

Nuestra portada:

El monte Valonin, una de las primeras fotografías realizadas por Laussedat (1861)

Vol. XXII - N.º 129

Julio-Agosto

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



TOPCART REVISTA DEL COLEGIO OFICIAL DE
INGENIEROS TECNICOS EN TOPOGRAFIA

Sumario

Pilotaje en el Estadio de Atletismo de Málaga **3**

Luis M. Ortega Latorre

El Láser Escáner Terrestre:
Una potente herramienta de digitalización 3D **10**

Josep Maria Pons y José Luis Lerma

GeoScaN: Adquisición remota de datos para levantamientos
topográficos, hidrográficos y SIG **20**

Laurence Waterhouse

Tecnología Optimizada para la determinación de Altitudes
mediante GPS **25**

Otakar Svabensky y Josef Weigel

Laussedat y la Academia de Ciencias de España (y II) **29**

Mario Ruiz Morales

La enseñanza de la Topografía en el Instituto Técnico de Lund
(Suecia) **48**

Boo G. Lilje

Modelización Tridimensional del entorno "La Torre de Paterna" **56**

Antonio García Benlloch

Error de Escala debido a la Proyección Cartográfica **63**

Javier Múgica de Rivera

Novedades Técnicas **70**

Vida Profesional **76**

Índice Comercial **79**

Aplicaciones para Dispositivos Móviles

Replanteo y Toma de Datos
con GPS y Estación Total

Gestión de Dibujos
con potente CAD

Control de Obras de Túneles

Múltiples Superficies
Puntos Inteligentes
Secciones de Autovía
Recorrido Virtual

TCP-MDT

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/ Semafora nº 9, 29190 - Málaga
Tlf: 952-439771
Fax: 952-431371
www.aplítóp.com
info@aplítóp.com

Pilotaje en el Estadio de Atletismo de Málaga

Luis M. Ortega Latorre
INGENIERO TÉCNICO EN TOPOGRAFÍA

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente se están desarrollando los trabajos para la construcción del estadio de atletismo de Málaga en su primera fase. En esta primera fase se ha desarrollado la cimentación de la zona del graderío mediante pilotes de hormigón armado, moldeados *in situ* con entubación recuperable, método empleado debido a las características y condiciones del terreno (terrenos arenosos) y a la proximidad del nivel freático.

El procedimiento de ejecución del pilote, atendiendo a la forma de introducir el tubo en el terreno y a la forma de entubación, ha sido el de pilote sondeado y de entubación abierta (la entubación no tiene fondo),

es decir, el tubo se introduce en el terreno por hincado o sondeo y se extraen los productos de su interior mediante cuchara o cualquier otro artefacto.

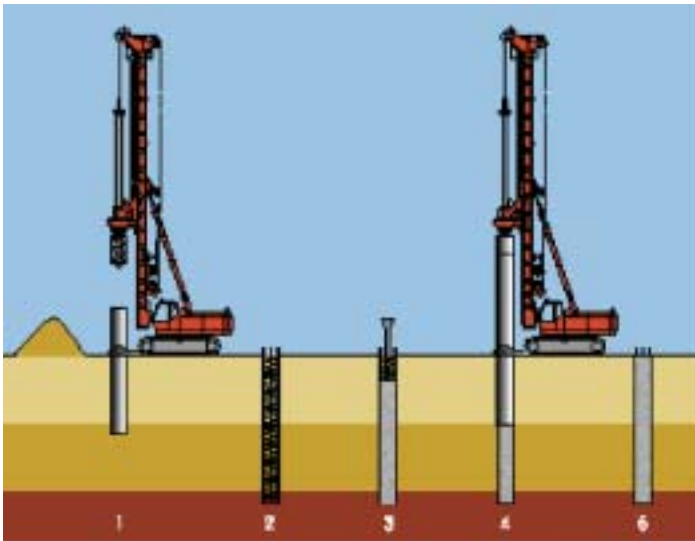
Los pilotes ejecutados tienen longitudes variables, desde 13 m hasta 35 m de profundidad, y diámetros de 1.000 mm y 1.500 mm.

2. REPLANTEO

El replanteo del pilote se realiza una vez preparada y acondicionada la plataforma de trabajo. En el replanteo del pilote se ha utilizado una estación total Topcon 212 GTS. Dado que la tolerancia de la excentricidad del eje del pilote con la fijada es de 15 cm, se empleó el método

de radiación, desde una base previamente fijada cercana a la zona de trabajo. La estación total se utiliza sólo para replantear el centro del pilote y resulta bastante útil para colocar la camisa o tubo sobre el centro del pilote, dibujar la circunferencia del mismo con la ayuda de un bote de spray y un flexómetro. Para poder controlar la entubación es necesario disponer de, al menos, dos puntos, que se han colocado con el flexómetro a una distancia conocida del centro. Así, una vez colocado la camisa sobre el círculo dibujado, se puede desplazar dicha camisa hasta que la distancia sea la correcta. Para esto se colocaron 4 puntos, materializados por tochos de hierro, a una distancia de 2,25 m del centro, así, para una camisa de 1.500 mm, la distancia a la camisa debería ser de 1,50 m (fotografías 1, 2, 3 y 4).

Una vez situada correctamente la camisa, es decir, con un error menor a 8 cm, se procede al hincado de la misma mediante un vibrador: Durante el proceso de hincado de la



- Posición 1, hincado de camisa y excavación al mismo tiempo.**
- Posición 2, una vez terminada la perforación y con la armadura colocada.**
- Posición 3, proceso de hormigonado, incluso con el tubo-tremie introducido.**
- Posición 4, extracción de la camisa según se va hormigonando.**
- Posición 6, pilote totalmente terminado y a falta de descabezado.**



Fotografía 1. Tochos dispuestos alrededor del pilote y separados del centro una distancia de 2,25 m en los pilotes de 1.500 mm.

camisa se va comprobando su aplomo y que no se desplace de su posición inicial. Para esto último hay que apoyarse en los cuatro tochos y hacer continuas mediciones a la camisa. Estas distancias nunca deben superar los 10 cm de error. Los 10 cm se han establecido en esta operación para que una vez terminado el pilote nunca se encuentre por encima de la tolerancia fijada de 15 cm. En caso de superar los 10 cm, habría que corregir la posición de la camisa, elevándola de nuevo y volviéndola a hincar.

3. PERFORACIÓN Y EXTRACCIÓN DEL MATERIAL

Una vez hincada la camisa, la siguiente operación es la perforación y extracción de material hasta la cota fijada. Para establecer la profundidad de perforación se calcula la cota a la que ha quedado la camisa (la camisa suele sobresalir unos 60 ó 70 cm del suelo) y comparándola con la



Fotografía 2. Presentación de la camisa sobre el pilote replanteado.

cota de perforación teórica se obtendrá la profundidad a la que debe quedar la excavación. Con una cinta métrica, con un peso en su inicio, se mide la profundidad. El peso y la cinta son necesarios, pues a dos metros se encuentra el nivel freático, por lo que la camisa está casi totalmente cubierta por el agua. La medición hay que hacerla en el centro del pilote. Aunque la máquina perforadora dispone de un dispositivo de medida, es conveniente referendarla con la cinta métrica (fotografía 5).

La medición final de la profundidad hay que realizarla inmediatamente después de terminar la perforación, pues, dadas las condiciones del terreno (arenas y limos), si transcurre cierto tiempo las arenas y limos van subiendo de cota y pueden ascender hasta



Fotografía 3. Comprobación de camisa



Fotografía 4. Aproximación del tubo al replanteo topográfico. Se puede observar el vibrador, que mantiene el tubo suspendido gracias a las mordazas hidráulicas.



•ANEBA Barcelona•
barcelona@aneba.com
Tel. (+34) 933 633 820
Fax. (+34) 933 633 821

•ANEBA Madrid•
madrid@aneba.com
Tel. (+34) 913 287 146
Fax. (+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.

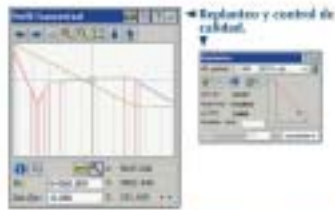
Pocket CARTOMAP está avalado por los catorce años de experiencia de ANEBA, fabricantes de CARTOMAP, que cuenta con miles de usuarios en todo el mundo, lo que refleja su sencilla utilización y la disponibilidad de las funcionalidades más avanzadas del mercado.



Adquisición de datos



Dibujos automáticos en campo



Replanteo y control de calidad



Conecta 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...





Fotografía 5. Comprobación de profundidad.

1 ó 2 metros por la camisa, debido principalmente a la decantación de las arenas sueltas que se encuentra en el agua. Este ascenso de cota del fondo de la excavación no debe preocupar, pues a la hora del hormigonado los tubos que se meten para el proceso de llenado de hormigón, los tubos-tremie, alcanzan la cota inicial de perforación.

4. COLOCACIÓN DE LA ARMADURA

En este proceso es fundamental que la armadura que se ha introducido por la camisa no se encuentre por debajo de su cota, porque en tal caso resultaría que no tiene el suficiente solape con el encepado que lo va a envolver. Por este motivo, hay que controlar durante el hormigonado y posterior extracción de la camisa que la armadura no ha bajado de nivel y que se mantiene correctamente (fotografía 6).



Fotografía 6. Introducción de la armadura.

5. HORMIGONADO DEL PILOTE

Dado que el nivel freático está muy próximo a la superficie (a unos 2 m de ésta), la camisa se encuentra casi totalmente cubierta de agua, lo que dificulta el proceso del hormigonado. Es por este motivo por lo que surge la necesidad de disponer de una bomba que vaya retirando el agua que va ascendiendo por la camisa en el proceso de hormigonado.



Fotografía 7. Acoplamiento de los sucesivos tubos para conducir el hormigón hasta el fondo.

El hormigón no se vierte al pilote directamente desde la hormigonera, sino que hay que conducirlo hasta la parte inferior por unos tubos, que están empalmados entre sí y que alcanzan la cota inferior del pilote; son los denominados tubos-tremie (fotografía 7). De esta forma se consigue que el hormigón ascienda y vaya desplazando hacia la superficie el agua acumulada en la camisa y el fango y arena que se habían depositado en



Fotografía 8. Hormigonado del pilote.



Fotografía 9. Se observa la salida de impurezas de la camisa. La cantidad de barras e impurezas depende en mayor medida a las clases de materiales que se encuentran en el fondo de la excavación, así como de la decantación de los materiales en suspensión.

el fondo. De hecho, cuando se observe que el fango, las arenas e impurezas rebosan por la camisa, es que está el hormigón próximo a llenar el pilote. El llenado del pilote de hormigón continúa hasta que se deje de ver salir de la camisa el fango y elementos ajenos al propio hormigón y sólo se ve rebosar por la camisa hormigón (fotografía 9).

La siguiente fase es la extracción de la camisa, mediante un vibrador acoplado al tubo (fotografía 10). Durante la extracción de la camisa el hormigón va rellenando los huecos y probables cuevas existentes en el terreno, pues se le ha retirado el encofrado que tenía (la camisa) y ahora



Fotografía 10. Inicio de extracción de la camisa. Se acopla el vibrador a la camisa con unas pinzas hidráulicas.

es el propio terreno el que lo envuelve. Por este motivo, la cota que tenía el hormigón ha bajado y se debe comprobar la cota definitiva a la que ha quedado, por si fuera necesario rellenar. El hormigón se suele dejar unos 50 cm más alto, para su posterior descabezado y eliminar así los restos de impurezas que pueda haber en su superficie. En el descabezado del pilote es cuando se le marca la cota exacta (fotografía 11).

Terminado el descabezado y vertido su hormigón de limpieza, es entonces cuando ya está listo el pilote para ser envuelto por el encepado (fotografía 12). ■



Fotografía 11. Descabezado manual del pilote con un martillo compresor.



Fotografía 12. Pilote preparado para ejecutar su encepado.

**El trabajo pesado.
Los datos obtenidos con mucho esfuerzo.**

Nunca nos olvidamos de todo esto.





Hay fuerza en la simplicidad. Independientemente de que sean sencillos o ambiciosos, los proyectos topográficos nunca dan cabida a una complejidad innecesaria. Teniendo en cuenta el duro trabajo de los usuarios, Trimble ha planificado un completo conjunto de software y sistemas topográficos integrados: diseñados para un empleo y un flujo de trabajo sencillo y lo suficientemente potentes para manejar los trabajos de mayor envergadura.

Pensar en grande nunca ha sido tan fácil.

Trimble
Dimensions
2005

USER CONFERENCE, OCTOBER 23-26
MIRAGE HOTEL, LAS VEGAS
www.trimbleevents.com

 **Trimble**

Trimble Ibérica
Via Dos Castillas, 33 ATICA
Ed. 6 Planta 3
28224 Pozuelo de Alarcón (Madrid)
Tel. 91 351 0100
Fax. 91 351 3443
www.trimble.es

El Láser Escáner Terrestre: Una potente herramienta de digitalización 3D

Josep Maria Pons
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA

José Luis Lerma
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

I. INTRODUCCIÓN

El láser escáner terrestre (LST, también llamado *Terrestrial Laser Scanner*, TLS) es un nuevo instrumento de medida que puede producir muchos cambios en el planteamiento, desarrollo y ejecución de levantamientos y controles de calidad en tres dimensiones (3D). Dada su potencia, versatilidad y rapidez en la extracción de ingentes masas de información, sólo hay que esperar a que se abaraten sus altos costes actuales de compra para convertirse en una herramienta de uso extendido en nuestra profesión.

El LST se basa en el barrido de la zona a estudiar mediante un haz de luz láser, según unos incrementos constantes de giro (figura 1). Los datos obtenidos son las coordenadas 3D (X, Y, Z) de un conjunto de puntos en un sistema de referencia instrumental. Además, algunos equipos también registran para cada punto la intensidad reflejada del haz.

El LST proporciona nubes de puntos 3D de la escena. Con el LST se puede realizar desde la representación gráfica de un terreno montaño-

so hasta el levantamiento de una fachada arquitectónica, pasando por innumerables aplicaciones de todo tipo: proyectos de construcción, seguimiento de trabajos en base a proyectos o prototipos predefinidos, controles de calidad y modelizaciones de piezas industriales, arquitectónicas y arqueológicas, etc.

La captura masiva y robotizada de información métrica 3D es el factor más sobresaliente de este sistema. A diferencia del resto de metodologías topográficas, en las que los operadores seleccionan las entidades o características más sobresalientes del trabajo en cuestión, esta metodología rompe la regla tradicional de medir lo justo y suficientemente preciso, para pasar al concepto de medición 'ciega' y por exceso en grandes cantidades. Esta filosofía supone un cambio en el quehacer topográfico y presupone que, a partir de una medición exhaustiva, aunque ciega, siempre podremos detectar los detalles que el operador experimentado mediría. Lógicamente, existen trabajos que se adaptan perfectamente a esta nueva metodología de trabajo, como, por ejemplo, las mediciones volumétricas en canteras o minas a cielo abierto y los controles de calidad en procesos industriales. Otros en los que sólo con esta metodología se obtienen resultados satisfactorios, por ejemplo, bajorrelieves en mármol y superficies de textura uniforme, relieve moderado y color homogéneo. En otro grupo de trabajos esta metodología aumenta considerablemente los tiempos de procesado de la información y de momento no resulta beneficiosa, por ejemplo, el levantamiento de superficies lisas con fuertes discontinuidades.

2. CLASIFICACIÓN

Los láser escáner terrestres pueden clasificarse según el sistema de medida y el sistema de barrido:

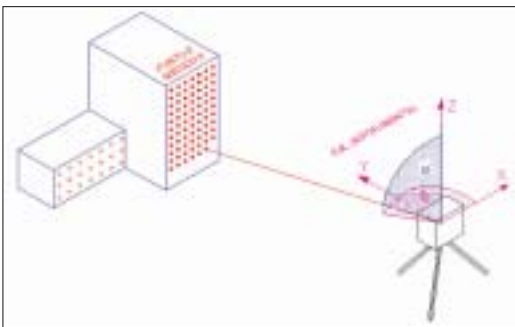


Figura 1. Proceso de medición del LST

Según el sistema de medida

- *Tiempo de vuelo:* Mide el retardo de un pulso de luz láser entre el momento de emisión y el de recepción, con tal de conocer la distancia entre el centro de emisión y el punto en cuestión. La definición de este vector se completa con la recogida de dos ángulos ortogonales según el sistema de coordenadas del sensor. Este haz de luz láser ira barriendo toda la zona de estudio, cogiendo teóricamente una medida en cada punto de la malla previamente seleccionada por el usuario.
- *Diferencia de fase:* La distancia entre el LST y un punto se calcula mediante la diferencia de fase entre la onda emitida y la recibida. A esta medida se le ha de sumar *n* veces la longitud de onda completa. Para conocer esta ambigüedad (*n*) se emiten varias ondas con diferente frecuencia. Como el anterior método, también se recogen dos ángulos ortogonales para la localización de cada punto.
- *Triangulación óptica:* La posición de cada punto de la malla se obtiene mediante el principio de triangulación láser. El haz láser es emitido fuertemente colimado, a la vez que una cámara recibe la luz reflejada sobre el modelo. Pueden utilizar una o dos cámaras. Con el valor conocido de la base y de los ángulos extremos se obtiene la posición de cada punto.

Según el sistema de barrido

- *Cámara:* El haz de luz láser es dirigido a los diferentes puntos del objeto mediante el uso de dos espejos sincronizados, uno para el movimiento horizontal y otro para el vertical. El área barrida con este método puede llegar a ser una ventana de 60° por 60°.
- *Panorámica:* El haz de luz láser se mueve alrededor de un eje vertical, realizando un movimiento horizontal. En cada posición realiza un barrido vertical. El movimiento es muy similar al que realizaría una estación total. Puede obtener un área de 360° por 310°. El único límite en el área escaneada lo marca la forma del aparato.
- *Híbrido:* El eje del movimiento horizontal de barrido actúa del mismo modo que el panorámico, mientras que el movimiento vertical actúa

de forma similar al de cámara. El área barrida suele ser de 360° por 60°.

En la siguiente tabla (tabla 1) se pueden ver las características de cada tipo de LST según el sistema de medida. También se nombran las compañías que los fabrican.

Sistema de Medida	Máx. distancia	Precisión (mm)	Fabricantes
Tiempo de vuelo	< 100 m	< 10	Callidus, Leica, Mensi, Optech, Riegl
Tiempo de vuelo	< 1.000 m	< 20	Optech, Riegl
Diferencia de fase	< 100 m	< 10	IQSun (FARO), Leica, Zoller+Fröhlich
Triangulación óptica	0,02<d<5 m	< 1	Mensi, Minolta

Tabla 1. Características principales de los LST. [Cuadro adaptado de Fröhlich et al (2004)]

Lógicamente, dependiendo del uso y de la aplicación que se pretenda llevar a cabo, se requerirá de un LST u otro. En términos generales, los LST también se pueden agrupar en función del alcance estación láser-objeto:

- *Largas distancias:* Los LST basados en tiempo de vuelo serán los adecuados para cualquier aplicación en exterior. Éstos son los únicos que pueden llegar a distancias de casi 1.000 m.
- *Medias distancias:* Los LST basados en diferencia de fase o tiempo de vuelo se podrán utilizar en aplicaciones de interiores o en exteriores (de media distancia).
- *Cortas distancias:* Los LST basados en triangulación óptica son los óptimos para medidas de corto alcance y alta precisión, como, por ejemplo, mediciones industriales.

3. COMPONENTES DE UN LÁSER ESCÁNER TERRESTRE

Los componentes típicos de un LST son:

- *Sistema de captura de datos:* Se basa en un haz de luz láser combinado con un sistema de desviación de éste que permite capturar todos los puntos del área a barrer. Los datos obtenidos son las coordenadas tridimensionales de cada punto y en muchos modelos también la intensidad reflejada.
- *Cámara fotográfica:* En algunos sistemas este componente es obligatorio, tal es el caso de la triangulación óptica; en otros casos está integrado en el equipo (aunque la cámara sea de baja resolución); en otros es complementario. En este último caso las cámaras que se utilizan son de resolución media o alta. Exceptuando la triangulación óptica, las imágenes capturadas del área barrida suelen utilizarse para fa

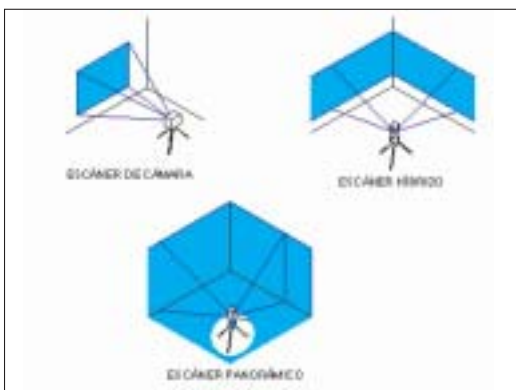


Figura 2. Tipos de escáneres según el sistema de barrido

cilitar posteriormente las labores de identificación de puntos. Lógicamente, con estas imágenes también se puede dar textura a los modelos y crear ortoimágenes.

- *Programas informáticos* para el tratamiento posterior de los datos. Debido a la gran cantidad de datos tratados, se debe utilizar algún programa especial de edición (tabla 2). Estos programas se utilizan básicamente para extraer y modelar superficies a partir de la nube de puntos bruta, así como para referenciar en un mismo sistema las nubes de puntos obtenidas en distintos estacionamientos.
- *Sistema de posicionamiento espacial* (opcional), generalmente GPS, si bien puede quedar abierto a otros sistemas.

4. MÉTODO DE TRABAJO

Las fases de un proyecto láser escáner las podemos dividir en tres grandes apartados:

- Adquisición de los datos
- Tratamiento o procesamiento de los datos
- Visualización de resultados.

4.1. Adquisición de los datos

Antes de comenzar la fase de adquisición, hay que hacer un estudio previo del objeto o zona a levantar. En cualquier caso, se debe prestar atención a varios aspectos:

- 1) Número de estacionamientos láser y su situación
- 2) Densidad de puntos
- 3) Sistemas de coordenadas.

4.1.1. Número de estacionamientos láser y su situación:

Hay que asegurarse de que la zona objeto de estudio se digitaliza completamente. Por tanto, se realizarán tantos estacionamientos láser como hagan falta para minimizar el número de huecos. En el caso en el que se

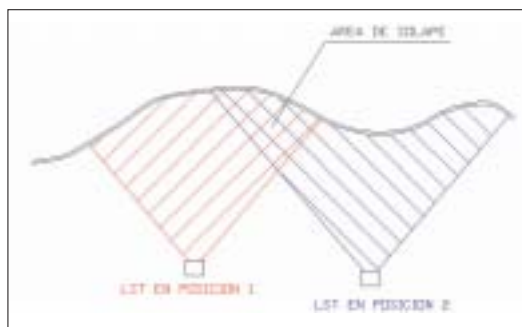


Figura 3. Ejemplo de digitalización 3D desde dos estaciones

necesiten más de un estacionamiento, el estudio de dónde colocar los diferentes estacionamientos debe realizarse con cuidado. Lógicamente, también se ha de tener en cuenta si el escáner utilizado es panorámico o de cámara y qué ventana de captura utiliza.

En la figura 3 se puede comprobar cómo desde las dos estaciones (1 y 2) se barre toda la zona de estudio, existiendo una zona de solape común. En este sentido, siempre suele ser conveniente establecer un umbral mínimo de recubrimiento entre barridos (generalmente del 10-30%) con tal de evitar zonas huecas o sin barrido. El porcentaje final dependerá de la complejidad del objeto y de la orientación del mismo con respecto al punto de estación. En superficies continuas, el recubrimiento puede reducirse considerablemente. Asimismo, también hay que considerar cómo se enlazan los distintos sistemas de referencia instrumentales.

En otro orden de ideas, hay que prestar atención tanto a la planta como al alzado del escenario. De hecho, los entrantes y salientes suelen condicionar en gran medida el número de estacionamientos.

4.1.2. Densidad de puntos:

La densidad de puntos que se puede capturar con el equipo de LST depende de los siguientes parámetros: la distancia al objeto, la resolución escogida (alta, media y baja), la precisión prefijada en el proyecto y el tiempo de captura.

Una medida bastante seguida para establecer el grado de satisfacción o calidad **C** en la densidad de puntos de un barrido láser viene definida por la siguiente ecuación:

$$C = -\left(\frac{d_o}{D_R}\right)$$

siendo d_o la densidad objeto y d_R la densidad requerida en el trabajo o el tamaño mínimo de registro de una entidad.

El valor de calidad **C** indica el nivel de calidad de un objeto escaneado. Conforme este valor aumenta y se aproxima a 1, mayor es el porcentaje de satisfacción con el trabajo realizado. Por tanto, hay que intentar no descuidar este porcentaje, sobre todo en las zonas críticas, es decir, las zonas más alejadas de la estación láser:

4.1.3. Sistemas de coordenadas:

Un LST recoge las coordenadas de los puntos barridos en un sistema de referencia instrumental propio del escáner. Este sistema de coordenadas es diferente en cada estacionamiento, por lo tanto se debe referir cada captura de datos láser a un sistema de referencia local o global único para el conjunto de barridos. Para ello, muchas veces se necesitan de señales de puntería diseñadas específicamente para enlazar, registrar o georreferenciar distintos sistemas de coordenadas a partir de mediciones topográficas. Algunos programas de edición de datos láser reconocen automáticamente señales reflectantes (planas) o de puntería (planas y esféricas). Si no se dispone de señales de puntería, la mayoría de progra-



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
28043 Madrid.

mas informáticos son capaces de enlazar los distintos barridos de manera semiautomática. En cualquier caso, facilita las labores de procesamiento y de registro de los datos la definición del eje vertical como eje Z.

Adicionalmente, si se utiliza fotogrametría y láser escáner conjuntamente, hay que considerar la relación entre el sistema de coordenadas de la cámara y el sistema de coordenadas instrumental.

4.2. Tratamiento o procesamiento de los datos

Una vez realizada la toma de datos, habrá que realizar un tratamiento de la información capturada, a fin de poder sacar el máximo rendimiento. La mayoría de LST tiene asociado un software de tratamiento de datos. Este software está preparado para recibir y tratar la avalancha de puntos de cada toma. Un sistema tradicional de CAD se colapsaría seguramente sin una utilización de estos programas desarrollados *ex profeso*.

En general, se seguirán los siguientes pasos:

- Preedición de cada toma. Si la toma es demasiado densa se puede proceder a un remuestreo.
- Registro de cada nube de puntos al sistema de referencia del proyecto escogido, generalmente local o global.
- Eliminación, mediante filtrado, de la información duplicada en áreas de solape.
- Eliminación de puntos indeseados y erróneos, como, por ejemplo, los obtenidos por el paso accidental durante la toma de personas, vehículos, etc.
- Segmentación 3D de nubes de puntos.
- Extracción de geometrías.
- Modelo 3D de entidades.
- Relleno de zonas huecas.
- Simplificación de entidades.

Según Vosselman *et al.* (2004) hay dos formas de extraer geometría de una nube de puntos LST:

- *Construir superficies suaves:* Se trata de ir construyendo superficies agrupando puntos por criterios tales como proximidad o parecido vector normal.
- *Reconocimiento de superficies parametrizadas:* Con diversos sistemas se pueden estimar los parámetros superficiales que más se ajusten a la nube de puntos.

La mayoría de estos procesos se realizan de forma interactiva. En la actualidad se están desarrollando algoritmos semiautomáticos o automáticos que simplifiquen y optimicen la gestión de los datos láser.

