota al pie de la misma, relativa a la Memoria, en la que se puede leer lo siguiente: “Ce travail, qui a valu à son auteur une médaille d’or, est conservé dans les archives de l’Académie, dont le secrétaire, que nous remercions ici, a bien voulu nous faire parvenir le plan et les photographies et nous a mis ainsi en état de pouvoir en prendre une copie, alors que nous ne devions plus espérer nous en procurer une, l’original primitif resté à Versailles ayant disparu”.



La Montaña Colonel en las Rocosas canadienses, llamada así como homenaje a Laussedat. El nombre le fue puesto por el Topógrafo irlandés Arthur Oliver Wheeler en el año 1911



Aimé Laussedat en una Medalla del Instituto de Francia

Naturalmente, este trabajo de Laussedat está muy influenciado por la Memoria que presentó a la Academia de París en el año 1859, cuyo título es en todo similar al de la que venimos comentando. Por otro lado, la Memoria española no es del todo inédita, ya que, en su versión francesa, fue parcialmente reproducida por el propio Laussedat. En efecto, en el volumen que dedicó a la Metrofotografía (París, 1901), ya citado, se puede comprobar como aparecen traducidos gran parte de las cuestiones tratadas en la Memoria con relación al fototeodolito, las cuales se ilustran convenientemente, al igual que sucedía con aquella. Precisamente, la nota a que antes se hacía referencia comenzaba así: «l’Académie des Sciences de Madrid ayant mis au concours la question du lever des plans à l’aide de la Photographie, nous lui avions adressé en 1863, un Mémoire accompagné du plan

de Buc, à l'échelle de 1/11000, sur lequel se trouvaient disposées les huit vues photographiées rattachées à leurs stations respectives, ce qui permettait de contrôler immédiatement l'exactitude des détails». Laussedat incluyó en su Memoria de Madrid ese soporte gráfico como ejemplo más palpable de la utilidad de su procedimiento fotogramétrico.

Ante los antecedentes que se acaban de exponer, es muy posible que Laussedat fuese invitado a participar en el Concurso convocado por la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Mi principal sospecha es que la invitación la formulase su amigo Ibáñez, cuando todavía no era miembro de la misma; aunque tampoco se puede descartar que fuese algún académico. Torroja dijo a este propósito (Conferencia sobre la Estereofotogrametría en el Instituto de Ingenieros Civiles, 21 de mayo de 1915) que la distinción de Laussedat le fue concedida a propuesta del "... ilustre Académico y General español D. Antonio Terrero". De manera que tampoco es descabellado pensar que, al haberse presentado un solo aspirante, gran parte de los académicos supiesen de antemano el nombre del autor del lema latino.

Sin embargo, ello no debe suponer menoscabo alguno para Laussedat y para el propio Concurso, pues entonces ya era una persona de reconocida valía profesional, no en vano enseñaba Geodesia en la Politécnica de París. En lo que se refiere al prestigio, Laussedat no dejó de incrementarlo en su brillante y dilatada trayectoria, al igual que sucedería con el de la Academia, que vería aumentar el suyo por haber participado en uno de sus Concursos un personaje tan ilustre. En cualquier caso, y con independencia del resultado de la primera votación, es indudable la importancia científica e histórica de la Memoria de Aimé Laussedat, la cual incidió de manera decisiva sobre el desarrollo posterior de la fotogrametría en España. A partir de las tres últimas décadas del pasado siglo XX, las experiencias de Laussedat, y todas las posteriores, revolucionaron las técnicas propias de los levantamientos de planos, hasta el punto que pronto se acuñó el término Topografía Clásica para referirse a la metodología convencional de los levantamientos.

Anexo A

Nota necrológica redactada por Edouard Gaston Deville

IN MEMORIAM

COLONEL A. LAUSSEDAT

Con profundo pesar hemos recibido la noticia de la muerte de uno de nuestros Miembros Honorarios, el Coronel Aimé Laussedat, un científico de renombre mundial y un hombre con una personalidad encomiable. El Dr. E. Deville ha tenido la amabilidad de preparar la siguiente nota biográfica para este boletín.

En Marzo del pasado año, los miembros del Club Alpino de Canadá se enteraron, con pesar, de la muerte del Coronel Aimé Laussedat, un miembro Honorario distinguido de este Club, tras una breve enfermedad de tan solo seis días. Aunque tuviese ochenta y nueve años, había realizado durante el pasado verano, lo que él llamó un viaje de placer a Italia, aunque lo aprovechara para visitar establecimientos científicos y de investigación relacionados con su trabajo. El cansancio del viaje resultó fatal para su salud, ya que poco después de su regreso enfermó

de gravedad. Sin embargo no tardó en recuperarse tras un prolongado descanso. Sintiendo mucho mejor, volvió a su residencia de París para participar en una votación de la Academia de Ciencias, asimismo había proyectado dar, el 24 de Marzo, una conferencia en la que pensaba hacer una especial mención a Canadá y al honor que se le había concedido al llamar con su nombre a uno de los picos de las Montañas Rocosas ¡Ay de mí! Seis días antes de la fecha prevista para su conferencia recayó en su reciente enfermedad, que esta vez resultó fatal.

Nacido en 1819, Laussedat fue admitido en la Escuela Politécnica en 1838, graduándose en 1840 como Oficial de Ingenieros. Siendo Capitán de Ingenieros fue destacado, entre 1846 y 1848, al levantamiento de la Cordillera Pirenaica, límite fronterizo entre España y Francia. Fue durante esos trabajos topográficos cuando concibió la idea de aplicar la perspectiva a los mismos, obteniéndola mediante una cámara clara de su propia invención. Con el descubrimiento de la fotografía, su método se transformó en topografía fotográfica, o Fotogrametría, como ahora es llamado.

Desde 1856 a 1870 fue Profesor de Astronomía y Geodesia en la Escuela Politécnica, Comisionado para el límite franco-alemán en 1871-1873, Director de Estudios de la Escuela Politécnica entre 1879 y 1881, y desde 1881 a 1900 Director del Conservatorio de Artes y Oficios, contrapartida francesa del South Kensington Museum. Poseía la Gran Cruz de la Legión de Honor, fue Coronel de Ingenieros y miembro de la Academia de Ciencias. La lista de sociedades científicas, francesas o no, que se enorgullecían de tenerlo como miembro, e incluso como Presidente o Vicepresidente, es demasiado extensa para reproducirla aquí.

El fue por todos conocido como padre de la Fotogrametría. El fue el primero en detallar los principios de ese arte y sus inmediatas aplicaciones. Sus trabajos, publicados en 1854, 1859 y 1864, contiene el tratamiento integral de la materia, habiéndose producido pocas innovaciones desde su publicación. La primera aplicación práctica y global de la Fotogrametría tuvo lugar en Canadá. Aunque Laussedat vivió lo bastante como para verla aplicar en otros países, Canadá siempre ocupó un lugar preferente en su corazón. Los árboles y plantas de las Rocosas Canadienses, que tenía por la atención especial de nuestro Presidente, siempre los mostraba con orgullo a cualquiera que visitase su jardín y eran objeto de su especial cuidado.

Era uno de los científicos más distinguidos, además de un trabajador incansable. Fue autor de innumerables artículos en revistas científicas y publicaciones periódicas. Además de conferenciante muy solicitado, publicó una gran cantidad de libros. Uno de sus últimos trabajos, *Researches on Topographic Instruments, Methods and Drawing*, es una obra maestra de 950 páginas, tamaño octavo, que se publicó cuando ya contaba con ochenta años de edad. Hasta sus últimos días mantuvo activa correspondencia con numerosos amigos y admiradores de su obra, tanto de Francia como de otros países.

Pocos hombres en Francia han llegado tan alto ante la opinión pública. Contaba entre sus amigos a casi todos los franceses que habían alcanzado notoriedad en el campo de las ciencias, literatura, arte y otros. Optimista y entusiasta por naturaleza, fue uno de los pocos seres afortunados que sólo ven el lado positivo de sus semejantes; al oírle a él, sus amigos encarnaban la perfección y todo lo que sabía de ellos era benéfico para él.

Inquebrantable republicano, como la mayoría de los graduados en la Escuela Politécnica, soportó conmovido el golpe de estado de Napoleón III, incluyendo la forzosa disolución del Parlamento y su apropiación del trono; tal como le comentó con resignación a su amigo Mr. Vai-

llant, uno de los nuevos Ministros del emperador. Vaillant conocía bien a Laussedat y apreciaba su inmenso talento: él evitó que adoptara alguna decisión que hubiese resultado imprudente.

En Septiembre de 1852 se casó con la Sra. Cruel. Por entonces el inminente conflicto entre Austria y los ejércitos aliados de Francia e Italia ya estaba anunciado. De indudable sentido práctico, Laussedat pensó que se presentaba una oportunidad única para compaginar trabajo y placer, de modo que eligió para su viaje de novios la ciudad de Venecia, probable campo de batalla al tratarse de una provincia austriaca. Estando ya de luna de miel, ocurrió que la pareja llegó en uno de sus paseos a las proximidades de las fortificaciones, encontrándose con un guardián austriaco insensible que consideró tan sospechoso su comportamiento que interrumpió de mala manera el paseo y los metió en la cárcel. Antes de ser cacheados, Laussedat consiguió librarse de sus instrumentos topográficos y probar que él y sus esposa sólo eran inocentes turistas, pero esa es otra historia. Finalmente fueron liberados, no sin antes insinuarles la conveniencia de que abandonasen la ciudad antes de que las autoridades pudiesen cambiar de opinión. El resultado de esta temprana experiencia pesó lo suficiente para que la Sra. Laussedat adquiriera el firme convencimiento de que el celo de su marido y su fuerte temperamento podrían llevarlo demasiado lejos, de ahí que ella siempre procurara recomendarle cordura y circunspección.

Sin embargo su vigilancia no podía ser tan permanente como para impedir descuidos, así sucedió, por ejemplo, con ocasión de la primera ascensión en globo con el fin de realizar observaciones meteorológicas ¿Quién podía resistirse a una tentación como esa? Laussedat desde luego que no, aunque alguien le reprochase después que tuviera que ponerse en manos del médico, tras un accidentado aterrizaje.

La bondad natural del hombre donde mejor se aprecia es en la intimidad de su hogar. Los que han tenido la oportunidad de disfrutar de su hospitalidad en su hermosa casa de campo, *The Priory*, lo recordarán siempre como un conversador especialmente ameno; habida cuenta de su inagotable repertorio, alimentado por haber conocido personalmente a todos los hombres prominentes de su tiempo y haber sido protagonista en la mayoría de los grandes acontecimientos de la historia contemporánea de Francia. Oírle contar sus reminiscencias de hombres y cosas, y explicar los entresijos de algunos acontecimientos fue un placer que nunca olvidaré.

E.D."

Anexo B

El lema latino de Laussedat

M. MANILII ASTRONOMICON LIBER PRIMUS

Carmine divinas artes et conscia fati sidera, diversos hominum variantia casus, caelestis rationis opus, deducere mundo aggredior primusque novis Helicon a movere cantibus et viridi nutantis vertice silvas, hospita sacra ferens nulli memorata priorum.

.....
.....
.....
.....

[53] singula nam proprio signarunt tempora casu, longa per assiduas complexi saecula curas: nascendi quae cuique dies, quae vita fuisset, in quas fortunae leges quaeque hora valeret, quantaque quam parvi facerent discrimina motus.

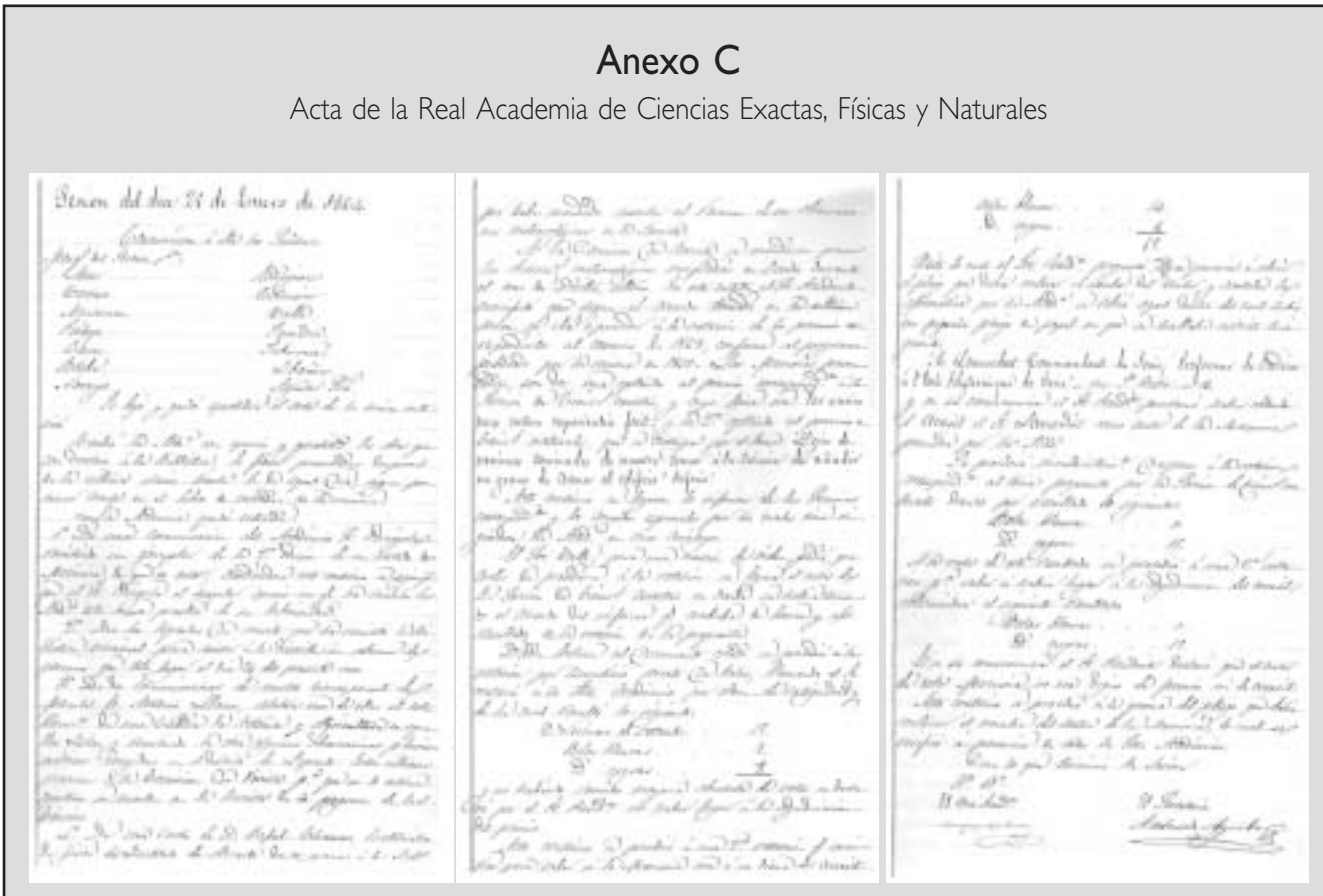
postquam omnis caeli species redeuntibus astris percepta in proprias sedes, et reddita certis factorum ordinibus sua cuique potentia formae, per varios usus artem experientia fecit exemplo monstrante viam speculataque longe deprendit tacitis dominantia legibus astra et totum aeterna mundum ratione moveri factorumque vices certis discernere signis. nam rudis ante illos nullo discrimine vita in speciem conversa operum ratione carebat et stupefacta novo pendeat lumine mundi, tum velut amissis maerens, tum laeta renatis

.....
.....
.....

El lema de Laussedat: una frase que incluyó el poeta Marcus Manilius en su *Astronomica*. ■

Anexo C

Acta de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales



Continuará

La E-Administración Territorial del año 2015: ¿Una visión o una realidad?

Winfried Hawerk

PRESIDENTE DEL GRUPO DE TRABAJO 3 DE LA COMISION 7 DE LA FIG

Resumen

Muchos de los desarrollos en el sector técnico y en el administrativo suelen seguir algunas de las tendencias mundiales. En la mayoría de los países desarrollados se han iniciado e impulsado los proyectos relacionados con el “e-gobierno” (el gobierno en la red) y las Infraestructuras de Datos Espaciales, donde han alcanzado distintos grados de implementación. Estos proyectos influyen en el sector de la administración territorial, ya que es parte esencial de los mismos. En especial, los proyectos de Infraestructuras de Datos Espaciales sólo alcanzarán el éxito cuando todos los que en ellos participen sigan las mismas reglas. La Normativa Internacional tiene cada vez mayor importancia. La Comisión 7 de la FIG apoya aquellas actividades que tienen como finalidad diseñar un modelo catastral que pudiera ser un elemento básico de estas herramientas de software estandarizadas.

El desarrollo técnico de los sectores de Internet, telecomunicación y “e-comercio” (comercio electrónico) permiten a la administración nuevas formas de operar y una mejor diseminación de sus datos. Los e-impresos y la e-transmisión de documentos abrirá nuevas formas de cooperación entre los sectores público y privado en el área de la administración territorial.

Son muchos los países, especialmente en Europa, que se hallan en medio del proceso de renovación de su Tecnología de la Información, con la que operan sus sistemas de administración territorial. Los nuevos sistemas de gestión de bases de datos orientadas a objetos, junto con sus componentes de procesamiento y presentación de datos, permitirán una reorientación de sus procesos hacia campos más comerciales. La moderna tecnología de los móviles, junto con los sistemas de navegación de satélite, permitirá optimizar el flujo de trabajo desde la oficina al campo y viceversa.

La práctica topográfica cambiará, de forma dramática, con la transformación de las coordenadas de los límites existentes a sistemas de coordenadas de referencia modernos, tales como el ETRS89 en Europa. Ya no serán necesarios los puntos de control fijos.

Estos desarrollos influirán sobre las estructuras existentes en las oficinas catastrales. Cuando se comience a trabajar para alcanzar estos objetivos, se logrará una mayor eficacia en relación al coste y unos servicios mejor orientados hacia el cliente. O nuestra profesión es capaz de diseñar y desarrollar el medio de trabajo técnico y organizativo que afronte estas necesidades del futuro o seremos los perdedores en este juego.

Este artículo intenta dar una visión de una oficina catastral moderna y de sus procesos de trabajo en la sociedad de la información del año 2015, cuando el catastro del 2014 sea algo del pasado.