4.3. Visualización de resultados

La visualización de los resultados puede realizarse anteriormente a los procesos de tratamiento o procesado de los datos o una vez procesa-

dos los mismos. Lógicamente, la calidad en el resultado final variará sustancialmente en función del tratamiento desarrollado.

Las visualizaciones que se pueden obtener tras el proceso de tratamiento son las siguientes:

- Nubes de puntos puras o con asignación de niveles de intensidad reflejada o de textura (si además se dispone de cámaras fotográficas).
- Superficies malladas en base a triángulos o rectángulos.
- Vistas sombreadas.
- Modelos geométricos de figuras o entidades simples.
- Modelos inteligentes que interrelacionan distintas entidades.
- Ortoimágenes, si se combinan los datos láser con las imágenes y se utilizan procedimientos fotogramétricos.
- Animaciones.

5. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA NUEVA TECNOLOGÍA

5.1. Ventajas

- Toma de datos planimétricos y altimétricos integrada. Se obtienen las tres dimensiones de una vez.
- Gran cantidad de información obtenida. Los miles o millones de puntos que se obtienen son suficientes para garantizar que se tendrá la información requerida, siempre y cuando los barridos no presenten zonas calvas o muertas.
- Gran productividad y automatización en la captura de datos. Según Vecker y Bolz (2004), un LST debería tener una velocidad mayor de 200.000 puntos/segundo. Aunque actualmente hay sistemas que difieren mucho de estas velocidades, cualquier LST tiene una velocidad muy elevada en comparación con cualquier otro método clásico.
- No necesita luz para trabajar. La captura de la nube de puntos se puede realizar a oscuras, si bien no se obtendrán las imágenes fotográficas que muchos aparatos recogen.
- Sólo es indispensable un operario.

5.2. Desventajas

- Falta de información radiométrica o de color verdadero (en la mayoría de los equipos).
- Tecnología todavía muy cara. Un equipo LST ronda los 60.000-300.000 €, precio fuera del alcance de muchas empresas.
- Tiempo de modelado alto, tanto más cuanto más se exige en las etapas de post-proceso. Para ciertos trabajos, como el levantamiento de estructuras, la obtención de geometrías (superficies) a partir de nubes de puntos suele tener una relación con el tiempo de barrido de 3:1 e incluso de 10:1 o más, lo que es bastante elevado (Wunderlich, 2004). Es decir, el tiempo de trabajo en gabinete puede aumentar

considerablemente el tiempo empleado en la fase de captura de la información.

- Las esquinas tienen una definición deficiente al tomarse los puntos con una malla predeterminada. La solución a este problema pasa por reducir el ancho de malla o, mejor, combinar la tecnología láser con otras técnicas complementarias, por ejemplo, técnicas fotogramétricas digitales.

6. POSIBILIDADES DE EXPLOTACIÓN

Hoy en día las posibilidades de explotación de la tecnología láser escáner son ilimitadas. Por tanto, la lista de campos de actuación que aparece a continuación sólo refleja un espectro reducido de aplicaciones que se están llevando en la actualidad:

TOPOGRAFÍA:

- Levantamientos topográficos.
- Perfiles transversales y longitudinales de obras lineales. Volumetrías.
- Topografía subterránea. Se pueden coger perfiles de túneles incluso sin luz
- Control de estructuras.

ARQUITECTURA:

- Proyectos "as built". La información adicional que aportan las tomas fotográficas son de gran ayuda.
- Modelos en tres dimensiones de objetos y monumentos, como, por ejemplo, edificios y sitios históricos, mobiliario, decoraciones y esculturas.
- Levantamiento de fachadas. Alzados y secciones.

INDUSTRIA:

- Mediciones de alta precisión de aeronaves, carrocerías, tuberías, antenas de telecomunicaciones, subestaciones eléctricas, cableado eléctrico, etc.
- Controles de calidad.

ARQUEOLOGÍA: Información exhaustiva de yacimientos, de paramentos interiores y exteriores, despieces, documentación de objetos, reconstrucción 3D de piezas.

MEDIO AMBIENTE: Estudios de tamaños y formas en vegetación, análisis de masas forestales, estudios de erosión, inundabilidad, etc.

GEOLOGÍA: Controles geológicos; levantamientos de fallas, distinción de contactos litológicos por colores y texturas.

OTROS:

- Realidad virtual: Captura y reconstrucción 3D de fondos y objetos.
- Criminología: Estudio detallados de la escena de un crimen.
- Accidentes de tráfico: Estudios de responsabilidades y daños.

Las figuras 4-9 muestran el resultado alcanzado con el uso de diversos sistemas de láser escáner terrestre. La figura 4 muestra la Cabeza de Hygeia tras un montaje de las diferentes digitalizaciones. La figura 5 es un bajorrelieve en cobre y bronce del escultor Lorenzo Coullaut Valera sito en la Catedral de Bilbao. Ambos trabajos se han realizado con el láser escáner VI-910 basado en triangulación óptica.



Figura 4. Cabeza de Hygeia



Figura 5. La última cena (Cortesía de SubiPro, S.L.)

La figura 6 muestra, en una sola imagen, el resultado que se puede conseguir si se utiliza el láser escáner HDS 3000. En dicha figura aparece, de izquierda a derecha, la imagen fotográfica capturada, la nube de puntos, la medición de cotas y de distancias, la esqueletización del modelo y su modelización geométrica 3D.

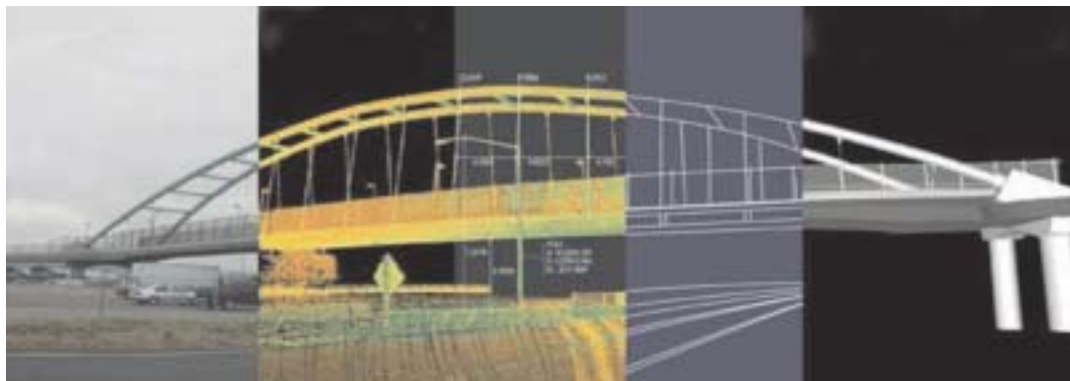


Figura 6. Modelización 3D de un puente (Cortesía de Leica Geosystems, S.L.)

La figura 7 muestra la digitalización completa de la Ciudadela de Bam (Irán) haciendo uso del láser LMS-Z420i de RIEGL en combinación de la cámara Nikon D100. Para ello se realizaron 25 barridos (puntos rojos, figura 7b) y 80 cilindros reflectantes (puntos azules, figura 7b) para el registro de los distintos barridos en un mismo sistema de coordenadas terreno.



(a)



(b)

Figura 7. Ciudadela de Bam: (a) Modelo 3D con sombreado; (b) Texturizado de la zona con representación de barridos y puntos de registro (Cortesía de RIEGL Laser Measurement Systems GmbH)

Las figuras 8 y 9 muestran sendos trabajos realizados en interiores de monumentos. El primero es un detalle de la Torre de las Infantas en la Alhambra de Granada (s. XIV), mientras que el segundo es un detalle de la bóveda con el fresco “La Purificación de la Virgen” en la basílica de El Escorial. En ambos trabajos se utilizó el láser escáner GS200 de Trimble.



Figura 8. Torre de las Infantas



Figura 9. Basílica de El Escorial (Cortesía de Santiago & Cintra Ibérica, S.A.)

Leica SmartStation ¿Qué tal si...



...las estaciones totales hablarán 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.

7. CONSIDERACIONES FINALES

La tecnología del láser escáner terrestre es todavía excesivamente cara, aunque seguramente en la próxima década los costes bajarán. Por tanto, la adquisición de un sistema LST debe ser bien evaluada y meditada, no sólo considerando las aplicaciones que se le pueden dar a día de hoy, sino más bien pensando en aplicaciones futuras que permitan rentabilizar al máximo la inversión. Llegados a este punto, se puede decir que los parámetros que se deberían analizar a la hora de comprar un LST son los siguientes:

- Tipo de escáner: Cámara, panorámico o híbrido.
- Sistema de medida: Tiempo de vuelo, fase o triangulación óptica.
- Rango de distancias, distancias mínima y máxima.
- Resolución.
- Precisión.
- Disponibilidad de información adicional (intensidad reflejada, tomas fotográficas, etc.).
- Eficacia del software entregado con el equipo para el tratamiento de los datos brutos.

Para decidirse por un equipo u otro habrá que saberse qué tipo de trabajo se va o se quiere desarrollar. Por ejemplo, si se pretende realizar trabajos de alta precisión para el control de procesos industriales, en-

tonces habrá que inclinarse por sistemas de medida basados en triangulación óptica; para trabajos topográficos en el exterior se necesitarán equipos que trabajen con tiempo de vuelo o diferencia de fase. Si la extensión del trabajo es muy grande o requiere distancias muy largas, entonces se optará por sistemas basados en tiempo de vuelo.

Con el fin de facilitar la elección de un LST u otro, en la siguiente tabla (tabla 2) aparece reflejada una muestra de los LST actualmente existentes en el mercado.

La elección de un LST u otro no es una cuestión baladí. Lógicamente, el láser escáner terrestre universal todavía no existe en el mercado y se deberá optar por el mejor equipo en base a las necesidades y requerimientos del proyecto. El querer utilizar un solo LST en todo tipo de proyectos puede perjudicar la idoneidad e implantación de esta metodología revolucionaria en proyectos futuros. Consiguientemente, hay que estar atentos a las limitaciones propias que ofrecen estos equipos y sistemas. Parámetros como la resolución y la precisión pueden llegar a ser críticos, sobre todo con la carestía de estándares en cuanto a láser escáner. La existencia de empresas de alquiler que pudieran ofrecer distintos LST facilitaría la implantación, el desarrollo y la explotación masiva de servicios de digitalización 3D a múltiples escalas.

Hoy en día, el LST es una tecnología madura, aunque de expansión reciente, y su estado tecnológico, en lo que respecta a hardware, permite

Tabla 2. Modelos de LST existentes en el mercado e información adicional

Fabricante	Modelo	Tipo (1)	Tipo (2)	Software	Web
Leica Geosystems	HDS 4500	P	F	Cyclone	http://hds.leica-geosystems.com/
	HDS 3000	P	T		
	HDS 2500	C	T		
Callidus	CT 180	C	O	3D - Extractor	www.callidus.de
	CT 900	C	O		
	CP 3200	H	T		
Trimble	GS200	H	T	RealWorks-3Dipso	www.mensi.com
Optech	ILRIS3D	H	T	Polyworks	www.optech.on.ca
Riegl	LMS-Z420i	H	T	RiSCAN PRO	www.riegl.co.at
	LMS-Z360i	H	T		
	LMS-Z210i	H	T		
Zoller+Fröhlich	IMAGER 5003	P	F	Z+F LaserControl Light Form Modeller	www.zf-laser.com
Konica/Minolta	VIVID 9i	C	O	Polygon Editing Tool	konicaminolta.com
FARO	LS 880 HE40	P	F	iQscene	www.iqvolution.com
	LS 880 HE80	P	F	iQscene	www.iqvolution.com

Tipo (1): Según sistema de barrido: P, Panorámico; H, Híbrido; C, Cámara.

Tipo (2): Según sistema de medida: T, Tiempo de vuelo; F, Fase; O, Triangulación Óptica.

abrir grandes expectativas a los productores de información cartográfica 3D. Sin embargo, los programas informáticos todavía no están adaptados a las particularidades de las distintas disciplinas. Consiguientemente, si bien los resultados de esta metodología ofrecen calidades y precisiones sin igual en muchos casos (por ejemplo, en controles de calidad de piezas), rara vez son aceptados como útiles por parte de los usuarios de dicha información, ya que la mayoría de estos últimos están acostumbrados a trabajar con vistas y secciones en 2D. Por tanto, la disponibilidad de más y mejores paquetes informáticos adaptados a las necesidades del usuario final, unido a una disminución considerable de los costes de equipamiento, provocará, por un lado, una mayor aceptación en el mercado y, por otro, una mayor sinergia entre productores y usuarios de la información gráfica/cartográfica 3D.

8. RESUMEN

Este artículo pretende dar una visión general de la nueva y potente tecnología de digitalización 3D que nos ofrece el láser escáner terrestre. Es muy posible que esta tecnología entre a formar parte de nuestra vida profesional en un futuro no muy lejano. El incremento de productividad y la ampliación de campos de actuación pueden ser unas buenas razones para que las empresas asuman los actuales costes de compra del equipamiento en su conjunto. Las posibilidades productivas de dichos sistemas en sus ámbitos de actuación son muy prometedoras. No obstante, la adecuación última de esta nueva tecnología exige el conocer sus ventajas y desventajas, sin olvidar los requerimientos de los clientes y optar por soluciones ideales, probablemente utilizando simultáneamente otras técnicas topográficas y fotogramétricas complementarias. Esperamos que este artículo ayude a ponderar esta decisión.

9 BIBLIOGRAFÍA

- Escarpa, F., 2002. *Introducción a los Sistemas de Medición Tridimensional con Láser*. Mapping Interactivo. Número 80.
- Fröhlich, C., Mettenleiter, M., 2004. *Terrestrial Laser-Scanning - New Perspectives in 3D-Surveying*. International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Volume XXXVI, part 8/w2.
- Kretschmer, U., Abmayr, T., Thies, M., Fröhlich, C., 2004. *Traffic Construction Analysis by Use of Terrestrial Laser-Scanning*. International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Volume XXXVI, part 8/w2.
- Santala, J., Joala, V., 2004. *Acerca de la Calibración de un Escáner de Láser Terrestre*. Topografía y Cartografía. Volumen XXI, número 122, Pág. 3-7.
- Staiger, R., 2003. *Terrestrial Laser Scanning – Technology, Systems and Applications*. 2nd Regional Conference FIG, Marrakech, Marruecos.
- Thiel, K.-H., Wehr A., 2004. *Performance Capabilities of Laser-Scanners - An Overview and Measurement Principle Analysis*. International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Volume XXXVI, part 8/w2.
- Vosselman, G., Gorte, B., Sithole, G., Rabbani, T., 2004. *Recognising Structure in Laser-Scanner Point Clouds*. International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Volume XXXVI, part 8/w2.
- Wunderlich, A., 2004. *Escáneres de Láser Terrestres: Un paso importante hacia la Información en la Construcción*. Topografía y Cartografía. Volumen XXI, número 121, Pág. 35-41 ■



Talón o giro a:
MISIONES SALESIANAS
 28008 Madrid - Ferraz, 81
 Tel. 91 543 85 65

GeoScaN: Adquisición remota de datos para levantamientos topográficos, hidrográficos y SIG

Laurence Waterhouse
BRITISH WATERWAYS

Resumen

GeoScaN, de la agencia British Waterways, es un sistema integrado para aplicaciones en sistemas de información geográfica y levantamientos de perfiles. Los componentes que se incorporan en GeoScaN se pueden adquirir en comercios especializados o son modificaciones directas de sistemas existentes. El software necesario para adquirir los datos y para su proceso es una adaptación de programas existentes. Sin embargo, el diseño conceptual, la integración y su aplicación para la recogida de datos en ríos y canales, tanto debajo como por encima de la línea de nivel del agua, en una sola y continua pasada, es, por lo que se conoce, único.

Los datos bajo la superficie se miden empleando un equipo mecánico de barrido acústico de alta frecuencia. La adquisición simultánea del perfil sobre la superficie del agua emplea un sistema de obtención de perfiles por barrido de láser.

La posición en tiempo real y la medición de los tiempos, provienen de un sistema integrado diferencial de posicionamiento por GPS. Los datos de los distintos sensores se almacenan y procesan dentro de un sistema basado en un PC, sobre el que está corriendo un programa de adquisición de datos topográficos en tiempo real.

Abstract

British Waterways' GeoScaN is an integrated system for GIS and profile surveying. The components that are incorporated within GeoScaN are off-the-shelf items, or straightforward modifications of existing systems. The software necessary for acquiring the data and processing is an adaptation of existing packages. However, the conceptual design, integration and application as applied to canals/ivers for gathering data both below and above the water line in a single, continuous pass is, as far as can be ascertained, unique.

The sub-surface data is measured using an acoustic mechanically scanning high-frequency profiler. Simultaneous data acquisition of the above water profile takes advantage of a scanning laser profiler system.

Real-time position and time comes from a system-integrated differential GPS positioning system. Data from the various sensors is logged and processed within a PC based system running a real-time survey acquisition program.

I. INTRODUCCIÓN

El sistema GeoScaN de British Waterways (sistema de obtención de perfiles para sistemas de información geográfica) ha sido diseñado para efectuar levantamientos de bajo coste y para la localización de las instalaciones de British Waterways.

Se ha diseñado un sistema cartográfico, transportado sobre embarcaciones o vehículos, y que emplea escáneres de láser como dispositivos primarios para la adquisición de datos. Todos los datos espaciales se integran, gestionan y manipulan mediante sistemas de información geográfica. El sistema se ve suplementado con una cámara lineal, para añadir información de texturas, y, como ya es normal, se emplea la combina-

ción de un GPS, de un sistema inercial INS y de un odómetro, para recoger la información de posición y de actitud espacial. El sistema cartográfico móvil emplea además una unidad de video digital, con cámaras de CCD. Para la navegación se emplea una combinación de GPS en conjunto con un sistema INS o un sistema Gyro.

Ha sido diseñado para su empleo sobre una embarcación, pero también puede ser fácilmente utilizado desde un vehículo convencional o desde una plataforma sobre un vagón de tren.

I.1. GeoScaN, el futuro de la adquisición de datos

El sistema GeoScaN incluye diversos componentes de sistemas integrados, todos ellos de la tecnología más actual y suficientemente compro-

PROMOCIÓN JULIO, AGOSTO Y SEPTIEMBRE



Mientras usted descansa, nosotros
revisamos sus equipos.
¡Aproveche esta
exclusiva
promoción!



Trimble.
SERVICIO TÉCNICO OFICIAL



- | | |
|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Revisión y calibración | <input type="checkbox"/> Presupuesto para reparación |
| <input type="checkbox"/> Estación Total | <input type="checkbox"/> Otros Instrumentos |
| <input type="checkbox"/> Teodolito | Observaciones |
| <input type="checkbox"/> Nivel | |

Empresa:

Dirección de entrega del equipo:

Imprescindible adjuntar este folio para beneficiarse de la promoción. Válida meses de julio, agosto y septiembre. Entrega del equipo revisado y calibrado en el plazo de 5 días laborales desde la recepción. Parte deces.

Topocenter

PUNTOS DE APOYO TOPOCENTER EN SU ZONA:

BARCELONA 93 340 05 73 - 935 848 582
PAB VASCOS 945 13 10 24 - 016 812 006

LEVANTE 919 557 135
BALIARES 606 125 100

MADRID 91 371 02 98 - 829 698 674
SALICIA 998 772 111 - 018 303 238

Boharull, 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

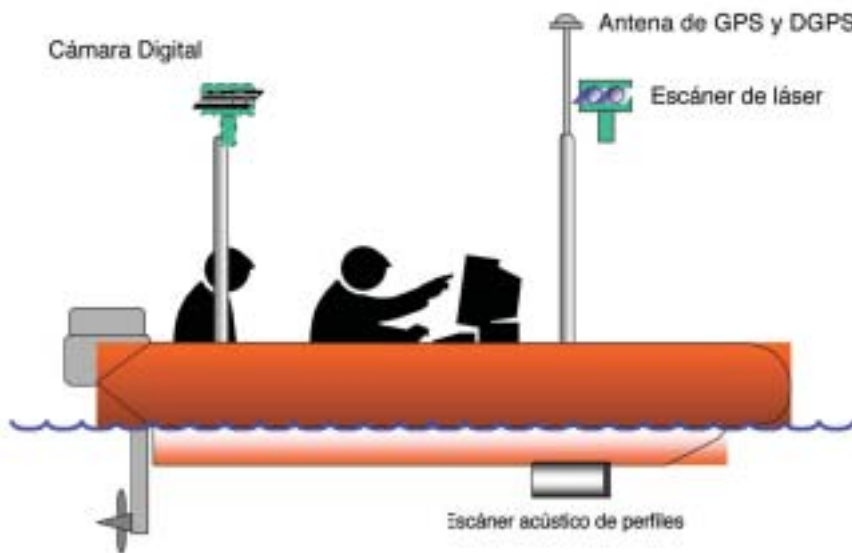


Figura 1

bada. La característica que hace único a este sistema es su capacidad de adquirir simultáneamente datos sobre y bajo la superficie del agua en una sola pasada.

El sistema GeoScaN comprende los siguientes equipos:

- Un escáner de láser para la medición de los perfiles sobre el agua
- Un sistema DGPS para obtener la posición
- Un sistema de adquisición y proceso de datos topográficos
- Un escáner acústico para medir los perfiles de las secciones bajo la superficie del agua.

Todos estos componentes se transportan, junto al operador del sistema, sobre un bote rígido hinchable. Si excluimos el escáner acústico para medir los perfiles, el sistema se puede instalar sobre una plataforma.

El sistema GeoScaN ofrece una alternativa eficaz, competitiva y económica a los levantamientos hidrográficos convencionales, incorporando además un sistema de información geográfica. Ofrece un producto muy superior y de mayor precisión que las secciones levantadas por los métodos tradicionales, suministrando a los ingenieros civiles, de esta forma y gracias a su diseño óptimo, unos datos fiables con un notable ahorro de costes.

Las características del modelo que se ha desarrollado son el resultado de las demandas topográficas de British Waterways y de las consultas preliminares con los proveedores de determinados sistemas.

Como mínimo, el sistema GeoScaN es capaz de:

- Escanear acústicamente los perfiles en vías acuáticas de profundidad comprendida entre los 0,8 y los 5 metros y con una anchura comprendida entre los 10 y los 40 metros, elaborando un perfil transversal completo de la vía acuática.
- Escanear, mediante láser, los perfiles sobre el nivel del agua en vías acuáticas de una anchura comprendida entre los 10 y los 40 metros, con la posibilidad de realizar barridos bidimensionales de los bancales, y de la obra hidráulica a ambos lados de la vía.
- Obtener la posición corregida diferencialmente, a partir de un sistema diferencial DGPS, con una precisión horizontal inferior a los 0,75 m.
- Almacenar los datos sin elaborar de los perfiles (acústicos y de láser) y obtener las coordenadas **X**, **Y**, **Z**, de cada punto, como coordenadas transformadas al marco de referencia OSGB36.
- Eliminar los sesgos en los datos de los perfiles y volcarlos sobre un marco común de referencia y de tiempos, y relativo con el sistema DGPS.
- Obtener el posicionamiento vertical en relación con el nivel de agua ambiente y con una precisión inferior a los 0,05 metros.
- Obtener, opcionalmente, el perfil del lecho del río/canal mediante sondeos realizados empleando una sonda de eco convencional.
- Generar los dibujos finales de los planos, secciones y perfiles trasversales; dar salida a los datos para su integración en un modelo digital del terreno (MDT), en sistemas de información geográfica o para el

desarrollo de perfiles para el diseño de operaciones de dragados y otras aplicaciones.

- Opcionalmente: medición de capas de sedimentos
localización de atarjeas y servicios
localización de instalaciones de British Waterways.

1.2. Adquisición de datos por encima de la superficie del agua: Obtención de perfiles por láser

El equipo de láser para la obtención de perfiles suministra los perfiles del corredor que va desde el nivel de la superficie del agua, o el nivel de la superficie del camino, hasta una cota prefijada. El perfil es de una forma semejante al obtenido con el equipo de escáner acústico, excepto que tiene una resolución mayor.

El codificador, que va montado sobre el eje del sistema, dispone de un punto cero, nominalmente en la horizontal, desde el que se medirán las elevaciones o depresiones angulares.

Un sensor de actitud o postura espacial, se incorpora al sistema para compensar la inclinación y el balanceo. La primera y última señal procedente del escáner se realiza a nivel de la superficie del agua; no se pue-

de confiar en las reflexiones del nivel de la superficie del agua. El software de adquisición de datos comprueba que la Z de la primera y última señal desde uno de los lados es igual a las del otro, y si no lo fuesen aplica la necesaria corrección. A 20 metros, un segmento de 5 centímetros subtendiendo un ángulo de 0°,14.

1.3. Adquisición de datos por debajo de la superficie del agua: Obtención de perfiles con sonda de eco

Como puede verse en la figura 2, se puede obtener un perfil bajo el nivel de la superficie del agua, o del lecho del río o del canal, empleando una sonda de eco. Debido a la naturaleza de los trabajos de British Waterways, el escáner de sónar es una parte esencial e integral del sistema de levantamientos de British Waterways. Los datos batimétricos se recogen mediante el escáner de sónar; bajo el nivel de la superficie del agua. Tras una serie de pases de sónar, se recogen los perfiles que nos permiten construir una imagen de las características del lecho.

El equipo para la obtención de perfiles se opera mecánicamente, e incluye una pequeña batería de transductores montada sobre un motor electromecánico de pasos. Los equipos de obtención de perfiles por barrido operan a unas frecuencias mucho mayores que las sondas de eco

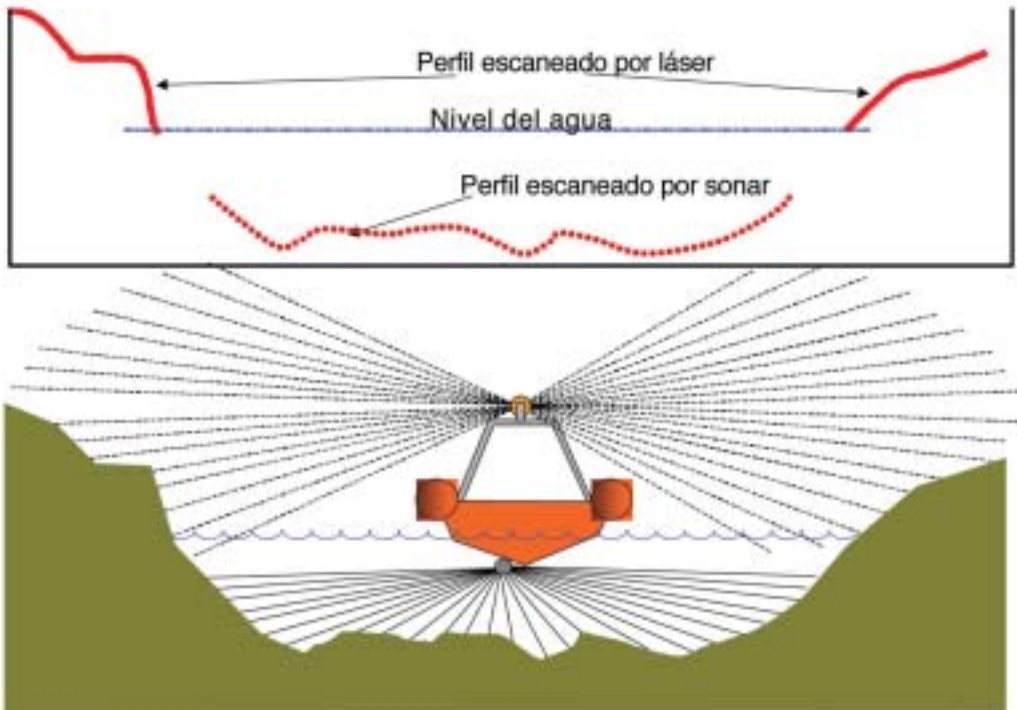


Figura 2: Combinación de perfiles escaneados acústicamente y perfiles escaneados mediante láser

y, en consecuencia, ofrecen unos rangos de actuación mucho más reducidos y de muy escasa capacidad de penetración material. Debido a esto, se usa una batería de transductores de frecuencia dual para poder captar la profundidad, tanto en lechos blandos como en lechos duros.

1.4. Sistema de posicionamiento de datos

El GeoScaN obtiene su posición en tiempo real empleando un GPS corregido diferencialmente. Se emplea un receptor de frecuencia única (L1) que incorpora dentro del equipo la posibilidad de realizar la corrección diferencial de errores. Estas unidades son equipos comerciales que tienen un prestigio demostrado de fiabilidad. Las correcciones diferenciales se adquieren en tiempo real desde diversas fuentes, entre las que se incluyen:

- Los radiofaros IALA (gratis)
- Las emisiones de radio de satélites geoestacionarios EGNOS (gratis)
- LandStar de Thales o OmniStar de Fugro.

Dado que el GPS está en la actualidad libre de la disponibilidad selectiva, se estima que la precisión del sistema aislado es de unos 37 metros. Mediante las correcciones diferenciales esta precisión se mejora hasta llegar a ser inferior a los 3 metros, usando las emisiones de radio públicas, o hasta llegar a ser inferior a los 0,5 metros, usando las emisiones de radio comerciales.

1.5. El sistema de adquisición de datos y el sistema de información geográfica

El sistema de adquisición de datos incluye un PC portátil con un programa para la adquisición y almacenamiento de datos en tiempo real. Este paquete de programas *on-line* recibe datos desde el escáner de lá-

ser, desde el equipo para la obtención de perfiles y desde el sistema de posicionamiento. El software de post proceso reduce los datos a épocas comunes (o emplea cualquier otro método aprobado) con el fin de obtener las coordenadas relativas **X**, **Y**, **Z**. Se utiliza GPS Time como estándar común de tiempos, que se empleará para corregir el tiempo del PC (PC Time).

El sistema de proceso de datos es capaz de transformar las coordenadas **X** e **Y** desde el WGS84 al OSGB36. Las coordenadas verticales **Z** se obtienen referidas al nivel de la superficie del agua ambiente, que se relaciona a su vez con el Datum Newlyn del Ordnance Survey; este dato se introduce en el software en el momento de efectuar el levantamiento.

Finalmente, el sistema produce un archivo con las coordenadas **X**, **Y**, **Z**, corregidas y dispuestas para su empleo en la producción de planos mediante el paquete de programas cartográfico de British Waterways.

Los conjuntos de datos se digitizan a mano siguiendo las líneas y los polígonos; los datos específicos de las altitudes relacionadas con los puentes, presas y esclusas, se introducen manualmente en el sistema de gestión de base de datos.

2. CONCLUSIONES

GeoScaN está demostrando ser una herramienta muy valiosa para la recogida de los conjuntos de datos hidrográficos siempre en crecimiento. Este sistema integrado ha permitido a British Waterways recoger y analizar información topográfica e hidrográfica en un levantamiento de una sola pasada a lo largo de corredores longitudinales. El uso de los sistemas de información geográfica para visualizar los datos espaciales y para manipular la información con un solo vistazo y poder compartir los datos con todos los colegas, está demostrando ser algo esencial. ■

Tecnología Optimizada para la determinación de Altitudes mediante GPS

Otakar Švábenský y Josef Weigel
UNIVERSIDAD TÉCNICA CHECA (PRAGA)

Resumen

En base a los análisis de precisión realizados durante un largo periodo de mediciones experimentales en una red de pruebas y en otros lugares, se ha diseñado una tecnología optimizada de medición de diferencias de altitudes mediante GPS que posteriormente se ha probado con éxito. La finalidad era lograr un ahorro económico y una reducción del tiempo de observación. Otra meta era la de mejorar la precisión altimétrica del GPS empleando un modelo adecuado del geoid.

Se presenta un esquema de observaciones reducidas que puede sustituir a las largas sesiones con una pérdida mínima de precisión, junto con algunos ejemplos prácticos. La tecnología se aplicó con éxito en la determinación de una sección cuasi-geoidal de 100 kilómetros de longitud, a lo largo de una línea de nivelación de primer orden, en el Sureste de Moravia. La tecnología también se probó para el control geodinámico a largo plazo de áreas montañosas.

Abstract

On ground of accuracy analysis of long term experimental measurements in a testing network and other localities an optimized measuring technology for GPS height differences determination was designed and successfully tested. Goals are the economical gains and reduction of observation time. Another goal is improvement of vertical GPS accuracy including the appropriate geoid modeling.

A reduced observation scheme which can substitute the long sessions with minimal loss of accuracy is presented together with some practical exemplifications. The technology was successfully applied by determination of detailed quasigeoidal section of 100 km length along the first order levelling lines at south-eastern Moravia. The technology was also tested in long term geodynamic monitoring of mountain areas.

I. INTRODUCCIÓN

Hoy día, la tecnología GPS se emplea ampliamente en múltiples tipos de levantamientos geodésicos y con muy diversos fines. Es posible alcanzar unos niveles de precisión horizontal relativa de algunos milímetros en decenas, e incluso en cientos, de kilómetros. Sin embargo, por razones bien conocidas, la precisión vertical del GPS no se alcanza tan fácilmente (la componente vertical de una línea base es más sensible a la influencia de múltiples factores que las componentes horizontales, especialmente en áreas montañosas, con considerables diferencias de altitud entre las estaciones, por tanto, lograr la precisión planeada es más problemático y, a menudo, lleva mucho tiempo hacerlo).

Las altitudes determinadas mediante GPS están referidas al elipsoide WGS-84, en tanto que las altitudes de nivelación (ortométrica, normales) se refieren a un datum vertical dado, que se define físicamente. Lo que más limita la precisión vertical absoluta del GPS es la falta del exacto conocimiento del cuasi-geoid local. La obtención de altitudes relativas por GPS también se ve influenciada por muchos otros factores. Con

el fin de mitigar algunas componentes periódicas de ruido en las diferencias de altitudes medidas, se emplea un esquema de observación reducida, por tripletes (tres observaciones conjuntas). El esquema fue comprobado en la práctica en una campaña centrada en la determinación de una sección cuasi-geoidal, a partir de las diferencias de las altitudes de nivelación y de las obtenidas con GPS. Además, el esquema de medición se aplicó en las mediciones de las secciones de nivelación de la red de Sneznik. En este caso, las diferencias de las altitudes relativas del GPS se midieron muy eficazmente y con una mejora de precisión.

2. DETERMINACIÓN DE ALTITUDES MEDIANTE GPS

La determinación de altitudes mediante GPS está considerada en la actualidad como una alternativa a los métodos clásicos de medición de altitudes terrestres. Desde un punto de vista metodológico, la determinación de altitudes mediante la ayuda del GPS es más complicada que mediante los métodos clásicos terrestres. Por las ya bien conocidas y mencionadas razones, el GPS mide la componente vertical con menor precisión que las componentes horizontales. Estas razones son las siguientes:

- La visibilidad de los satélites (no existen satélites bajo el horizonte)
- Los errores asociados al satélite (orbitales, sesgos del reloj)
- Los errores de propagación de la señal (retardos troposféricos/ionosféricos)
- Los errores asociados al receptor (sesgos del reloj, *offsets*/variaciones del centro de la fase de la antena)
- Los errores asociados a la estación (lo que rodea a la estación, centrado, *multipath* y difracción de la señal)
- Efectos secundarios (mareas terrestres, cargas atmosféricas y oceánicas)
- Incertidumbres en la alineación con un marco de referencia.

El GPS es un método de posicionamiento mundial que determina las coordenadas en un sistema geocéntrico ortogonal (WGS-84). Por razones prácticas, las coordenadas X, Y, Z se transforman en coordenadas elipsoidales φ, λ, h y, eventualmente, en coordenadas horizontales locales n, e, u . Finalmente, las altitudes elipsoidales se transforman en altitudes ortométricas o cuasi-geoidales. Para efectuar este paso es necesario conocer las ondulaciones cuasi-geoidales N_i , que se definen mediante:

$$h_i = H_i + N_i \quad (1)$$

En donde h es la altura elipsoidal, H es la altura ortométrica y N es la ondulación del geode.

Las ondulaciones pueden determinarse de varias formas, bien usando métodos absolutos o relativos. La superficie del geode es irregular y es prácticamente imposible representarla por medio de una función matemática exacta. A menudo, es más conveniente emplear una aproximación mediante la expansión de funciones armónicas esféricas. El cuasi-geode puede entonces ser modelado mediante un conjunto de coeficientes armónicos, que describen el potencial gravitatorio de la Tierra (Teunissen, Kleusberg 1998):

$$W_0 = \frac{GM_E}{r} \left(1 + \sum_{n=2}^{n'} \left(\frac{a_c}{r} \right)^n \sum_{m=0}^n P_{nm}(\sin \varphi) \right. \\ \left. (C_{nm} \cos m\lambda + S_{nm} \sin m\lambda) + \frac{w^2 r^2}{2} \cos^2 \varphi \right) \quad (2)$$

a partir de donde se pueden obtener las altitudes cuasi-geoidales.

Los levantamientos de altitudes con GPS se basan en la determinación de las altitudes elipsoidales, que se reducen posteriormente al sistema de altitudes dado. Esto supone la aplicación de un modelo adecuado del campo de la gravedad que permite la determinación de las ondulaciones del cuasi-geode con relación a un datum de referencia convencional. Las ondulaciones deben determinarse sobre una malla lo suficientemente densa, que recubre el área del levantamiento, y deben ser de suficiente calidad para permitir el mantenimiento de un adecuado nivel de precisión.

Además de las redes globales y regionales, la mayor parte de las aplicaciones prácticas de los levantamientos mediante GPS tienen una extensión de algunos kilómetros o decenas de kilómetros. En estos casos se

emplea a menudo otro procedimiento, que se basa en una transformación realizada con la ayuda de una serie de puntos comunes en ambos sistemas de altitudes (denominados puntos idénticos). Se pueden aplicar distintos tipos de transformaciones adecuadas para ello.

Para alcanzar las precisiones deseadas en la determinación de altitudes, se emplea un posicionamiento relativo con GPS con observaciones de fase. Los modos de observación incluyen el modo estático, modo estático rápido, modo cinemático y modo pseudo cinemático. Los progresos acaecidos en los últimos años con las tecnologías en tiempo real (RTK o DGPS) pueden ofrecer unas precisiones comparables a las obtenidas con las técnicas clásicas, basadas en el post proceso de los datos (Hoffman-Wellenhof y alumnos, 2000).

Es posible obtener una mejora adicional de la precisión aplicando técnicas avanzadas para la optimización de las mediciones, para la detección de las fuentes de error así como un modelado más sofisticado y una mitigación de los efectos de los factores relevantes más influyentes. En la última década se han introducido múltiples mejoras y modificaciones, que pueden ayudar a reducir algunas influencias perturbadoras sobre la propagación de las señales de los satélites o de las fuentes de error relacionadas con la propia estación (condiciones de los alrededores de la misma, el propio equipo de GPS, desajustes y variaciones del centro de fase de la antena, etc.). Citaremos, como ejemplo, las eficaces técnicas de resolución de ambigüedades, las precisas calibraciones absolutas de las antenas en campo, mediante robots, y el uso de la ponderación de las observaciones en función de la elevación o del SNR (*signal/noise ratio*, proporción entre señal y ruido) durante el proceso.

3. ESQUEMA REDUCIDO DE OBSERVACIONES MEDIANTE GPS

Es ya bien conocido que la manera fundamental de mejorar la precisión de los levantamientos GPS es la de prolongar los tiempos de observación (sesiones). Si asumimos un nivel de comparación de la precisión de 1 centímetro en la componente vertical, los levantamientos de GPS globales, trabajando con líneas de base de hasta varios centenares de kilómetros, necesitan sesiones de varios días; los levantamientos regionales, con líneas de base en el rango de los 20 a los 100 kilómetros, necesitan unos intervalos de sesiones de unas 48 horas. La mayor parte de los levantamientos locales de GPS, con una extensión inferior a los 20 kilómetros, necesitan un mínimo de ocho horas.

Estos tiempos de observación tan largos requieren una buena organización y además cuestan mucho. Ésta fue la principal razón para proponer un procedimiento de medición especial, que se basa en la combinación de unas sesiones con observaciones de datos más cortas en el tiempo y separadas por unos intervalos de tiempo constantes, y minimizando la pérdida de precisión (Švábenský, Karský, 1999). Es conveniente combinar un dúo, o mejor un triplete, de sesiones más cortas, con una duración de unos 60 a 90 minutos, y medidas con una separación de seis a ocho horas entre ellas.

La primera idea de los beneficios que se obtendrían de la combinación de mediciones con intervalos de observación más cortos, surgió en el curso del procesamiento de los análisis de las sesiones de larga duración, observadas durante la campaña de la red de Sněžník. La red geodinámica experimental local de Sněžník fue establecida hace doce años (1992), dentro de una cooperación polaca y checa. La red se sitúa a lo largo de la frontera polaca y checa, en la región montañosa de Králický Sněžník, al norte de Moravia. Se diseñó originalmente como una red de satélite local, para pruebas de monitorización y análisis de deformaciones en la capa superior de la litosfera. Desde 1992 se vienen efectuando aquí campañas de GPS, Medición Electrónica de Distancias, nivelación, mediciones gravimétricas, astronómicas y de otros tipos, dentro de diversos proyectos de investigación. Desde 1994 la Universidad Tecnológica de Brno ha organizado las actividades de la observación y efectuado dichas mediciones, procesando todas las campañas de la parte checa de la red.

Los datos de GPS fueron observados, en su mayoría, mediante receptores de frecuencia dual Leica, Astech y Trimble. Las mediciones incluyeron un amplio rango de líneas de base de GPS, con intervalos de observación que variaban desde sesiones de media hora a sesiones de varios días, y con unas longitudes de líneas de base entre 0,5 y 15 kilómetros. Los diversos experimentos se centraron en las investigaciones sobre la precisión del GPS, la combinación de diferentes receptores y antenas, las relaciones de las líneas de base medidas en sesiones de distinta duración y la comparación de los resultados obtenidos con la ayuda de los programas Leica-SKI-Pro y el Bernese científico.

Además, se investigaron también los problemas de optimizar la determinación de altitudes mediante GPS, en cooperación con la Universidad Tecnológica de Brno, el Instituto de Investigación de Geodesia, Topografía y Cartografía Zdíby y el Observatorio Geodésico de Pekný (Švábenský, Karský, 1999), (Švábenský, Weigel, 2002b).

En una línea de base típica de la red de Sněžník, denominada Vyhř-Vese, de 6,2 kilómetros de longitud, la comparación de las variaciones de tripletes aislados y sus variaciones en relación con los intervalos de separación de los tripletes en intervalos de observación superiores a las 72 horas, apuntaron de nuevo a un intervalo de separación óptimo de 8 horas. Las diferencias entre los valores máximos y mínimos de las sesiones de una hora fueron de hasta 4 centímetros en el transcurso de las 24 horas. En las combinaciones de las tres soluciones de una hora, con un intervalo de separación de 8 horas, las diferencias fueron cuatro veces inferiores (Švábenský, Weigel, 2002a).

En la figura 1 se muestran los ejemplos de series de una

única componente en otra línea de base de la red geodinámica del norte de Moravia, denominada Vyhř-Brad, de 14 kilómetros de longitud. Aquí se ilustran claramente las diferencias de los resultados entre intervalos simples e intervalos agrupados en tripletes, en las componentes horizontales y verticales de las líneas de base. En los gráficos se muestran tres soluciones distintas. La primera es la solución de los intervalos únicos de una hora, la segunda es la solución de los intervalos únicos de 3 horas y la tercera es la solución de los tripletes, calculada como el ajuste de una solución con tres intervalos únicos de una hora separados 8 horas.

El esquema de las observaciones reducidas se aplicó de nuevo en repetidas mediciones de secciones de nivelación de la red de Sněžník. Las diferencias relativas de altitudes de GPS se midieron más eficazmente, con menos elaboración y con una mejora de la precisión.

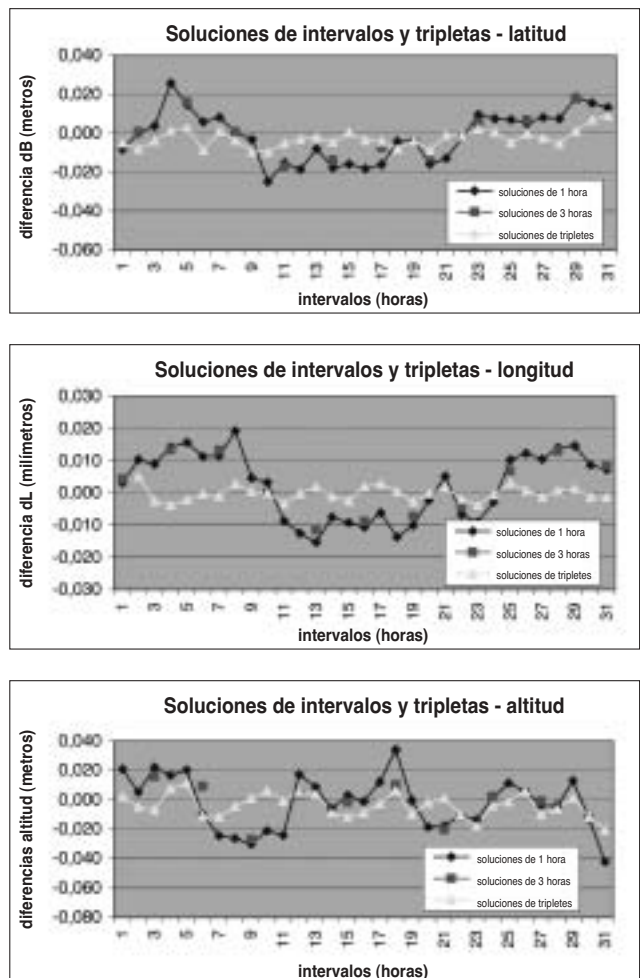


Figura 1 Comparación de las soluciones de intervalos y tripletes (latitud, longitud y altitud)

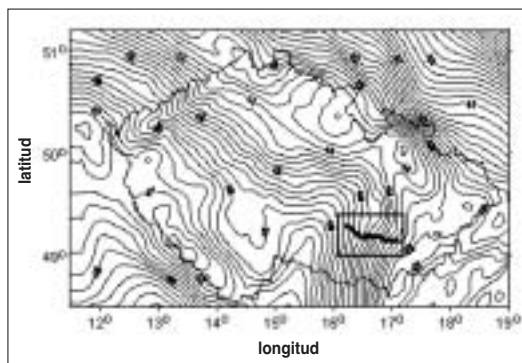


Figura 2: Cuasi-Geoide del territorio checo y el perfil medido

4. LA NIVELACIÓN CON GPS USADA PARA LA COMPROBACIÓN DEL CUASI-GEOIDE

El esquema de observaciones reducidas, mediante GPS, para la obtención de altitudes ha sido empleado sistemáticamente por vez primera con el fin de comprobar el cuasi-geoide. En una zona del sureste de la República Checa se efectuó la medición de una sección cuasi-geoidal, seleccionada en la dirección de su máximo gradiente, empleando perfiles de GPS y desplazándose sobre líneas de nivelación estatales de primer orden (ver figura 2). La pendiente del cuasi-geoide en la dirección del perfil medido es de unos 2,5 metros en los 102 kilómetros (Kostelecký y alumnos, 2002).

El perfil fue dividido en cuatro segmentos individuales y medido en los años 1999-2001 (campana Profile) mediante el método GPS. Se escogieron señales de nivelación con buenas condiciones de observación como estaciones GPS o se establecieron estaciones excéntricas en la proximidad de dichas señales.

Las distancias entre estaciones variaron entre los 2 y los 3 kilómetros. En 24 horas se midió un segmento con una longitud total de unos 30 kilómetros y, como media, una sesión aislada duraba aproximadamente 1,5 horas. Este esquema de observación con GPS se diseñó de modo que cada estación era medida 3 veces a lo largo de las 24 horas. La estación situada en medio de cada sección observaba continuamente a lo largo de las 24 horas y las estaciones situadas a un cuarto y a tres cuartos de cada sección observaban durante doce horas (en tres turnos de cuatro horas). La estación de control de referencia TUBO también observaba continuamente durante las 24 horas. La medición del perfil completo (102 kilómetros, 50 estaciones) llevó 96 horas con seis receptores. La duración de 90 minutos en cada sesión, permitió una solución fiable de las ambigüedades, aun incluso en las peores condiciones de observación.

Los datos medidos se procesaron empleando el software científico Bernese, versión 4.2. El procesamiento del perfil completo produjo una desviación típica media en la resolución de diferencias de altitudes por tripletes inferior a los 5 milímetros (calculada a partir de todos los segmentos).

5. CONCLUSIONES

Aunque la obtención de las altitudes mediante GPS es un procedimiento algo complejo, debido a que combina diversos métodos de posicionamiento y de determinación del campo gravitatorio (GPS, nivelación, modelado del geoide), se ha convertido en una técnica ampliamente usada en la actualidad. Cuando la precisión ha de ser comparable a la de una nivelación de orden menor, se deben prolongar los tiempos de observación en relación con la longitud de las líneas de base.

El esquema diseñado de observaciones reducidas de GPS para la obtención de altitudes, se basa en la combinación de sesiones de más corta duración, con una separación de intervalos optimizada, y ofrece una alternativa a las largas observaciones estáticas. Es exigente en cuanto a organización y a la sincronización precisa de tiempos, pero los resultados finales indican un incremento substancial de la productividad en la determinación de altitudes mediante GPS. Si se observan sesiones aisladas de una duración de 1 a 1,5 horas, es posible medir de 4 a 5 estaciones en 24 horas, empleando dos receptores, y de 15 a 20 estaciones empleando 5 receptores. En condiciones normales, las precisiones alcanzadas en las diferencias de altitud oscilan entre los 5 milímetros, en líneas de base de hasta 5 kilómetros, y los 8 milímetros en líneas de base de hasta 15 kilómetros. De esta manera, el esquema de observaciones reducidas, en dúos o tripletes, ofrece unas notables ventajas sobre las usuales observaciones tradicionales. De modo que, como la duración de la sesión es comparativamente corta, se enfatiza la importancia de una fiable resolución de la ambigüedad y también es deseable la detección y mitigación de los efectos de la difracción y el *multipath*, por ejemplo, con la ayuda del análisis de los residuos y la ponderación adecuada de las observaciones.

Para la determinación de altitudes absolutas mediante GPS es importante el exacto conocimiento del cuasi-geoide local, especialmente en áreas montañosas.

REFERENCIAS

- Hoffmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., Collins, J.: 2000, *Global Positioning System, Theory and Practice*, Wien, New York, Springer Verlag
- Kostelecký, J., Kostelecký, J. jr., Pešek, I., Šimek, J., Švábenský, O., Weigel, J., Zeman, A.: 2002, *Quasigeoids for the Territory of the Czech Republic and Their Testing*. Proceedings of the EGS G10 symposium Geodetic and Geodynamic Programmes of the Central European Initiative, Nice, Reports on Geodesy No 1 (61), 47-52, Warsaw, WUT
- Švábenský, O., Karský, G.: 1999, Summary Report of the Research Project Nr. 103/96/1648 *Methodology of Integrated Local Geodetic Networks*, Brno, BUT (in Czech).
- Švábenský, O., Weigel, J.: 2002a, *Accuracy Management in GPS Engineering Applications*. In: Proceedings of the XXXVIII FIG Congress, Washington, FIG
- Švábenský, O., Weigel, J.: 2002b, *10 Years Monitoring of Sněžník Massif - Changes in Czech Part of the Network*. Acta Montana, Series A Geodynamics, No. 20 (124), 7-11, Prague, IRSM CAS
- Teunissen P.J.G., Kleusberg A.: 1998, *GPS for Geodesy*, Berlin, Heidelberg, Springer Verlag
- Weigel, J., Švábenský, O.: 1999, Accuracy of GPS Heights in Local Networks, Proceedings of the Seminary "GPS and Heights", 55 - 62, Brno, BUT (in Czech). ■

Laussedat y la Academia de Ciencias de España (y II)

Mario Ruiz Morales
INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
UNIVERSIDAD DE GRANADA

➤ Continuación

Anexo D

Memoria que presentó Laussedat al concurso convocado por la Academia. Aunque no figure índice en el documento original de Laussedat, se ha preferido incluirlo para facilitar la lectura del mismo, no obstante, hay que hacer notar que las páginas se refieren al manuscrito original, conservado, como ya se dijo, en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

Memoria

sobre la aplicación de la fotografía al levantamiento de planos

INDICE

PRESENTACIÓN (1-2).

PROLEGÓMENO (3-8).

PARTE PRIMERA (9-32).

Teoría del levantamiento fotográfico.

§ 1. Construcción de los planos perspectivas.

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.

§ 2. Descripción y uso de la cámara oscura topográfica.

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 antejo. 3º Dar al eje óptico del antejo 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 de horizonte y del punto principal. Determinación de la distancia del punto de vista al cuadro.

PARTE SEGUNDA (32-60)

Discusión de los errores que hay que temer en la aplicación de la fotografía al levantamiento de planos.

§ 1. 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.

PARTE TERCERA (60-71)

Conjunto de las operaciones de un reconocimiento.

Operaciones geométricas, elección de las estaciones. Operaciones fotográficas. Bosquejos de detalle. Construcciones gráficas, dibujo en limpio del plano.

CONCLUSIÓN (71-75)

NOTA I (76-79)

Sobre la formación de los planos por las perspectivas.

NOTA II (79-83)

Sobre la orientación del plano.

Aplicación a la orientación del plano por la fotografía.

NOTA III (83-84)

Sobre la estadía

NOTA IV (84-86)

Sobre el uso de los aparatos fotográficos ordinarios.

MEMORIA

sobre la aplicación de la fotografía al levantamiento de planos

Per varios usus artem experientia fecit (Manilius)
sit modus in rebus

La Academia de ciencias de Madrid ha puesto á concurso para el año de 1863, el tema 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”.

Los errores que son de temer en semejante caso dependen, en su mayor parte, del modo de operar; y por consiguiente antes de abordar directamente la cuestión propuesta por la Academia, el autor debe naturalmente describir el procedimiento que ha escogido.

A primera vista, el problema que consiste en pasar de dos perspectivas al plano del terreno que juntas representan cuando se han tomado en puntos de vista diferentes, parece que no admite mas que una solución. Sin embargo, haciendo variar la naturaleza de las perspectivas, se ha llegado á proponer un número bastante considerable de soluciones, menos diferentes en el fondo que en apariencia, pero en las cuales se aplica el mismo principio con más o menos acierto. Dejándose guiar sin duda por la idea de que era preciso operar sobre vistas de la mayor amplitud posible, han tratado unos de emplear panoramas cilíndricos; otros, panoramas circulares planos, compuestos de sectores sucesivos y no susceptibles de una definición geométrica precisa. El autor de esta memoria, no se ha preocupado de una condición que no le parecía esencial y en la que entreveía por el contrario numerosos inconvenientes. Se ha contenido con las vistas que proporciona la cámara oscura ordinaria; y cree que esta senda no es tan solo la más sencilla, sino también la más racional y la que debía conducir con más seguridad al objeto deseado. Espera que el presente trabajo justificará su opinión y que á falta de novedades aventuradas, se hallará en él la prueba de que ha estudiado detenidamente la cuestión propuesta por la Academia y que la ha tratado con el cuidado que merecía.