Abstract

A lot of developments on the technical and the administrative sector follow some global trends. E-government and SDI-projects have been initiated and launched in most developed countries and reached different stages of implementation. These projects influence the Land administration sector because it is an essential part of these projects. Especially SDI-projects will only be successful when all players in the game follow the same rules. International Standards become an increasing importance. FIG Commission 7 supports activities for a cadastral domain model which can be a basic element of these standardised software tools. The technical development on the sectors internet, telecommunication and e-commerce allow completely new ways and opportunities of the administration and distribution of data. E-application and e-conveyancing of documents will open new ways of cooperation between the public and the private sector in the area of Land Administration.

A lot of countries especially in Europe are in the middle of a renewal process of their information technology operating their land administration systems. The new object-oriented data base management systems together with their processing and presentation components will allow business re-engineering processes. Modern mobile technology together with satellite navigation systems will allow an optimised workflow from the office to the field and back.

The surveying field practice will change dramatically by transformation of existing boundary coordinates into modern reference systems like ETRS89 in Europe. Fixed control-points are not necessary any more.

These developments will influence the existing structures in cadastral offices. Higher costefficiency and better customer oriented services will be possible when we start working towards these objectives now. Will our profession be able to design and carry out the technical and organisational environment to meet the future requirements or will we be the losers in this game.

This paper tries to describe a vision of a modern cadastral office and its work processes in the information society of the year 2015 when Cadastre 2014 is past already.

I. INTRODUCCIÓN

Se estima que un 80% de toda la información está referenciada espacialmente. En todas las decisiones públicas y privadas existe una componente espacial. Los datos espaciales se producen a distintos niveles, con diferentes contenidos y distintos estándares. En Alemania, se estima que el mercado de geodatos mueve un volumen de más de 250 millones de euros, con un crecimiento anual de un 10 a un 30%. El creciente número de datos y su funcionalidad son los problemas clave para la eficacia de la gestión de los geodatos.

Este es el motivo por el que se están tomando decisiones de índole política y económica con el fin de establecer unas Infraestructuras de Datos Espaciales a nivel nacional e internacional. A nivel europeo, la iniciativa INSPIRE constituye un factor de importancia para establecer una Infraestructura de Datos Espaciales Europea (ESDI). El gobierno federal de Alemania, junto con las autoridades topográficas de los 16 estados, están trabajando en la iniciativa INSPIRE, así como a nivel nacional, para establecer una Infraestructura de Datos Espaciales de Alemania (Geodateninfrastruktur-Deutschland GDI-DE).

A nivel nacional, al menos, se identifican los datos catastrales y los conjuntos de datos topográficos de ATKIS (Sistema de Información Topográfica y Cartográfica Oficial) de las autoridades topográficas de los 16 estados, como elementos básicos del GDI-DE. Las autoridades catastrales alemanas están en la actualidad estableciendo el nuevo sistema ALKIS. Este nuevo estándar ayudará a superar algunos de los grandes obstáculos del pasado e impulsará la provisión, a nivel nacional, de datos catastrales estandarizados.

Los desarrollos técnicos sobre Internet y en el sector del e-comercio y de las comunicaciones, están abriendo nuevos caminos y oportunidades para la adquisición, administración y distribución de datos. Los e-impresos y la e-transmisión de documentos abrirán nuevas formas de cooperación entre los sectores público y privado en el área de la administración territorial. Todo ello implica la necesidad de un nuevo marco de trabajo legal y organizativo. Las soluciones técnicas ya están más o menos disponibles. Permitirán a las autoridades catastrales establecer un flujo de trabajo de nuevo diseño, aunque todavía sigue siendo una enorme tarea el mantener al día los datos, de forma que se logren los beneficios de un flujo de trabajo totalmente digital.

El proceso de renovación de la Tecnología de la Información en los sistemas de la administración territorial está en marcha en Europa. La mayoría de los países van hacia unos sistemas de gestión de bases de datos más estandarizados. Este tipo de desarrollo es el adecuado. La práctica de la topografía de campo está también cambiando, de acuerdo con la implementación del ETRS89 en el catastro. El nuevo programa europeo de posicionamiento por satélite GALILEO, permitirá un mejor acceso a los datos de navegación y un uso de los sistemas de levantamientos cinemáticos en tiempo real mayor que en la actualidad.

La creación de archivos digitales con los datos de los levantamientos y de otros registros catastrales serán otras componentes adicionales necesarias para afrontar las necesidades del futuro.

2. DESARROLLOS EN EUROPA

2.1. INSPIRE

INSPIRE es un marco de trabajo legal que está siendo desarrollado por los servicios de la Comisión Europea, junto con funcionarios oficiales y expertos a niveles nacionales, regionales y locales, de los estados miembros y de aquellos estados aspirantes a serlo. Debe implementarse, a través de la Unión Europea, a partir de los años 2006 y 2007 con diferentes tipos de información geográfica, gradualmente armonizada e integrada, originando así una Infraestructura de Datos Espaciales Europea. Uno de los objetivos clave de INSPIRE es poner los datos espaciales a disposición de la toma de decisiones comunitarias e implementarlos en un amplio rango de temas, comenzando con la política medioambiental y posteriormente extendiéndolos a otros sectores, tales como la agricultura, el transporte, etc. (ver la página web de INSPIRE <http://inspire.jrc.it>).

El geoportal de INSPIRE es el punto de acceso a los datos espaciales y servicios europeos en Internet. Por el momento se trata de un prototipo y la versión experimental se encuentra en <http://eu-geoportal.jrc.it/>. La información geográfica, y en particular los datos catastrales, pueden servir como fundamento para las estructuras legales, administrativas y tecnológicas de toda la administración pública (Scheenach, 2003). A la vista de la situación en Europa, los datos catastrales no desempeñan en INSPIRE un papel importante. Puede que las razones estriben en la actual situación del catastro y en los diferentes sistemas legales de admi-

nistración territorial que se pueden encontrar en Europa. En tanto no exista en Europa una mayor normativa en la cartografía catastral que la que hay actualmente, no existirá la oportunidad de que los datos catastrales desempeñen un papel importante.

Los datos catastrales ofrecen una garantía de confidencialidad, precisión y actualidad y cumplen unos estrictos requisitos de calidad. Las mayores ventajas que se pueden obtener del empleo de los datos catastrales, como información básica para dar soluciones e-gubernamentales, estriban principalmente en su plena cobertura y en el permanente mantenimiento de los datos. Los datos catastrales son los indicadores de un amplio rango de informaciones relacionadas y pueden ser empleados para la creación de un valor añadido a los datos destinados a los servicios e-gubernamentales.

2.2. Normalización

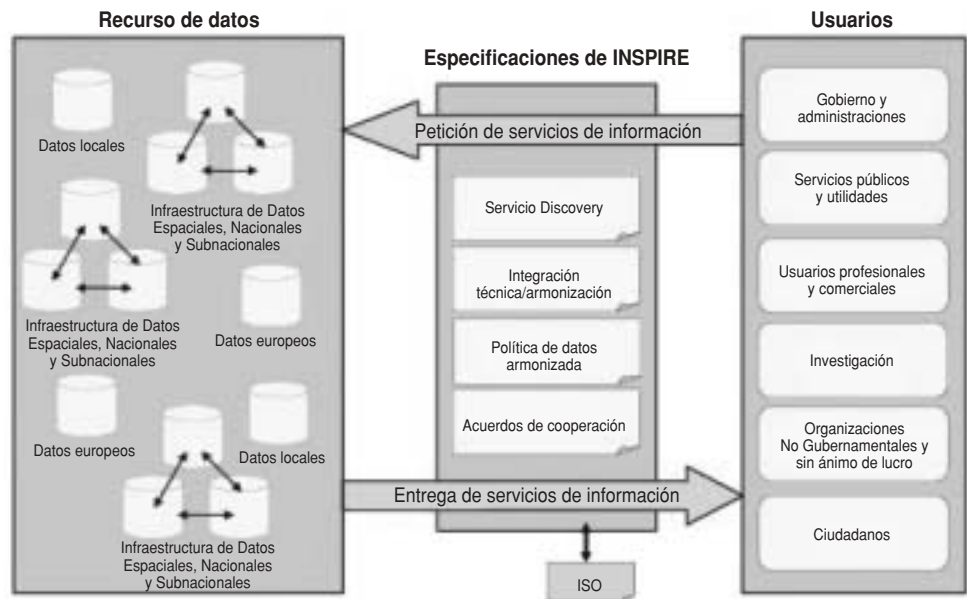
El empleo de unas normas internacionales comunes es un elemento clave para el desarrollo e implantación de proyectos de Infraestructuras de Datos Espaciales, tanto a nivel internacional como a nivel nacional, regional e incluso local. Los servidores de geodatos, diseñados para suministrar a distintos clientes datos de diferentes fuentes sólo funcionarán sin trabas bajo un alto nivel de estandarización.

Desde hace ya algunos años, la ISO está trabajando en una normativa para los lenguajes de descripción de las bases de datos. Las normas están prácticamente concluidas y en Alemania ya se emplean, por ejemplo, para la descripción del modelo AFIS-ALKIS-ATKIS. La descripción de este modelo ya se ha concluido. Incluye información acerca de los puntos de control (AFIS), catastro (ALKIS) y datos topográficos (ATKIS).

El OpenGIS Consortium (OGC) es una institución internacional en la que trabajan las principales compañías de SIG y de bases de datos, junto con personal del gobierno, universidades, etc., con el objetivo de elaborar unos elementos comunes para los sistemas de cartografía digital. El OpenGIS Consortium (OGC) trabaja en estrecha relación con ISO en el campo común de sus actividades.

El resultado de este proceso de normalización será una interoperatividad, mediante el uso de interfases normalizadas, entre los distintos sis-

Flujo de trabajo de INSPIRE



temas de Geo-información y un acceso *on-line*, vía Internet, a las diferentes bases de datos, usando los servicios del OpenGIS Consortium OGC en la red.

La Comisión 7 de la FIG trabaja en el campo de la definición de una normativa modular para el dominio catastral (Lemmen, 2003). La idea es crear una normativa para una base elemental de datos catastrales, empleando unos lenguajes de descripción normalizados. Estos datos básicos pueden ser empleados, en países de todo el mundo, como una herramienta básica para el diseño de bases de datos digitales catastrales. Con este desarrollo se pretende que el uso de estos modelos haga mucho más fácil que ahora la comunicación de los datos catastrales o el acceso a los mismos a través de las fronteras de la Unión Europea. Las transacciones de terrenos en Europa podrían procesarse casi de la misma forma, con un sistema normalizado, pese a ser diferentes los sistemas legales.

2.3. GALILEO

GALILEO es el nuevo sistema de navegación por satélite, lanzado el último año por la Unión Europea y la Agencia Espacial Europea. Dado que los sistemas de satélite existentes, GPS de los EEUU de América y GLONASS de Rusia, son unos sistemas militares, GALILEO es el primer sistema de navegación civil. GALILEO se basa en una constelación de 30 satélites. Los satélites operacionales de GALILEO serán puestos en órbita entre los años 2006 y 2008.

Cuanto más satélites haya disponibles para las aplicaciones topográficas, más sencillos y fáciles serán los trabajos de campo y más efectivos en re-

lación con los costos. La red de estaciones de referencia permanentes podría ser diseñada con una menor densidad, lo que permitiría suministrar sus servicios a un nivel más efectivo con respecto al coste.

3. DESARROLLOS EN ALEMANIA

3.1. La Infraestructura de Datos Espaciales de Alemania GDI-DE y el sector de la administración territorial

El Gobierno Federal de Alemania, junto con las autoridades topográficas de los 16 estados, están trabajando en una Infraestructura de Datos Espaciales Nacional (Geodateninfrastruktur-Deutschland GDI-DE), para atender las demandas de los usuarios y enfrentarse a los importantes problemas que, sobre todo, se encuentran en aquellas estructuras de datos que no se ajustan a las normas internacionales, por la documentación insuficiente y poco homogénea y la inconsistente política de precios y licencias de los proveedores de datos públicos.

Para mejorar la coordinación en el campo de la Geo-información, el gobierno federal estableció en 1998, el Interministerieller Ausschuss für Geoinformationswesen (IMAGI – Comité Interministerial de Geo-información). En él participan y colaboran todos los interesados en la construcción del GDI-DE y a todos los niveles. GeoMIS.Bund es el nuevo sistema de metadatos que integra todos los esfuerzos a nivel federal. Este sistema de metadatos formará parte del GeoPortal.Bund que constituirá la principal entrada al GDI-DE y que podrá integrarse en la Infraestructura de Datos Espaciales de Europa. En lo que respecta al geoportales de INSPIRE, el GeoPortal.Bund podrá actuar como un nodo del mismo. La Infraestructura de Datos Espaciales de Alemania está muy bien desarrollada, debido al interés político que existe y al marco de trabajo que se ha establecido. La colaboración entre los sectores público y privado es un factor muy importante.

3.2. El e-gobierno en la administración territorial

A comienzos del año 2001 llegó un apoyo político adicional, cuando el parlamento alemán aprobó la resolución de implementar rápidamente la Infraestructura de Datos Espaciales de Alemania y promocionar el uso interdepartamental de la Geo-información en el sector público. También se estableció que la coordinación de las actividades de la Geo-información fuese responsabilidad del gobierno federal, con la ayuda de los 16 estados, y se comenzaron a establecer colaboraciones con el sector privado y el académico.

Otro importante paso hacia delante para hacer operativa la iniciativa “e-gubernamental Bund online 2005”, fue la de establecer el Centro de Geodatos (ya fundado en 1996) dentro de la Agencia Federal de la Cartografía y la Geodesia (BKG). En él están todavía disponibles los datos topográficos.

Debido a la organización del sector de la administración territorial, va a ser una enorme tarea el hacer disponibles los datos catastrales, sin cos-

turas o interrupciones, a lo largo de todo el país. La organización de este sector, según la Constitución de Alemania, no está diseñada para atender este tipo de demandas por parte del usuario. Así que no será operativa en un futuro próximo. Pero uno de los trabajos más importantes de las autoridades topográficas, a todos los niveles, es ponerse de acuerdo en una normativa común, crear un canal de distribución común y establecer una política común de precios.

4. DESARROLLOS EN EL SECTOR DE LA ADMINISTRACIÓN TERRITORIAL

El simposio de la FIG sobre las estrategias en la renovación de la tecnología de la información en los países europeos, mostró que la mayoría de los países de la Europa Occidental se están enfrentando, durante estos últimos años, al problema de modificar sus medios de tecnología de la información, y todos más o menos al mismo tiempo. Todos ellos saben que tienen la misión de renovar su tecnología de la información mientras el momento sea el adecuado, es decir, mientras que el proceso de migración no influya negativamente en la actividad de los negocios. Además de aquellos aspectos de índole más tecnológica, también son muy importantes los que se enfocan a los usuarios: en la mayoría de los países la estrategia política se centra más específicamente en la provisión de datos e información no sólo al público, sino principalmente al sector privado. Las claves que siguen son:

- Un acceso a la información, basada en la tecnología Internet
- La e-administración territorial es una parte integrante del servicio e-gubernamental y del e-comercio. Los nuevos desarrollos en el diseño de la gestión de bases de datos se ajustan a la normativa internacional. El e-gobierno y la Infraestructura de los Geodatos deben funcionar usando unos estándares, ya que de no ser así los distintos componentes no funcionarían juntos, tal y como debieran.

La primera base de datos catastrales completamente diseñada siguiendo las normas ISO es el sistema oficial alemán de información catastral ALKIS.

4.1. ALKIS

ALKIS se ha presentado en la FIG en diversas ocasiones (por ejemplo, Seifert, 2002). Esta nueva metodología fue implementada con el fin de armonizar, por un lado las estructuras de los mapas catastrales digitales existentes y las bases de datos topográficos ATKIS y para integrar el mapa catastral y el registro catastral digital en un único modelo, ya que, hasta ahora, habían estado normalmente separados por razones técnicas e históricas.

Este modelo de datos conceptual está basado completamente en objetos y describe los elementos geográficos y no geográficos, así como sus relaciones (asociaciones). Con el fin de describir este modelo de forma normalizada, su diseño se basó en propuestas de la normativa ISO en el campo de la información geográfica.

La mayoría de los estados de Alemania están a punto de implantar este nuevo sistema en los próximos años. La industria de los SIG está desarrollando las soluciones de software. Los usuarios utilizarán una tecnología tipo *browser* (echar un vistazo de forma rápida) para acceder al sistema. Éste es uno de los factores importantes para adecuar el catastro para el e-gobierno y la Infraestructura de los Geodatos.

4.2. SAPOS y ETRS89 en el catastro de Alemania

SAPOS es un servicio público destinado a las aplicaciones de GPS diferencial en tiempo real o con post-proceso. Se han instalado 250 estaciones permanentes de referencia GPS por toda la República Federal, con unas distancias de separación de 40 a 70 km. SAPOS ofrece diferentes servicios, con diferentes niveles de precisión. A efectos catastrales, el más importante es el servicio de posicionamiento de alta precisión en tiempo real HEPS. HEPS permite las aplicaciones de GPS RTK con una precisión de 1 a 5 cm, lo que es suficiente para los levantamientos catastrales.

Conseguir todos los beneficios de los métodos de levantamiento por GPS RTK sólo será posible si las coordenadas de todos los límites catastrales se basan en un sistema de referencia adecuado. En Europa éste es el sistema ETRS89. El Comité de Trabajo de las Autoridades Topográficas de los Estados de la República Federal de Alemania, que es el organismo responsable de este tema, decidió, en 1991, introducir este sistema de referencia en el sector del levantamiento topográfico nacional y del catastro de propiedades de fincas. En 1995 se confirmó esta decisión y se estableció UTM como sistema de proyección.

Algunos de los estados están en la actualidad en proceso de implantar el ETRS89 en el catastro. Durante dicho proceso se pueden identificar algunas tensiones dentro de los viejos sistemas de coordenadas, que pueden, en consecuencia, ser compensadas (Hawerk, 2002). Al establecer este sistema ya no es necesario mantener los puntos de control existentes. Esta estrategia permite obtener una mejor relación coste-beneficios en el establecimiento del servicio SAPOS.

4.3. Flujo de trabajo

A la hora de implantar los mapas digitales catastrales y los registros, fueron muchas las autoridades catastrales que comenzaron a digitalizar sus archivos, incluyendo las libretas analógicas de campo, los resultados de los levantamientos y muchos otros documentos relacionados con las parcelas, mediante el escaneado de dichos documentos y actualizando los necesarios sistemas de búsqueda con la información acerca de dónde encontrar aquellos documentos digitales relacionados con una parcela específica.

Los archivos digitales, junto con el ETRS89 y las coordenadas de las líneas límite, libres de todas las tensiones, además de unos procesos ca-

tastrales bien definidos y unas interfases de datos adecuadas, permitirán un flujo de trabajo sin interrupciones, desde el campo a la oficina y viceversa.