Prolegómeno

Las vistas de paisajes que se dibujan en el fondo de la cámara oscura ordinaria, son perspectivas cónicas sobre un plano, tales como se definen en geometría; gozando por consiguiente, de las mismas propiedades.

Según la teoría de las lentes, el centro óptico del objetivo del aparato no es más que el vértice de la perspectiva cónica o lo que generalmente se llama el punto de vista. El pie de la perpendicular dirigida desde este punto al plano del cuadro se designa, como es sabido, con el nombre de punto principal. Cuando el cuadro es

vertical, condición que supondremos siempre satisfecha, la línea de horizonte de la perspectiva, es decir, la traza del plano horizontal que pasa por el punto de vista, es una recta horizontal trazada sobre el cuadro por el punto principal.

Como no tendremos que operar más que sobre paisajes, u objetos en general bastante lejanos del aparato para que sus imágenes se formen todas en el plano focal principal, la distancia del punto de vista al cuadro, permanecerá invariable.

Esta distancia es un importante elemento que hay que considerar porque determina las longitudes de los rayos visuales dirigidos desde el punto de vista á los diferentes puntos del paisaje hasta el encuentro del cuadro, o lo que es lo mismo las longitudes de las. La figura primera aclarará lo que precede: sea **O** el centro óptico del objetivo, **POP** (en el manuscrito figuran esas letras invertidas); cuyo eje óptico se supone horizontal, y el plano focal ocupado por una superficie traslúcida, como un cristal deslustrado. A la distancia **OP** igual á **OP** (en el manuscrito figuran esas letras invertidas) y tomada por delante del objetivo hacia el paisaje natural, concibamos una superficie plana y transparente **QRST** paralela al plano focal.

Es evidente que la perspectiva que se dibujaría sobre esta superficie, colocando el ojo en **O**, es idéntica á la que se proyecta en el cristal deslustrado **QRST** (en el manuscrito figuran esas letras invertidas); y si se supone que por el punto **O** pasa un plano horizontal, las trazas **HPN** y **HPN** (en el manuscrito figuran esas letras invertidas) de este plano, tanto sobre la perspectiva directa como sobre el cristal deslustrado, indicarán los puntos del paisaje natural que se hallan al mismo nivel que el punto **O**⁽¹⁾.

Con arreglo á las definiciones precedentes el lugar **O** del centro óptico del objetivo es el punto de vista de la perspectiva **QRST** trazada sobre un cuadro vertical plano, interpuesto entre este punto de vista y el paisaje natural. Esta perspectiva puede sobreponerse perfectamente á la que se proyecta en el cristal deslustrado vista por transparencia, pues la distancia **OP** del punto de vista al cuadro es igual á la distancia focal **OP** (en el manuscrito figuran esas letras invertidas); **P** es el punto principal y **HPN** la línea de horizonte en la perspectiva directa, mientras que **P** y **HPN** (en el manuscrito figuran esas letras, y la anterior, invertidas) son respectivamente el punto principal y la línea de horizonte sobre el cristal deslustrado.

Observando finalmente que la imagen aérea vista sobre el cristal deslustrado, es precisamente la que se obtiene fotográficamente con

⁽¹⁾ Sin tener en cuenta la curvatura de la tierra, que sería enteramente inútil tratar de introducir en semejante caso.

el nombre de prueba positiva⁽²⁾, se podrá sustituir á la imagen ideal de la superficie transparente **Q R S T** la misma prueba positiva.

En resumen: queda establecido que las vistas fotográficas representan perspectivas geométricas del terreno con el centro óptico del objetivo por punto de vista y sobre un cuadro distante de este punto una cantidad igual á la distancia focal principal del objetivo.

Consideremos pues una vista fotográfica transportada en **Q R S T**, á la distancia **O P** hacia adelante del punto de vista o lo que es lo mismo por la parte del paisaje natural.

Los rayos visuales **O A**, **O B**, **O C** que se dirigen á los puntos **A**, **B**, **C** del terreno, encuentran al cuadro o vista en **a**, **b**, **c** y las proyecciones **O A'**, **O B'**, **O C'** de estos rayos sobre el plano de horizonte encuentran á este mismo cuadro en puntos **a'**, **b'**, **c'** que serán los pies de las perpendiculares bajadas desde **a**, **b**, **c** á la línea de horizonte **H P N**.

Las rectas **Oa'**, **Ob'**, **Oc'**, que unen el punto de vista **O** con los pies de estas perpendiculares, se hallan todas situadas en el plano de horizonte y por consiguiente los ángulos que formen entre sí serán los de los rayos visuales correspondientes, reducidos al horizonte. Por otra parte los ángulos **aOa'**, **bOb'**, **cOc'** de cada uno de los rayos visuales con su proyección, no son otra cosa que las inclinaciones de estos rayos sobre el horizonte.

Dadas sobre una vista fotográfica **Q R S T**, (fig.2.) la posición del punto principal **P** y la línea de horizonte **H P N**, y conociendo además la distancia focal del objetivo empleado para tomar la vista, que es la distancia **O P** del punto de vista al cuadro, se pueden obtener inmediatamente, reducidos al horizonte, los ángulos comprendidos entre los diferentes puntos del paisaje, y determinar gráficamente, o por sus tangentes trigonométricas las alturas o depresiones aparentes de cada uno de estos puntos por encima o por debajo del punto de vista.

Para esto no hay más que suponer que el plano de horizonte ha girado alrededor de la línea **H P N** tomada como charnela, hasta sobreponerse al plano del cuadro. El punto de vista vendrá á colocarse en **O** sobre la perpendicular **P O** á la línea **H P N** y á una distancia **O P** de esta línea igual á la distancia focal dada. Bajando

entonces desde los diferentes puntos **a**, **b**, **c**, **d** las perpendiculares **aa'**, **bb'**, **cc'**, **dd'** á la línea **H P N** y uniendo los pies **a'**, **b'**, **c'**, **d'** de estas perpendiculares con el punto **O**; **a'Ob'**, **a'Oc'**, **a'Od'** serán los ángulos reducidos al horizonte que se hubieran hallado valiéndose de una plancheta o de un círculo graduado puesto en estación en el mismo punto en que se supone la cámara oscura, dirigiendo visuales sucesivamente á los puntos del terreno cuyas imágenes son **a**, **b**, **c**, **d**. Respecto de la altura angular aparente de uno cualquiera de estos puntos, por ejemplo, la de la cúspide del árbol cuya imagen es **b** podría obtenerse gráficamente levantando en **b'** sobre la línea **Ob'**, la perpendicular **b'b''** igual á **bb'** y uniendo el punto **b''** con el **O**.

Efectivamente: el ángulo **b'Ob''** es igual al buscado **bOb'** del espacio; pero se evita esta construcción empleando en vez del ángulo mismo, la relación **bb'/Ob'** que es su tangente trigonométrica.

Parte primera

Teoría del levantamiento fotográfico

§.1. Construcción de los planos con las perspectivas

El método que se presenta naturalmente para construir un plano por medio de varias perspectivas tomadas desde puntos de vista diferentes, es el que se conoce en topografía con el nombre de método de las intersecciones.

Por poco que se reflexione se reconoce, en efecto, que las estaciones sucesivas de un levantamiento topográfico con la plancheta y aun los vértices de una triangulación, son en definitiva, puntos de vista desde donde el observador descubre el terreno bajo diferentes aspectos. Claro es igualmente que las mediciones angulares verificadas desde estos puntos de vista, operando directamente sobre las perspectivas naturales, son precisamente las mismas que las que se pueden deducir de las perspectivas dibujadas o fotográficas. En el fondo hay una analogía completa entre las operaciones gráficas efectuadas sobre el terreno y las que se ejecutan en el gabinete sobre vistas que proporcionan de un solo golpe un ancho segmento del panorama.

Pero si los principios del levantamiento fotográfico son idénticos á los de las operaciones ordinarias de topografía, esto no puede dispensarnos de recordarlos aquí y de entrar en algunos detalles sobre la manera de aplicarlos en el caso particular que nos ocupa.

División de las operaciones. Las operaciones de un levantamiento topográfico se dividen en dos partes: la planimetría o el trazado geométrico de los principales accidentes de la superficie del terreno, en proyección horizontal, y la nivelación o estudio del relieve de esta superficie, referido á un plano horizontal, o bien á una superficie de nivel como la del mar:

⁽²⁾ Los fotografías designan con el nombre de pruebas negativas, las que obtienen inmediatamente sobre rystal o papel con tintas opuestas á las naturales. Sobre estas pruebas miradas por el lado de la capa sensible, los diferentes objetos figurados se presentan también en orden inverso al que ocupan en el paisaje natural: es decir, que los que se hallan realmente á la derecha del espectador, tienen sus imágenes á la izquierda en la prueba y viceversa; pero la colocación en el sentido de arriba á abajo es la misma de la naturaleza.

Al transportar una prueba negativa sobre una hoja de papel sensible, valiéndose de una nueva acción de la luz, se obtiene una contraprueba o prueba positiva en la cual las imágenes se hallan en su verdadera situación y las tintas naturales restablecidas.

Planimetría. Para construir el plano se parte de una base, o distancia horizontal medida entre dos estaciones desde donde se determinan las posiciones relativas en proyección horizontal, de puntos aislados más o menos numerosos; más o menos distantes unos de otros. Entre estos puntos se eligen los que son á propósito para servir á su vez de estaciones, pudiendo así avanzar sucesivamente en todas direcciones alrededor de la base.

La posición de un punto cualquiera **c**, (fig. 8) visto desde las dos extremidades **a** y **b** de la base se determina por un triángulo en el cual se conoce un lado, que es aquí la misma base, y cuyos dos ángulos adyacentes pueden medirse; es decir, el ángulo **c a b** comprendido entre la dirección **a b** de la base y la **a c** del punto **c** visto desde el **a** por una parte y por otra el ángulo **c b a** comprendido entre la dirección **b a** de la base y la **b c** del punto **c** visto desde el **b**.

Recordemos además que la escala del plano es la relación que existe entre la longitud de la línea **a b**, que representa la base **A B** sobre el papel, y la longitud real de esta base medida sobre el terreno.

Cuando se ha determinado el punto **c** o cualquier otro visto desde las dos extremidades de la base, las distancias tales como **a c** o **b c** serán también conocidas y se podrán tomar á su vez por bases, estacionando en el punto **c**.

Medición de la base. Según la importancia de la operación y el grado de exactitud que se desea alcanzar, se mide la base de partida con reglas, con cadena, por medio de la estadía o bien simplemente á pasos. Cuando la longitud de la base no es muy considerable el procedimiento más cómodo es el de la estadía cuyo principio extraordinariamente sencillo es sin duda conocido por el lector ⁽¹⁾.

Medición de los ángulos. En las triangulaciones ordinarias se miden los ángulos comprendidos entre las direcciones de los diferentes lados, por medio de un círculo graduado. También necesitaremos medir directamente algunos ángulos y para ello nos serviremos de un círculo graduado adaptado al instrumento que se describirá en el párrafo siguiente.

Disposición de las vistas para la construcción del plano. Volvamos á las vistas fotográficas.

Sean **a b** (fig. 8), la base medida y reducida á la escala que se haya elegido; **b a c** y **a b c** los ángulos medidos desde las estaciones **A** y **B** representadas en **a** y **b**, entre la dirección de la base y las **ac**, **bc** de un mismo punto del terreno, que se hallará así determinado en **c**. Sean por otra parte una prueba n° 1 tomada desde el punto **A** y otra n° 2 tomada desde **B**, en las cuales el punto

considerado **C** se hallase presentado en la una en **c1** y en la otra en **c2**. Supongamos el punto de vista de la prueba n° 1 abatido alrededor de la línea de horizonte **h₁n₁** y trasladado á **a** y el de la prueba n° 2 abatido alrededor de **h₂n₂** y trasladado á **b**; unamos cada una de estos puntos de vista respectivamente, á las proyecciones **c'** y **c''** de las imágenes **c₁** y **c₂**; hagamos después girar la prueba n° 1 y la línea **ac'** alrededor del punto **a**, hasta tanto que esta línea pase por el punto **c** obtenido anteriormente y la prueba n° 2 alrededor del punto **b** hasta tanto que la línea **bc''** pase por el mismo punto: las dos pruebas se hallarán así en la posición conveniente con relación á la base y será fácil determinar en el plano todos los puntos cuyas imágenes se hallen á la vez en las dos pruebas.

En efecto si **d₁** y **d₂** son las imágenes de un mismo punto del terreno en las dos perspectivas, es evidente que uniendo el punto **a** con el **d'**, proyección de **d₁**, y el punto **b** con el **d''** que es á su vez la proyección del **d₂**, la intersección **d** de las dos líneas **ad'** y **bd''** determinará la posición del punto que se considera sobre el plano. Del mismo modo se obtendrían los puntos **e**, **f** &^a.

Así pues, la medición directa de la base **A B** y la de los dos ángulos **B A C** y **A B C** son suficientes para determinar un gran número de puntos en el plano, y por consiguiente, uniendo con discernimiento aquellos de estos puntos que pertenezcan á los mismos objetos, podrán reconstituirse por los menos en parte las formas y las dimensiones horizontales verdaderas de estos objetos.

Nivelación. La distancia vertical de cada uno de los puntos así obtenidos al plano de horizonte de una o de otra de las estaciones, es ya fácil de determinar:

Consideremos, por ejemplo, el punto **d** (fig. 8), y busquemos su distancia vertical al plano de horizonte de la estación **a**. La longitud **d₁d'** de la perpendicular bajada desde la imagen **d₁** á la línea de horizonte **h₁ n₁**, es la altura lineal aparente del punto **d** á la distancia á **d₁**. La altura verdadera buscada **x** de este mismo punto, será pues evidentemente dada por la proporción **x = ad (d₁d' / ad')**, habiendo medido sobre el plano con arreglo á la escala la distancia real **ad** del punto que se considera á la estación **a**.

Para fijar las ideas supongamos que se haya hallado: **d₁d' = 0^m,018**, **ad' = 0^m,506**, **ad = 0^m,1857** y que el plano se haya construido á la escala de 1/5.000, la distancia real representada por **ad** será de **0^m,1857 x 5.000 = 928^m,5** y por consiguiente se tendrá para la altura verdadera: **x = (18 / 506)928^m,5 = 33^m,06**.

Observación. Esta altura verdadera no es la diferencia de nivel entre el punto **d** y la estación **a**, sí no la que existe entre este mismo punto **d** y el del espacio que ocupaba el centro óptico del objetivo en esta estación. Para hallar por consiguiente la diferencia de nivel en la estación misma, es preciso agregar á la que se ha encontrado,

⁽¹⁾ Véase la nota III.

la altura del aparato, que debe anotarse cuidadosamente en cada estación con tal objeto.

Comprobación de la planimetría. La comprobación de los puntos obtenidos en el plano por medio de dos pruebas, se hace con una tercera prueba que contenga estos mismos puntos. Esta manera de comprobar la exactitud de operaciones gráficas o de mediciones angulares es la que se emplea siempre que se aplica el método de intersecciones y se comprende tan fácilmente que no es necesario justificarla.

Conviene hacer notar además que cuando se ha reconocido la exactitud de una parte del plano construida por medio de dos pruebas, todas las demás que contienen las imágenes de algunos de los puntos ya determinados, podrán en rigor orientarse sobre este plano sin que hubiese necesidad de recurrir á nuevas mediciones directas. Será sin embargo preferible observar en cada estación el ángulo o los ángulos que deban servir p^a la orientación inmediata de cada prueba.

Comprobación de la nivelación. Cuando se conoce la diferencia de nivel entre dos estaciones **a** y **b** (fig. 8), se comprueba la nivelación deducida de una prueba nº 1 repitiendo las mismas operaciones en la prueba nº 2; pues teniendo en cuenta el desnivel de las dos estaciones, deben hallarse naturalmente los mismos resultados. Pero se ve al mismo tiempo que, recíprocamente, el desnivel de dos estaciones puede deducirse de las posiciones de la línea de horizonte en las pruebas correspondientes; y no se crea por esto que haya después dificultad para hacer comprobaciones, porque la diferencia de nivel entre las dos estaciones se deduce simplemente de la que existe entre cada una de ellas y un solo punto cuya imagen se halla en las dos pruebas. Por consiguiente tomando por término de comparación un segundo punto cualquiera que satisfaga á la misma condición, se podrá comprobar primero la diferencia de nivel entre las dos estaciones, y después las de todos los demás puntos del plano que se hayan obtenido por medio de vistas tomadas desde las dos estaciones **a** y **b**.

Lo que importa es saber con qué grado de exactitud se efectúan todas las operaciones que se acaban de describir; pero para llegar á este conocimiento es indispensable haber estudiado previamente el aparato en todos sus detalles.

§2. Descripción y uso de la cámara oscura topográfica

(Véanse las figuras 3 y 4) y la lámina 5ª

De la cámara oscura propiamente dicha. La cámara oscura se compone esencialmente de una caja que lleva en la parte anterior el objetivo y en la posterior; colocado en una corredera, el bastidor que contiene la plancha u hoja de papel destinada á recibir la imagen.

Del objetivo. Los fotógrafos hacen uso de dos especies de objetivos: unos formados con una sola lente acromática, y otros compuestos de dos lentes separadas por una cierta distancia. Los primeros, designados con el nombre de objetivos simples, se obtienen con menos coste que los segundos y son suficientes para las vistas de paisaje. Por otra parte la elección del objetivo quedará para mas adelante; y nos limitaremos á manifestar aquí que en todos los casos, existe un centro óptico en el eje de figura del sistema de cristales, sea el que fuere.

El objetivo simple **O** (fig. 3) está colocado en una armadura formada de dos tubos, uno de los cuales se atornilla en el centro de la cara anterior de la caja, mientras que el otro, que lleva el objetivo, puede generalmente moverse dentro del primero. Este movimiento sirve para poner en foco o lo que es lo mismo, para hacer coincidir el plano focal de la lente con la superficie sensible. Por último los diafragmas, que sirven para aumentar la claridad de las imágenes, se alojan por lo general en un tubo más estrecho adaptado al que lleva el objetivo.

Quando se quiere evitar que la luz penetre en la cámara, se cierra la abertura del último tubo con una tapadera que debe ajustarse con cierta holgura para no exponerse á cambiar la posición del aparato, al tiempo de ponerla o quitarla.

Del cristal deslustrado y de los bastidores. Para poner en foco se hace uso de un cristal, deslustrado en el que puede verse distintamente la imagen aérea formada por el objetivo. Esta imagen adquiere mucha mayor vivacidad, cuando se la aísla de la luz exterior; cubriéndose el operador la cabeza con una tela negra que envuelve al mismo tiempo la caja. Sacando o introduciendo el objetivo, se determina sin dificultad la posición en que la imagen adquiere su mayor claridad.

Quando la cámara oscura se halla destinada á reproducir, ya imágenes de objetos lejanos, ya las de objetos próximos, es necesario cambiar la distancia del objetivo cada vez que varía la de los objetos; pero cuando no se desea mas que sacar vistas de paisajes, puede hacerse una sola vez la operación de poner en foco. En este caso debe fijarse definitivamente el objetivo, o por lo menos llevarlo siempre á un mismo punto de referencia, trazado en la armadura.

El cristal deslustrado no deja por eso de servir para comprobar de tiempo en tiempo la exactitud del punto de referencia y sobre todo para examinar las vistas que se quieren sacar y dividir las, si hay necesidad, en varias pruebas.

Los bastidores de pruebas negativas que sustituyen al cristal deslustrado, deben haberse construido con gran cuidado para que la superficie sensible venga á colocarse con exactitud en el plano focal; lo que se reconoce por la limpieza de estas pruebas, y de las positivas que proporcionan.

Del pié del instrumento. La cámara oscura descansa inmediatamente sobre un fuerte crucero de cobre **C C** (fig. 3 y 4) sobre el cual se fija por medio de los tornillos **V, V** que penetran en tuercas embutidas en el espesor de la tabla inferior de la caja. Este crucero forma cuerpo, con el cilindro hueco **B B** encajado sobre un eje vertical de acero, alrededor del cual puede girar fácilmente el aparato. El eje está invariablemente unido á un apoyo con tres tornillos **T, T, T**, que descansan á su vez en un trípode de madera. Un gran tornillo provisto de un muelle en espiral que atraviesa la tabla del trípode y penetra en el centro del apoyo, reúne sólidamente las dos partes que sirven de soporte á la cámara oscura.

De los órganos geodésicos. En la base del eje vertical se halla fijo un círculo horizontal **H** cuya graduación, trazada sobre el canto, viene á ser recorrida por la alidada **D** en los movimientos de rotación. Esta alidada lleva en su extremidad una pinza **P** que cuando se aprieta, mantiene el aparato en una dirección determinada; un tornillo de coincidencia **R** para facilitar la puntería y un nonius o vernier que permite apreciar un minuto. Los ángulos formados por las diversas posiciones del eje óptico del objetivo se miden pues con este grado de precisión, que es suficiente siempre que se trata de operaciones determinadas á ser traducidas gráficamente. El instrumento está provisto además de un nivel de aire con anteojo, dispuesto en uno de los lados de la caja. El anteojo **L L** colocado en sus abrazaderas **J J**, es movable alrededor de un eje horizontal **I I** y lleva consigo un su movimiento una alidada **D' D'** cuyo vernier recorre el arco del eclímetro vertical **E E**; un tornillo de presión **P'** sirve para detener el anteojo en la dirección de un objeto tomado como punto de mira, y el tornillo de coincidencia **R'** para hacer la puntería con exactitud. La lectura del vernier proporciona en caso necesario la inclinación del eje óptico del anteojo sobre el horizonte.

El nivel **NN** cuyos pies **YY** descansan sobre los muñones del anteojo, pueden invertirse cuando convenga, sin que por esto se halle expuesto á caer cuando se opera o cuando se transporta el instrumento de una estación á otra. Con tal objeto, la regla inferior del nivel lleva en su parte central una doble escuadra **F F** cuyos brazos verticales se hallan provistos en sus extremidades de pequeñas espigas cilíndricas que se introducen en las horquillas **U, U** fijas á la alidada. Por medio de los ganchos **Z, Z**, que pasan sobre estas espigas, cuando se los levanta, el nivel se halla sujeto; y cuando se desea invertirlo o quitarlo completamente, no hay más que bajar los ganchos de que se ha hecho mención.

La plancha que lleva el eje horizontal y en la cual se ha cortado el eclímetro, se aplica sólidamente al costado de la cámara oscura, por medio de tornillos **W, W** que atraviesan esta cara y de tuercas que se aprietan por la parte interior. El contrapeso **QQ** atornillado á la cara opuesta, repone el centro de gravedad sobre el eje vertical.

Además de la cruz filar ordinaria, dos hilos paralelos se hallan colocados en el foco del anteojo, para emplearlos en la medición directa de las distancias, con arreglo al principio de la estadía.

Finalmente, cuatro agujas muy finas **a, a, a, a**, á se hallan dispuestas en el interior de la caja, en los puntos medios de los cuatro lados y muy próximos al borde contra el cual se aplica el bastidor. Estas agujas, interceptando el paso de la luz, producen sobre las pruebas cuatro trazos de referencia que unidos dos á dos, dan la línea de horizonte y una perpendicular á esta línea en su punto medio.

Colocación en estación y rectificaciones del instrumento. El objetivo y los órganos que acaban de describirse, se desarmen en su mayor parte y se colocan en una caja dispuesta para recibirlos; sacándolos en el orden siguiente, cuando se quiere situar el aparato en estación:

- 1º. El objetivo, que se atornilla en la cámara oscura;
- 2º. El apoyo con tres tornillos, que se pone sobre el trípode de madera, después de lo cual se fija la caja de la cámara oscura al crucero;
- 3º El eclímetro, que se adapta á aquella de las caras de la caja que tiene los taladros para el paso de los tornillos **W**;
- 4º El anteojo.
- 5º El nivel.

Cuando las operaciones se hallan terminado, se meten en la caja éstas diferentes piezas en el orden inverso.

Hallándose enteramente montado e instalado el instrumento sobre el punto elegido para estación, se procede á las rectificaciones, que son en número de tres; á saber:

1º. Dar una posición vertical al eje de rotación de la cámara oscura. Para esto, se hacen coincidir primeramente los ceros de los verniers de las dos alidades, uno de ellos con el cero del eclímetro y el otro con el del limbo horizontal. Este último se halla colocado por construcción de tal manera que el anteojo y el nivel se hallan entonces en una dirección paralela á la línea que une dos de los tornillos del apoyo; moviendo uno de estos tornillos o los dos á la vez, se hace ocupar á la burbuja del nivel la parte central del tubo y después se da un giro de 180° exactos á la cámara alrededor del eje vertical. Generalmente la burbuja no vendrá á ocupar en esta nueva posición el centro del tubo y es preciso llevarla al mismo sitio, haciendo la mitad de la corrección por medio de los dos mismo tornillos y la otra mitad valiéndose del tornillo de coincidencia del eclímetro.

Hecho esto, se hace coincidir el cero de la alidada **D** con la división 90° del limbo y se lleva la burbuja á su posición central valiéndose únicamente del tercer tornillo que corresponde á esta división.

Se comprueba entonces si el eje se halla efectivamente vertical, viendo si la burbuja permanece en la misma posición durante una rotación entera de la cámara; y si aquella sufre todavía cambios sensibles, se termina la rectificación repitiendo por segunda vez la misma serie de operaciones.

2°. Rectificar el eje óptico del anteojo. Se principia por sacar más o menos el ocular hasta tanto que los hilos del retículo se vean con entera claridad; después, apuntando á objetos lejanos, se hace marchar el sistema del retículo y del ocular hasta que las imágenes de los objetos sean igualmente muy claras. Colocado uno de los dos hilos de la cruz del retículo sensiblemente horizontal y el otro vertical, se apunta exactamente, pero únicamente con el movimiento de rotación del aparato alrededor del eje vertical, á un objeto bien definido y se hace después, girar el anteojo en sus abrazaderas hasta tanto que el hilo vertical se halle invertido, es decir, que haya vuelto á ocupar la posición vertical en sentido opuesto. Si entonces la imagen del punto observado, viene á proyectarse de nuevo sobre la cruz filar, el eje óptico tendrá una posición conveniente; en el caso contrario se aprecia la distancia que separa la imagen del punto, de la cruz filar y se hace marchar el retículo la mitad de esta distancia, por medio de un tornillo de corrección cuya posición es fácil de reconocer en el anteojo mismo.

Para saber si la operación ha tenido buen resultado se elige otro punto sobre una de las nuevas direcciones que puede tomar el eje óptico cuando se hace girar el instrumento alrededor de su eje vertical, y se repite la misma operación. El resto de la corrección se hace, si es necesario, por medio del mismo tornillo del retículo que eleva o baja un poco el hilo horizontal.

3°. Dar al eje óptico del anteojo una posición horizontal y determinar el error de colimación. La rectificación que antecede ha servido únicamente para situar el eje óptico del anteojo en un plano que pasa por el eje de figura y que se halla muy próximo á la horizontal.

Para concluir de situar horizontalmente este eje óptico y suponiendo que la burbuja del nivel no ha cambiado de sitio desde la primera rectificación (1°), se invierte el nivel sobre los muñones del anteojo bajando antes los ganchos **Z**, **Z**. Si en esta nueva posición la burbuja vuelve al mismo sitio, como se admite que los muñones pertenecen á un solo y mismo cilindro, la superficie de este tendrá sus generatrices horizontales; y por consiguiente el eje de figura y el mismo eje óptico serán también horizontales. En otro caso se corregirá la mitad con el tornillo de coincidencia **R** del eclímetro y la otra mitad con el tornillo de corrección **K** del nivel.