Los resultados de los levantamientos pueden obtenerse, de acuerdo con las regulaciones del ALKIS, como objetos ALKIS. Estos resultados se comprobarán mediante un proceso de calificación bien definido, que será empleado automáticamente para actualizar las bases de datos originales. Los registros de los levantamientos se almacenarán en el archivo digital, portando la signatura digital de la persona que fue responsable de dicha actualización.

Estos procesos normalizados permitirán unas nuevas formas de cooperación entre los topógrafos privados, con licencia para ejercer la profesión, y las autoridades públicas, que son las responsables de la base de datos catastral.

Los métodos de los levantamientos cambiarán hacia métodos híbridos, empleando equipos GPS RTK junto con estaciones totales, controladas por software de SIG que emplean los equipos topográficos, únicamente como un dispositivo para medir las posiciones. La conexión entre los diferentes equipos será inalámbrica, empleando la tecnología *bluetooth* u otra apropiada. Esta tecnología ya existe hoy día.

5. ¿QUÉ HACER DURANTE LOS PRÓXIMOS AÑOS?

Uno de los mayores retos de los servicios catastrales es enfrentarse adecuadamente a las necesidades del futuro. Los problemas tecnológicos están ya más o menos resueltos. En los próximos años será más importante encontrar nuevas estructuras organizativas, no sólo en el sector público, sino en el proceso de su trabajo conjunto con el sector privado, a fin de crear un servicio catastral de proceso electrónico para los clientes y usuarios públicos y privados.

Es de esperar que los servicios públicos que logren beneficios económicos sean cuestionados cada vez más por el sector privado. Por este motivo, está claro que, en el futuro, deben desarrollarse modelos que hagan posible una coexistencia y una asociación comercial entre las instituciones públicas y privadas. Durante los próximos años habrá que volcar muchos esfuerzos en el proceso de migración, desde los registros y los mapas digitales catastrales, a la nueva normativa de ALKIS. Es la gran oportunidad para que el catastro de Alemania introduzca una norma común, no sólo en el software y en las interfases, sino también en los conjuntos básicos de datos.

Los sistemas de archivos digitales han sido introducidos por algunas de las autoridades catastrales. Únicamente se pueden alcanzar los beneficios completos cuando se pueda acceder digitalmente a todos los documentos relevantes. Los profesionales podrán acceder a los archivos digitales vía Internet y de esta forma se mejorará la transferencia de datos entre

las oficinas catastrales y los topógrafos particulares. Además, existe el precepto legal de introducir la firma digital. Sólo quedan por solucionar, en un futuro cercano, algunos aspectos técnicos.

La total introducción del sistema ETRS89 en el catastro, junto con las coordenadas de los límites, libres de tensiones, procedentes de la antigua red de puntos de control, es uno de los grandes trabajos del futuro catastro de Alemania. La introducción del ETRS89 debe ir de la mano con la creación de coordenadas en las zonas en las que los resultados de los levantamientos catastrales no hayan sido aun transformados. Los procedimientos necesarios pueden mejorarse empleando un software basado en unas herramientas de transformación inteligentes. Las coordenadas reales se emplearán en los sistemas cartográficos, siempre que las coordenadas de los mapas empleados no procedan de la digitización de anticuados y no muy precisos mapas analógicos. Todas estas actividades permitirán que se establezca un flujo de trabajo fluido, desde la oficina hacia el trabajo de campo y viceversa, y constituyen un importante factor para dar un mejor servicio a los usuarios, tanto del sector público como del privado.

6. CONCLUSIÓN

Los datos catastrales son fundamentales en las estructuras legales administrativas y tecnológicas de la totalidad de la administración pública, siempre y cuando las autoridades responsables del catastro de Alemania sean capaces de afrontar las necesidades del futuro. Sin embargo, estos

datos sólo alcanzarán su debida importancia en el e-gobierno cuando se ajusten a unos estándares definidos y estén disponibles en todo el país. Su aceptación mejorará también cuando se armonicen los diferentes sistemas de precios.

No es fácil describir los desarrollos del futuro (sirva de ejemplo el pronóstico meteorológico de los próximos tres días), en especial cuando el desarrollo tecnológico (los expertos dicen que un año en Internet dura tres meses) alcanza a llegar al público y en especial al sector legal. Este artículo ha intentado describir las necesarias mejoras de los datos y de los servicios públicos en el catastro de Alemania durante los próximos años. Lo cual no es una tarea fácil, debido a las circunstancias constitucionales de Alemania. No obstante, somos optimistas en que alcanzaremos estas metas.

REFERENCIAS

- Hawerk, Winfried (2002). *Cadastre 2020 – New Trends in Germany's Cadastre*, FIG Congress 2002.
- Lemmen, Christiaan y otros (2003). *A modular standard for the cadastral domain*.
- Schennach, Gerda (2003). *Cadastre – a part of e-government* (artículo presentado en el 2º Congreso Polaco de Catastro, Cracovia).
- Seifert, Markus (2002). *On the Use of ISO Standards in Cadastral Information Systems in Germany*, FIG Congress 2002 ■



ACRE

Leica
Geosystems



Biblioteca Nacional de Madrid



ARQUITECTURA · ESTRUCTURAS · TUNELES · PLANTAS INDUSTRIALES

www.laserescaner.com
laserescaner@acre-sl.com

Alquiler y Venta



GPS TIEMPO REAL

Serie 1200 con X-Funtion
Serie 500

ESTACIONES TOTALES

SmartStation
Serie 1200 con X-Funtion
Serie 800 - 700 - 400

NIVELES

NA2/NAK2
DNA10/03

ACCESORIOS

Software
Material para marcado

Alquile y Compre en **ACRE**
Siempre las mejores condiciones

El servidor FTP de la Red de Estaciones Permanentes GPS del IGN

Rafael Quirós Donate, Miguel Ángel Cano Villaverde, José Antonio Sánchez Sobrino y Marcelino Valdés Pérez de Vargas

CENTRO DE OBSERVACIONES GEODÉSICAS

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL

I. INTRODUCCIÓN

El Área de Geodesia del Instituto Geográfico Nacional viene desarrollando desde 1998 una red de estaciones permanentes GPS que cubre todo el territorio nacional. La red de estaciones permanentes del IGN, denominada ERGPS, se encuadra dentro de la jerarquía de Redes Geodésicas del grupo de trabajo VIII CERCO, actualmente EUREOGEOGRAPHICS como Clase A, lo que implica un conjunto de puntos integrados en el ITRF con coordenadas y campos de velocidades con $\sigma < 1$ cm independientes de la época de observación.

Los objetivos de dicha red se pueden resumir en:

- Obtención de coordenadas muy precisas y campo de velocidades en todos los puntos de la red.

- Contribución a la definición de los nuevos Sistemas de Referencia Globales (ITRFxx) en el territorio nacional.
- Ser puntos fundamentales de la Red Europea EUREF de estaciones permanentes (EPN) para la densificación de los marcos globales y definición del sistema ETRS89 (<http://www.euref-iag.net> y <http://www.epncb.oma.be>)
- Utilización de los registros de datos continuos para estudios de Geodinámica, troposfera, ionosfera, meteorología, etc.
- Definir una red fundamental como apoyo para aplicaciones en tiempo real de correcciones diferenciales (DGPS) y RTK.
- Proporcionar a los usuarios de GPS, públicamente, los datos para trabajos geodésicos, cartográficos, topográficos y de posicionamiento en general.



Fig. 1. Red de estaciones permanentes GPS del IGN

2. LA RED ERGPS

Actualmente 17 estaciones conforman la red, estando previstas la instalación de otras 3, que completarán, hasta un total de 20, el proyecto ERGPS (Salamanca, León, Zaragoza). 10 están integradas en la red de EUREF y 1 en la global del IGS (International GPS Service).

Las ERGPS hasta ahora instaladas se encuentran en:

- Mareógrafo de Alicante (IGN)
- Mareógrafo de La Coruña (IGN)
- Observatorio Astronómico de Yebes (IGN)

- Observatorio Geofísico de Almería (IGN)
- Universidad de Valencia (UPV)
- Instituto Español de Oceanografía de Mallorca (IEO)
- Observatorio Geofísico de Málaga (IGN)
- Escuela de Ing. Caminos, Canales y Puertos de Santander (Univ. Cantabria)
- Observatorio Sismológico de Sonseca (IGN)
- Universidad de Extremadura en Cáceres
- Observatorio Geofísico de Logroño (IGN)
- Observatorio Astronómico Roque de los Muchachos (Instituto de Astrofísica de Canarias)
- Autoridad Portuaria de Ceuta (Puertos del Estado)
- Universidad de Huelva
- Universidad de Córdoba
- Universidad de Castilla-La Mancha, Campus de Albacete
- Instituto Español de Oceanografía de Vigo (IEO).

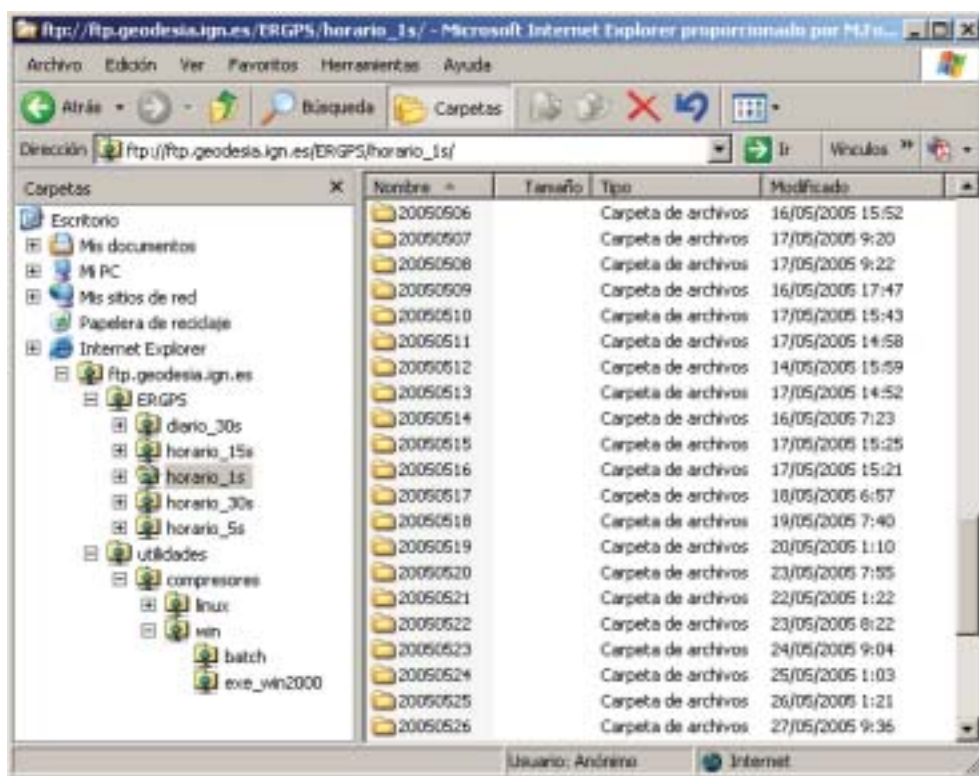


Fig. 2. Estructura del servidor FTP

3. EL SERVIDOR FTP DE DATOS GPS

Enmarcado dentro del objetivo de proporcionar datos públicamente de todas las estaciones, el Área de Geodesia ha dispuesto un servidor FTP para el acceso público a los mismos, de tal manera que es posible descargar de la red ERGPS datos a 1 segundo, sin duda un intervalo que satisface todas las necesidades de los usuarios de topografía y cartografía de GPS para aplicaciones de post-proceso en relativo. Por supuesto, también se encuentran disponibles datos a otros intervalos, como 5, 15 y 30 segundos (estos últimos en ficheros horarios o diarios).

La dirección del servidor es ftp://ftp.geodesia.ign.es. Los datos tienen la doble compresión que se utiliza con datos GPS: una normal y otra denominada Hatanaka. En la carpeta *Utilidades* se encuentran los diferentes compresores y descompresores que se utilizan para los datos (en Linux y Windows).

Así, por ejemplo, para descomprimir a RINEX el archivo ALAC0590.05d.Z, después de hacer la primera descompresión normal

el archivo quedaría con el nombre ALAC0590.05d, y con la utilidad CRX2RNX habría que ejecutar en una ventana de DOS: "CRX2RNX ALAC0590.05d", con lo que se descomprimiría y el archivo RINEX finalmente sería ALAC0590.05O.

En la carpeta *ERGPS* se encuentran los archivos de datos y de navegación en diferentes intervalos de grabación:

- Diarios a 30 segundos
- Horarios a 30 segundos
- Horarios a 15 segundos
- Horarios a 5 segundos
- Horarios a 1 segundo.

Dentro de *ERGPS*, la ejecución de la utilidad *CHECK_ERGPS* permite comprobar en tiempo real la existencia o no de ficheros horarios de todas las estaciones.

También en *ERGPS* el fichero *CoordenadasERGPS.doc* muestra las coordenadas de todas las estaciones en ETRS89 (geocéntricas, geográficas y UTM).

4. EL IGN, CENTRO LOCAL DE ANÁLISIS DE EUREF

Asimismo, el IGN es Centro de Análisis Local de EUREF (acrónimo IGE) desde septiembre de 2001, de tal forma que procesa una red continen-

AHORA PAGUE SUS COMPRAS EN 6 o 12 MESES
SIN INTERESES

6 meses
12 meses

Financiamos el 85% IVA incluido
Financiamos el 75% IVA incluido
C.E. 1% - C.A. 1%



Estación Total Trimble 3300DR con ACU
Precisión angular: 10cc
Precisión en distancias: 2mm + 2ppm
Alcance: 2.500 m
Controlador ACU: con software Trimble Survey Controller
Medición sin prisma
Disponibles en 10cc y 15cc

Oferta de lanzamiento Medidor de Distancia Láser
Trimble HD-360 y Nivel Automático+Trípode de Aluminio+Mira
Telescópica

Disponemos de servicio de alquiler de GPS TRIMBLE

Consulta nuestros precios y te sorprenderás

OFERTA ESTACIÓN TOTAL TRIMBLE 3306DR
+ COLECTOR DE DATOS DATA V50

5.430 € + IVA

“Alquile sus equipos en el parque de maquinaria
más actualizado y numeroso de España, en
el que dispone de GPS, estaciones totales,
colectores de datos, niveles automáticos y
láser, ...”



Trimble 3300
10cc-1.500 m - 3mm+ 3ppm
Trimble 3305
15cc-1.300 m - 5mm+ 3ppm
Trimble 3306
15cc-1.300 m - 5mm+ 3ppm

Medidor de Distancia Láser
Trimble HD-360



Colector de datos DATA V50 bajo Pison Workabout:
Introducción y salidas de datos en formatos:
CLIP, ISTRAM, ISPOL, ficheros ASCII, etc
Taquimetría - Replanteo - Perfiles

Mejora de la Precisión Posicional: Una herramienta necesaria para actualizar e integrar los datos de un SIG

Frank Gielsdorf, Lothar Gruendig y Bernd Aschoff
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BERLÍN

Resumen

Los sistemas de información geográfica más comunes emplean datos espaciales con una precisión puntual que va de los 0,5 metros a los 5 metros. La calidad geométrica de las bases de datos espaciales mejora notablemente con la integración de mediciones geodésicas de precisión, así como de fotos aéreas o de mediciones de campo existentes. Los datos temáticos espaciales deberían beneficiarse de esta mejora de precisión sin perder su calidad geométrica interna, pero la mayoría de los modelos de datos de los sistemas de información geográfica no soportan este tipo de estrategias y las transformaciones que se producen en las actualizaciones conducen a una inconsistencia de los datos, debido a que se descuidan los principios de los ajustes por proximidad.

Este artículo muestra cómo los requisitos concernientes a la mejora de la precisión posicional pueden ser incluidos empleando unas adecuadas técnicas de ajuste. Se presenta una estrategia para la puesta al día de los datos, que contempla las coordenadas de los puntos como si fuesen datos primarios redundantes. Las actualizaciones con mejora de la precisión posicional, deben contemplarse como la generación de nuevas vistas en las que se han aplicado técnicas de ajuste. Se destaca la necesidad de que exista una topología en los puntos de la estructura de los sistemas de información geográfica.

Abstract

Common geographic information systems use spatial data with a point accuracy of about 0,5 down to 5 meter. The geometrical quality of the spatial base data is improved stepwise by integration of precise geodesic measurements as well as by air photos or existing field book measurements. The mounted spatial thematic data should profit from this accuracy improvement without loosing its internal geometrical quality. But the most GIS data models do not support such strategies, and update transformations lead to inconsistency because proximity fitting principles are neglected.

The paper shows how the requirements concerning PAI can be provided using adjustment techniques. A data maintaining strategy is presented which regards point coordinates just as a view on redundant primary data. PAI updates are to be seen as the generation of a new view applying adjustment techniques. The necessity of a point topology in the GIS structure is pointed out.

I. INTRODUCCIÓN

I.1. Situación inicial

En muchas ocasiones se ha concluido la adquisición inicial de los datos de un sistema de información geográfica. Las fuentes básicas de las coordenadas de los puntos fueron principalmente unos mapas analógicos que se digitizaron y georreferenciaron. La calidad geométrica resultante del sistema de información geográfica refleja la calidad de los mapas anteriormente empleados. La precisión puntual generalmente abarca un rango que va de los 0,5 a los 5 metros. Estas bases de datos espaciales sirven para georreferenciar los datos espaciales temáticos y descriptivos, tales como las líneas de servicios, las

direcciones postales, etc. Los objetos temáticos se ligaban, en su construcción, a los objetos de las bases de datos empleando herramientas de CAD y la redundancia geométrica no se tenía en cuenta. Las mediciones disponibles procedentes de las libretas de campo se consideran igualmente como atributos de caracteres.

I.2. Introducción y problemática del proceso de mejora de la precisión posicional

Las observaciones geodésicas y fotogramétricas (tales como GPS, mediciones taquimétricas, fotos aéreas, etc.) son el producto del trabajo cotidiano del topógrafo. Cada vez se obtienen mejores coordenadas de los puntos, que sirven para mejorar las bases de datos espaciales de los sis-

temas de información geográfica. Sin embargo, esta integración se hace en varios pasos.

Como en la realidad las posiciones de los puntos permanecen invariables, la actualización de las coordenadas conduce a un desplazamiento virtual de los puntos relacionados en el sistema de información geográfica. En consecuencia, y sin tener en cuenta en absoluto sus relaciones de vecindad con otros puntos, la geometría relativa entre los puntos recién actualizados y los demás se vería notablemente desencajada (por ejemplo, la distancia de una línea de servicios a una edificación resulta ser ahora de 5,5 metros, en lugar de los 2,2 metros de antes, o incluso la línea del servicio atraviesa al edificio). Por tanto, esta modificación de las coordenadas nunca sería aceptada.

2. GESTIÓN DE DATOS

2.1. Algunas de las causas de los problemas de la mejora de la precisión posicional

En primer lugar, debemos asegurarnos de que los procesos para la mejora de la precisión posicional pueden ser llevados a cabo, en base al concepto de los datos. La historia de la geo-información ha demostrado que las actualizaciones de las coordenadas no fueron diseñadas sobre la marcha y de cualquier manera.

Los SIG están diseñados, en general, para considerar los parámetros geométricos (coordenadas) como valores deterministas. Esta arquitectura refleja la visión de un ingeniero de software, que se puede describir como sigue a continuación:

“Si un punto no cambia en la realidad, no debe de cambiarse en la base de datos. A partir de las coordenadas se puede calcular cualquier medición geométrica (distancias, ángulos, etc.). Las coordenadas y las mediciones relativas son completamente equivalentes.”

Por otro lado, el punto de vista del topógrafo es distinto:

“Las coordenadas se calculan siempre a partir de observaciones. Las observaciones son valores aleatorios redundantes. De esto se deduce que las coordenadas son también valores aleatorios y que, además, están correlacionados. La precisión de la geometría relativa es mayor que la precisión absoluta. Por tanto, las coordenadas y las mediciones relativas no son equivalentes. La derivación u obtención de coordenadas a partir de las observaciones es única, pero no reversible.”

2.2. La integración de la geometría relativa

En cada desplazamiento virtual de los puntos hay que tener en cuenta la diferente precisión de la geometría absoluta y de la relativa. Esto sería teóricamente posible introduciendo unas matrices de covarianza muy

grandes, pero no es práctico en absoluto. Como alternativa, se introducen las mediciones relativas como soporte para la información de la precisión relativa. Se pueden considerar dos casos:

Caso 1: Las observaciones originales no existen

El caso típico son las coordenadas digitizadas de los mapas. Una transformación común, afín o de Helmert, no considera las correlaciones entre los puntos vecinos, por tanto se generan e introducen en el ajuste unas observaciones artificiales, basadas en hipótesis sustanciadas. Comúnmente, la información de vecindad se deriva de la Triangulación de Delaunay, cuyos triángulos se usan como base de estas observaciones artificiales. Los tipos de observaciones que se emplean más frecuentemente son las distancias y las diferencias de coordenadas, pero también se pueden considerar como observaciones artificiales las restricciones geométricas, tales como la colinearidad o la ortogonalidad, basándose en la hipótesis de que los edificios comúnmente son rectangulares y los puntos sobre las líneas de sus límites están alineados.

Caso 2: Las observaciones originales existen

Las observaciones originales pueden obtenerse a partir de libretas de campo disponibles, nuevas mediciones sobre el terreno, vuelos aéreos, etc. Los tipos de observaciones efectuadas son: distancias, direcciones, coordenadas locales, etc.

Debido a su redundancia, las mediciones de la geometría relativa conducen, en cualquier caso, a un problema de ajustes. Más aún, únicamente las técnicas de ajuste ofrecen la opción de integrar las observaciones originales y las artificiales, con el fin de poder determinar las coordenadas absolutas únicas.

Se sabe que la mejor forma de mantener y garantizar las relaciones de vecindad es mediante el empleo de métodos de ajuste de proximidad, en los que se integran las observaciones artificiales entre los puntos. El programa de ajuste Systra ofrece estas opciones.

2.3. El papel de la topología

Por definición, la topología es un sistema de subconjuntos definido dentro de un conjunto. Un grafo es un tipo especial de topología, que consiste en unos subconjuntos bivalentes (bordes) definidos sobre un conjunto de nodos. En este artículo la topología debe interpretarse en un sentido estricto, como una “geometría de goma elástica”. Los puntos pueden desplazarse, pero sus relaciones fundamentales de vecindad no varían (por ejemplo, un árbol no debe de deslizarse dentro de un edificio a causa de ninguna transformación). En consecuencia, esto significa que la topología es un invariante frente a las transformaciones geométricas.

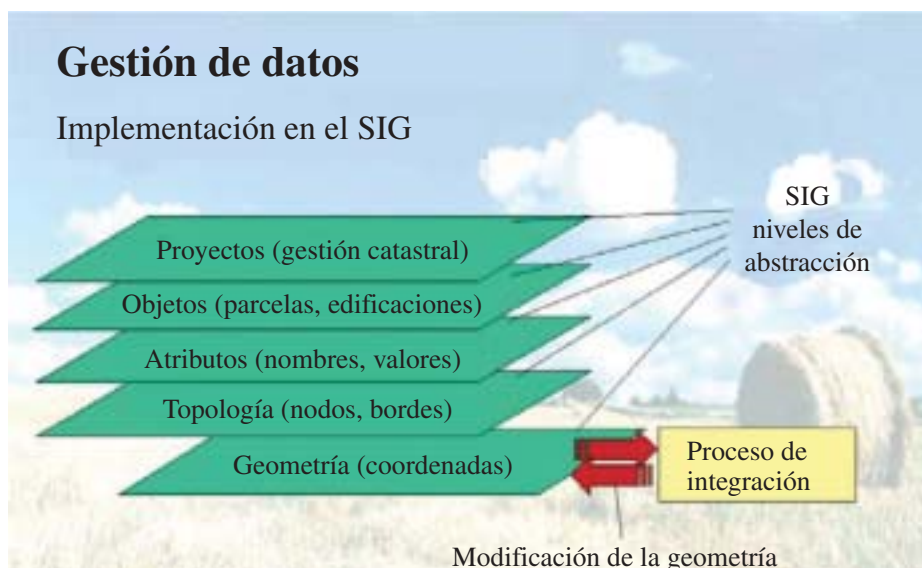


Figura 1: Separación de la topología y la geométrica

La entidad tipo “punto” es el enlace entre la geometría absoluta y la relativa. Sin embargo, en la mayoría de las bases de datos de los SIG no existe como tipo de entidad independiente. Los puntos o bien forman parte de un objeto de nivel superior (superficie) o se identifican mediante sus coordenadas. De acuerdo con los principios de la programación y de la teoría de las bases de datos, el identificador de un objeto se mantiene constante durante su ciclo de existencia. Si el identificador se modifica, esto implica la desaparición del objeto. Pero esto puede suceder, incluso en un proceso de mejora de la precisión posicional.

Se puede considerar la mejora de la precisión posicional como una transacción duradera sobre una base de datos. Esto implica que cada partición de la base de datos será chequeada, procesada por un programa externo y chequeada de nuevo. La partición afectada permanece bloqueada en la base de datos durante la operación. La mejora de la precisión posicional debe seguir, como cualquier tipo de transacción, los denominados principios ACAD, que significan: atomicidad, consistencia, aislamiento y durabilidad. En consecuencia, es necesario que la mejora de la precisión posicional asigne a cada punto, temporalmente si fuese necesario, un identificador único que sea independiente de sus coordenadas.

La mejora de la precisión posicional requiere una separación estricta de la información topológica y geométrica del modelo de datos. Los principales proveedores de software de SIG han reconocido la existencia de este problema y han comenzado a crear modelos de datos ampliados. La figura 1 ilustra el papel del nivel de la topología en el modelo de datos en relación con la mejora de la precisión posicional.

2.4. Modelos con identidades de puntos

Como ya se ha indicado, los datos de partida en un proceso de mejora de la precisión posicional provienen de muy diferentes fuentes y orígenes.

Para poder integrar estos diferentes conjuntos de datos es necesario detectar la identidad entre algunos puntos de ellos. En la mayoría de los casos estos puntos tendrán identificadores diferentes, o carecerán de ellos. La determinación de la identidad de los puntos puede ser en la práctica una de las etapas que más tiempo consume en todo el proceso. Por tanto, lo razonable es emplear herramientas sofisticadas para el emparejamiento de puntos y resolver así este problema de forma automática, o, al menos, semiautomática.

Existen dos principios para modelar las identidades de los puntos. O bien la información acerca de la identidad de los puntos se expresa topológicamente o bien geoméricamente.

La más común es el modelado topológico de la identidad de los puntos, asignando el mismo identificador de punto a los correspondientes puntos idénticos en los diferentes conjuntos de datos. Pero este método puede ocasionar problemas, debido a la inevitable confusión de puntos. La confusión sólo afecta de forma indirecta a los residuos correspondientes a las observaciones. A fin de eliminar estas confusiones, es necesario deshacer la fusión de los puntos mediante la generación de nuevos puntos objeto, para lo que hay que tener en cuenta unos requisitos de integridad referencial.

La otra metodología alternativa es el modelado geométrico de las entidades puntuales. En lugar de un identificador común, se introduce una observación de identidad. Esto significa que, entre cada dos puntos potencialmente idénticos, se observe una diferencia de coordenadas igual a cero. El cuadrado de la suma de los residuos en cada observación de identidad tiene una distribución de χ^2 , que, como puede comprobarse, es significativa. Las identificaciones incorrectas pueden ser así fácilmente detectadas y eliminadas.

La figura 2 muestra el principio de la observación de la identidad de puntos. Se trata de una medición relativa entre dos puntos que poseen

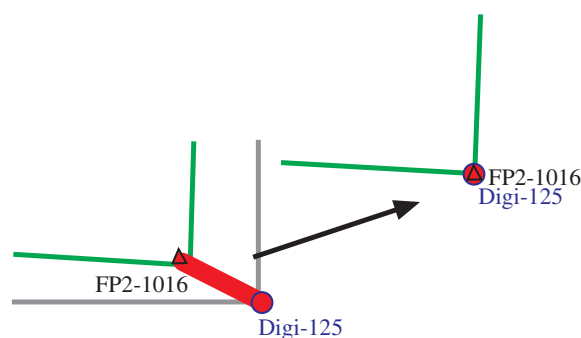


Figura 2: Maneras de identificar los puntos

Ningún equipo
está completo, sin un
buen

GUÍA

Mapas Guía, Series Turísticas
y Espacios Naturales del...

cnig

CENTRO NACIONAL
DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA



Y además...

Mapa Topográfico Nacional a escalas 1:25.000 y 1:50.000,
Mapas Provinciales a escala 1:200.000, Cartografía Digital,
Mapas Autonómicos, Mapas Serie World, Teledetección,
Fotografía Aérea, Atlas Nacional de España, Mapas en Relieve,
Cartografía Histórica, Libros, etc.

Oficina central: Monte Esquinza, 41 - 28010 MADRID
Comercialización: General Ibáñez de Ibero, 3 • 28003 MADRID
Teléfono: +34 91 597 94 53 • Fax: +34 91 553 29 13
e-mail: consulta@cnig.es • webmaster@cnig.es
<http://www.cnig.es>

distinta numeración. La identidad de los puntos se pondera a través de la desviación típica, obtenida a partir de observaciones conexas (por ejemplo, la precisión del mapa). Actúa como una goma elástica (ver la parte izquierda de la figura), con una elasticidad que depende del peso y que puede analizarse como cualquier otro tipo de observación. Las mediciones no fiables pueden eliminarse fácilmente sin que se resienta la topología. Si las mediciones restantes de la identidad entre puntos son fiables, se fija su desviación típica (se coloca a cero) y se asignan las mismas coordenadas a los puntos equivalentes (ver la parte derecha de la figura). Finalmente, los puntos pueden integrarse en el SIG, obteniendo una topología libre de redundancias.

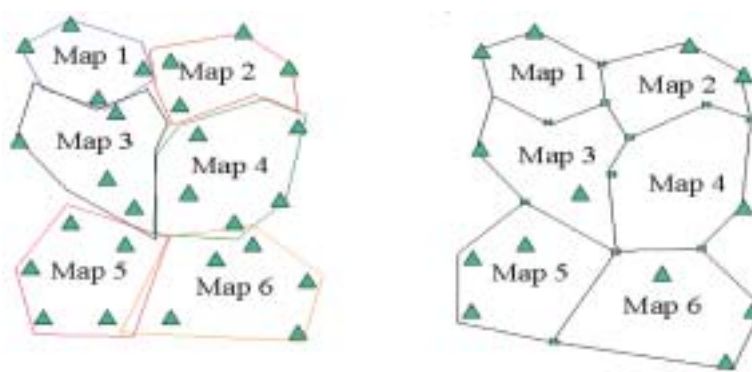


Figura 3: Los principios de las transformaciones concernientes a las conexiones entre puntos

3. TÉCNICAS DE AJUSTE AVANZADAS

Desde hace ya tiempo se viene reconocido la importancia de las técnicas de ajuste en los problemas de transformación. La práctica geodésica más usual en las transformaciones bidimensionales de identidades redundantes, desde un sistema de coordenadas cartesiano a otro, consiste en aplicar el método de los mínimos cuadrados, de acuerdo con C.F. Gauss. Este método clásico de ajuste puede expandirse hasta llegar a ser una transformación simultánea de múltiples sistemas, denominada, en consecuencia, Transformación Interconectada.

3.1. Transformación Interconectada

La tabla 1 muestra la comparación entre los procedimientos de transformación interconectada y la clásica. La diferencia consiste en la extensión del conjunto de incógnitas. Además de los parámetros de la transformación X_0 , Y_0 , a , o , se introducen como incógnitas las coordenadas de los puntos de interconexión. Este procedimiento conduce a un problema de ajuste no lineal.

	Clásico	Interconectado
Observaciones	x_i, y_i	x_i, y_i
Función empleada	$\sum_{i=1}^{n_p} v_{x_i}^2 + v_{y_i}^2 = \min$	$\sum_{i=1}^{n_p} v_{x_i}^2 + v_{y_i}^2 = \min$
Incógnitas	X_0, Y_0, a, o	X_0, Y_0, a, o, X_i, Y_i

Tabla 1: Comparación entre los procedimientos

La figura 3 muestra las diferencias entre las transformaciones concernientes con la referenciación de puntos y las conexiones entre ellos. En la parte de la izquierda se contemplan seis transformaciones aisladas, en las que se ha tomado un número mínimo de puntos de referencia. En la parte de la derecha sólo ha habido que aplicar una única transformación

interconectada. Las identidades entre los puntos permiten sustituir los puntos de referencia y unir los bordes de los mapas.

El método de Baarda, o de supervisión rápida de los datos, aporta un apreciado análisis, con efecto de determinar los fallos de observación. Los residuos normalizados de las observaciones se obtienen a partir de las ecuaciones normales del modelo del ajuste.

$$x = (A^T PA)^{-1} A^T PI \quad (1)$$

En las transformaciones clásicas, los residuos de las coordenadas se suelen dividir según sus desviaciones típicas empíricas (*a posteriori*). Sin embargo, son comparables, en cualquier caso, debido a la variación del tipo de observaciones que faltan y a una precisión única.

3.2. Ajuste por proximidad

Los métodos de ajuste por proximidad son aplicados con el fin de mantener las relaciones de vecindad. Sustituyen a la transformación usual para un solo sistema. La diferencia se puede resumir de la siguiente manera:

Caso 1: Transformación usual

Los parámetros promedio de la transformación se ajustan empleando los puntos de identidad redundantes. El número de parámetros puede ser de 3, 4, 5 ó 6. Una vez calculados los parámetros, se calculan de la misma manera todos los puntos no controlados, de modo que cada punto se vea influido por cada uno de los puntos de identidad.

Caso 2: Ajuste por proximidad

Se puede decir que el resultado de la transformación usual es el primer paso a dar en un ajuste por proximidad. En un segundo paso, se extiende el procedimiento cartográfico mediante la introducción de la transformación de la geometría relativa.

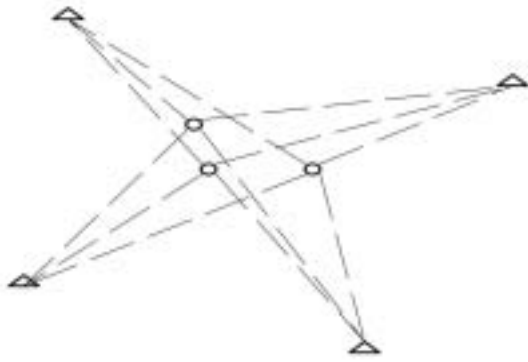


Figura 4: Interpolación empleando distancias ponderadas

La interpolación con distancias ponderadas es un viejo y bien conocido método. En este tipo de ajuste se introducen las diferencias artificiales de las coordenadas entre los puntos idénticos, los puntos de conexión y los puntos nuevos. Estas pseudo-observaciones se ponderan en función de las distancias.

La figura 4 muestra que no existen relaciones directas de vecindad entre los puntos interpolados. Adicionalmente, el resultado depende del número de puntos de identidad que generan residuos. Este método no es el adecuado para modelar las relaciones directas de vecindad. Los desplazamientos resultantes de los nuevos puntos dependen de la densidad y de la distribución de los puntos idénticos.

Los residuos en los puntos idénticos pueden contemplarse como unas representaciones discretas dentro de una amplia área que actúa de forma sistemática; uno de los fines de los ajustes por proximidad es el de modelar esta área de forma sistemática. Así pues, los métodos avanzados emplean la Triangulación de Delaunay para modelar directamente estas relaciones de vecindad. Los desplazamientos resultantes son, en

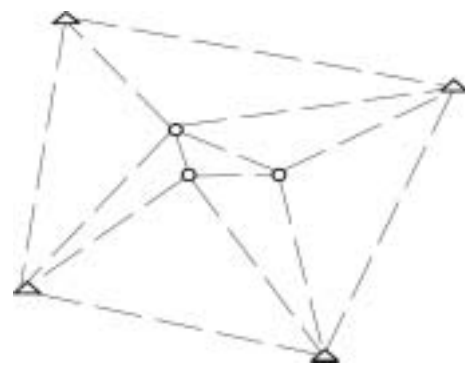


Figura 5: Método de la Membrana empleando la Triangulación de Delaunay

este caso, independientes de la densidad y distribución de los puntos idénticos.

Sin embargo, los diferentes métodos varían en su forma de modelar estocástica y funcionalmente las observaciones artificiales. El método que aquí se sugiere se conoce como el Método de la Membrana, en base a una experiencia de los autores en el modelado de estructuras ligeras. Este método emplea un modelo funcional de las diferencias de coordenadas a lo largo de los triángulos, lo que conduce a una ecuación lineal de residuos con un comportamiento de convergencia muy estable. El modelo estocástico se obtiene a través de métodos de elementos finitos y simula el comportamiento de una membrana de goma. La secuencia de las operaciones a realizar es la siguiente:

- Se calculan los residuos de todos los puntos idénticos, mediante una transformación interconectada (según los tipos normales de transformaciones de 4, 5 ó 6 puntos).
- En cada sistema local (en su mayoría mapas) se efectúa una Triangulación de Delaunay.