La lectura del vernier del eclímetro, después de hecha esta operación, es lo que se llama el error de colimación; y los ángulos de pendiente indicados por el eclímetro en una posición cualquiera del

anteojo, deben sufrir una corrección aditiva o sustractiva igual á esta cantidad, según el sentido del error y el de la inclinación del anteojo.

Eje óptico y plano focal. El instrumento puesto en estación debe satisfacer todavía á varias condiciones con las cuales sale de manos del constructor; pero una de ellas puede dar lugar á una rectificación muy esencial.

El anteojo se halla colocado á la misma altura que el centro óptico del objetivo de la cámara oscura y suponemos que la recta horizontal que pasa por este centro óptico se halla en el mismo plano horizontal que el eje óptico del anteojo. Esta línea se designa con el nombre de eje óptico del objetivo y el plano horizontal que determina es el plano de horizonte.

La corredera practicada en la parte posterior de la cámara y destinada á recibir sucesivamente el cristal deslustrado y los bastidores para las pruebas, determina la posición del plano focal. Admitiremos todavía que este plano sea vertical y perpendicular al eje óptico. Una ligera imperfección en la realización de estas dos primeras condiciones, no ocasionaría ningún error sensible en la práctica.

Agujas de referencia. No puede decirse otro tanto del que se refiere á la posición de las cuatro agujas de referencia y principalmente del de las dos que determinan materialmente la línea de horizonte.

Colocación y comprobación de las referencias de la línea de horizonte y del punto principal. He aquí á la vez la manera de hallar el sitio de estas referencias y de comprobar si ocupan la verdadera posición, por medio del cristal deslustrado. Cuando se hace girar el aparato rectificado alrededor de su eje vertical, el plano descrito por el eje óptico del anteojo es el mismo plano de horizonte.

Resulta de aquí que si se dirige el anteojo, por este solo movimiento de rotación, á un objeto notable de un paisaje, la imagen, de este objeto que se hallará sensiblemente en el centro del cristal deslustrado determinará en él un punto de la línea de horizonte que aun podría tomarse por el punto principal.

Habiendo reconocido bien este punto el operador, no tendrá más que hacer girar el instrumento, un cierto ángulo, primero de derecha á izquierda y después de izquierda á derecha, para llevarlo alternativamente á los dos bordes del marco del cristal deslustrado en donde señalará la traza con la punta de un lápiz. Claro es que la recta que una estos dos puntos sobre el cristal representará en él la línea de horizonte. Las dos puntas laterales destinadas á servir de referencias, deben pues proyectar sus sombras sobre esta línea.

Así es como se determina la posición de estas puntas al tiempo de construir el aparato y como puede comprobarse siempre que se quiera. Estas puntas se hallan sujetas cada una por una pequeña pin-

za que puede moverse en una ranura vertical, lo que permite elevarlas o bajarlas para rectificar en caso necesario su posición.

Si quisiese tomarse la imagen del punto al que se dirige el anteojo por punto principal, sería preciso sujetarse á nuevas comprobaciones que se evitan colocando las otras dos puntas de manera que la recta que las una sea perpendicular á la línea de horizonte y pase sensiblemente por el medio de esta línea. Se reconoce muy fácilmente si esta doble condición se halla satisfecha, no ya en el cristal deslustrado, sino en una prueba positiva obtenida con el aparato previamente rectificad. En este caso una extrema precisión no es indispensable y cuando las dos puntas se han colocado con cuidado por el constructor; no es ya necesario tocarlas á menos que el aparato haya sufrido algún fuerte golpe u otro accidente desgraciado.

Determinación de la distancia del punto de vista al cuadro. Esta distancia constituye, como es sabido, el elemento geométrico que sirve para hallar gráficamente los ángulos por medio de perspectivas y debe determinarse con toda la exactitud posible. Se la puede conocer indirectamente midiendo, bien en el cristal deslustrado, o en una prueba positiva la distancia lineal del punto principal á otro situado en la línea de horizonte; y en el círculo azimutal, el ángulo comprendido entre estos dos puntos. Este ángulo se mide sobre el terreno mientras el instrumento se halla en estación para sacar la prueba negativa.

Volvamos, por ejemplo, á la figura 2 en la cual **O** representa el punto de vista abatido sobre el plano del cuadro. Uniendo un punto cualquiera **b'** de la línea de horizonte con el punto de vista, se formará un triángulo rectángulo en **P** que se hallará determinado cuando se conozca el lado **Pb'** del ángulo recto y el ángulo agudo en **O**. Estas dos cantidades son las que acaban de mencionarse y se pueden medir fácilmente: el ángulo, á un minuto de aproximación y el lado á una fracción de milímetro.

La distancia buscada del punto de vista al cuadro, que es el lado **OP**, se calcula enseguida por la fórmula: $OP = Pb' \cdot \cotg PO b'$

Parte segunda

Discusión de los errores que hay que temer en la aplicación de la fotografía al levantamiento de planos

Los errores que hay que temer en el empleo de las vistas fotográficas para construir los planos, son de dos clases: los que provienen de la naturaleza misma del instrumento, y los que son comunes á todas las operaciones puramente gráficas.

§.1. Errores que provienen de la formación de las imágenes por el objetivo

Al final de la parte primera se ha visto la manera de determinar la distancia del punto de vista al cuadro, que no es otra cosa que la

distancia focal del objetivo. Para obtener con más exactitud esta distancia **OP** es natural repetir la misma operación sobre diferentes puntos de la línea de horizonte. Pero cuando la distancia focal del objetivo es un poco grande, se reconoce al operar sobre puntos cada vez más distantes del punto principal que esta distancia no es rigurosamente constante.

Podrá formarse una idea exacta de la magnitud de esta variación, pasando la vista por el siguiente cuadro en el cual se han consignado resultados de experimentos hechos con un objetivo acromático simple y biconvexo de 0^m,095 de diámetro y de 0^m,50 próximamente de distancia focal. Durante estos experimentos, un diafragma de 0^m,0015 de abertura se hallaba colocado á 0^m,077 hacia adelante del objetivo.

Números de las operaciones	Distancias de un punto de la línea de horizonte al punto principal	Ángulos comprendidos entre los dos puntos	Distancia calculada del punto de vista al cuadro
1	0 ^m ,0550	6°18',5	0 ^m ,505
2	0,0801	9,3,5	0,503
3	0,1174	13.11,5	0,502
4	0,1476	16.29	0,500

Los resultados contenidos en la última columna del estado anterior, demuestran que la distancia calculada del punto de vista al cuadro va decreciendo á medida que los puntos elegidos se hallan más distantes del punto principal. La explicación elemental de este hecho, va á proporcionarnos el medio de valuar y enseguida corregir los pequeños errores que se cometen en los ángulos deducidos de perspectivas fotográficas.

Limitación del campo del objetivo. Recordemos en primer lugar que el diafragma colocado cerca del objetivo tiene por objeto reducir los haces de rayos luminosos que parten de cada punto del paisaje, á fin de evitar los efectos de la aberración esférica⁽¹⁾. Así se ve en la figura 3 que el haz proveniente de un punto **A** en una dirección próxima á la del eje del objetivo, se halla reducido á **AOa** del mismo diámetro **ee** que el diafragma, y solo da en una pequeña extensión de la parte central del objetivo. De aquí resulta que este pequeño haz va á formar, después de su paso á través del objetivo, una imagen muy clara **a** del punto luminoso **A**, en el plano focal principal. El pequeño haz **BOb** que proviene de un punto **B** situado en una dirección bastante inclinada respecto del eje forma á su vez una imagen clara **b** pero que no se halla ya exactamente en el plano focal; es decir, en el plano de la prueba. Esta imagen **b** que

⁽¹⁾ Los rayos luminosos que parten de un punto del espacio no van á concurrir rigurosamente en el mismo punto después de haber atravesado el objetivo. Por esto resulta en la imagen un defecto de claridad tanto mas grande cuanto mayor es la base del haz.

en el caso de la figura está más próxima al objetivo, se proyectará en el plano de la prueba en b' por la prolongación de los diversos rayos que á forman; y si se une el punto b' con el B , la intersección de la línea Bb' con el eje del objetivo será un punto O' más próximo del plano focal que el centro óptico O . Claro es igualmente que cuanto mayor sea la inclinación del haz respecto del eje del objetivo, más se aproximará al plano focal este punto de intersección. La imagen proyectada b' es necesariamente un poco menos clara que la b ; y cuando la inclinación del haz con relación al eje es muy grande, este defecto de claridad se hace intolerable. Con un buen objetivo ordinario, las imágenes permanecen suficientemente claras mientras que esta inclinación no llega á 18° , de suerte que el campo angular total es de 35° próximamente.

En los experimentos citados, el campo de la prueba tenía efectivamente mucha claridad en esta extensión, y la variación máxima de la distancia del punto de vista al cuadro, se elevaba á $0^m, 005$.

Corrección de los ángulos tomados sobre las fotografías. Las ligeras deformaciones producidas en los bordes de las imágenes son pues susceptibles de una interpretación geométrica muy sencilla y los errores que de ellas pueden resultar en la valuación gráfica de los ángulos, son por consiguiente fáciles de determinar.

Supongamos en efecto la línea de horizonte HN y el punto principal P (fig. 4) trazados sobre una prueba positiva $QRST$ y tomemos por distancia del punto de vista al cuadro, la OP deducida de las mediciones relativas al punto I cuya dirección se separa poco de la del eje. Buscando, por la construcción ordinaria, el ángulo $PO4$ comprendido entre el punto principal y el 4 que está situado en el borde de la prueba, se ve inmediatamente que $PO4$ sería demasiado pequeño, faltándole el ángulo $O4O'$ formado por las dos líneas que van desde el punto 4 al punto óptico O y al punto O' ; siendo $O'P$ la distancia del punto de vista deducida de las mediciones relativas al punto 4 .

Ahora bien, si se levanta en el punto 4 á la línea de horizonte una perpendicular $44'$ igual á $O'O'$ que es la diferencia de las dos distancias calculadas OP y $O'P$; y se une el punto O con el $4'$, $PO4'$ será el ángulo corregido comprendido entre los dos objetos del paisaje cuyas imágenes son P y 4 .

Curva de error. Operando de una manera análoga con los puntos intermedios 2 y 3 , se obtendrán los $2'$ y $3'$ que habría que unir al O para obtener los ángulos correspondientes, corregidos del error producido por el objetivo; y uniendo estos diferentes puntos por un trazo continuo, se podría trazar una curva de error para todas las direcciones horizontales. Pero como generalmente hay necesidad de sacar varias vistas consecutivas para abrazar una extensión bastante grande del panorama, es preferible tomar como distancia constante del punto de vista al cuadro, la $O'P$ deducida de los bordes de la

imagen, á fin de poder poner de acuerdo más fácilmente las pruebas sucesivas por superposición. En este caso, basta transportar la curva de error por encima de la línea de horizonte, de una cantidad igual á la distancia $O'O'$.

Después de haber construido al otro lado del punto P una curva simétrica á la primera, que se une con esta, para hallar el ángulo comprendido entre dos puntos cualesquiera a y b exactamente reducido al horizonte, bastará bajar desde ellos perpendiculares á la línea de horizonte y unir los puntos de intersección a' y b' de estas perpendiculares con la curva de error, al punto O' y el ángulo $a'O'b'$ será el buscado.

Amplitud constante de 30° adoptada definitivamente. Los bordes extremos de las pruebas se hallan generalmente maltratados por las manipulaciones y es por otra parte muy cómodo emplear vistas cuyo campo tenga una amplitud constante y que sea una parte alcuota de la vuelta de horizonte o de 360° . Por estas dos causas hemos adoptado el campo de 30° que es inferior de bastantes grados al que da con seguridad un buen objetivo ordinario; siendo de los dos puntos l y m , que son los límites de este campo, de donde debe partir la curva de error:

En la figura 6 se ha indicado exagerando un poco las proporciones, cómo puede trazarse esta curva paralelamente á la que parte del punto 4 más próximo al borde que el m . El punto de vista O' debe retroceder á O'' de una pequeña cantidad igual al intervalo de las dos curvas.

Observación. Al bajar las perpendiculares aa'' , bb'' á la línea de horizonte, para hallar el ángulo comprendido entre los dos puntos a y b reducido al horizonte, se ha admitido que las imágenes de todos los puntos situados en un mismo plano vertical, experimentaban la misma desviación horizontal. Esta suposición es efectivamente permitida en las condiciones en que se opera ordinariamente, á causa de las reducidas dimensiones verticales de la silueta de los paisajes; pero si se quisiese llegar á resultados enteramente rigurosos, habría que buscar las alteraciones de posición de cada punto sobre las direcciones que radian del punto principal, y descomponerlas en los dos sentidos vertical y horizontal.

En efecto, siendo todo simétrico con relación al eje óptico del objetivo, las alteraciones valuadas sobre la línea de horizonte que es la traza de un plano que pasa por el eje, deben ser exactamente las mismas sobre una dirección cualquiera que pase por el mismo punto P y que puede considerarse como la traza de otro plano meridiano del objetivo. Si tomamos pues el punto a (fig. 7) de la prueba $QRST$, trazando la línea aP y describiendo desde el punto P como centro y con el radio Pa una circunferencia que encontrará á la línea de horizonte en b , al cambio de posición del punto b sobre esta línea, corresponderá un cambio igual del punto a

sobre la línea **P a**. Ahora bien, para hallar el cambio de posición del punto **b** basta levantar en él una perpendicular **bc** á la línea de horizonte hasta el encuentro de la curva de error y unir el punto **c** con el de vista **O**; la intersección **b'** de la línea **cO** con la de horizonte, determinará la posición en la cual se hubiera hallado el punto **b** si no hubiese habido deformación. Para hallar la posición corregida del punto **a**, se describirá pues desde **P** como centro y con un radio **Pb'** una circunferencia hasta el encuentro de la línea **Pa** en **a'**.

Hallado este punto, para reducir al horizonte el ángulo que su dirección en el espacio forma con el eje óptico del objetivo, habrá que bajar la perpendicular **a'e'** á la línea de horizonte y unir el pié **e'** de esta perpendicular con el punto de vista **O**. En realidad, esta línea **Oe'** no diferirá jamás sensiblemente de la **Od** que se traza desde luego por medio de la curva de error; pero hemos creído deber indicar la construcción rigurosa, porque se aplica también á la corrección de los ángulos de pendiente.

Corrección de los ángulos de pendiente. La parte central de una prueba no es tan solo, en general, más clara que los bordes, sino que se halla también casi exenta de deformación, mientras que en los bordes las imágenes sufren una contracción cada vez más sensible ⁽¹⁾. Sin embargo, como hemos sido conducidos á adoptar por distancia constante del punto de vista al cuadro, la que se deduce de las medidas tomadas en los bordes de la prueba, esto equivale á suponer que la deformación es nula en los bordes, de donde resultaría que la parte central está por el contrario dilatada. La ley de esta dilatación, en todos sentidos alrededor del punto principal, se halla precisamente representada por las ordenadas de la curva de error y acaba de verse cómo se efectúa la reducción de la distancia de un punto cualquiera **a** (**fig. 7**) al punto principal. La componente vertical de esta reducción es la que debe hacerse sufrir á la distancia aparente que media entre el mismo punto y la línea de horizonte; y por consiguiente, la tangente del ángulo dependiente del rayo visual dirigido al punto cuya imagen es **a** y que sin la dilatación sería igual á **ae/Oe**, debe reducirse á **a'e'/Oe'**.

Deformación en los ángulos de la prueba. A causa de la simetría alrededor del eje, el límite del campo del objetivo debería ser circular; pero no hay ningún inconveniente en traspasarlos ligeramente para tener pruebas rectangulares que forman las caras de un panorama prismático.

Pero es evidente que en los cuatro ángulos de estas pruebas, exteriormente al círculo descrito sobre la línea **Im** como diámetro, las imágenes en lugar de hallarse dilatadas como en el interior; estarán construidas para el mismo punto de vista.

Se destruirá pues el efecto de la aberración en el punto **q**, por ejemplo (**fig. 7**) transportándolo á **q'** sobre la prolongación del radio **Pq**; y si se imagina la curva de error continuada más allá de los puntos **l** y **m** por debajo de la línea de horizonte, la operación necesaria para hallar el punto **q'**, y por consiguiente las correcciones en azimut y en altura, será la misma que si se tratase de un punto interior.

Valuación numérica de los errores angulares. Si bien los errores angulares que provienen de la aberración esférica no son enteramente despreciables, no debe tampoco exagerarse su importancia.

Partiendo de los datos de observación contenidos en el estado de la página 33, puede determinarse numéricamente el máximo de la desviación angular en los bordes del campo, cuando se toma por distancia del punto de vista al cuadro, la distancia focal principal del objetivo.

Por medio de los elementos que proporciona la observación n° 4 del referido estado, construyamos el triángulo rectángulo **APO'** (**fig. 2**); la línea **AH** representa la línea de horizonte, el lado **PO' = 0^m,50** será la distancia del punto de vista al cuadro y el ángulo **PO'A** de **16°30'** determinará el punto **A** en el borde extremo del campo. El cálculo da: **O'A = 0^m,5213**.

A partir del punto **P** y sobre **PO'** prolongada, tomemos **PO = 0^m,505** igual á la distancia del punto de vista al cuadro deducida de la observación n° 1 relativa á un punto próximo al centro de la prueba; y unamos el punto **O** con el **A**. Si se construyesen los ángulos acimutales con el punto **O** por punto de vista, en lugar del ángulo exacto **PO'A = 16°30'**, se hallaría el **POA**, y la diferencia **O'AO = x** de estos dos ángulos, es la que hay que calcular:

Para esto bajemos la perpendicular **O'K** desde el punto **O'** sobre **OA** y se tendrá evidentemente **O'K=OO'**, **sen O'OA = O'A sen x**; pero **OO' = 0^m,005**, **O'A = 0^m,5213** y puede admitirse en este cálculo que **O'OA = 16°,30'**, lo que da **x = 9',8**. Luego la desviación máxima de las direcciones de los rayos visuales referidas al eje, es apenas de **10'** en las pruebas obtenidas en el objetivo sometido al experimento.

De aquí pueden deducirse varias consecuencias útiles en la práctica; y en primer lugar si se tomase por Distancia del punto de vista al cuadro de la distancia focal principal **PO**, se cometería en la amplitud total del campo de **30°**, un error de cerca de **20'** que iría acu-

⁽¹⁾ Continuamos discutiendo sobre los resultados referidos anteriormente y obtenidos en las condiciones que se han especificado. Empleando objetivos de otra forma y haciendo variar la posición del diafragma, se hallan resultados diferentes.

mulándose, llegando á ser para una vuelta completa de horizonte de $(360/30)20' = 4^\circ$. Construyendo por el contrario los ángulos con la distancia PO' deducida de la observación de un punto situado en el borde, los errores no se acumulan sino que se reducen notablemente en toda la extensión del campo.

En efecto, las direcciones de los puntos próximos á los bordes, concurren muy cerca del punto O' y los errores son evidentemente muy pequeños en esta región. Por otra parte, hallándose situados sobre el eje mismo los dos puntos de vista extremos O y O' , las direcciones que se aproximan á este eje se hallan igualmente muy poco desviadas y el error angular máximo que corresponde entonces á una dirección intermedia entre el centro y los bordes de la prueba, es apenas la mitad de la que hemos calculado o de $5'$ próximamente.

Así pues, aún sin hacer uso de la curva de error, los ángulos azimutales se obtienen ya con una precisión que se sobrepuja con dificultad en las construcciones puramente gráficas. En la mayor parte de los casos además, siendo bastante cortas las distancias aparentes de los diferentes puntos del paisaje á la línea de horizonte, la componente vertical de la desviación angular es apenas sensible y puede despreciarse la corrección que de ella resultaría.

La discusión de los efectos de la aberración esférica era necesaria, aun cuando no hubiese servido más que para demostrar su poca importancia en los casos ordinarios. Pero el procedimiento indicado para estudiar estos efectos y los medios de corrección empleados para combatirlos, tienen otra ventaja y es que son evidentemente aplicables á todos los casos, ya se trate de pruebas inmediatas o de pruebas aumentadas; sea cual fuere la clase de objetivo empleado y la amplitud angular del campo de este objetivo.⁽¹⁾

Grado de precisión de las operaciones gráficas

Las pruebas positivas sobre las cuales se quieran efectuar las construcciones, deben ser perfectamente claras. Se las coloca en una hoja de cartulina (**bristol**) á la que se pegan perfectamente. Sobre una prueba así dispuesta se determina la distancia focal del objetivo, para que no haya que tener en cuenta los efectos alternativos de dilatación y contracción á que se halla sometido el papel de estas pruebas durante las manipulaciones.

Cuando se ha obtenido esta distancia, se la toma por radio y se calculan las tangentes trigonométricas de los ángulos de $1^\circ, 2^\circ, 3^\circ, \dots, 15^\circ$. Se llevan enseguida las magnitudes de estas tangentes sobre la línea de horizonte de cada prueba por ambos lados del

punto principal, levantando perpendiculares á esta línea en cada uno de los puntos de división. Cálculense además, con el mismo radio las secantes de los ángulos de $1^\circ, 2^\circ, 3^\circ, \dots, 15^\circ$ que representan las longitudes de las líneas de puntería comprendidas entre el punto de vista y el cuadro, en proyección horizontal. Por último se tiran paralelas á la línea de horizonte, equidistantes, y esparcidas de un centímetro o de medio centímetro.⁽²⁾

Para facilitar esta preparación de las pruebas sacadas con un mismo objetivo, se construye un diagrama con los números hallados y se calca sobre cada una de las pruebas por un procedimiento cualquiera, haciendo coincidir exactamente las líneas de horizonte y las perpendiculares que pasan por el punto principal.

Los diferentes puntos de una perspectiva cubierta de esta red de líneas paralelas, se hallan referidos á un sistema de tres coordenadas muy fáciles de medir o de leer: la distancia del punto á la perpendicular tirada por el punto principal, su distancia á la línea de horizonte y la longitud de su línea de puntería, en proyección horizontal.

En vez de imponer las pruebas sobre la misma hoja del plano, lo que tiene varios inconvenientes y entre otros, el de dar á esta hoja dimensiones exageradas se trazan únicamente en ella las líneas de horizonte que determinan la posición de las pruebas, y las perpendiculares bajadas á estas líneas desde los puntos de vista correspondientes.⁽³⁾

Para trazar la proyección de la visual de un punto de una prueba sobre el plano no hay mas que tomar, con un compás, la distancia de este punto á la perpendicular, y llevarla sobre la línea de horizonte á partir del punto principal y en el sentido conveniente, uniendo después el punto obtenido con el correspondiente punto de vista.

Cuando se trata de la nivelación, la distancia del punto de la prueba á la línea de horizonte y la longitud de la línea de puntería en proyección horizontal, que se obtiene por una simple lectura, se inscriben en un cuadro con cuatro columnas cuyo modelo se halla en una de las páginas siguientes. Estos detalles de ejecución no carecen de importancia porque simplifican el trabajo y evitan la confusión.

⁽¹⁾ Los recientes ensayos hechos por varios físicos, y en los cuales el autor de esta memoria ha tomado también parte, permiten esperar que se llegará en breve á tener objetivos cuyo campo alcanzará y aun pasará de 45° , sin que el cuadro deje de ser plano.

⁽²⁾ Puede hacerse todavía, lo que se ha verificado en una de las pruebas pegadas á la gran lámina que acompaña á esta memoria: se han tomado por puntos de división los que corresponden á un incremento regular de la longitud de estas líneas de puntería. Realmente esta nota lleva en el original manuscrito el número 1, pero se ha preferido darle el número dos para distinguirla de la anterior; en el manuscrito figuran las dos en páginas consecutivas.

⁽³⁾ En la grande hoja adjunta se han fijado las pruebas únicamente para que se pudiese abrazar mejor de un golpe de vista el principio que se sigue en las operaciones. Pero se notará que para impedir que las pruebas se cubriesen unas á otras ha sido preciso algunas veces levantarlas o bajarlas paralelamente á su línea de horizonte. En el original es la nota número dos.

Era además indispensable indicarlos, en el momento de examinar el grado de precisión que permiten.

De la exactitud que se puede alcanzar en la planimetría. Los errores gráficos que se cometerán en la construcción del plano serán en general tanto menores; cuanto más largas sean las líneas de puntería. Ahora bien la distancia del punto de vista al cuadro es la menor de estas líneas de puntería y ahí encontraríamos una razón suficiente para la preferencia que damos á los objetos de larga distancia focal, sino fuese evidente que á igualdad de circunstancias, las grandes pruebas contienen muchos más detalles que las pequeñas. Si se compara la cámara oscura de 0^m,40 á 0^m,50 de distancia focal con la mayor parte de los instrumentos ordinarios de topografía, se reconocerá fácilmente su superioridad bajo este punto de vista. Esto es sin embargo lo que al parecer, no han comprendido los inventores á quienes no ha arredrado el uso de líneas de puntería muy cortas que prolongan indefinidamente hasta hallar sus puntos de intersección. Aquí se opera de muy distinta manera y, sin hacer de ello una regla absoluta, se aconseja que no se determinen en el plano más que puntos situados hacia la parte interior de las líneas de horizonte de cada prueba; es decir, puntos comprendidos entre estas líneas y los de vista correspondientes. De esta manera se pueden considerar los errores gráficos como casi nulos, pues los que se cometen midiendo las distancias de los puntos de las pruebas á la perpendicular; se van reduciendo á medida que se opera más cerca del punto de vista. La experiencia ha probado constantemente la certeza de esta previsión, pues en todas las comprobaciones verificadas, se ha caído de nuevo con toda exactitud sobre los puntos ya determinados.

Hay sin embargo dos elementos esenciales que considerar, cuando se quiere apreciar lo que da el instrumento. Estos dos elementos son: la escala del plano, y la distancia focal del objetivo que puede llamarse la escala de las vistas.

Tomemos por ejemplo, un plano construido á la escala de 1/2.000, con vistas tomadas valiéndose de un objetivo de 0^m,50 de distancia focal; representando esta longitud en la escala una distancia real de 1.000 metros, no se determinarán en general con una grande precisión, más que los puntos cuya distancia á las estaciones sea poco mayor que 1.000 metros. Con las mismas vistas y para un plano á la escala de 1/5.000, este límite llegaría á 2.500 metros.

Preciso es por otra parte conformarse en un todo con las reglas ordinarias de la topografía, y no buscar puntos lejanos sino cuando se opera sobre una base de suficiente longitud.

De la precisión de la nivelación. La precisión que se requiere para la nivelación, es mucho mas grande que la que puede satisfacer para

la planimetría. Así es, que una incertidumbre de medio milímetro en la posición de un punto en un plano, aunque su escala sea pequeña es siempre tolerable, mientras que un error del mismo orden en la nivelación es ya sensible á la escala de 1/2.000 en que llega á un metro, y se hace mayor en las escalas inferiores.

Se hace pues necesario investigar, con más cuidado aunque para la planimetría, las condiciones más favorables para ejecutar una nivelación. Para esto si en la fórmula establecida anteriormente se designa por:

- f.. la longitud de la línea de puntería **ad'** (fig. 8),
- d.. la distancia lineal **ad** del punto que se considera á la estación, medida en el plano,
- h.. la distancia vertical **d'd₁** de la imagen de este punto á la línea de horizonte, medida en la prueba,
- 1/m.. la escala del plano,

se tendrá para la cota relativa buscada o diferencia de nivel entre el punto y la estación:

$$x = md.h/f$$

Los pequeños errores que se cometen inevitablemente en el trazado de la línea de horizonte y en la valuación de las longitudes **d** y **h**, (puesto que **f** es muy exacta y **m** una cantidad dada) tienen una influencia más o menos considerable en la nivelación según las circunstancias. Así que un error (**d'**) en la medición de la distancia **d**, se halla multiplicado por el denominador **m** de la relación **1/m** que representa la escala del plano y por la inversa **1/f** de la longitud de la línea de puntería, que difiere siempre poco de la distancia focal.