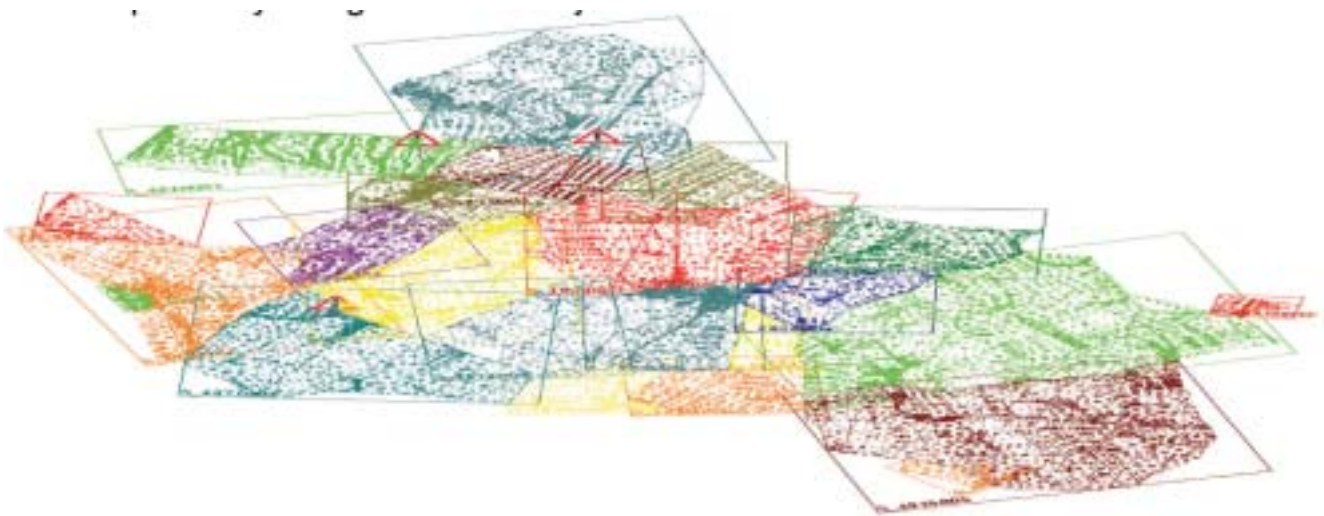


Figura 6: Triangulaciones de Delaunay independientes, en múltiples sistemas locales



Figura 7: Vectores de Desplazamiento de un Ajuste por Proximidad Interconectada

- Las coordenadas locales se sustituyen por las observaciones de las diferencias de coordenadas a lo largo de los triángulos.
- Se efectúa un ajuste por proximidad, mediante el cálculo de dicho ajuste.

3.3. Integración de las mediciones geodésicas

Se puede observar una mejora en la precisión de los puntos con la integración de coordenadas de SIG ya existentes, de mediciones de GPS

y mediciones polares, de mediciones procedentes de libretas de campo y de restricciones geométricas. Esto no sólo es válido para los datos espaciales básicos, sino además para los datos espaciales temáticos. El siguiente ejemplo muestra una transformación cartográfica con la integración de mediciones relativas. El ejemplo incluye dos conjuntos de datos espaciales, con unas restricciones lineales ocasionadas por las líneas de servicios, los *offset* de las distancias paralelas entre estas líneas y los *offset* de las distancias entre estas líneas y las edificaciones. Se emplean las observaciones de identidad de puntos.



Figura 8: Datos espaciales con sus restricciones geométricas



Figura 10: Ajuste por proximidad sin restricciones geométricas



Figura 9: Las bases de datos temáticos espaciales y la nueva base de datos, sin haber efectuado aun la transformación



Figura 11: Ajuste por proximidad con restricciones geométricas

Nuevo Servicio

Alquiler Ecosonda con GPS para batimetrías

Campoamor 65 - 67 Bajo
46022 VALENCIA

Móvil 608 067 396

ALQUILER Y VENTA DE
MATERIAL TOPOGRÁFICO

SERVICIO TÉCNICO OFICIAL LEICA
NIVELES LASER



☎ 963 711 698



Narváez

Topografía, S.L.

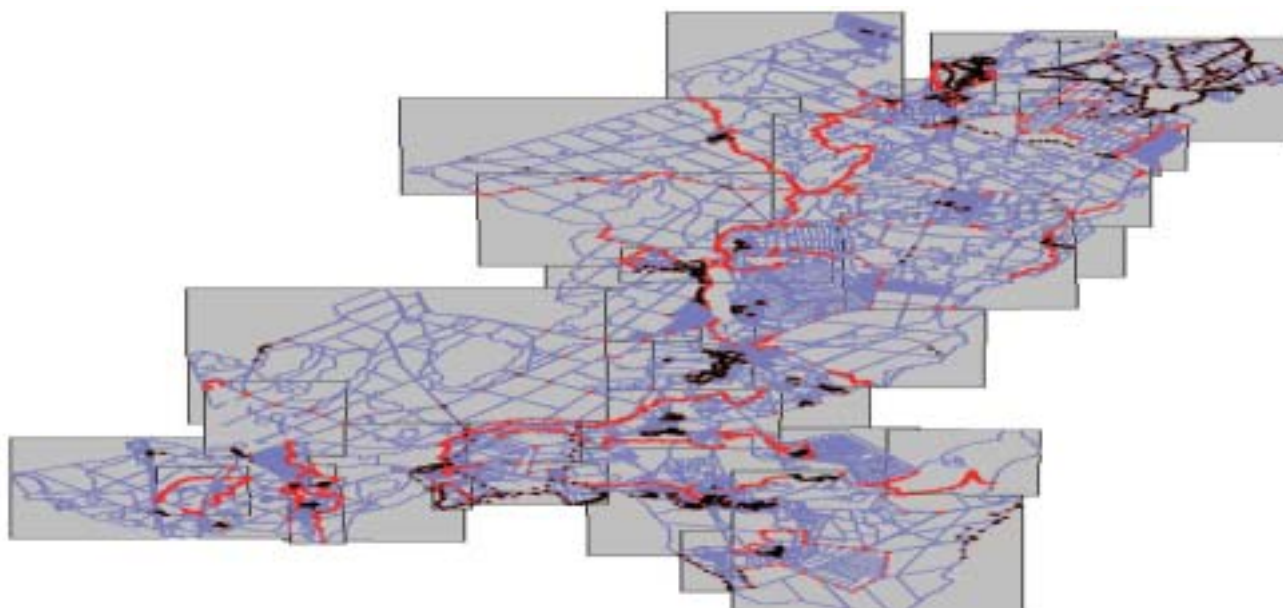


Figura 12: Transformación interconectada de múltiples mapas aislados

La figura 10 muestra un problema en el edificio de la parte inferior derecha. Los bordes de la parcela y del edificio deben de ser colineales.

La figura 11 muestra el resultado deseado cuando se introducen las mediciones relativas. El análisis estocástico suministra información acerca de la importancia de las restricciones geométricas.

4. EJEMPLOS DE PROYECTOS

4.1. Georreferenciación para el ALK en Alemania

Muchos de los proyectos iniciales de adquisición de datos para el ALK (Mapa Alemán Automatizado de Propiedades Territoriales) en la zona oriental de Alemania, demostraron la eficacia de la transformación interconectada a la hora de georreferenciar un gran número de mapas digi-

tizados simultáneamente. Sin embargo, los problemas a resolver tuvieron menos índole matemática, ya que la transformación interconectada, y su ajuste asociado por proximidad, son una potente técnica de trabajo, como se demostró con Systra.

Más crítico fue el diseño del flujo de trabajo de una larga transacción a efectuar sobre la base de datos de un SIG. Aquí eran necesarios unos identificadores únicos de objetos. La conexión interna de los mapas se efectuó empleando las observaciones sobre la identidad de puntos. Esto ayudó a obtener un 40% más de eficacia durante la ejecución de la parte de georreferenciación del proyecto, en comparación con las técnicas clásicas de conexión. El reenumerado automático se realizó después del trabajo de georreferenciación.

Sin embargo, se hizo patente que, en ciertas regiones, con mapas de mala calidad, había que añadir al proyecto mediciones geodésicas. Estas

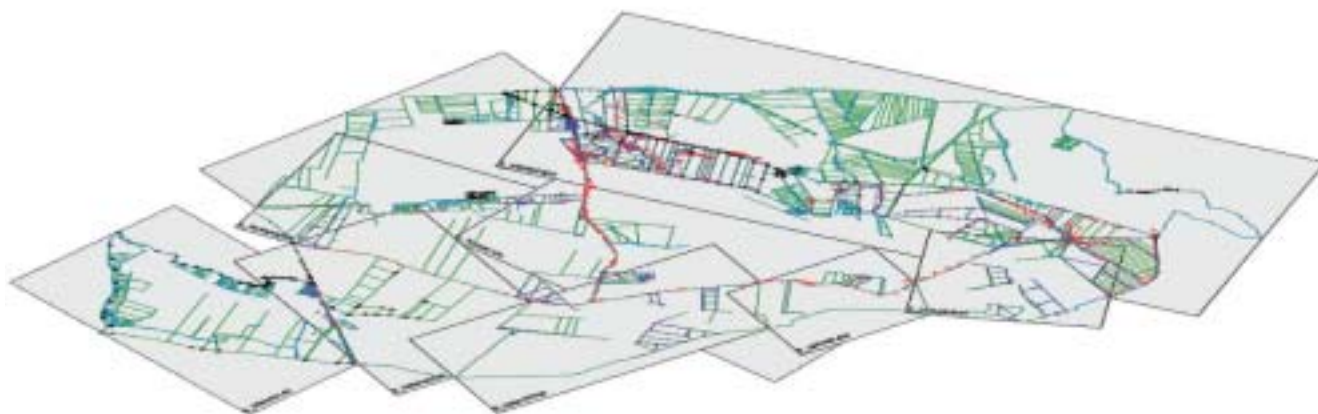


Figura 13: Análisis simultáneo de mediciones geodésicas y mediciones sobre el mapa

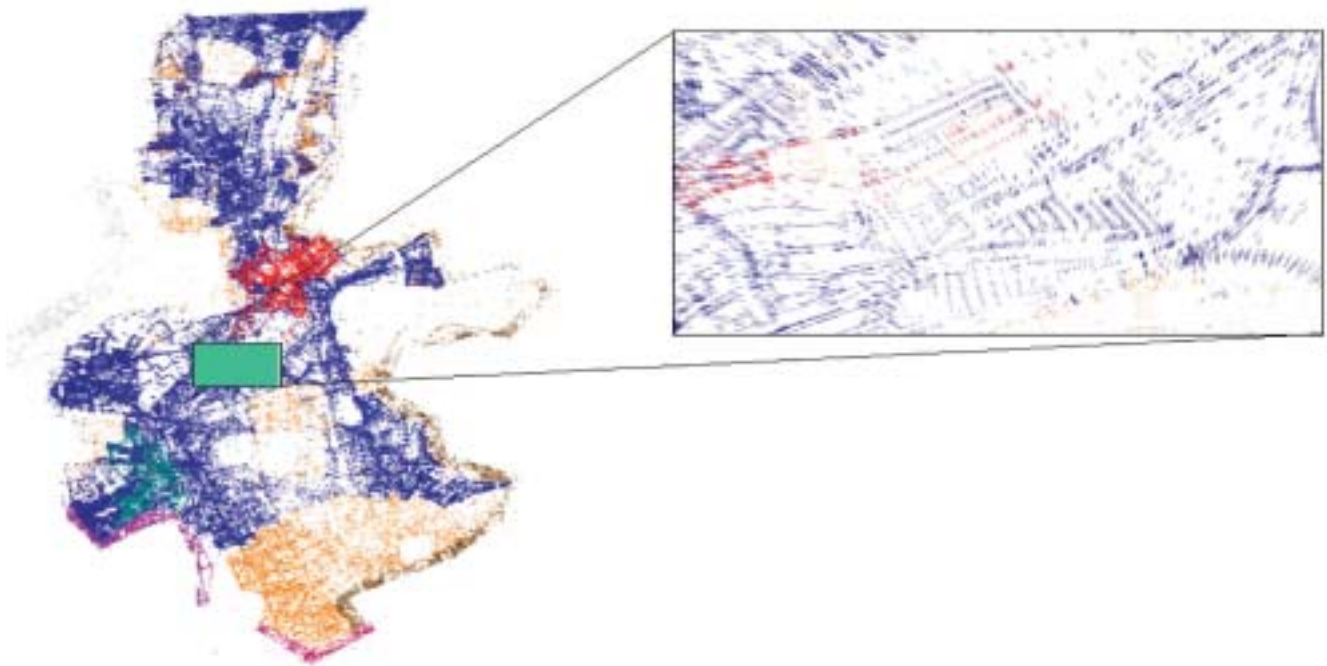


Figura 14: Ajuste por proximidad de marcos de referencia locales

observaciones, obtenidas de los cuadernos de campo, hicieron posible el obtener unas conexiones fiables en las zonas de solape entre los mapas. También fueron, en parte, muy adecuadas para lograr una mejor precisión relativa y su coherencia en los puntos de referencia implica incluso una mejora en la precisión absoluta.

4.2 Ajuste por proximidad de zonas de Hamburgo de puntos referenciados localmente

El Departamento Topográfico y de Georreferenciación de Hamburgo, decidió transformar grandes extensiones de puntos referenciados en sistemas de coordenadas locales distintos (Gauss-Krueger y parcialmente en Soldner), a un único marco de referencia (ETRS89 con proyección UTM). Para los cálculos se eligió el método de transformación interconectada. Este procedimiento, en combinación con una campaña integrada de GPS, suministró unas coordenadas precisas y homogéneas.

La estrategia seguida fue la de agrupar los campos de puntos en bloques. Cada bloque contenía unos 200.000 puntos. Los bloques estaban rodeados por puntos determinados mediante GPS. El número de puntos

adicionales a determinar en los bloques mediante la medición con GPS, dependía del resultado del análisis de la precisión de la transformación aplicada. Con el fin de conservar todas las relaciones de vecindad en los bordes y en las zonas de superposición, se efectuó un ajuste por proximidad después de la transformación interconectada.

REFERENCIAS

- Gründig L., Gielsdorf F., Scheu M., Dreesmann R. *Verkettete Transformation. Mustertechnologie*, Surveying Department Brandenburg, internal paper (1999).
- Gründig L., Gielsdorf F., Scheu M., Dreesmann R. *Umsetzung der analogen Liegenschaftskarten in die digitale Liegenschaftskarte im ländlichen Raum*, Surveying Department Brandenburg, internal paper (1999).
- Gründig L., Gielsdorf F., Scheu M., Dreesmann R. *Überführung des Grenznachweises der Freien und Hansestadt Hamburg in das Bezugssystem ETRS89*, Department of Geo-Information and Surveying Hamburg, internal paper (2001) ■

Topografía de Alta Definición HDS: Aplicaciones y entregas

Antón Bravo Ribó

I.T. EN TOPOGRAFÍA

LEICA GEOSYSTEMS

Leica Geosystems ha sido pionera en el desarrollo de la tecnología láser escáner. Desde 1993, la empresa Cyrax, que en el 2001 pasó a formar parte de Leica Geosystems, desarrolla y comercializa sistemas de Topografía de Alta Definición (HDS).

En estos años se han suministrado cientos de sistemas para múltiples aplicaciones en todo el mundo. En este artículo, en lugar de centrarnos en la tecnología, que ya es bien conocida por la mayoría de los lectores, hemos creído oportuno aprovechar esta experiencia acumulada a lo largo de estos años y presentar ejemplos de proyectos reales realizados por nuestros clientes.

Si bien es de todos conocido que HDS permite obtener enormes nubes de puntos tomadas con alta precisión, en este artículo tendremos la oportunidad de ver cómo utilizan nuestros clientes estas nubes de puntos para obtener los productos que finalmente entregan a sus clientes.

Nuestro objetivo es que, tras este escrito, tengan la certeza de que esta tecnología de Leica Geosystems les permite afrontar una gran variedad de aplicaciones con las máximas garantías de eficiencia y productividad.

Para aquellos que no estén familiarizados con HDS, comentar que se trata de un sistema de láser escáner (HDS) ligado a un software (Cyclone y Cloudworx) que permiten captar y tratar nubes de puntos millonarias.

Toda la información está en la propia nube, de la que, procesada adecuadamente, se puede extraer como resultado lo que se necesite:

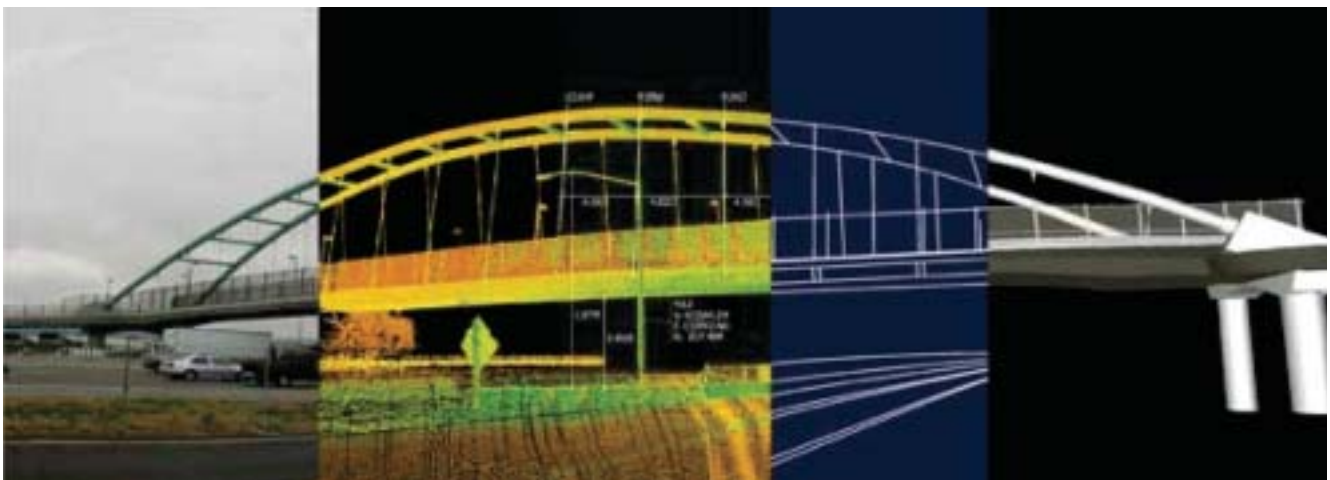
- Medidas en la propia nube
- Extracciones en planos 2D
- Modelados 3D

Por todo ello se puede ver que puedan existir diferentes tipos de resultados finales o entregas:

- Nube de puntos manejable en entorno CAD (Cloudworx)
- Fichero CAD 3D (DXF)
- Fichero CAD 2D (DXF)
- Fichero de modelado COE (Cyclone Object Exchange)
- Fichero ASCII de los puntos que queramos, codificados con "Topógrafo Virtual"
- Texturización TIN 3D
- Películas de animación
- Ficheros PDS y AutoPlant para su uso en software para plantas industriales.

Cuando se piensa las aplicaciones en las que se puede trabajar con un láser escáner, siempre se acaba pensando en las aplicaciones topográficas, ya que nos son las más familiares. Realmente, este sistema de trabajo puede aportar un valor añadido importante en aplicaciones cotidianas tales como levantamientos topográficos, de taludes, presas, túneles, carreteras, viaductos, puentes, edificios, etc.

Pero además existen otras aplicaciones que pueden ampliar nuestra cartera de negocio, como el levantamiento en plantas industriales, instalaciones, construcción naval, sistemas de tuberías, plataformas marítimas

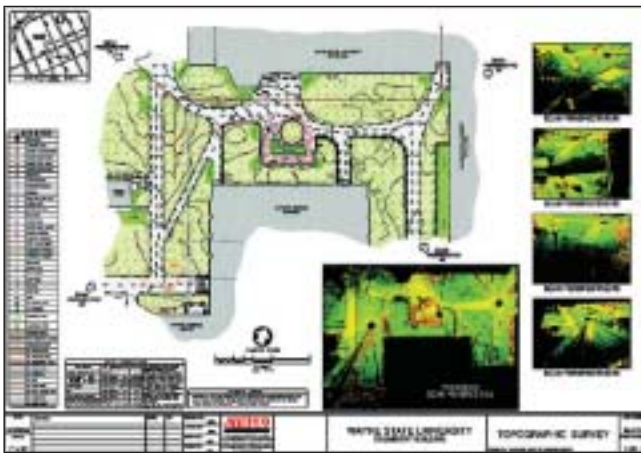


offshore, preservación histórica (patrimonio), forense, militar, captura de la realidad, arqueología, etc. Es decir, todas aquellas aplicaciones en las que obtener una precisa geometría en 3D sea de gran importancia.

Es a partir de todas estas aplicaciones y entregas en las que vamos a ver algunos ejemplos basados en experiencias de nuestros clientes.

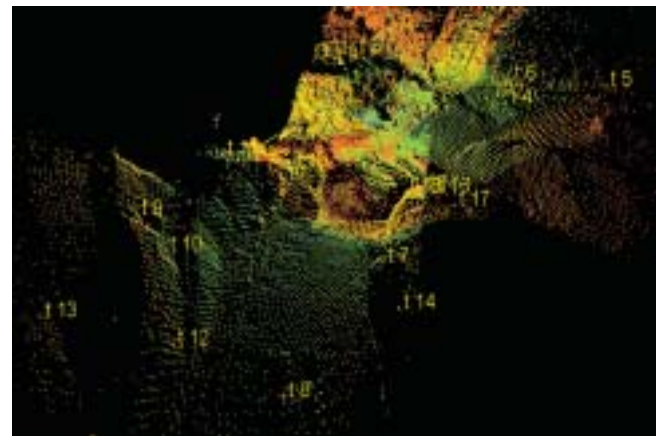
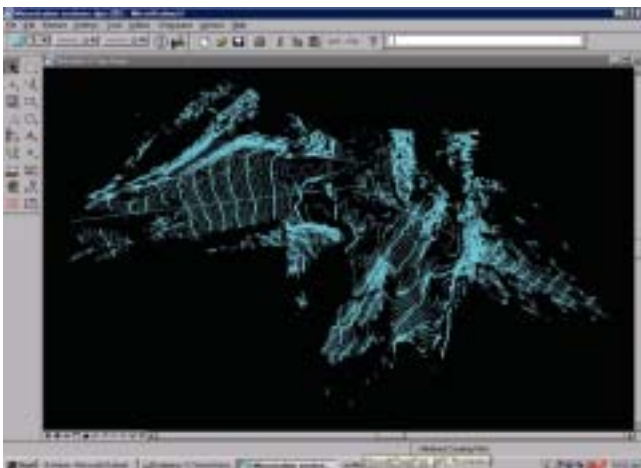
CASO 1

Metco, empresa de servicios usuaria de HDS3000, utilizaba esta tecnología exclusivamente para levantamientos seleccionados (edificios, etc.), ahora la utiliza para sus levantamientos topográficos cotidianos. De esta manera, HDS reduce claramente las necesidades del trabajo de campo, es un 50% más rápido y puede ser realizado, en la mayoría de los casos, por una sola persona; Además, también mejora el trabajo en oficina. El resultado es que la compañía Metco está en condiciones de producir planos 2D de alta calidad con menos trabajo de oficina y menores costes que utilizando métodos convencionales.



CASO 2

Levantamiento topográfico de la presa Fundación en Puerto Rico, realizado por la compañía ARS SURVEY & MAPPING. En este trabajo se realizó una comparativa entre un levantamiento realizado con HDS y

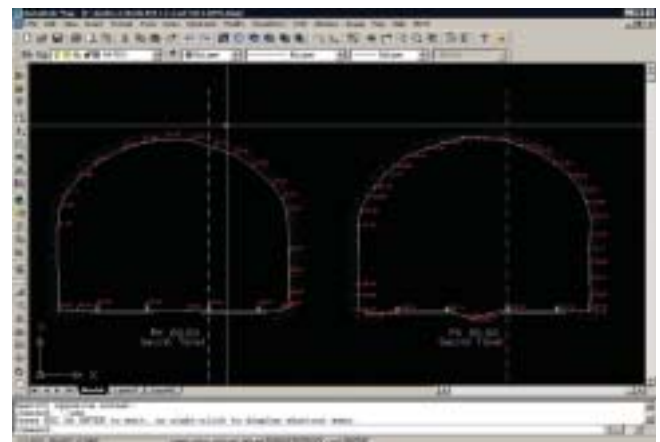


otro con TPS (Estación Total), obteniendo como resultados finales secciones en 2D de diferentes puntos del longitudinal de la presa, un modelo digital del terreno en DWG y su curvado.

La conclusión a la que se llegó, viendo los resultado de los rendimientos obtenidos con ambas tecnologías, fueron que con HDS se obtiene mucho más detalle, es mucho más rápido (campo 8 horas frente a 15 días; oficina 2 días frente a 10), económico y seguro, ya que no es necesario acceder a muchas de las zonas donde con estación total era necesario.

CASO 3

Un ejemplo en el levantamiento de túneles lo aporta la empresa TOYSER de Barcelona, empresa de servicios topográficos, y entre ellos



de láser escáner, que se encarga de gran parte de los trabajos de topografía en el Metro de la ciudad. El Sr. Francisco Tío, gerente de TOYSER, considera una ventaja la captura de datos masiva que el sistema HDS3000 le proporciona para la posterior extracción de los perfiles transversales, ya que en un túnel de estas características la toma de detalle es importantísima, debido a la cantidad de servicios que existen y que puede haber. Vemos que en 3 horas de campo se obtienen datos suficientes para poder desarrollar en oficina las secciones necesarias.

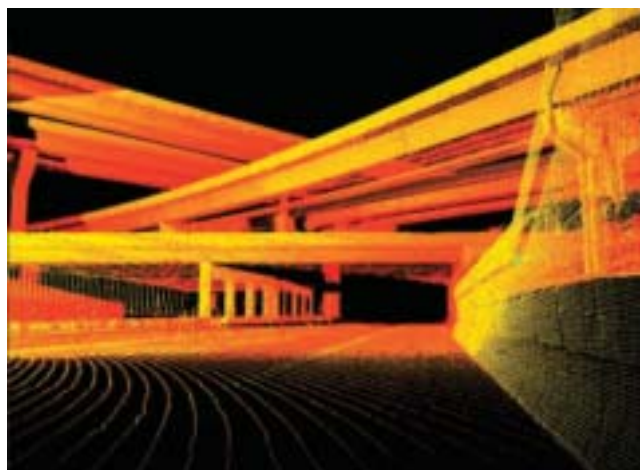
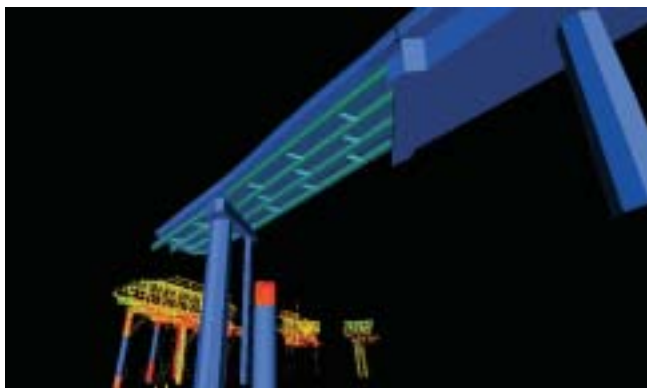
CASO 4

La empresa de Toledo ACRE está utilizando su escáner en los túneles más emblemáticos de nuestro país. El ejemplo que mostramos es una nube completa de 2.500 m del túnel Bregua en Galicia, en la que se tuvo un avance en el levantamiento de 600 m/día y un día para la unión de escaneados, por medio de dianas, para la posterior generación de las secciones del mismo.



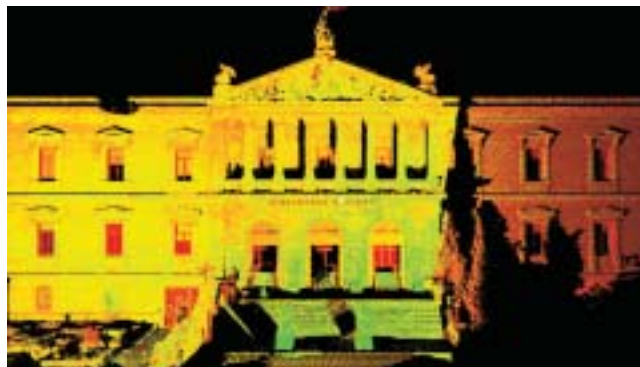
CASO 5

Otra de las aplicaciones claras del sistema en carreteras u obras lineales es la obtención de sus estructuras y obras de fábricas de manera precisa, con gran detalle y seguridad en la captura. A David Evans se le encargó el levantamiento de 22 puentes con un modelado completo de los mismos en MicroStation. El rendimiento fue de 40 días para la toma de datos y trabajos de oficina.



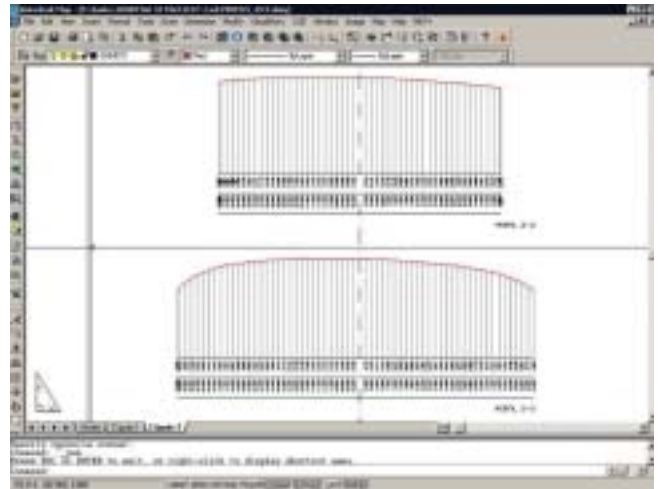
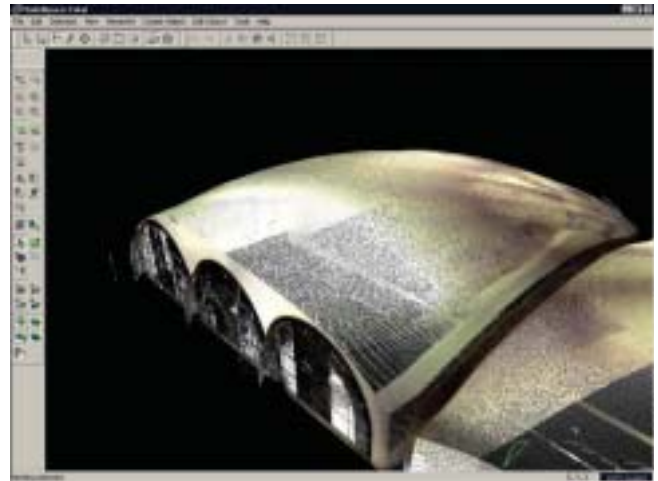
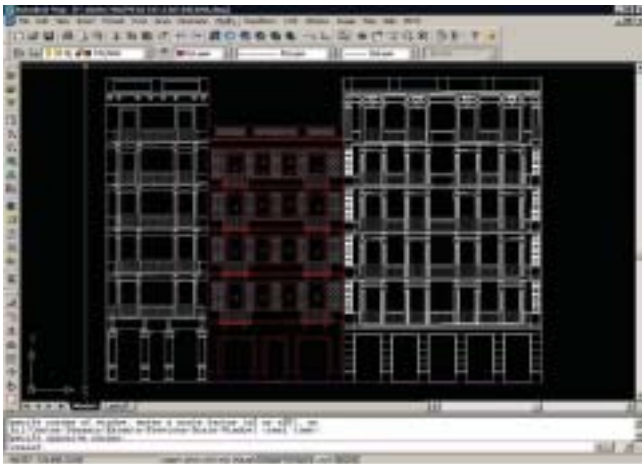
CASO 6

Cuando hablamos con nuestros futuros clientes, la primera aplicación que nos proponen para el sistema es el levantamiento de fachadas. Así inició sus pasos en HDS D. Pedro Martín-Delgado, gerente de la empresa ACRE, con el levantamiento de la fachada principal de la Biblioteca Nacional en Madrid. El flujo de trabajo fue la obtención de 3 escaneados y su unión sin necesidad de instalar dianas en la fachada, gracias a la capacidad de Cyclone de realizar ésta, pinchando puntos en las zonas comunes de los diferentes escaneos. Posteriormente se realizó el dibujo en 3D directamente en AutoCad, gracias a la utilización del software CloudWorx. En 2 horas de campo y 4 días de oficina se generó una entrega al cliente final por encima de lo que con un método tradicional hubiéramos conseguido.

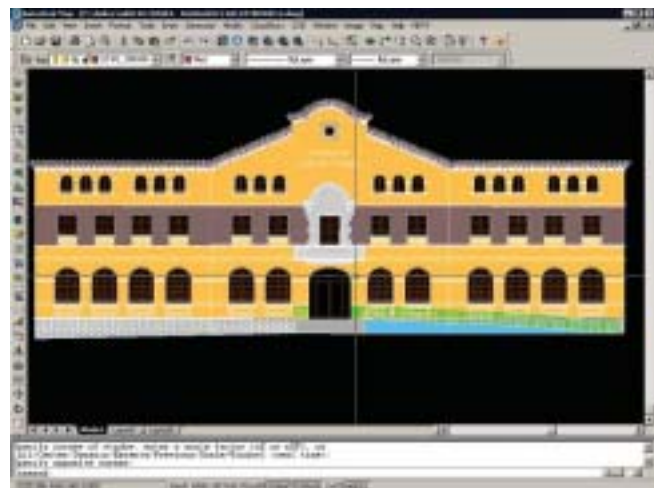


CASO 7

La digitalización o vectorización de los datos obtenidos a partir de nubes de puntos, pueden ser, como hemos dicho, delineados directamente en AutoCad, gracias a la herramienta de software CloudWorx, que permite beneficiarse de poder trabajar en su entorno de diseño, habitual con la alta densidad de datos en 3D. Este flujo de trabajo fue utilizado por TOYSER para el levantamiento de una fachada en la C/ Valencia de Barcelona, con un rendimiento de 2 horas de campo y 3 días de oficina, sin necesidad de montar ningún andamiaje que hubiera encarecido el precio del proyecto.



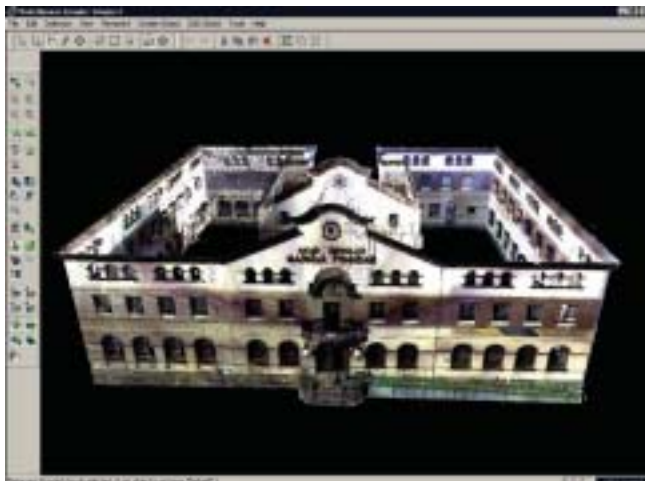
CASO 9



CASO 8

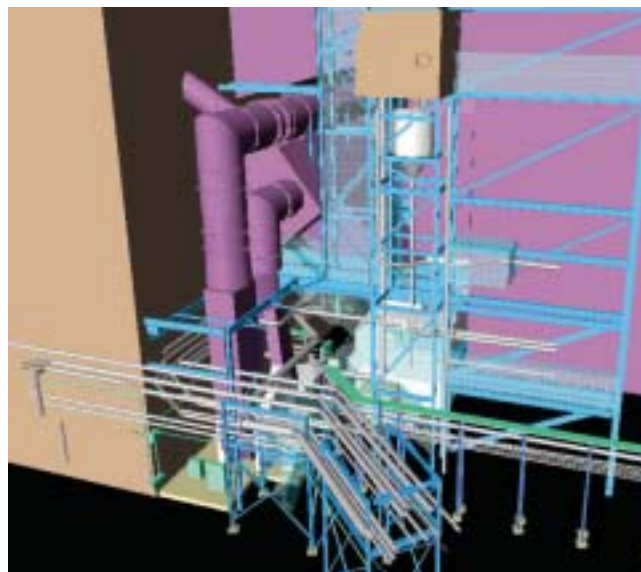
El hundimiento de una cúpula en el Hospital de Sant Pau de Barcelona (edificio modernista obra de Domenech i Montaner y declarado patrimonio de la humanidad), creó la necesidad de realizar el control geométrico periódico de otras adyacentes y realizar la monitorización de sus movimientos. Para ello la empresa TOYSER utilizó el sistema HDS3000, debido a que pudo suministrar sus resultados en tiempos realmente rápidos, tanto en la toma de datos como en su posterior procesado. Como resultado ofreció un curvado completo de las cúpulas, realizado directamente en Cyclone, y secciones en AutoCad.