Lo mismo puede decirse del error (**h'**) cometido en la medición de **h**.

La exactitud de la nivelación es pues proporcional á la vez, á la magnitud de la escala del plano y á la distancia focal.

Por último como el error (**h'**) se halla además multiplicado por **d**, la nivelación es tanto menos exacta cuanto más distantes se hallan los puntos sobre que se opera. Estas consecuencias muy fáciles de prever se comprueban por la experiencia; y para presentar un ejemplo del grado de precisión que se puede alcanzar en circunstancias determinadas, se reproduce á continuación el registro de la nivelación de las cuatro estaciones del levantamiento fotográfico que acompaña á esta memoria, registro consignado ya en la hoja de dibujo que resume el conjunto de las operaciones

Designación de los puntos	Línea de puntería	Distancia real	Altura aparente	Altura real x	Plano de comparación	Altitud	Notas
Estación nº 2, pie del muro próximo al arroyo	...	...	...	...	110	110	(**) Referencia de partida
Nº 2 línea de horizonte	506	274 ^m	+29	+15,6	...	125,6	Suelo 124, 1
Nº 2 campanario	504	375	+19,4	+14,4	125,6	140,0	Referencia general
Estación nº 3 campanario	...	...	...	...	140,0	140,0	Referencia general
Nº 3 línea de horizonte	500	91,8	+19	+3,5	...	143,5	Suelo 142,0 ^(*)
Estación nº 4 campanario	...	...	...	...	...	140,0	Referencia general
Nº 4 línea de horizonte	504	358	-30,1	-21,4	118,6	141,8	(*) Comprobación
Nº 4 Cúspide de la casilla	502	484	+40,4	+38,8	...	157,4	-
Estación nº 1 campanario	...	...	...	...	...	140,0	Referencia general
Nº 1 línea de horizonte	506	524	-21,1	-21,9	140	181,1	Suelo 116,6
Nº 1 cúspide de la casilla	501	544	+37	+40,0	118,1	158,1	_ Comprobación
Nº 1 punto de partida	503	391	-10	-7,8	118,1	110,3	(**) Comprobación con la referencia de partida

Resulta de las tres comprobaciones indicadas en la columna de notas, que con un objetivo de 0^m,50 de distancia focal y en un plano á la escala de 1/2.000, la nivelación de los puntos situados á 500 metros de las estaciones tiene un error de menos de un metro. Para los puntos más próximos la incertidumbre no es pues, en general, más que de un corto número de decímetros cuando más. Esto se ha verificado en la nivelación general del plano, tal como se ha representado por curvas horizontales; pero no se ha descuidado colocarse en las mejores condiciones eligiendo siempre la estación más próxima, para determinar la cota de cada punto.

De los errores accidentales

Para concluir el análisis de las causas de error y de sus efectos, es todavía útil mencionar los errores accidentales. Y es este, sobre todo, el lugar de hacer resaltar las principales ventajas del levantamiento fotográfico.

Las vistas sobre las que se ejecutan las operaciones gráficas, reproducen fielmente el aspecto del paisaje para cada estación y generalmente no hay la menor dificultad en reconocer el mismo objeto en vistas tomadas en estaciones diferentes. En las operaciones ordinarias, así que el topógrafo ha dejado una estación, olvida la disposición aparente de los objetos elegidos para puntos de mira; y si más tarde sospecha algún error en las notas tomadas sobre el terreno, no le queda otro recurso que volver á él. De aquí resulta que las más de la veces no se intenta determinar por el método de las intersecciones, más que un corto número de puntos.

Con la fotografía no es ya lo mismo: el dibujante tiene constantemente á su vista las imágenes del terreno y puede consultarlas á cada instante para comprobar o rectificar sus operaciones. Los errores accidentales deben ser pues muy poco frecuentes y es siempre fácil corregirlos. Puede sin embargo suceder que haya alguna incertidumbre cuando las vistas contienen muchos objetos parecidos,

como son los árboles; entonces no debe tenerse la pretensión de determinar una á una las posiciones de estos objetos, pero se consigue con bastante facilidad agruparlos, escogiendo para puntos de referencia aquellos objetos cuyas formas sean más acentuadas. Cuando se ha determinado con seguridad la posición de un cierto número de objetos bien definidos, y estudiando detenidamente las diferentes vistas, es verdaderamente sorprendente lo mucho que en ellas se descubre aún en clase de detalles.

Estos resultados son debidos, lo repetimos, á la naturaleza misma de las vistas que reproducen la fisonomía exacta del terreno, o si se quiere, á la analogía de las imágenes que se pintan en la retina con las que se forman en el foco de la cámara oscura ordinaria. Se comprende difícilmente después de esto, cómo algunas personas han podido ver un progreso en la producción de imágenes torturadas cuyo aspecto se aleja tanto del que nos es familiar.

Notemos en fin (y esto se refiere á una especie de errores no menos graves, pero que dependen de la insuficiencia del dibujo topográfico en si mismo) que las vistas reunidas al plano, le sirven de precioso complemento, facilitando su estudio. Los signos convencionales usados en topografía no dan, en efecto, idea alguna del relieve de los objetos que se elevan por encima del suelo, como los árboles y las construcciones en general, y es un arte que no carece de dificultad el saberse representar bien el terreno mismo con la ayuda de los mejores mapas o de los mejores planos. ¡Cuántos errores de apreciación se han cometido, aun con planos cubiertos de curvas horizontales, que se hubieran evitado con la sola inspección de vistas pintorescas exactas! En los países muy accidentados, es sobre todo donde los álbumes fotográficos están llamados á prestar más servicios; y aun cuando no se tuviese la intención de emplear las vistas como elementos en la formación de los planos no se debería vacilar en mirarlas, tanto á los mapas existentes como á aquellos cuyo levantamiento se emprenda.

En resumen: los errores accidentales que no sean los que se pueden cometer en la lectura de los ángulos o en la medición directa de las distancias que sirven de bases á las operaciones, son muy poco de temer cuando se emplea el método de perspectivas fotográficas; y claro es, por otra parte, que las mismas vistas, facilitando el conocimiento del terreno, contribuyen á disminuir la probabilidad de errores de otra especie.

Parte tercera

Conjunto de las operaciones de un reconocimiento

Las operaciones necesarias para ejecutar un reconocimiento completo por el método de perspectivas fotográficas, pueden clasificarse en cuatro grupos principales, á saber:

- 1º. Las operaciones geométricas que comprenden la medición de las distancias que separan las estaciones sucesivas y la de los ángulos que sirven para disponer las vistas en la construcción del plano;
- 2º. Las operaciones fotográficas;
- 3º. La ejecución de bosquejos de detalle hechos á ojo sobre el terreno, por los métodos más expeditos;
- 4º. Las construcciones gráficas y el dibujo en limpio del plano, á cuya operación se hacen concurrir los diversos materiales recogidos en el terreno.

Operaciones geométricas; elección de las estaciones. Independientemente de una base de longitud conveniente que es indispensable medir, cuando se quiere operar con toda la exactitud posible, conviene hacer las estaciones una después de otra, caminando con cierto orden, lo que produce una línea poligonal cuyos diferentes lados son otras tantas bases para las operaciones ejecutadas en las dos extremidades de cada una.

El registro de estas operaciones, que debe llevarse con cuidado, encierra en cinco columnas, la designación de las estaciones con la longitud de las líneas que las unen llamadas también lados de la línea poligonal, los ángulos comprendidos entre los lados consecutivos y por último los ángulos formados por la dirección de uno o varios puntos notables del paisaje claramente designados y las de dos lados contiguos á la estación.

Los puntos aislados tomados como señales, **a, b, &a.** sirven de comprobación o de elementos para una triangulación de orden inferior.

He aquí un modelo de este registro

Designación de las estaciones	Longitud de los lados	Ángulos comprendidos entre los lados	Ángulos observados en cada estación	Objetos observados
Nº. 1 En el camino vecinal a 25 ^m del puentecillo de piedra	1-2 247 ^m ,50		a-1-2 54° 33'	a, cúspide de la chimenea de la fábrica de gas
Nº. 2 Al borde de una cantera, a 4 ^m del escarpado	2-3 329m,20	1-2-3 163° 27'	a-2-1 67o 48' a-2-b	b, cima del álamo próximo á la casa cubierta con pizarras.
Nº. 3 En el prado a 2 ^m ,50 del punto de intersección de dos regueras			42° 37' b-2-3 46° 9'	

Los lados se miden con la cadena o la estadía, y los ángulos por medio del círculo azimutal del aparato; estas son operaciones familiares á todos los topógrafos y sobre las cuales no creemos deber insistir. Cuando el terreno que se quiere reconocer se extiende con bastante igualdad en todas direcciones y no comprende una superficie demasiado considerable, las estaciones deben hallarse situadas en superficie, eligiendo siempre que sea posible puntos determinados; y en este caso el número de vistas que hay que sacar en cada una de estas estaciones puede ser bastante limitado. Únicamente en las estaciones centrales es preciso hacer vueltas de horizonte.

En las operaciones que deben abrazar grandes extensiones de terreno, debe procederse por líneas poligonales sucesivas apoyadas unas en otras y á una triangulación general, á la manera que se hace en los trabajos con la brújula, pero con la diferencia esencial de que las estaciones deben siempre establecerse en puntos elevados y á intervalos bastante grandes.

Por último en el levantamiento del plano de un terreno que se extiende mas en un sentido que en otro, como en la formación de itinerarios, no hay que limitarse á las estaciones hechas en la línea que se recorre; sino que siempre que las circunstancias lo permiten se estaciona también en los puntos culminantes que existan á la derecha o á la izquierda de esta línea. Cuando se trata, por ejemplo, de reconocer un valle encerrado entre dos cadenas de altura, deben sí elegirse de distancia en distancia algunas estaciones en la línea del

thalweg á su proximidad, que es donde se hallan generalmente los grupos de habitaciones; pero es preciso además elegir otras varias sobre una u otra de las dos vertientes, y aun en las dos alternativa-mente.

Las estaciones fotográficas mas ventajosas son aquellas que se hallan situadas á una altura bastante grande para descubrir bien los objetos más próximos, que para un punto de vista poco elevado se ocultarían unos á otros. Así es que de las cuatro estaciones del levantamiento representado en la hoja ya citada, la mas ventajosa es la que lleva el nº 3; las otras tres deben evidentemente clasificarse en el orden siguiente: nº 4, nº 2 y nº 1. Tendremos ocasión de hablar nuevamente sobre este asunto en una nota; pero era preciso indicar aquí mismo una condición, que tiene una influencia decisiva en el buen resultado de las operaciones del levantamiento de un plano por la fotografía.

Operaciones fotográficas. Inútil sería exponer en esta memoria los diferentes procedimientos fotográficos que se hallan en uso. Estos procedimientos se multiplican de día en día, y los mejores tratados sobre esta materia se consideran como antiguos un año después de su publicación. Recomendaremos, sin embargo, la lectura de la **photography chimie de Harwich**, en inglés y la **chimie photographique de Barreswill y Davanne**, en francés, para los principios generales del arte del fotógrafo.

Las mejores pruebas son las que se obtienen sobre colodión húmedo; pero para ello hay que operar en una tienda, lo que exige un material bastante incómodo. Los procedimientos al colodión seco y al curtiente vendrían en seguida; sin embargo, no vacilamos en aconsejar como lo más sencillo para emplear en campaña, el procedimiento sobre papel encerado seco, cuyas pruebas presentan menos finura, pero tienen en cambio la ventaja inestimable de no ser ni frágiles ni embarazosas por su peso, como todas las pruebas en cristal.

Bosquejos de detalle. Las pruebas fotográficas, á pesar del gran número de datos que contienen, dejan siempre lagunas de mayor o menor extensión. Las ondulaciones del terreno, los objetos salientes, interrumpen con frecuencia la continuidad de las líneas de tal suerte, que para fijar todos los detalles, sería preciso multiplicar con exceso las estaciones y el método mismo perdería su carácter esencial de sencillez.

No se crea pues, que la fotografía dispensa absolutamente de las operaciones de detalle; pero estas pueden ejecutarse con mucha mayor rapidez que ordinariamente y hacerse tan solo en los sitios menos aparentes del terreno, sin que haya que tener errores graves, porque se encuentran siempre suficientes elementos de corrección

en las indicaciones que proporcionan las perspectivas. Simples bosquejos hechos á ojo y á pasos, principalmente al través de los grupos de habitaciones en las depresiones del terreno y en los sitios cubiertos de vegetación, algunas cotas de velación determinadas con un nivel de mano, (nivel de reflexión) bastarán en la mayor parte de los casos para llenar las lagunas y corregir los errores de construcción que podrían cometerse accidentalmente en los sitios en que las perspectivas se hallan demasiado cargadas de detalles, lo que induce á veces á tomar un objeto por otro.

Existe por otra parte entre las dimensiones del instrumento, la escala de ejecución del plano y el grado de acabado que permite la representación de los detalles, una armonía de la que no se forma idea exacta sino con un poco de costumbre y después de haber examinado atentamente varios planos topográficos á diferentes escalas. Este examen enseña, por ejemplo, que el uso de las vistas obtenidas con el aparato que se ha descrito es principalmente ventajoso cuando se adoptan grandes escalas, como las que se hallan comprendidas entre 1/2.000 y 1/10.000.

Construcciones gráficas. Dibujo en limpio del plano. El trazado de la red poligonal y de las líneas de referencia, que son las proyecciones de los rayos principales de las diferentes vistas, se efectúa de la misma manera que cuando se opera con la brújula, haciendo uso de un círculo dividido, de gran radio. Se lleva sobre todas estas líneas de referencia una longitud constante igual á la distancia del punto de vista al cuadro y en cada una de las extremidades así obtenidas, se levanta una perpendicular á la línea de referencia. Estas perpendiculares son las trazas de los diferentes cuadros de las vistas sobre el plano.

El § 1 de la primera parte de esta memoria contiene todas las indicaciones necesarias para guiar á la persona encargada de combinar los elementos de las perspectivas tomadas en las estaciones sucesivas para construir el plano y calcular la velación. á la verdad, no se ha tratado allí más que el caso de una sola vista para cada estación; pero es bien fácil concebir cómo se emplearían varias vistas consecutivas sacadas en un mismo punto.

En general, como nos fijamos actualmente en la amplitud de 30°, podemos convenir en hacer girar el aparato exactamente de este ángulo al pasar de una prueba á la siguiente; y como los rayos principales deben formar entre sí este ángulo, lo mismo resultará del agudo que forman en el plano las trazas de dos vistas consecutivas. Sin embargo si no nos hubiésemos sujetado á hacer girar el aparato de 30° u otro ángulo cualquiera determinado, con tal de que se hubiese tenido cuidado de comprender un mismo punto notable en

los bordes contiguos, de las dos pruebas consecutivas la línea que uniera el punto de vista con el pié de la perpendicular bajada desde la imagen del punto notable á la línea de horizonte de la primera prueba, servirá á su vez de referencia para colocar la segunda y así sucesivamente. Esta advertencia no es por otra parte útil sino en el caso en que se hubiese descuidado el leer uno o varios ángulos en el limbo horizontal, o cuando se hubiese cometido algún error en esta lectura.

Quando se han sacado de las perspectivas todas las indicaciones que contienen⁽¹⁾ se termina el plano intercalando los detalles determinados á parte. Será siempre ventajoso que esta última operación se ejecute por el mismo que haya reconocido los detalles o por lo menos de acuerdo con él; pero cuando el registro de la red poligonal se ha llevado con toda la escrupulosidad necesaria, se pueden confiar los demás trabajos á un dibujante inteligente, aun cuando no haya estado en el terreno.

El experimento se ha hecho con pruebas sacadas por un fotógrafo que jamás se había ocupado de levantar planos, habiéndosele únicamente guiado en la elección de las estaciones. Entregadas estas pruebas á un topógrafo ejercitado, han sido suficientes para construir con bastantes detalles un plano á la escala de 1/5.000, que comparado con un levantamiento topográfico ordinario, ejecutado en la misma escala, ha resultado notablemente exacto, tanto con respecto á la planimetría como á la nivelación.

Conclusión

Al presentar el método ordinario de las perspectivas trazadas sobre un cuadro plano, o más bien prismático, como el mejor que puede emplearse cuando se quiere aplicar la fotografía al estudio del terreno, no hemos tratado, ni de exagerar las ventajas de este método ni de disimular lo que tiene de incompleto. No sería en efecto razonable esperar describir en vistas, tan exactas y detalladas como se quieran concebir, lo que no se consigue descubrir sobre el terreno, á menos de recorrerlo en todos sentidos. No es pues, á decir verdad, al método en sí mismo á quien hay que achacar las lagunas que después hay que llenar en los planos que ayuda á construir, pues lo mismo sucedería con cualquier otro procedimiento fundado en el uso de la fotografía; y no tememos afirmar que ninguno de los que se han imaginado reúne en el mismo grado estas dos propiedades esenciales: la sencillez y la exactitud.

Aunque no es esta la ocasión de ocuparnos de los diferentes sistemas anunciados de algunos años á esta parte, pero que han queda-

⁽¹⁾ Véase la nota I. a continuación de esta memoria.

do en el estado de teoría o que no han producido mas que bosquejos muy imperfectos, haremos sin embargo notar que las vistas obtenidas sobre superficies cilíndricas á las que se atribuye un campo mucho mas dilatado que las vistas ordinarias, no se prestan á construcciones gráficas tan fáciles como estas últimas. Por otra parte, lo repetimos, el inconveniente de multiplicar el número de pruebas es de día en día menos importante á medida que los procedimientos fotográficos se hacen más rápidos; y cuando se está en estación cuesta muy poco más sacar dos o tres vistas que limitarse á una sola.

Respecto de los panoramas circulares achatados, ya hemos hecho su crítica en el curso de este trabajo, bajo el doble punto de vista de la insuficiencia de la longitud de las líneas de puntería y de la profunda alteración que hacen sufrir al paisaje. Para decirlo todo sería preciso añadir que los elementos de que se compone una vuelta de horizonte en estos panoramas, se sobreponen necesariamente unos á otros resultando imágenes de una confusión tal que los objetos más visibles del terreno son muy difíciles de conocer en el panorama.

Dejemos pues los otros métodos para volver de nuevo al que aconsejamos emplear. Si es imposible, como en ello convenimos sin vacilar, el obtener en todos los casos levantamientos topográficos completos con la única ayuda de la fotografía, no por esto deben dejar de reconocerse los importantes servicios que este arte está llamado á prestar, principalmente en los reconocimientos y en las expediciones lejanas.

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 serian de un interés inmenso para lo sucesivo, si otros acontecimientos viniesen á desarrollarse sobre el mismo teatro.

Los estados mayores europeos no se hallan faltos de oficiales hábiles en el arte de levantar planos; algunos de estos oficiales se hallan igualmente familiarizados con el dibujo artístico y recurren á los paisajes para ilustrar sus reconocimientos topográficos, particularmente en los sitios muy accidentados. Pero esta práctica se halla lejos de ser general, porque exige una aptitud especial. Acontece también que es difícil coordinar los trabajos hechos por diferentes personas que no aclaran más que puntos de detalle aislados, cuando sería urgente conocer el conjunto del país.

La fotografía hábilmente empleada utilizaría todos los esfuerzos individuales, proporcionando por sí 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.

Por último no vacilamos en considerar las vistas fotográficas como destinadas á cooperar con ventaja á 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 á 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.

Nota I

Sobre la formación de los planos por las perspectivas

Por no interrumpir la exposición del método general que supone el empleo de varias vistas tomadas en estaciones diferentes, hemos evitado recordar las reglas de que se hace uso para construir una perspectiva dado el plano geometral, como asimismo para resolver el problema inverso de la restitución de un plano por medio de una sola perspectiva.

A la verdad, estas reglas no se aplican con buen éxito sino cuando el punto de vista está próximo á los objetos representados y tienen estas formas regulares, como edificios u obras de arte en general.

Este asunto se halla por otra parte tratado con todos los pormenores necesarios en las obras especiales de perspectiva y sería superfluo desarrollarlo aquí. Indicaremos pues únicamente una propiedad bien conocida de los puntos de concurso que puede utilizarse fácilmente tanto para comprobar el trazado de los edificios ya situados en el plano como para ayudar á construir ciertas partes visibles en una sola perspectiva, o situadas de tal modo que las líneas de puntería que las determinan se corten en angulos demasiado agudos. Esta propiedad es la siguiente: la proyección en el plano geometral, de la línea que une el punto de vista con el de **concurso** de una recta horizontal cualquiera, es paralela á la proyección de esta recta en el mismo plano. De esto puede hacerse una aplicación al pueblecillo representado en la grande hoja adjunta, empleando las vistas dispuestas con este objeto y en las cuales las líneas de degradación se hallan trazadas con tinta encarnada (**Láminas 6ª y 7ª**). Se reconocerá al momento que las vistas sacadas en las estaciones 1 y 2 que se hallan distantes del pueblo y situadas en la llanura, proporcionan muy pocos datos mientras que las sacadas en las estacio-

nes 3 y 4, mucho más próximas y colocadas en puntos bastante elevados, facilitan un número considerable de aquellos.

Indicaremos además el medio de determinar en el plano la posición de un punto, cuando su diferencia de nivel con la estación es conocida y bastante grande.

Sea **LT** la línea de horizonte de la perspectiva (**fig. 9**); consideremos el cuadro y el plano de horizonte como dos planos de proyección rectangulares. Si á es la imagen de un punto á situado en el plano horizontal cuya diferencia de nivel **d** con el punto de vista es conocida; **Oa'**, **aa'** son las trazas del plano vertical que contiene el punto de vista y el punto **A**; **O** y **a** son las trazas horizontal y vertical, del rayo visual que se dirige al punto **A**; **Pa** y **Oa'** son las proyecciones de esta rayo. Además la traza vertical del plano de nivel del punto á es una paralela **MN** á la línea de horizonte: á y α' serán pues las proyecciones del punto á que se halla evidentemente en la intersección del rayo visual (**Oa'**, **Pa**) con el plano de nivel **MN**, y por consiguiente α' representará el punto á en el plano geométral, si el intervalo **PK = d** se reduce á la escala de este plano.

Inútil parece hacer notar además con este motivo, que las perspectivas sobre cuadros planos son las únicas que se prestan á construcciones geométricas tan sencillas y que pueden por consiguiente proporcionar directamente, elementos útiles para la construcción del plano.

Nota II

Sobre la orientación del plano

Independientemente de los medios ordinarios empleados en topografía para trazar una meridiana en el terreno, se puede orientar un plano construido con la ayuda de la fotografía, recurriendo á las mismas vistas cuando estas se han sacado hallándose despejado el cielo y habiendo resultado las sombras claramente dibujadas.

Para preparar la solución de este problema, recordemos como, siendo conocidas la latitud de un lugar, la declinación del Sol y la altura de este astro sobre el horizonte, puede determinarse su azimut (**Veáse la figura contenida en la grande hoja que acompaña á esta memoria**). Sean **C** el centro de la esfera celeste, **NPZS** el meridiano del lugar y **NIS** el horizonte abatido alrededor de la meridiana **NS** como charnela. Por el centro **C**, tracemos una recta **CP** que forme con **CN** un ángulo igual á la latitud conocida; esta recta representará el eje del mundo y su perpendicular **CE** será la traza del ecuador en el meridiano. Tomemos por una parte el arco **AE** igual á la declinación del Sol (supuesta boreal) y por la otra, el arco

SK igual á la altura de este astro sobre el horizonte; por el punto á tracemos una perpendicular **AQ** á la línea de los polos y por **K** una perpendicular **KH** á la vertical; estas dos líneas representarán las trazas del paralelo y del almiceratart del Sol y su intersección **G** será por consiguiente la proyección de este astro en el plano del meridiano. Abatiendo pues el paralelo alrededor de su traza **AQ**, el centro del Sol vendrá á caer en \odot sobre la perpendicular levantada en **C** á la línea **AQ**, y el ángulo **AQ \odot** será el ángulo horario que, reducido á tiempo, dará la hora verdadera de la observación.

Para tener el acimut, basta proyectar el almiceratart **HK** sobre el horizonte bajando la perpendicular **KK'** y describiendo un círculo con el radio **CK'**, hallar en este círculo la proyección horizontal **G'** que corresponde á la proyección vertical **G** del Sol. La línea **LL'** que une este punto **G'** con el centro es la traza del vertical del Sol, y el ángulo que esta línea forma con la meridiana **NS** es el azimut buscado. Es preciso sin embargo tener en cuenta el signo de la declinación del Sol y la posición de este astro con relación al meridiano, para no cometer un error en el sentido en que debe contarse el azimut, cuando se le traslada á un plano.

La misma construcción efectuada inversamente en parte, serviría para hallar la altura y el azimut del Sol, si se conociese la hora verdadera que se deduce fácilmente, en caso necesario, de la hora media por la ecuación de tiempo.

Aplicación á la orientación del plano por la fotografía. Al sacar la prueba **e** se había notado que la casa cuadrada **B** (véase el plano) tenía una de sus caras exactamente en dirección del Sol; la hora media y la latitud, del lugar eran conocidas aproximadamente y por la fecha se tenía la declinación boreal del Sol:

Fecha y hora	26 de abril de 1862	2 ^h de la tarde
Declinación del Sol	13° 32' B.	
Latitud del lugar	48° 48'	
Ángulo horario	30°	

Con estos datos se ha construido la monte que aparece en la parte inferior de la grande hoja.

Si no se hubiese hecho la observación de que se ha hecho mérito, respecto de la dirección de una de las caras del edificio, nada hubiera sido más sencillo que dirigir el anteojo al Sol y hacer la lectura correspondiente en el limbo del círculo azimutal; el resultado hubiera sido el mismo, pero este procedimiento supone conocida la hora.

Para prescindir de esto, puede tomarse la altura del Sol por la mañana o por la tarde, dirigiendo el anteojo á este astro en tanto que

su altura no es mayor que la amplitud del eclímetro y entonces se reduce este caso al mismo cuya resolución se ha dado en primer lugar.

Por último, si se operase con un instrumento menos completo que el que se describe en esta memoria, podría buscarse directamente la orientación del plano en las pruebas fotográficas. Bastaría para esto tener una prueba tomada sobre edificios próximos y hacer un dibujo en grande escala, del plano y elevación de uno de estos edificios trazando luego en él las sombras con arreglo á la prueba. De esto se deduciría enseguida fácilmente la altura del Sol que dispensa el conocimiento de la hora; y con la declinación del astro y la latitud; se terminaría la construcción gráfica que da el azimut.

También hemos aplicado este procedimiento directo á la prueba e, sirviéndonos de la sombra arrojada por la parte inferior del campanario sobre el tejado de la nave de la iglesia A; el azimut así obtenido difiere del precedente en algo más de un grado, por lo cual, aconsejamos que se adopte con preferencia el primer procedimiento que, á no dudarlo, es más seguro, o mejor que se observe la altura del Sol, sea con el anteojo y el eclímetro, o bien por medio de un estilo vertical y de la longitud de su sombra. Pero nos ha parecido interesante hacer ver que en rigor; las pruebas sacadas hallándose el cielo despejado, contienen en sí mismas un elemento importante que podrá utilizarse en las vistas recogidas por los viajeros.