Siguiendo el mismo flujo de trabajo con CloudWorx, TOYSER realiza el trabajo de levantamiento y delineación de 12 fachadas del colegio García Fossas de la localidad barcelonesa de Igualada. El rendimiento obtenido en este caso fue de 3 días de campo y 5 días de trabajos de delineación, realizando la entrega de 12 alzados en 2D correspondientes a cada una de las fachadas.



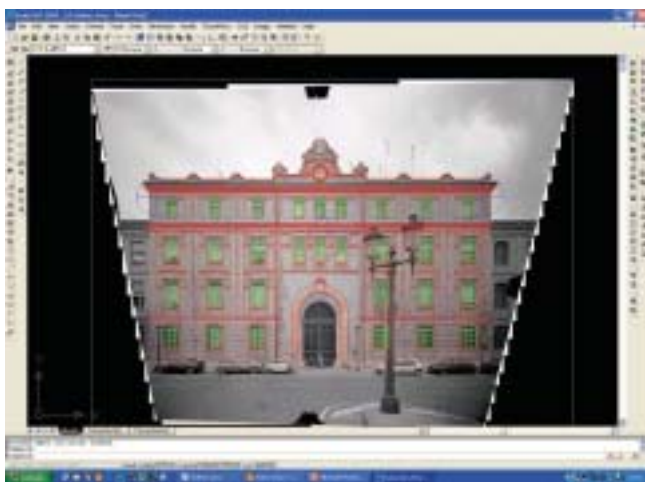
CASO 11

Ampliando el abanico de aplicaciones externas al mundo de la topografía convencional, vemos los ejemplos en plantas industriales, donde la obtención de modelos 3D es realmente importante. Nuestro cliente Washington Group International, realizó el levantamiento de una planta en Detroit y su posterior modelado, que no sólo se limita a su geometría en 3D, sino además se le puede añadir toda la información accesoria que se necesita para inventariar cada uno de los objetos que aparecen en cada línea y que, gracias a Cyclone, es de fácil introducción y exportación a otros software especializados en diseño para plantas industriales.



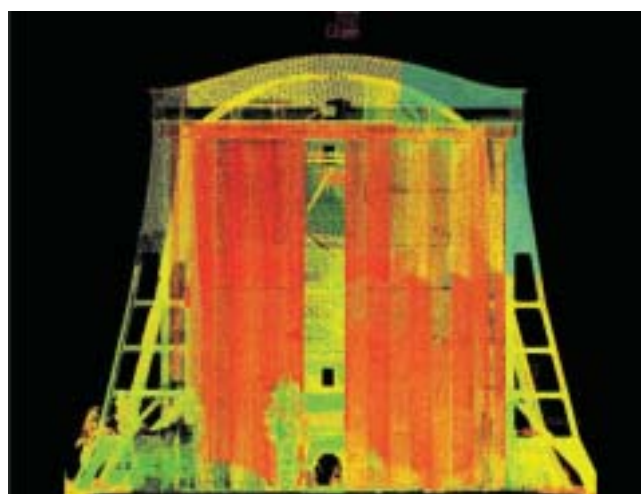
CASO 10

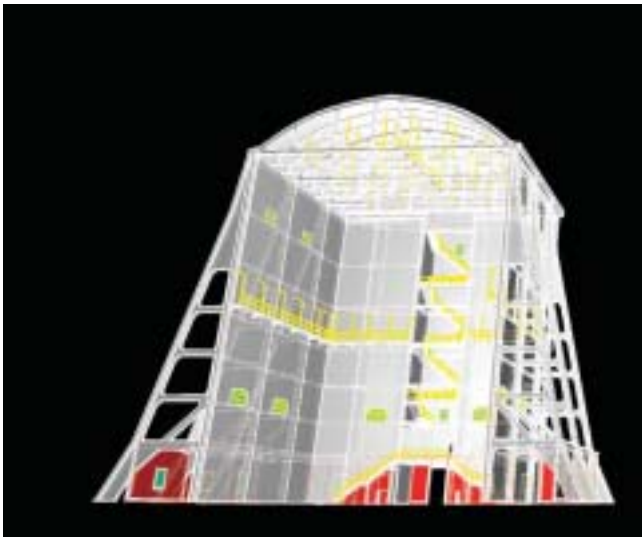
El Instituto de Patrimonio de la Universidad de Valencia, fue uno de los primeros en disponer HDS2500 en España y cuenta con innumerables proyectos y estudios usando dicha tecnología. El levantamiento de la fachada del edificio de la Tabacalera de Valencia se realizó con la finalidad de dar el apoyo fotogramétrico necesario al trabajo realizado anteriormente y, de esta manera, poder comparar ambas tecnologías. La universidad de Valencia realiza tanto la restitución por fotogrametría terrestre o con la nube de puntos directamente. El resultado final es un alzado en 2D de la fachada principal de este edificio.



CASO 12

Este antiguo hangar para dirigible en Augusta fue levantado por nuestro cliente de la Universidad de Ferrara para su acondicionamiento. En este proyecto se entregó un modelado 3D y diferentes planos en 2D.





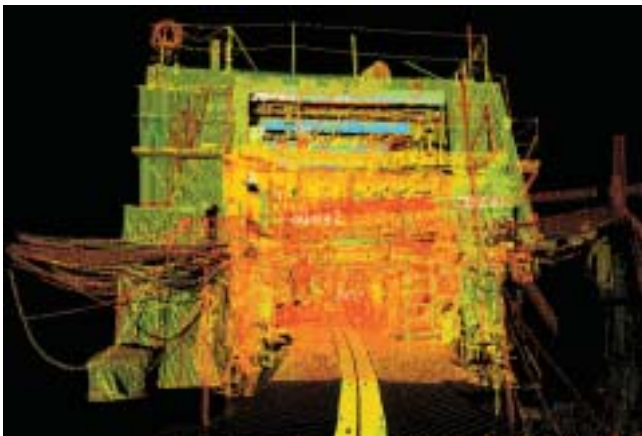
CASO 14

La compañía Chevron realiza los levantamientos de sus plataformas petrolíferas con HDS, como la que aparece en las imágenes en el lago Maracaibo de Venezuela. Se tratan de lugares donde la realización de cualquier levantamiento se hace difícil, por disponer de poco espacio para hacerlos y por poseer gran cantidad de detalle. Con HDS tenemos la total seguridad de que cuando abandonemos la plataforma no habremos omitido ningún detalle ni cometido errores. Los rendimientos en este caso fueron de 32 horas de campo y 250 horas de oficina, para obtener un modelado 3D de la misma. Se obtuvo, según Chevron, un 75% de ahorro en costes frente a la toma manual y un 36% que por fotogrametría.



CASO 13

La empresa Ingalls realizó el modelado 3D completo de un barco en construcción a partir de los datos obtenidos con HDS tras 4 días de levantamiento en las atarazanas. Una vez modelado, se podrá diseñar el interior del mismo para su construcción y, de esta manera, obtener un máximo aprovechamiento del espacio.



CASO 15

A la empresa ACRE-GeoTresde se le encargó el levantamiento tanto exterior como interior de la capilla del hospital psiquiátrico de Leganés, para su posterior restauración. En un día de campo se realizó la toma de datos y fueron necesarios 20 días para realizar el modelado completo de los mismos.



CASO 16

La aplicación de HDS para el levantamiento en escenarios de crímenes es una práctica habitual para el FBI. Les permite obtener una toma com-

pleta del escenario y no es necesario acceder al mismo, con lo que no se contamina (no se falsean pruebas y se obtiene una mejor presentación de la pruebas periciales). Vemos que gracias a un levantamiento con gran resolución del agujero de la bala, se puede analizar la trayectoria de las mismas.



CASO 17

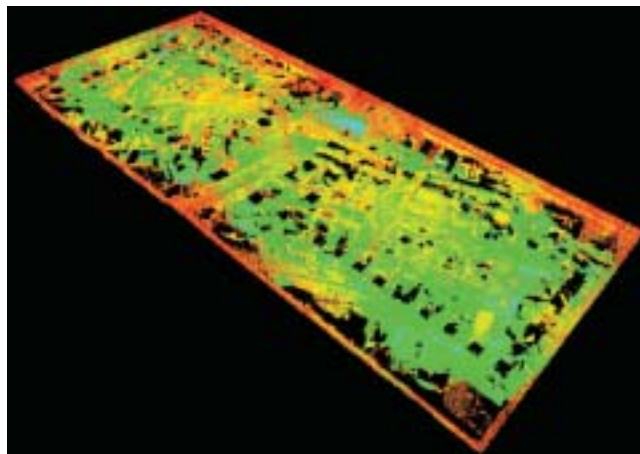
Cualquier escena que queramos representar en 3D es susceptible de ser obtenida gracias a la ayuda de un láser escáner. Existen una gran cantidad de películas cuyos efectos especiales se han hecho con HDS. Entre otras *Deep blue sea* (cuyas imágenes vemos), *Minority Report*, *Matrix I y II*, *Master&Comander*, *El Señor de los anillos*, *Harry Potter*, *Moulin Rouge*, etc. Además, esta aplicación podría extenderse a los diferentes software de entretenimiento y realidad virtual.



CASO 18

La Universidad Politécnica de Cataluña y su laboratorio de Política del Suelo y Valoraciones, cuyo Director es el Dr. José Roca, fue el primer cliente de HDS en España. Su excelente trabajo de investigación y de-

sarrollo de proyectos ha contribuido de manera clara a que esta tecnología sea un presente en nuestro país. Ejemplo de ello lo tenemos en el levantamiento a todo detalle que mostramos de las ruinas aparecidas en el Mercado del Born de Barcelona y que representan un barrio de esta ciudad en el siglo XVIII. Se obtuvo un modelado completo y detallado tras 5 días de campo y otros 20 de oficina, frente a los 10 de campo y 30 de oficina que se hubieran necesitado por métodos tradicionales, sin la obtención de la décima parte del detalle obtenido y con algún problema en la accesibilidad a la zona a levantar.



Como se habrá podido observar, los clientes que hemos presentado y otros muchos, están adquiriendo una experiencia significativa en el proceso de las nubes de puntos que, en el futuro, se convertirá sin duda en una ventaja competitiva importante.

Asimismo, esperamos que este artículo haya permitido hacerse una idea de qué manera la tecnología HDS de Leica Geosystems puede ayudar a los topógrafos a desarrollar su trabajo habitual e incluso acceder a nuevas oportunidades de negocio.

Nuestros propios clientes, a través de trabajos como los que hemos presentado, son la prueba de que los sistemas HDS de Leica Geosystems no solamente aportan la más alta tecnología, sino que además son plenamente productivos.

Quisiera expresar el agradecimiento, en nombre de Leica Geosystems, a las empresas e instituciones que han compartido sus experiencias con nosotros. ■

Bibliografía

Los planos de Granada 1500-1909

Juan Calatrava y Mario Ruiz Morales

Diputación de Granada

Granada, 2005

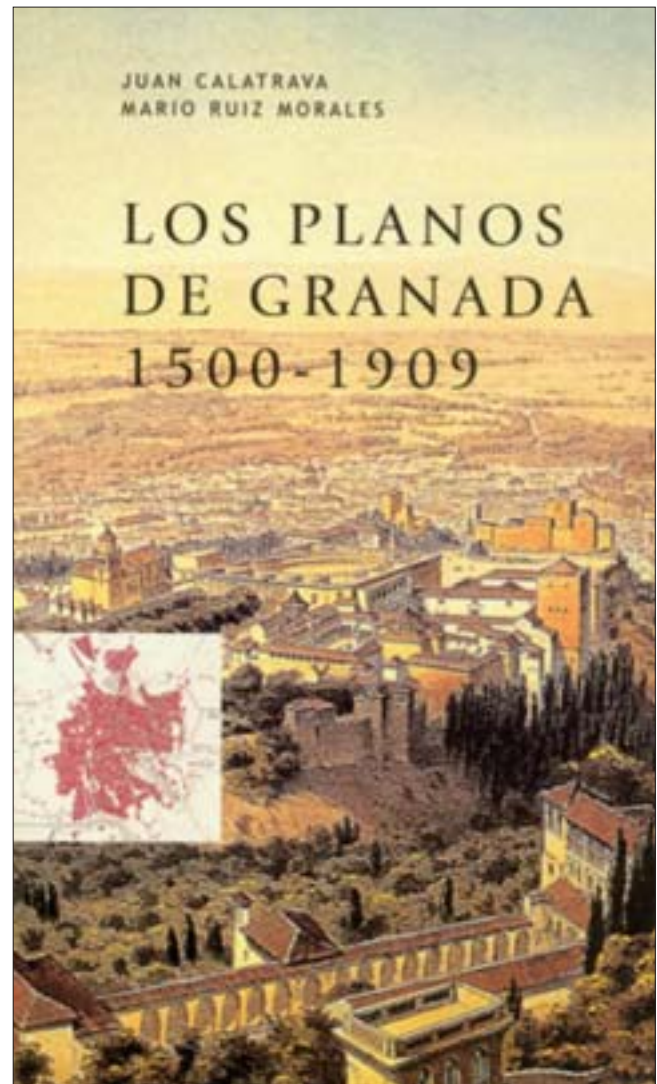
153 págs.

Dentro de su colección Los Libros de la Estrella, la Diputación de Granada acaba de publicar este libro, en el que se examinan los planos y vistas urbanas de la ciudad de Granada, pero también los métodos con los que se formaron y los avatares de su realización.

Si el primer plano de la ciudad de Granada, la *Plataforma* de Vico, tiene un explícito contenido religioso, dos siglos después se plasmarán en el plano de Dalmau y en la cartografía napoleónica las pretensiones ilustradas de cientificidad. En el siglo XIX coexisten la imaginaria romántica, la fotografía urbana y los grandes planos para las reformas de la ciudad de Rafael y José Contreras, hasta que a finales de siglo el plano de Bertuchi refleja ya el fenómeno turístico que marcará el futuro de la ciudad. Por último, en 1909 el plano del Instituto Geográfico y Estadístico da paso al azaroso urbanismo del siglo XX.

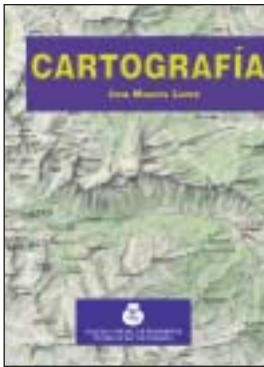
El libro está dividido en 7 capítulos profusamente ilustrados en color: *A modo de introducción histórica, Granada en la cartografía antigua y medieval, La Granada del Renacimiento, La Plataforma de Ambrosio de Vico, Del plano de Dalmau a la Granada napoleónica, La imagen de Granada en el siglo XIX, El plano topográfico de 1909*. Además, cuenta con varios apéndices: bibliografía básica, documentos, glosario, relación de vistas y planos de Granada (1500-1909).

Juan Calatrava es profesor de Historia de la Arquitectura en la ETS de Arquitectura de la Universidad de Granada y autor de numerosos libros y traducciones. Ha sido profesor invitado en diversas universidades europeas y actualmente centra sus investigaciones en la imagen de la ciudad en el mundo moderno, temática sobre la que coordina un grupo de investigación.



Mario Ruiz Morales es I.T. en Topografía, Licenciado en Matemáticas e Ingeniero Geógrafo. Es profesor de la ETS de Ing. De Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de Granada. Es autor de numerosas publicaciones, muchas de ellas reseñadas en estas páginas. Está especializado en la historia de la geografía matemática.

Libros 'Técnicos



Título: Cartografía
Autor: José Martín López

33,10 € Ref. 701
(24,10 € colegiados y alumnos E.U.I.T.T.)



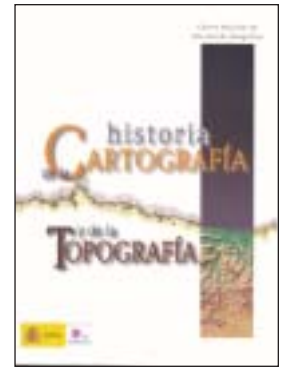
Título: Las series del mapa topográfico de España a Escala 1:50.000
Autores: Luis Urteaga y Francesc Nadal

21,03 € Ref.: 038



Título: Cartógrafos Españoles
Autor: José Martín López

27,10 € Ref.: 021



Título: Historia de la Cartografía y de la Topografía
Autor: José Martín López

41,60 € Ref. 039



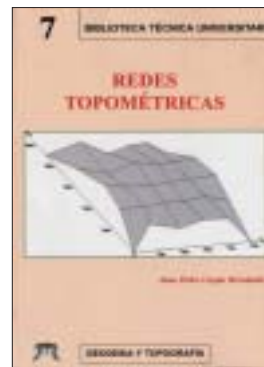
Título: Fotogrametría Moderna: Analítica y Digital
Autor: José Luis Lerma García

43,34 € Ref. 5006



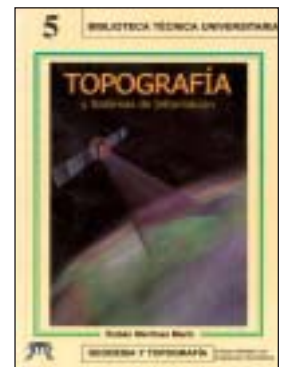
Título: Fotogrametría analítica
Autores: Felipe Buill - Amparo Núñez - Juan José Rodríguez

11,54 € Ref.: 804



Título: Redes Topométricas
Autor: Juan Pedro Carpio Hernández

22,83 € Ref. 6008



Título: Topografía y Sistemas de Información
Autor: Rubén Martínez Marín

18,10 € Ref.: 6006



Título: Problemas de Fotogrametría I
Autor: José Lerma García

10,20 € Ref.: 5001



Título: Problemas de Fotogrametría II
Autor: José Lerma García

11,75 € Ref.: 5003



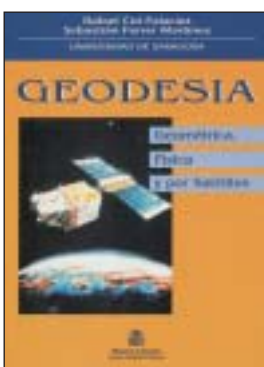
Título: Problemas de Fotogrametría III
Autor: José Lerma García

8,70 € Ref.: 5002



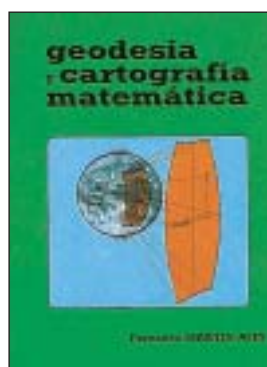
Título: Aerotriangulación: Cálculo y Compensación de un bloque fotogramétrico
Autor: José Lerma García

18,54 € Ref.: 5004



Título: Geodesia (Geométrica, Física y por Satélites)
Autores: R. Cid Palacios y S. Ferrer Mtez.