Nota III

Sobre la estadía

Las estaciones que hemos aconsejado hacer por líneas poligonales, cuando esto sea posible, se hallan generalmente bastantes distantes unas de otras y puede haber entre ellas obstáculos difíciles de salvar. Este doble motivo nos ha decidido á emplear un anteojo de bastante fuerza provisto de un micrómetro de hilos paralelos que permite valuar distancias de 400 á 500 metros. No creemos deber entrar aquí en pormenores sobre el uso de la estadía; pudiendo acudir el lector á los tratados especiales de topografía y particularmente á la excelente Memoria del capitán Goulier inserta en el número 16 del Memorial del Oficial de ingenieros francés, en donde hallará la teoría de este instrumento y un medio muy fácil

de reducir al horizonte las distancias medidas siguiendo las pendientes.

Nota IV

Sobre el uso de los aparatos fotográficos ordinarios

Los órganos geodésicos añadidos á la cámara oscura, hacen su uso á la vez más seguro y más breve, cuando se trata de obtener vistas destinadas á los reconocimientos topográficos. No por esto debe creerse que sea absolutamente imposible utilizar los aparatos ordinarios. Las dos condiciones indispensables son que el instrumento tenga un movimiento bastante cómodo alrededor de un eje vertical y que se halle provisto de un nivel. El autor de esta memoria ha operado con una cámara oscura de las que se encuentran en el comercio, pero que tuvo cuidado de instalar sobre una fuerte plancheta, movable alrededor de un eje colocado verticalmente por los procedimientos ordinarios más sencillos. Se contentó con fijar á una de las caras de la caja un nivel de reflexión – Burel; y los primeros ensayos hechos con el instrumento así dispuesto fueron muy satisfactorios.

El nivel Burel servía, parece inútil decirlo, para trazar la línea de horizonte; una pequeña alidada colocada en la cara superior de la caja, permitiría medir los ángulos del polígono cuyos lados se medían á pasos o con la cadena. La distancia focal del objetivo, se había determinado por una operación previa y se tenía cuidado en cada estación de llevar á un punto de referencia fijo la segunda parte de la caja, que podía introducirse o sacarse á voluntad.

Fin

Bibliografía

- Laussedat A.: *Recherches sur les instruments, les méthodes et le dessin topographiques*. Paris.
- Ollivier F. *La topographie sans topographes. Traité de Photogrammetrie*. Paris
- Ruiz M.: *Forma y Dimensiones de la Tierra*. Barcelona.
- Los Ingenieros Geógrafos*. Madrid.
- Aimé Laussedat y el comienzo de la fotogrametría en el Instituto Geográfico. Madrid
- Torroja J. M^º.: *La Estereofotogrametría en 1915*. Madrid. ■

La enseñanza de la Topografía en el Instituto Técnico de Lund (Suecia)

Boo G. Lilje

INSTITUTO TÉCNICO DE LUND (UNIVERSIDAD DE LUND)

Resumen

La enseñanza de la Topografía comenzó en Suecia en el año 1628. Dicha enseñanza estaba organizada por el Organismo Topográfico Nacional. En 1936 se graduaron los primeros topógrafos con un Master en Ciencias (MSc) del Instituto Real Sueco de Tecnología de Estocolmo (KTH). Desde el año 1992 la enseñanza se imparte además en el Instituto Técnico de Lund.

La educación en Suecia combina la ingeniería, la legislación y la economía y por ello, en una Universidad Técnica, se obtiene un MSc no demasiado técnico.

En el año 2001 se introdujo un nuevo modelo de enseñanza en el Instituto Técnico de Lund. Los motivos de ello fueron: la demanda de un mayor número de graduados, las necesidades de incrementar el número de aspirantes a cursar esta disciplina, los deseos de disponer de una educación eficaz en relación con los costes y las necesidades de implantar unos métodos pedagógicos modernos

La educación en el Instituto Técnico de Lund consiste en cuatro años y medio de estudios, correspondientes a 180 créditos (equivalentes a 270 créditos ECTS), siendo la educación obligatoria de 120 créditos (equivalentes a 180 créditos ECTS). Después del primer semestre, en el que se imparte matemáticas básicas y legislación, siguen otros cinco semestres temáticos. Durante estos semestres, los diferentes cursos se integran dentro de un tema. Cada semestre consta de clases teóricas, pero, sobre todo, de un trabajo en un proyecto práctico. Los estudios concluyen con una tesis de medio año.

El resultado del nuevo modelo ha sido un éxito. El número de aspirantes ha crecido. Ha aumentado incluso el estándar de los alumnos aceptados. Los estudiantes obtienen unos resultados mejores en los exámenes. Se ha introducido un nuevo método pedagógico en la enseñanza.

Abstract

Education of surveyors started in Sweden 1628. The education was organised by The National Land Survey. In 1936 the first surveyors graduated with an MSc from The Swedish Royal Institute of Technology, Stockholm (KTH). Education is from 1992 conducted even at Lund Technical Institute (LTH).

The education in Sweden combines engineering, law and economics and results in a MSc from Technical University without being too technical.

A new educational model was introduced at LTH in 2001. The reasons for a new model were: demands for a higher number of graduates, needs to increase the number of applicants for seats at the education, wishes of a cost-effective education and needs for a modern pedagogic approach.

The education consists of 4½ years of studies, corresponding to 180 credits (equivalent to 270 ECTS credits). The compulsory education consists of 120 credits (180 ECTS credits). After the first semester, comprising of basic mathematics and laws, five theme-semester follow. During these semesters, different courses are integrated into a theme. Each semester consists of readings, but foremost of a project work. The studies end by a thesis of half a year.

The outcome of the new model has been a success. The number of applicants has increased. Even the standard of the accepted students has increased. The students produce better examination results. A new pedagogic approach to the education has been introduced.

I. LA ENSEÑANZA DE LA TOPOGRAFÍA EN SUECIA

El rey sueco Gustavo Adolfo II, en la guerra contra los polacos, a comienzo del siglo XVII, encontró necesario emplear en el ejército sueco, a topógrafos alemanes. En consecuencia, y posteriormente, pidió al matemático Anders Bure que adiestrara algunas personas en la Topografía. El 4 de Abril de 1628, la Agencia Topográfica Nacional de Suecia comenzó su andadura. Inicialmente, Anders Bure enseñó a seis topógrafos todo lo necesario para que formasen a su personal. Su tarea fue la de cartografiar el territorio sueco, representándolo sobre los llamados mapas geográficos, y las villas, sobre los denominados mapas geométricos.

Durante la primera mitad del siglo XVIII no se presentaron grandes cambios en la enseñanza de los topógrafos. Pero en 1757 se introdujo la concentración parcelaria de los terrenos agrícolas. El desarrollo agrícola forzó cambios en la situación de los terrenos. Esto significó que los topógrafos necesitaban formarse y examinarse acerca de cómo clasificar los terrenos. Se encontró que era ésta la parte más difícil de la concentración parcelaria.

En 1827 el parlamento dictó una nueva ley sobre la recalificación de los terrenos. En ella se implicaba a los topógrafos, que serían los responsables de modificar la estructura de las zonas rurales de Suecia. Las instrucciones de la Agencia Topográfica Nacional de Suecia declaraban que el examen para poder ser topógrafo debería ser público y que los aspirantes deberían examinarse de:

- Geometría, trigonometría, nivelación, confección de mapas, etc.
- Química, mineralogía y geología
- Agricultura y selvicultura
- Economía, en especial en todo lo relacionado con los intereses, impuestos y compraventa de terrenos
- Legislación relacionada.

Debido a las actividades de la concentración parcelaria, la cartografía sueca de comienzos del siglo XIX fue responsabilidad del ejército sueco, y continuó siéndolo durante el resto del siglo. En 1894 se creó una nueva organización para hacerse cargo de la cartografía civil.

Con el comienzo del siglo XX empieza una nueva era para la Agencia Topográfica Nacional de Suecia. Se diseñó incluso una nueva educación, aunque todavía bajo la tutela de la Agencia Topográfica Nacional de Suecia. La educación se dividió en dos cursos, con un periodo de prácticas entre ellos. El primero incluía la enseñanza de las matemáticas, geodesia, topografía práctica (cartografía, cálculo de áreas, clasificación de terrenos), conocimientos de legislación, lectura y comprensión de los viejos documentos, geografía y arqueología. El segundo curso incluía la enseñanza de ciencias agropecuarias, clasificación de terrenos agrícolas (física, química, mineralogía y geología, etc.), selvicultura, construcción de edificios y puentes, construcción de caminos y planificación urbana.

En 1932 se comenzó la enseñanza en el Instituto Real Sueco de Tecnología de Estocolmo. La educación era totalmente unisóna con la anterior, con casi ninguna posibilidad de especialización, y especialmente encaminada a trabajar en la Agencia Topográfica Nacional de Suecia y en los trabajos relacionados con la formación de fincas y con la administración territorial.

En la actualidad, se ha introducido un nuevo programa de estudios en el Instituto Real Sueco de Tecnología de Estocolmo. En el año 2002 se inició una íntima cooperación con el programa de Ingeniería Civil. En virtud de ello, los dos programas tendrán una admisión conjunta a la enseñanza. Durante el primer año los estudiantes tendrán las mismas asignaturas. A partir de ahí, existen nueve especializaciones, entre las que se encuentran Técnicas para las fincas y los terrenos, Economía de la construcción y de las fincas y Técnicas de la Información Geográfica.

Desde comienzos de los años ochenta del siglo pasado, los estudiantes tendieron a estudiar en la universidad más próxima a sus ciudades de origen. Este factor tenía para ellos más importancia que la elección de una educación determinada. En consecuencia, los que estudiaban el Programa de Topografía procedían, en su mayoría, del área próxima a Estocolmo y, tras su graduación, dichos estudiantes tendían a permanecer en Estocolmo. Debido a ello, el resto de Suecia se enfrentó a una carencia de topógrafos y, por ello, se decidió comenzar la enseñanza de la Topografía en el Instituto Técnico de Lund. Las clases comenzaron en 1992 y el programa de estudios fue más o menos copiado del Instituto Real Sueco de Tecnología de Estocolmo, aunque ajustado a las competencias y los recursos de la Universidad. La especialización técnica no se dirigía hacia la geodesia y la fotogrametría, sino hacia los SIG. A partir del año 2001, y debido al incremento de la competencia del profesorado, se modificó el programa de estudios.

	KTH/L			LTH/L			
	2000 %	2001 %	2002 %	2000 %	2001 %	2001 %	2003 %
Skane				58	46	36	40
South Sweden	1	11	4				
Blekinge				3	9	3	2
Småland				13	17	13	13
Halland				15	6	8	10
Gothenburg with surroundings				5	6	18	4
Västra Sverige	7	5	6				
Östergötland/Småland	6	7	10				
Södermanland/Västmanland	6	3	1				
The middle of Sweden				5	6	13	13
Stockholm with surroundings	65	61	71	3	11	0	15
Uppsala with surroundings	4	2	0				
Gästrikland/Dalarna	4	4	4				
South and middle North	6	5	1				
Noth of the North	2	1	1				
North				0	0	0	4
Número de respuestas	107	94	69	40	35	39	48

Figura 1. Ciudades de origen de los estudiantes

2. MUJERES GRADUADAS

Parecía que, desde el mismo comienzo de la profesión, el topógrafo debería ser hombre. En la instrucción del siglo XVII se dice que los topógrafos existentes deberían “educar a sus hijos para ser hombres de honor”. Mencionaba también que los exámenes en la universidad de determinados temas, deberían ser preparados por topógrafos. Para acceder a los estudios universitarios era necesario hacer un examen de matriculación. Hasta 1870 no se concedió a las mujeres el derecho a acceder a dicho examen. Las chicas entonces desempeñaban un papel menor en la sociedad y no fue hasta el año 1945 cuando las mujeres consiguieron una posición de igualdad con los hombres a la hora de acceder a los puestos de trabajo dentro de las organizaciones gubernamentales.

Sin embargo, se suponía que las mujeres no debían estudiar las asignaturas técnicas. En las escuelas secundarias las chicas se debían centrar en los idiomas, en tanto que los chicos deberían estudiar asignaturas técnicas, tales como matemáticas, física y química. Para entrar en una universidad técnica se necesitaba hacer el examen de matriculación de estas materias. Tuvieron que pasar varios años antes de que se cambiara este hábito.

En 1963 se graduó la primera mujer topógrafo. Así que tuvieron que pasar 335 años antes de que Suecia tuviera su primera mujer topógrafo. Otras ocupaciones masculinas eran las de Oficial Forestal y Cirujano Veterinario. Durante los siguientes diez años fue poco corriente que hubiese mujeres en el Programa de Topografía. Sólo se graduaron 13 mujeres de un total de 338 graduados (el 3,8%). Durante los diez años siguientes (1973 a 1982), el número de mujeres topógrafo aumentó considerablemente y de un total de 467 graduados, 107 fueron mujeres (un 22,9%). Esta expansión continuó durante los siguientes diez años (38,9%) y hoy día las mujeres topógrafo son una mayoría. Durante los últimos diez años las mujeres graduadas representan el 52,6% de la totalidad.

3. LA NECESIDAD DE UNA RENOVACIÓN

Al tiempo que aumentaron los recursos de los profesores en la enseñanza de la Topografía en Lund, se inició un debate para renovar la educación. Las razones fueron muy diversas.

3.1. El índice de abandono

El número de estudiantes que se gradúan era, y es, bajo. Esto no es solamente válido para la educación de la Topografía, sino para toda la educación en las Universidades y en los Institutos Técnicos. Se estima que la duración de los estudios es de 4,5 años, pero después de haber trascurrido 10 semestres (5 años) sólo se ha graduado uno de cada 5 estudiantes. Después de 16 semestres (8 años de estudios) el número de estudiantes que se había graduado había aumentado hasta poco más del 60%. El número de estudiantes que se gradúan nunca pasa del 70%. Se

comparó esta cifra con el número de estudiantes que se gradúan en Dinamarca, que es del 90%.

Las razones de este bajo número de graduados son muy diversas. Las hemos agrupado en tres grupos:

1. Siempre hay un cierto número de estudiantes que, tras un corto periodo de tiempo, se dan cuenta que han escogido erróneamente su carrera y dejan de estudiar.
2. El segundo grupo incluye a los estudiantes que consiguen un trabajo antes de terminar sus estudios. Este trabajo, tarde o temprano y combinado con la creación de una familia y con los correspondientes hijos, hace que sea difícil sacar tiempo y concentración para concluir los estudios. Cuanto más lejos vive el estudiante de Lund, menos inclinado se ve a terminar sus estudios.
3. El tercer grupo consta de aquellos estudiantes que quieren concluir sus estudios pero que no pueden hacerlo, es decir, que son incapaces de aprobar los exámenes. El mayor obstáculo radica en los seis cursos de matemáticas.

3.2. El número de aspirantes

Un alto número de aspirantes confiere una buena reputación a un programa de enseñanza. Más y más estudiantes consideran que el programa es interesante de estudiar y una puntuación de entrada elevada da también una buena reputación al programa de enseñanza. Si es difícil obtener una plaza, el sitio es bueno. Especialmente, si la puntuación de entrada es superior a 16, la situación del programa es buena (16 significa un “bien” en todas las asignaturas).

El programa de enseñanza de Lund ha tenido un bajo número de aspirantes. Esto se ha debido, sencillamente, al hecho de que esta enseñanza es desconocida entre los estudiantes.

3.3. Una enseñanza efectiva respecto a los costes

El impartir los cursos con pocos alumnos es algo muy costoso. El coste de un estudiante, durante un año completo, es de unas 50 mil coronas suecas (unos 5.500 euros). Este ingreso tiene que cubrir el salario de los profesores, el alquiler de las aulas y otros costes. El deseo es reducir los costes globales y, a la vez, disminuir el coste por estudiante.

3.4. Métodos pedagógicos modernos

Una de las metas más importantes en la renovación de la enseñanza en el Instituto Técnico de Lund era la de impulsar el desarrollo pedagógico. La finalidad era pasar desde una educación tradicional, que impartía los conocimientos de las diferentes asignaturas (el saber cómo) a unos conocimientos más orientados a la resolución de problemas (el saber por qué). Los conocimientos técnicos y profesionales siempre pueden ser adquiridos posteriormente, en el ejercicio profesional, pero el conoci-

miento para resolver los problemas y el conocimiento de cómo aprender a aprender sólo pueden conseguirse mediante la formación académica.

Por consiguiente, la educación se cambió desde los cursos con ejemplos y formación mediante clases a la enseñanza de un proyecto de trabajo complementado con cursos teóricos. O, en otras palabras, el conocimiento de los libros de texto fue reemplazado con los conocimientos necesarios para resolver los problemas teóricos. La educación debería transformarse y, en vez de las conferencias o clases, ir hacia una enseñanza orientada a la resolución de problemas y a la realización de proyectos de trabajo. Lo más importante va a ser el trabajo de los alumnos.

Este nuevo método también tiene sus repercusiones sobre los exámenes. La puntuación asignada al proyecto tendrá una gran importancia a la hora de comprobar los conocimientos del alumno y asignarle una calificación. El control del conocimiento que tienen los alumnos, o su habilidad para aprender, se estimarán en función de esto.

La integración entre las diferentes asignaturas también tendrá una gran importancia. Buen ejemplo de ello es la matemática estadística, que tiene una gran importancia dentro de la asignatura de Geodesia. En base a ello, la estadística matemática se integrará en el futuro en los cursos de Geodesia, SIG y Técnicas Cartográficas.

4. LA EDUCACIÓN

Desde otoño del 2001, la enseñanza de la Topografía en el Instituto Técnico de Lund se ha organizado de una manera distinta. Una gran parte de la educación se imparte alrededor de los trabajos en proyectos, para lo que se demanda tanto conocimientos técnicos como una habilidad práctica para resolver problemas. De esta forma se relaciona la teoría con el trabajo práctico. Las diferentes asignaturas se encajan conjunta-

mente dentro del proyecto de trabajo. Así, los estudiantes aprenden a resolver los problemas, tanto de manera independiente como en grupo. Los estudiantes también aprenden a presentar los proyectos y a analizar y criticar el trabajo hecho por otros grupos.

El esquema de los diferentes semestres de los cuatro años y medio de educación es el siguiente:

Durante el primer semestre los estudiantes estudian cursos básicos de Matemáticas y Legislación. La finalidad es imponer el conocimiento del pensamiento analítico y lógico en los estudiantes.

Después de este primer semestre siguen otros cinco con una temática especial. El semestre de otoño equivale a un total de 18 créditos (equivalentes a 27 créditos ECTS), en tanto que en el semestre de primavera se obtienen 22 créditos (equivalentes a 33 créditos ECTS).

El primer semestre lleva el nombre de "Territorio y Medioambiente" y durante el mismo se imparten conjuntamente las asignaturas de Conocimientos Medioambientales, Legislación Medioambiental y de la Construcción, Geología Técnica y Técnicas de Construcción. Las cuatro asignaturas están integradas entre sí y para facilitar la comprensión de las complejas relaciones entre las diversas facetas del tema Territorio y Medioambiente, la enseñanza, los libros de texto y el resto de las tareas de este semestre estarán relacionadas con el trabajo en un proyecto que se desarrollará a lo largo del mismo. El proyecto este año consiste en situar el emplazamiento de una fábrica de gas y las carreteras que vayan a ella. Los alumnos estudiarán aquellos aspectos geológicos que condicionarán la situación de la planta, así como las carreteras de acceso. Además, su localización se determinará en base a los requisitos legales, así como a los medioambientales. Finalmente, los alumnos situarán las carreteras considerando su naturaleza, los requisitos técnicos e incluso las dimensionarán. Sus conocimientos serán evaluados mediante un examen y con los informes de su trabajo en el proyecto.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Semestre de otoño	Semestre básico: Matemáticas, Derecho Civil, Legislación de la propiedad	Geomática SIG, Geodesia, Técnicas Cartográficas, Estadística	Economía de las fincas: Economía política Economía empresarial, Valoración de propiedades	De libre elección: Geomática, Economía, Legislación	Tesis dentro del tema elegido
Semestre de primavera	Territorio y medioambiente Geología, construcción de carreteras, Legislación Medioambiental, Medioambiente, Matemáticas	Información Territorial; SIG, técnicas de la información de la propiedad, Sistemas de posicionamiento global, Programación	Planificación espacial: Planificación integral, Legislación de la propiedad territorial, técnicas de la propiedad territorial	De libre elección: Geomática, Economía Legislación	

Figura 2. Modelo educativo

En este semestre también comienza la formación en relaciones humanas, tales como la comunicación oral o el establecimiento y creación de equipos. Este tipo de formación continuará a lo largo de todos los años. Además, se impartirá a los estudiantes una formación en comunicación escrita.

Durante la primera parte de este semestre, los estudiantes también estudiarán un curso de matemáticas por separado.

El primer semestre del segundo año ha sido denominado Geomática. La finalidad de este curso es dar a los estudiantes un conocimiento básico sobre la teoría que subyace debajo de las técnicas de las mediciones geodésicas y los sistemas de información geográfica (SIG), incluida la captura de los datos, la construcción de las bases de datos y la presentación de los mismos. El curso también dará a los estudiantes el conocimiento práctico acerca de cómo la geodesia y los SIG pueden usarse especialmente en el campo de los levantamientos topográficos. Dentro del trabajo en el proyecto, los estudiantes efectúan algunos trabajos de campo y capturan datos geográficos mediante mediciones. Estos datos se emplean para construir una base de datos. A partir de ahí, se usan distintos métodos para presentar la base de datos bajo la forma de un mapa. También se efectúan pequeños análisis.

Junto con este curso, los alumnos estudian Estadística.

El cuarto semestre se denomina Información Territorial. El curso trata del diseño y de los contenidos del sistema de bases de datos de propiedades territoriales sueco, pero también se imparten conocimientos acerca de los sistemas de bases de datos de propiedades territoriales de otros países. Se incluyen las demandas técnicas sobre un sistema de información, así como los conocimientos y habilidades para la creación de modelos y la programación de las bases de datos. Se enseñará a los estudiantes cómo relacionar la información de las fincas con otra información geográfica, como, por ejemplo, cuando se construye un mapa catastral. Finalmente, los estudiantes aprenderán las aplicaciones más comunes de la información de la propiedad hoy día, como, por ejemplo, la formación de fincas y sus aspectos crediticios. Dentro del curso también se imparten conocimientos acerca de la curvatura de la Tierra, las variaciones de escala en las proyecciones cartográficas y las transformaciones de coordenadas entre distintos sistemas de coordenadas.

Durante el trabajo en el proyecto, los estudiantes recogerán datos y construirán una base de datos concerniente a la información relacionada con la situación física de los emplazamientos de los jardines.

Junto con este curso, los alumnos estudian un curso de Programación y un curso de Matemáticas.

El quinto semestre se denomina Economía de Fincas. Se pretende en este semestre dar a los alumnos unos conocimientos básicos de econo-

mía política y empresarial y, con estos conocimientos como base, describir y emplear de forma más profunda las teorías y métodos de la economía de fincas. El curso en especial impartirá las aptitudes para realizar el análisis de los valores de las fincas, del mercado de alquiler de apartamentos, del mercado de las propiedades inmobiliarias y de la inversión en propiedades rústicas. El curso revelará los principios fundamentales de la economía política y el análisis del mercado de las propiedades inmobiliarias. También describirá cómo la economía política afecta al mercado inmobiliario, así como la importancia que dicho mercado tiene sobre la economía política. Se incluyen principios fundamentales de economía empresarial, así como las técnicas elementales de contabilidad y planificación de capitales. Las propiedades inmobiliarias se estudian como objetos económicos, en especial en lo que respecta a la fijación de los precios en los diferentes mercados inmobiliarios, la importancia de las cargas fiscales en dicho mercado y los diferentes métodos de valoración de fincas. El trabajo en el proyecto consta de tres partes: un análisis de cómo las inversiones en las propiedades inmobiliarias afectan positivamente a una comunidad, la valoración de una pequeña casa (chalet) y, finalmente, el análisis de una inversión en terrenos y edificaciones con fines comerciales.

El último semestre temático se denomina Planificación Espacial. La finalidad de este semestre es la de impartir un conocimiento básico acerca de las propiedades inmobiliarias y los aspectos jurídicos, técnicos y económicos que se presentan en la planificación rural y urbana, en el cambio de uso de suelo y en la partición de fincas. El curso incluye cuatro áreas principales: la planificación rural y urbana –con la realización de los planes–, los levantamientos catastrales, la legislación de la propiedad inmobiliaria, y los principios de las compensaciones económicas en conexión con los levantamientos catastrales. Durante este semestre se efectúan cuatro trabajos de proyectos: el diseño de un plan urbano completo, el efecto de la división de propiedades inmobiliarias por una nueva carretera, un levantamiento catastral y, finalmente, las compensaciones económicas a percibir por el propietario de una finca cuando se le expropien los terrenos.

Estos seis semestres de educación son obligatorios. La enseñanza obligatoria se ha prolongado medio año más y hoy día consiste en 120 créditos. Son varias las razones de esto. El acuerdo de Bolonia habla de "3+2+3 años". Un examen de Bachelor (BSc), que por ahora no existe en Suecia, aunque sí en muchos países europeos, comprende los estudios efectuados durante tres años. La nueva educación en las facultades universitarias tiene un periodo de educación básica que dura tres años. Es común que otros programas de enseñanza en el Instituto Técnico de Lund prolonguen la educación obligatoria hasta los 120 créditos; es por tanto fácil entrar en el Instituto desde una Facultad, o cambiar entre diferentes programas. Finalmente, es más fácil así ajustar la educación al acuerdo de Bolonia.

Otoño 1	Valoración de fincas VTF 043 5 créditos	Formación de una finca VTF 011 5 créditos	Imposición fiscal sobre la propiedad inmobiliaria VRF 160 5 créditos		Planificación Integral VFT 131 5 créditos	Planificación urbana y diseño urbano ASB 170 5 créditos	Diseño urbano ASB 190 10 créditos
Otoño 2		Propiedades comunales VFR 130 5 créditos	Legislación internacional sobre la propiedad inmobiliaria VRF 071 5 créditos	Seminarios de la ciencia de la propiedad inmobiliaria VFT 181 5 créditos		Desarrollo urbano ABV 060 3 créditos Shelter – AAU 260 2 c	
Primavera 1	Archivos VRF 150 5 créditos	Los derechos en la propiedad inmobiliaria 5 créditos	Contratos de la propiedad inmobiliaria VRF 065 5 créditos		Legislación medioambiental TEK 255 5 créditos		Renovación urbana ASB 060 5 créditos
Primavera 2	Agricultura y servicultura VFT 171 5 créditos	Legislación en el uso del suelo VRF 180 5 créditos	Explotaciones 5 créditos				

Figura 3. Perfil de los temas de especialización sobre la Planificación Espacial

5. EL CUARTO AÑO

Por el momento son muchos los esfuerzos que hay que hacer en el año y medio final.

Después de los tres años obligatorios, el programa de enseñanza termina con una concentración de temas de especialización, consistente en 50 créditos, que se reparten en 30 créditos en cursos y 20 créditos para la tesis. Los estudiantes pueden elegir con entera libertad los cursos, equivalentes a 10 créditos.

Los temas de especialización se concentran en los siguientes grupos:

- Planificación Espacial
- Economía de las Propiedades Inmobiliarias
- Gestión Empresarial de las Propiedades Inmobiliarias
- Geomática

Cada grupo de temas de especialización posee su propio perfil. Así pues, el de Planificación Espacial podría ser como el de la figura 3.

En esta concentración de conocimientos, la tesis puede tratar sobre uno de los siguientes temas:

- Formación de una finca
- Registro de la Propiedad Inmobiliaria
- Legislación de la Propiedad Inmobiliaria
- Planificación Rural
- Planificación Urbana.