24,10 € Ref.: 030



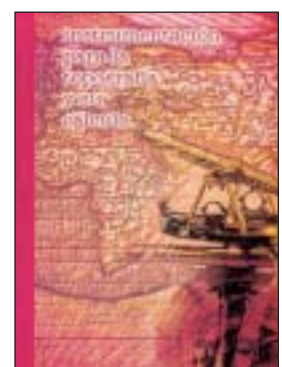
Título: Geodesia y Cartografía Matemática
Autor: Fernando Martín Asín

32 € Ref. 205



Título: Transformaciones de coordenadas
Autores: J. A. Pérez y J. A. Ballell

18 € Ref.: 6007



Título: Instrumentación para la Topografía y su cálculo. Autor: Ignacio de Paz

26,75 € (+CD por 33,70 €)
Ref. 7001



Título: **Sistemas de Información Geográfica Prácticas con ArcView**
 Autores: N. Lantada Zarzosa y M. A. Núñez Andrés
19,00 € Ref. 803



Título: **Topografía de obras**
 Autor: Ignacio de Corral Manuel de Villena
25,00 € Ref. 802



Título: **Topografía subterránea para minería y obras**
 Autores: Miquel Estruch Serra y Ana Tapia Gómez
30,00 € Ref. 804



Título: **Fundamentos Teóricos de los Métodos Topográficos**
 Autor: Alonso Sánchez Ríos
15,70 € Ref. 6002



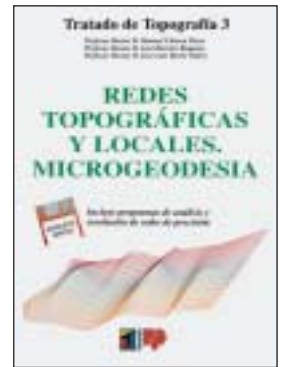
Título: **Problemas de Métodos Topográficos (Planteados y Resueltos)**
 Autor: Alonso Sánchez Ríos
15,70 € Ref. 6003



Título: **Tratado de Topografía 1**
 Autores: M. Chueca, J. Herráez, J. L. Berné
42,10 € (36,10 € coleg.) Ref. 2001

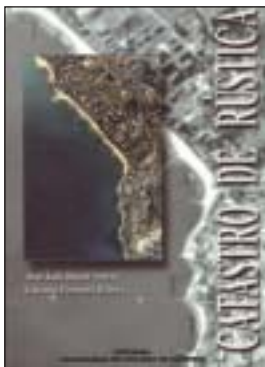


Título: **Tratado de Topografía 2**
 Autores: M. Chueca, J. Herráez, J. L. Berné
51,10 € (42,10 € coleg.) Ref. 2002

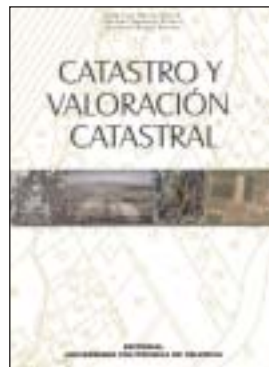


Título: **Tratado de Topografía 3**
 Autores: M. Chueca, J. Herráez, J. L. Berné
36,10 € (30,10 € coleg.) Ref. 2003

Los tres volúmenes: 129,22 € (90,15 € colegiados)



Título: **Catastro de Rústica**
 Autores: José Luis Berné Valero y Carmen Femenia Ribera
31,68 € Ref. 5005



Título: **Catastro y Valoración Catastral**
 Autores: José Luis Berné Valero, Carmen Femenia Ribera y Jerónimo Aznar Bellver
40,25 € Ref. 5007



Título: **Replanteo y control de presas de embalse**
 Autor: Antonio Santos Mora
12,10 € Ref. 302



Título: **Curso básico de replanteo de túneles**
 Autor: Antonio Santos Mora
9,10 € Ref. 303

Boletín de Pedido a la Revista TOPOGRAFIA y CARTOGRAFIA

Avda. de la Reina Victoria, 66, 2.º C - 28003 Madrid
 Teléfono: 91 553 89 65 - Fax: 91 533 46 32

N.º Ref.	Cantidad	Título	Precio unitario	Total

Gastos de envío (3 € Europa, para otros países consultar)

Nombre
 Dirección Tel.
 Ciudad Provincia C.P.

Forma de pago: talón nominativo giro transferencia C/C: 2032-0037-50-3300010988

Remitir justificante de giro o transferencia.

NOTA: Estos precios son con IVA incluido.

Vida Profesional

XII JORNADA TÉCNICA SAN ISIDORO EN GALICIA



D. Pedro Arranz Chacón exponiendo su conferencia titulada *“La Topografía en los túneles del Guadarrama”*



D. José Miguel Amor Molares impartiendo la conferencia titulada *“Introducción a redes VRS”*

El pasado 7 de mayo, la Delegación Territorial en Galicia del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía celebró la **XII Jornada Técnica San Isidoro**. En esta ocasión la celebración, que fue abierta al público, tuvo lugar en las instalaciones del recinto Ferial de Semana Verde en Silleda (Pontevedra), coincidiendo con FICOMAT (Feria Internacional de la Construcción, Minería y Obras Públicas), y tuvo un

relevante eco en los medios de comunicación de la Comunidad Autónoma, asistiendo numeroso público.

La conferencia que despertó mayor interés, tanto por su contenido científico y técnico como por su importancia para la futura comunicación por AVE de Galicia, estuvo a cargo de D. Pedro Arranz Chacón, I.T. en Topografía de la empresa Dragados, que expuso el tema *“La Topografía en los túneles del Guadarrama”*.

Previamente, D. Manuel Gallego Priego, Jefe del Área del SITGA e I.T. en Topografía, disertó acerca del *“Servidor Cartográfico de la Xunta de Galicia”*, tema que días antes había expuesto ante las autoridades y numeroso público en la inauguración oficial de FICOMAT por el presidente de la Xunta de Galicia.

En la primera parte de la jornada, los también I.T. en Topografía D. Rogelio Cuellar García, director de GEOSAT, y D. José Miguel Amor Molares, de TRIMBLE, hablaron respectivamente de *“Topografía Minera en el Sector de la Pizarra”* e *“Introducción a Redes VRS”*, completando así la temática de FICOMAT.



Comida de fraternidad en el Pazo Bendoiro



El Delegado Territorial en Galicia del COITT, D. Luis Mendoza Barros (dcha.), entregando un obsequio al conferenciante D. Manuel Gallego Priego (izda.)



El Tesorero General del COITT, D. Ángel Luis Olmos (izda.), haciendo entrega de un obsequio al conferenciante D. Rogelio Cuéllar García (dcha.)

Posteriormente, en el Pazo de Bendoiro, construcción típica de Galicia y próximo al recinto donde se había celebrado la Jornada Técnica, se sirvió un vino en un típico ambiente rural gallego, que dio paso a la celebración de una comida de confraternidad, en la que, un año más, la camaradería y el buen humor de los colegiados y acompañantes hizo

que se completase una agradable jornada, la cual concluyó con la entrega de obsequios a los conferenciantes por parte del Decano, Tesorero General y Delegado Territorial en Galicia del COITT y con un brindis por la profesión.

NECROLÓGICA



El pasado 23 de abril falleció en Madrid el I. T. en Topografía D. Julián de Castro Hurtado a la edad de 89 años.

Tras iniciar estudios de Ciencias Exactas en la Universidad Complutense de Madrid, estudios que se vieron interrumpidos por la guerra civil, ingresó por oposición en el Cuerpo de Topógrafos Ayudantes de Geografía y Catastro (actual Cuerpo Nacional de Ingenieros Técnicos en Topografía) en el año 1943, prestando sus servicios en el Instituto Geográfico Nacional de forma ininterrumpida desde dicho año hasta 1984, año en que se jubiló. De forma simultánea con su labor en el IGN, fue profesor en la E. U. de I. T. Topográfica de Madrid, casi desde su creación hasta la jubilación, donde colaboró en la Cátedra de Lectura de Mapas y Fotointerpretación. Fue miembro fundador del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía, al que perteneció hasta su fallecimiento.

Todos aquellos que le conocimos nunca podremos olvidar su gran bondad y fino sentido del humor:

Desde estas páginas transmitimos nuestras condolencias a sus familiares.

CELEBRACIÓN DE SAN ISIDORO EN MÁLAGA

El pasado 6 de mayo, organizado por la Delegación Provincial en Málaga del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía, tuvieron lugar los actos conmemorativos del día de San Isidoro, patrón de los Ingenieros Técnicos en Topografía.

Los actos consistieron en la celebración de una comida de hermandad en el restaurante malagueño Mesón Agustín, a la que asistieron todos

los colegiados de dicha Delegación. A los postres, se procedió a la entrega de una placa de reconocimiento a su carrera profesional a los colegiados recién jubilados D. Ángel Ortuño Anaya, a quien le hizo entrega de la misma su hijo y también I.T. en Topografía colegiado D. Alfonso Ortuño Caballero, y D. José María Meca Pérez, cuya placa recogió en su nombre su hijo.



D. Alfonso Ortuño haciendo entrega de la placa a su padre, D. Ángel Ortuño Anaya, en presencia del delegado Provincial en Málaga, D. José Carlos Rivas



El hijo de D. José María Meca Pérez recibiendo la placa



Algunos de los asistentes a los actos conmemorativos de San Isidoro en Málaga

PROMOCION JULIO, AGOSTO Y SEPTIEMBRE



Mientras usted descansa, nosotros
revisamos sus equipos.

¡Aproveche esta
exclusiva
promoción!



Trimble
SERVICIO TÉCNICO OFICIAL



Revisión y calibración

Presupuesto para reparación

Estación Total

Otros instrumentos

Observaciones

Teodolito

Nivel

Empresa:

Dirección de entrega del equipo:

Imprescindible adjuntar este folleto para beneficiarse de la promoción. Válido meses de julio, agosto y septiembre. Entrega del equipo revisado y calibrado en el plazo de 5 días laborales desde la recepción. Porte debidos.

Topocenter PUNTOS DE APOYO TOPOCENTER EN SU ZONA:
BARCELONA 93 340 05 73 - 936 948 582 **LEVANTE** 618 557 128 **MADRID** 91 371 82 99 - 629 590 874
PAS VASCO 945 13 10 24 - 616 012 096 **BALEARS** 660 125 930 **GALICIA** 986 772 111 - 618 303 238

Botarull, 14, bajos 08027 Barcelona
 Tel. 93 340 05 73 Fax 93 351 95 18
 www.al-top.com al-top@al-top.com

al-top
TOPOGRAFIA

TOPOGRAFIA y CARTOGRAFIA



TOPCART REVISTA DEL COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TECNICOS EN TOPOGRAFIA

SI DESEA ESTAR AL DÍA Y TENER INFORMACIÓN MUNDIAL SOBRE TOPOGRAFÍA, CARTOGRAFÍA, CATASTRO, GEODESIA, FOTOGRAMETRÍA, GPS, etc., suscríbese

El precio de la suscripción para el año 2005 es de:

	Correo ordinario	Correo certificado
España.....	33 € <input type="checkbox"/>	45 € <input type="checkbox"/>
Países C.E.E.....	46 € <input type="checkbox"/>	67 € <input type="checkbox"/>
América	46 € <input type="checkbox"/>	74 € <input type="checkbox"/> (con suplemento aéreo)
Otros países	48 € <input type="checkbox"/>	75 € <input type="checkbox"/> (con suplemento aéreo)

Estudiantes (remitir justificante de estar matriculado en el curso 2004-2005) 27 €

NOMBRE Y APELLIDOS.....

DIRECCIÓN, POBLACIÓN

PROVINCIA, CÓDIGO POSTAL, PAÍS, TEL. CONTACTO

Adjunto cheque o justificante de giro transferencia para la suscripción del año 2005.

c/c n.º 1098-8.- CAJA DE AHORROS PROVINCIAL DE GUADALAJARA-Alcalá, 27 - 28014 MADRID

Remítase este Boletín a **Topografía y Cartografía**. Avenida Reina Victoria, 66, 2.º C - 28003 MADRID - Tel. 91 553 89 65 - Fax 91 533 46 32 - E-mail: topografiaycartografia@top-cart.com

Indice Comercial de Firmas



Alquiler y venta de instrumentos topográficos

C/ Bofarull, 14, Bajos 08027 BARCELONA
Tel. 93 340 05 73 Fax 93 351 95 18
www.al-top.com e-mail: al-top@al-top.com




SERVICIO TÉCNICO OFICIAL

BATIMETRÍAS

- Levantamientos hidrográficos: marítimos o fluviales. Perfiles. Control obra marítima.
- Posicionamiento de dragados o vertidos.
- Toma de muestras georreferenciadas.

Embarcación propia, con GPS dif., Sonda y soft. de navegación

CB-TOP Casanovas-Berge Asoc.
C/ Trullols, 10 Ent. 2ª Barcelona (08035)
Tel./Fax: 93 418 66 02
Móviles: 629 34 16 26 / 630 02 47 01
E-mail: rb@cb-top.net



BERDALA
INSTRUMENTOS TOPOGRÁFICOS
Y GEODÉSICOS
SERVICIO TÉCNICO

Balmes, 6 08007 BARCELONA
Tel. 93 301 80 49 Fax 93 302 57 89
e-mail: berdala@berdala.com
www.berdala.com



Trimble Ibérica, S.L.
Vía de las Dos Castillas, nº 33
ATICA. Edif. 6, Planta 3ª
28224 Pozuelo de Alarcón
Madrid - Spain
Tel 91 351 01 00 • Fax 91 351 34 43
E-mail: ana_santos@trimble.com
http://www.trimble.com

EDEF
Estudio de Fotogrametría

Marqués de Lema, 7
Tel. 91 554 42 67
28003 MADRID

LEICA GEOSYSTEMS, S.L.
**Geodesia, Topografía,
Fotogrametría y Sistemas**

Oficina y Asistencia Técnica
Edificio Trébol
C/. Doctor Zamenhof, 22
28027 MADRID
Tel. 91 744 07 40 - Fax 91 744 07 41
C/. Nicaragua, 46, 5ª planta - 08029 BARCELONA
Tel. 93 494 94 40 - Fax 93 494 94 42



CENTRAL 902 19 01 22
ANDALUCÍA 958 45 14 03
LEVANTE 963 58 14 94
GUIPÚZCOA 943 37 61 16

<http://www.geocenter.es>



DISTRIBUIDOR OFICIAL
VENTA Y ALQUILER



TOPCON ESPAÑA, S.A.
Instrumentos Topográficos

Frederic Mompou, 5 - Ed. EURO-3
08860 S. JUST DESVERN (Barcelona)
Tel. 93 473 40 57 - Fax 93 473 39 32

Avenida de Burgos, 16 E, 1.º
28036 MADRID
Tel. 91 302 41 29 - Fax 91 383 38 90

ATICSA
— Distribuidor Oficial —



Leica INTERGRAPH TCP-IT
Geosystems

Venta y Alquiler de Material Topográfico
C/ Servando González Becerra, Local 25 (Plaza de las Américas)
Tel. 924 23 13 11 - Fax 924 24 90 02 - www.aticsa.net 06011 BADAJOZ



S&C

Distribuidor 

Santiago & Cintra Ibérica, S.A.
C/ José Echegaray, 4 - P.A.E. Casablanca B5
28100 Alcobendas (Madrid)
Tel. 902 120 870 - Fax 902 120 871
e-mail: info@santiagocintra.es



Grafinta
SOCIEDAD ANÓNIMA
Distribuidor en España

PENTAX•ASHTech•THALES•ROLLEI
Topografía, GPS, Fotogrametría, Hidrografía
Avda. Filipinas, 46 - 28003 MADRID
Tel. 91 553 72 07 - Fax 91 533 62 82
E-mail: grafinta@grafinta.com
<http://www.grafinta.com>

ACRE

**Alquiler y venta G.P.S.
Instrumentos Topográficos**

Autovía Madrid-Toledo
925-490839 617 326454
www.acre-sl.com



Leica
Geosystems



DATUM

TOPOGRAFIA Y CARTOGRAFIA, S.L.
ALQUILER Y VENTA DE GPS
ESTACIONES TOTALES Y ACCESORIOS



Cristóbal Bordiú, 35
Tel. 91 535 33 72
Fax 91 535 33 84
28003 Madrid
datum@arrakis.es

Alvaro Molina Topografía-G.P.S.
Alquiler y Servicios Topográficos

Sistemas G.P.S. 

Centimétrico, Decimétrico, Submétrico, Métrico

Tel. 670 248 852 • 670 243 059
e-mail: almolina@infonegocio.com

ete • Aparatos para medida industrial • Scanner • Giróscopos • GPS • GPS
 (D, Site vision) • Sistemas de Posicionamiento Local (LPS) • Monitores de Rendi
 emas de Nivelación GPS • Sistemas GPS para Plantación • Accesorios topog
 ones robotizadas • Colectores • Software para colectores • Software topog
 copos • GPS • GPS para GIS • Sistemas Video + GPS • GPS para Control de /
 • Monitores de Rendimiento y Dosificación • Sistemas de Guiado • Sistema
 ación • Accesorios topográficos • Láser • Aparatos topográficos • Estaciones
 ores • Software topográfico para gabinete • Aparatos para medida industri
 GPS para Control de Maquinaria (2D, 3D, Site vision) • Sistemas de Posicionan
 iado • Sistemas de Autoguiado • Sistemas de Nivelación GPS • Sistemas GPS pa
 ciones topográficas • Estaciones robotizadas • Colectores • Software para coli
 rrial • Scanner • Giróscopos • GPS • GPS para GIS • Sistemas Video + GPS •
 onamiento Local (LPS) • Monitores de Rendimiento y Dosificación • Sistemas
 as GPS para Plantación • Accesorios topográficos • Láser • Aparatos topogr
 ware para colectores • Software topográfico para gabinete • Aparatos para
 as Video + GPS • GPS para Control de Maquinaria (2D, 3D, Site vision) • Si
 cación • Sistemas de Guiado • Sistemas de Autoguiado • Sistemas de Nivel
 • Aparatos topográficos • Estaciones topográficas • Estaciones robotizadas

construcción

topografía

control de maquinaria



Sede central:
 AV. DE LA INDUSTRIA, 35 • 28760 TRES CANTOS (MADRID) • APARTADO DE CORREOS 63 • TEL: 902 103 936