La tesis consistirá en una profundización de los conocimientos sobre el tema. El estudiante, por tanto, elegirá los cursos de acuerdo con ello. El estudiante dispone de un tutor durante su trabajo en la tesis, que debe estar de acuerdo con los cursos elegidos por el alumno.

El estudiante que quiera hacer su tesis dentro de la temática “Formación de una finca” podrá escoger sus estudios tal y cómo se muestra en la figura 4.

Con el fin de informar a los alumnos, se confecciona una descripción de las asignaturas y de los cursos. También se confeccionan unos planes de estudios recomendados, como el de la figura 4. Merced a estos documentos, los estudiantes podrán tomar más fácilmente la decisión adecuada y terminar sus estudios con éxito.

Otoño 1	Valoración de fincas VTF 043 5 créditos	Formación de fincas VFT 011 5 créditos
Otoño 2	Propiedades comunales VRF 130 5 créditos	
Primavera 1	Archivos VRF 150 5 créditos	
Primavera 2	Legislación de uso de suelo VFR 180 5 créditos	

Figura 4: Cursos recomendados para las tesis acerca de la “Formación de una finca”

6. RESULTADOS

6.1. Número de solicitudes de aspirantes

Como se muestra en la figura 5, el número de aspirantes en primera instancia ha aumentado desde 50 hasta más de 80. Esto es un buen signo, teniendo incluso en cuenta que el último año hubo una caída de más de un 10% en el número total de los aspirantes a ingresar en universidades y facultades.

Incluso el número total de aspirantes es satisfactorio. Pero lo más satisfactorio es el incremento en la nota necesaria para entrar. Hoy en día es difícil obtener una plaza en el Programa de Enseñanza de Topografía. Únicamente hay otros cuatro programas en el Instituto Técnico de Lund que tienen mayor puntuación de entrada (la de mayor puntuación de entrada es Arquitectura, seguida de Fuegos y Riesgos y Economía Industrial). El tener una alta puntuación de entrada significa que el programa de enseñanza tiene un estatus alto.

Son muchas las iniciativas que se han realizado para promocionar la educación. El Instituto Técnico de Lund ha confeccionado un folleto que ha sido enviado a todos los estudiantes de las escuelas superiores de la parte sur de Suecia. Otro folleto ha sido hecho por las organizaciones que trabajan en el campo de los levantamientos catastrales y de la administración territorial y es enviado a todos los estudiantes de las escuelas superiores de toda Suecia (en el año 2003 se distribuyeron 43.000 folletos). También se han escrito artículos para dar a conocer los levantamientos topográficos y la administración territorial, ya que sólo un 13% de los estudiantes escogió el programa sin un especial interés, sólo para obtener un Master de Ciencias sin tener que estudiar unas asignaturas demasiado técnicas, y mediante ello se pretende vender este tipo de enseñanza, que engloba la técnica, la legislación y la economía. Los estudiantes del Instituto Técnico de Lund visitan sus viejas escuelas e informan a los estudiantes de los grados superiores acerca del Programa.

6.2. Resultados de los estudios

Todavía es muy pronto para juzgar si el nuevo modelo da mejores resultados. Sin embargo, puede señalarse que el grupo de estudiantes que comenzó sus estudios en otoño de 2002, obtuvo el mejor resultado de todos los estudiantes de primer año en el Instituto Técnico de Lund. El promedio de créditos que escogieron los estudiantes del programa de Topografía fue de 34 sobre 40. Esto se puede comparar con el más bajo, que fue de 22. La cifra promedio de todos los programas del Instituto Técnico de Lund fue de 31 (las cifras incluyen a todos los estudiantes que comenzaron sus estudios en el programa; es natural que pocos terminaran sus estudios en un periodo corto de tiempo, ya que algunos se dieron cuenta de que habían escogido un programa erró-

neo). De acuerdo con los estudiantes, las razones de los buenos resultados fueron las siguientes:

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Aspirantes en primera instancia	38	33	46	50	59	88	81
Aspirantes en primera instancia por plaza	1,3	1,2	1,5	1,7	2,0	2,2	1,8
Número total de aspirantes	387	356	395	386	443	405	378
Número total de aspirantes por plaza	13	12	13	13	15	10	8
Puntos necesarios para entrar				13,42	15,84	16,16	16,35

Figura 5: Número de solicitudes de aspirantes

- Una alta puntuación de entrada
- El plan de estudios que permitía que los estudiantes se concentraran en un examen cada vez
- El semestre temático, con su combinación de clases teóricas y de trabajos prácticos en proyectos.

6.3. Desarrollo pedagógico

6.3.1. Integración de las asignaturas en un semestre temático

Durante los tres primeros años del Programa de Topografía, los semestres se organizan en cursos semestrales temáticos. El pensamiento que subyace con el nuevo modelo educativo es que debe existir una vía principal, en la que el perfil en Topografía es construido sucesivamente mediante los diferentes semestres temáticos. La senda principal dará a los estudiantes una mejor comprensión acerca del por qué se estudia una determinada asignatura y de cómo pueden emplear sus conocimientos en sus futuros estudios y como profesionales.

El desarrollo de un semestre temático demanda la cooperación entre las distintas asignaturas y sus profesores. Así pues, unos tres o cuatro profesores deben coordinar sus asignaturas y organizar conjuntamente el trabajo en un proyecto. Este es el nuevo método pedagógico en el Instituto Técnico de Lund.

Los estudiantes obtienen, mediante los semestres temáticos, una estructura más homogénea de sus estudios. Esto significa una mayor concentración en un área. Se enfatiza la conexión entre las diversas asignaturas de cada área temática.

Algunas asignaturas no se han integrado en los semestres temáticos. Se trata de los cursos en Matemáticas, Estadística y Programación. Uno de los motivos es que estos cursos se estudian conjuntamente con estu-

diantes de otros programas. Otra razón es que en el primer semestre básico se estudian dos de estos cursos. La tercera razón es que los cursos, y especialmente las matemáticas, son difíciles de integrar en el semestre temático Territorio y Medioambiente. Sin embargo, existe la intención de integrar la Estadística en el semestre temático de Geomática y al curso de Programación en el semestre temático de Información Territorial.

6.3.2. El papel de los instructores y de los grupos

Los grupos que hacen el trabajo en el proyecto desempeñan un papel estratégico en dicho trabajo. El tamaño de cada grupo es de tres o cuatro estudiantes. El tamaño depende de la tarea a realizar, aunque está siendo cuestionado en la actualidad. Se estima que cinco estudiantes por grupo es el número más eficaz. Según va aumentando el número de estudiantes aceptados cada año, será necesario aumentar el número de estudiantes por grupo.

El trabajo en grupos estimula el buen aprendizaje y la buena cooperación entre los estudiantes. Es importante que no existan vagos en estos grupos, es decir, estudiantes que tomen muy poca o ninguna parte en el trabajo. Para reforzar el grupo y la formación de buenos equipos, en el año 2004 se inició la enseñanza de relaciones interhumanas.

Una tutoría e instrucción activa es de gran valor para guiar a los estudiantes en su trabajo en un proyecto. Esto exige un mayor esfuerzo por parte de los profesores. Para ayudar a los profesores se emplea a los estudiantes que están en sus últimos años. Esto ha tenido éxito.

6.3.3. El trabajo en el proyecto

Durante estos primeros tres años se han producido algunos cambios en el trabajo en el proyecto. Ha sido difícil encontrar trabajos en proyectos realistas sin tener que ocasionar una carga demasiado pesada a diversas personas ajenas al Instituto Técnico de Lund.

Ha habido discusiones acerca de si el trabajo en el proyecto debería de aprobarse o debería de obtenerse en él una puntuación de 3, 4 ó 5, como sucede en un examen escrito.

Se ha estimado que el trabajo en un proyecto no es la única forma de juzgar la aptitud de un estudiante. Por ello, se hace también un examen

escrito. Sin embargo, es importante continuar con el desarrollo del examen o encontrar otras alternativas.

7. CONCLUSIONES

El nuevo modelo de la Educación en Topografía del Instituto Técnico de Lund comenzó en el año 2001. Por ello, los estudiantes que comenzaron en 2001 terminarán sus estudios obligatorios en el semestre de primavera de este año. Al mismo tiempo, el semestre temático sobre Territorio y Medioambiente habrá sido impartido tres veces. El desarrollo efectuado varía según los semestres.

Por el momento, el resultado ha sido bueno. Sin embargo, aun queda mucho por mejorar. Esto se refiere especialmente a la integración de las diferentes asignaturas.

Pero las metas que se pretendían alcanzar con el cambio han sido, en gran medida, alcanzadas. Los estudiantes están satisfechos. El resultado de los estudios es bueno. Los conocimientos de la educación han mejorado.

El nuevo método pedagógico también implica que los profesores se han entendido mejor entre sí y en cómo sus asignaturas encajan en la formación de los topógrafos.

Finalmente, el nuevo modelo ofrece a los estudiantes una base más sólida a la hora de elegir sus estudios de especialización, durante el último año y medio. No importa cuál haya sido la competencia o especialización que hubiesen escogido, todos los estudiantes con un MSc en Topografía y Administración Territorial del Instituto Técnico de Lund tienen un conocimiento básico de las técnicas, leyes y economía relacionadas con esta área.

REFERENCIAS

- Ekstrand, V, *Svenska Lantmätare 1628 – 1900*
- Clasaeus, J-E, *Svenska Lantmätare, del 2 1900 – 1970*
- Bagger-Jörgensson, O. *Lantmätarnas Utbildning, Svenska Lantmäteriet 1628 – 1928*
- Andersson, S, *Lantmäteriutbildningarna i Luleå och Lund, SOU 1991:96*
- Carlegrim, E, *Att utbilda värderare, svensk Lantmäteritidskrift 1982:4*
- Demographic questionnaire at KTH and LTH 2000 - 2003 ■

Modelización Tridimensional del entorno “La Torre de Paterna”

Antonio García Benlloch,

Tutor: José Luis Lerma García

ETS. GEODÉSICA, CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

IV Premio San Isidoro 2004 I^{er} Premio

Resumen

Hoy en día, la unión de la fotogrametría, la topografía y la programación avanzada bajo Internet brinda la posibilidad de producir modelos 3D fotorrealísticos e interactivos. Los modelos generados pueden ser tanto virtuales como reales. Además, pueden ser usados por técnicos y restauradores con el fin de hacer estudios, análisis o predicciones futuras sobre planes de actuación o mejora.

La visualización fotorrealística 3D se aplica a áreas como la arquitectura, arqueología, cartografía, ingeniería civil, medicina y, como no, el turismo. La modelización 3D y su visualización a través de Internet genera mayor interés del producto en el mercado.

En este trabajo es tan importante la documentación como la divulgación gráfica del centro histórico de Paterna (Valencia, España). Para tal fin, se generaron modelos digitales del terreno, usando datos 3D de la Torre y de las cuevas adyacentes, mediante técnicas fotogramétricas y topográficas. Este modelo 3D se implementó en VRML (Visual Reality Modeling Language), permitiendo al usuario volar o caminar libremente, interactuando con los objetos representados y encontrar interesantes elementos multimedia, puntos de información, puntos de vista y visitas guiadas.

Con el fin de agilizar las tareas, se implementaron dos programas en C: el primero, “Intersecciones”, resuelve el cálculo de intersecciones directas, mientras que el segundo, “TopVRML v1.0”, genera código VRML (modelos 3D) a partir de imágenes y datos topográficos. Los modelos digitales del terreno se resolvieron a partir de la triangulación de Delaunay, mientras que con la ayuda de HTML y Action Script se desarrollaron aplicaciones gráficas que muestran el resultado de los modelos generados a través de Internet. Una salida adicional desarrollada en Visual Basic permitió la generación del documento multimedia del entorno de la Torre de Paterna para formato CD/DVD.

I. INTRODUCCIÓN

El Trabajo Fin de Carrera (TFC) del cual es resumen este artículo, aprovecha el impulso del Ayuntamiento de Paterna por la conservación de sus monumentos, la divulgación gráfica y la puesta en conocimiento de los mismos. El uso de las nuevas tecnologías permitió realizar una visita interactiva por el centro antiguo del municipio. El modelo 3D fotorrealístico generado requiere el uso de técnicas fotogramétricas y topográficas obteniendo imágenes y datos reales. El alto grado de realismo alcanzado en la escena y la interacción con el modelo, son las principales características de la solución de este trabajo. El usuario puede visitar la zona en modo manual o mediante una visita guiada. La información del entorno que el usuario obtendrá en esta visita será superior a la alcanzada *in situ*, disponiendo de infinidad de elementos multimedia.

Este artículo muestra el nuevo software TopVRML, implementado durante el TFC. Éste genera de forma sencilla modelos virtuales y ele-

mentos tridimensionales. TopVRML adquiere las ventajas del lenguaje de programación Virtual Reality Modelling Language (VRML, 1997). VRML es un lenguaje que genera gráficos tridimensionales y permite la interacción con otros lenguajes de programación (Huang and Claramunt, 2004).

La experimentación 3D del TFC se llevó a cabo en el centro histórico de Paterna (Valencia). La zona es muy peculiar, ya que engloba un conjunto de cuevas y una Torre del siglo XIII. Las formas que encontramos en la zona son básicamente irregulares y, por tanto, de difícil modelización.

En los siguientes apartados se muestra el trabajo llevado a cabo para producir el complejo e irregular modelo 3D de esta zona histórica. También se desarrollan las funciones principales del programa TopVRML. Este programa une los datos fotogramétricos y topográficos y genera modelos virtuales fotorrealísticos.

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 & Citra Iberica, S.A.
Calle José Gutiérrez, nº 4
P.A.E. Castellón 50
38 100 Alcocebas Múrcia (España)
Tel. +34 903 12 08 70 - Fax. +34 903 12 08 71
www.santigaycitra.es





Figura 1. Distribución de las estaciones y radiación de la zona.



Figura 2. Distribución de los puntos de control fotogramétricos.

2. TRABAJO DE CAMPO Y PROCESO FOTOGRAMÉTRICO

Se utilizaron las técnicas topográficas y fotogramétricas para dotar a los elementos e imágenes del modelo de su tamaño exacto. Por lo tanto, la impresión visual es la misma que el usuario captaría *in situ*. Con este objetivo, se tomaron poligonales, nivelaciones y radiaciones sobre el terreno (figura 1), así como puntos de apoyo sobre la fachada de la Torre (figura 2). La nivelación y las poligonales se resolvieron por MMCC por los métodos de Ecuaciones de Condición y Variación de Coordenadas.

INTERSECCION DIRECTA

*****TABLA DE RESULTADOS*****

Numero	X	Y	Z	AZIMUT	ANG	LRP	EV
Estacion#	1007.800	863.753	90.290	71.3109	151.0911	98.7104	00.0557
Punto#n	1074.055	974.612	91.154	271.3109	212.1784	107.7112	48.7078

Numero	XF	YF	ZF	Dist. a P	angulos interiores
Catencion#	1021.736	992.300	117.623	21.7263	42.3787
Estacion#	1074.055	974.612	91.154	11.8067	70.0044
Punto#0	1021.736	992.300	117.623		87.0387

Figura 3. Fichero generado por el programa Intersecciones.

Los documentos gráficos fueron tratados hasta obtener una apariencia gráfica similar a la real.

La captura de datos sobre la fachada se llevó a cabo mediante intersecciones directas y dichos datos se procesaron mediante el programa, implementado en C, "Intersecciones". Este programa permite la introducción de datos de forma manual o bien a través de fichero y genera un listado de las coordenadas de los distintos puntos de apoyo y un fichero detallado (figura 3) para cada uno de estos puntos.

El tratamiento fotogramétrico de las imágenes digitales precisó de correcciones geométricas y radiométricas. Las correcciones geométricas se desarrollaron con la transformación proyectiva bidimensional (Lerma, 2002) para el uso de superficies planas, tipo fachadas de edificios (figura 4) y con desarrollos cilíndricos en el caso de la Torre (Lerma y Tortosa 2004) (figura 5). En este segundo caso, se utilizó el software DesenRec 1.0 (Lerma y Tortosa, 2004). Una vez corregidas geométricamente las imágenes se procedió a la corrección radiométrica (figura 5).

3. MODELIZACIÓN 3D MEDIANTE TOPVRML v1.0

Actualmente en el mercado existe una gran variedad de programas que generan modelos 3D, a partir de CAD y GIS. No obstante, las soluciones de los modelos virtuales obtenidos a partir de estos programas no alcanzaban el grado de exactitud esperado. Por esta razón se decidió implementar el programa TopVRML.

El software TopVRML es capaz de unir elementos diversos en una única escena. Cada elemento se desarrolla por separado aplicando la textura adecuada y optimizando la forma. El programa está implementado íntegramente en C, éste genera el código VRML, que puede visualizarse directamente a través de Internet o distribuirse en soporte como CD/DVD para ordenadores sin conexión a la red. La visualización a través del navegador requiere un browser VRML de acceso libre.

Los modelos generados por programas comerciales suelen cometer errores (figura 6a), ya que al aplicar las imágenes al modelo éstas no se acoplan bien. Además, el código generado es extenso e incomprensible. Por el contrario, el programa TopVRML muestra las figuras en condiciones óptimas (figura 6b) dando una forma similar (o más bien idéntica) a las figuras reales.

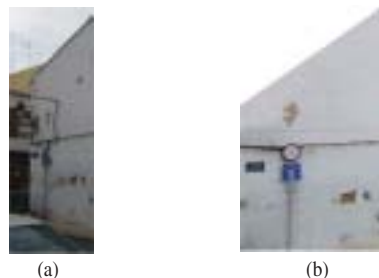


Figura 4. a) Imagen original. b) Imagen obtenida tras aplicar la rectificación a la fachada.

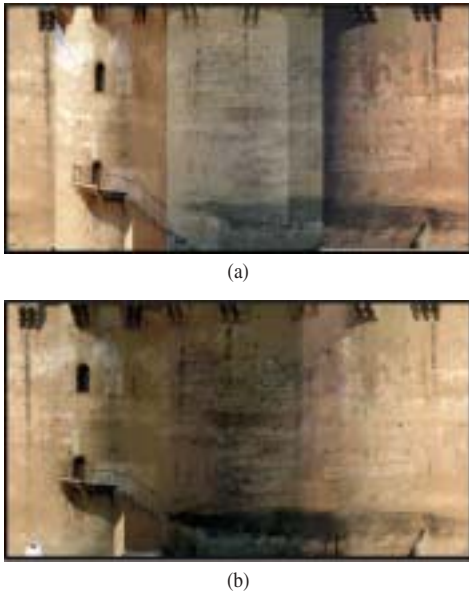


Figura 5. Mosaico de la Torre de Paterna. a) sin corrección radiométrica; b) imagen resultante.

El programa TopVRML v.1.0 está dividido en 6 secciones bien diferenciadas que pasamos a explicar detalladamente.

Al generar un archivo nuevo, se indican comentarios del trabajo, se determinan las condiciones en las que el observador interactúa en la escena, dando valores que determinan las dimensiones del observador; la altura máxima salvable, así como el modo de desplazamiento del mismo (andar, volar, examinar todos o bien ninguno). La selección del tipo de cielo para el modelo virtual (figura 7), indica el color del cielo y el color del terreno situado por debajo de la línea de horizonte. Estos tonos vienen predeterminados por el programa.

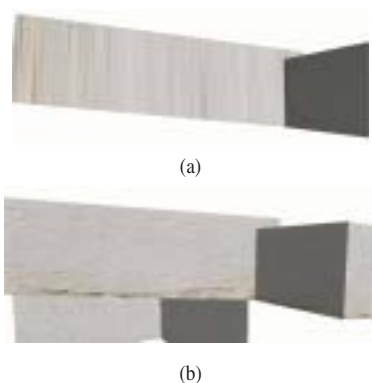


Figura 6. (a) Modelo generado con software inapropiado. (b) Modelo generado con TopVRML v1.0.

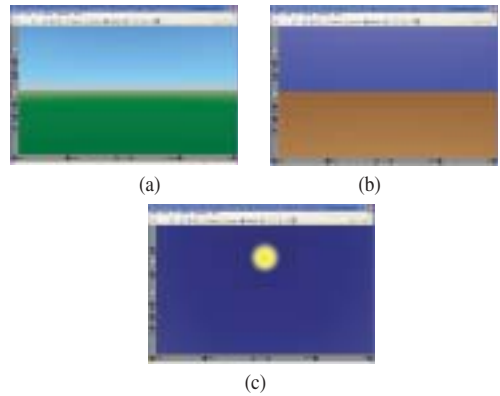


Figura 7. Variedad de fondos aplicables.

La inserción de un mismo objeto en diferentes posiciones recibe el nombre de prototipo. Si un objeto posee especial interés, el programa lo vincula a una página Web que proporcionará información adicional. Por ejemplo, al presionar el usuario la puerta de la torre, se muestra una página web con información multimedia (figura 8).

La figura 9 muestra como se genera un edificio simplemente con las coordenadas de los 8 puntos, y las imágenes rectificadas y corregidas radiométricamente. El programa TopVRML obtiene modelos digitales del terreno a partir de datos proporcionados por el levantamiento topográfico (figura 10). Los datos de la Triangulación se obtuvieron mediante programación en Matlab v6.5 mediante la triangulación de Delaunay. La textura se acopló automáticamente al MDT. En el modelo fotorrealístico existe una gran variedad de elementos que encajan a la perfección debido al uso de datos obtenidos mediante levantamientos topográficos.

Si la forma del objeto responde a un hexaedro (figura 11) como es habitual se puede generar automáticamente dicho objeto indicando una imagen para cada cara del mismo.



Figura 8. Objeto con hipervínculo con información adicional.

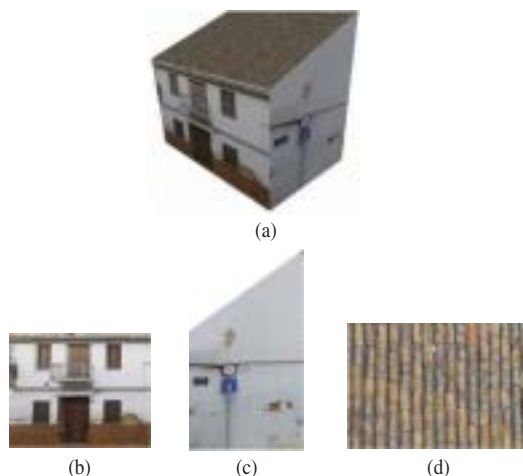


Figura 9. Edificación 3D generada con el programa TopVRML: (a) modelo de edificación volumétrica; (b, c, d) imágenes rectificadas de las fachadas y tejado.

La modelización de objetos complicados es posible mezclando formas geométricas. TopVRML ofrece esta posibilidad, y toma como ejemplo la modelización de una pequeña e inusual chimenea del siglo XIII (Tabla 1). En esta tabla se muestran las diferentes formas geométricas que genera el programa y cómo se unen para formar la chimenea en un mismo archivo VRML.

Los efectos luminosos generados en la aplicación se agrupan en dos categorías, luces direccionales y luces puntuales. Estas luces pueden dotar

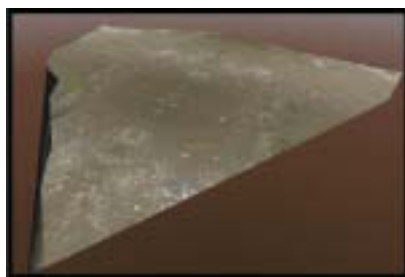


Figura 10. Modelo digital del terreno después de aplicar la triangulación de Delaunay en Matlab v6.5 proyectando automáticamente la textura.

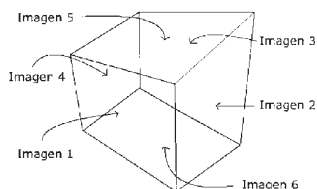


Figura 11. Distribución de las imágenes en un hexaedro.

Nombre	Representación 3D	Unión
Cubo		
Cilindro		
Cono		
Esfera		

Tabla 1. Generación y mezcla de formas geométricas para la construcción de objetos complejos.

a los objetos de un color característico (figura 12) dando un efecto especial a la escena, tal y como se muestra en el ejemplo.

Los puntos de vista característicos muestran la información más importante de la escena. Como se puede observar en la figura 13, el usuario se sitúa en el punto de vista seleccionado en el menú extraíble.

La inserción de elementos sonoros dan una calidad a la aplicación que permiten recrear escenas particulares de la zona. El elemento sonoro dispone de dos esferas, la de menor radio encierra la zona en la que el sonido será constante y la zona entre el radio mínimo y máximo se caracteriza por la atenuación del sonido, siendo nulo a la máxima distancia. También existe un balance del sonido (Izquierda-Derecha) dependiendo de la posición del usuario, éste permite que nos orientemos en la escena.

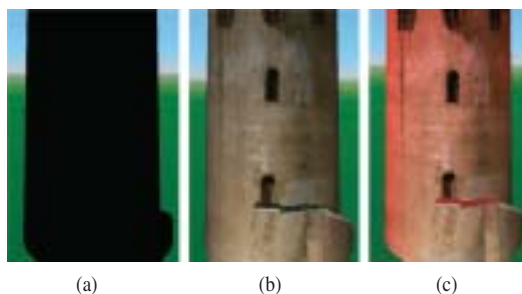
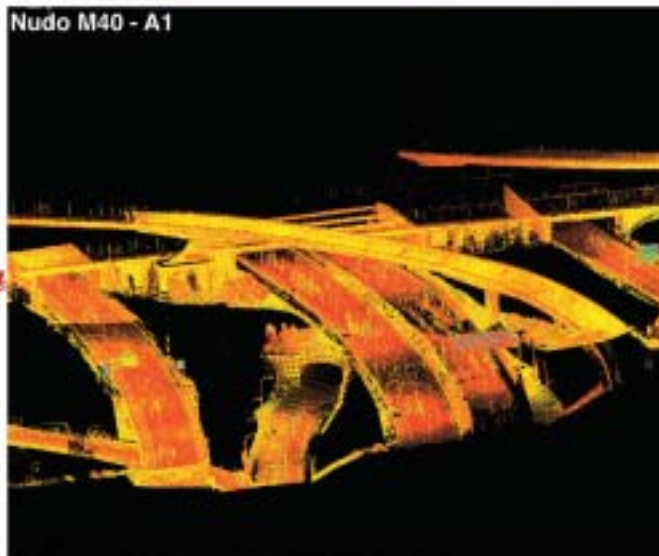


Figura 12. Torre de Paterna con diferentes iluminaciones: a) Sin iluminación; b) Iluminada con una linterna; c) Aplicando a la escena luz direccional con tono rojizo.

ACRE

Nudo M40 - A1

Leica
Geosystems



ARQUITECTURA · ESTRUCTURAS · TUNELES · PLANTAS INDUSTRIALES

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

Alquiler y Venta



GPS TIEMPO REAL
Serie 1200 con X-Functor
Serie 500

ESTACIONES TOTALES
SmartStation
Serie 1200 con X-Functor
Serie 800 - 700 - 400

NIVELES
NA2/NAK2
DNA10/03

ACCESORIOS
Software
Material para marcado

Alquile y Compre en ACRE
Siempre las mejores condiciones



Figura 13. Visualización del punto de vista "Calle Maestro Soler".

La orientación automática de objetos permite simular árboles de modo que pasan a tener apariencia tridimensional.

4. PUBLICACIÓN WEB / CD

Con el fin de mostrar a través de Internet el modelo generado, se implementó en HTML los marcos de la página Web, mientras que en Java Script se controla la aplicación modificando el punto de vista del usuario (figura 13) en el documento VRML. Mediante Flash MX se dotó a la página web de la tecnología gráfica más avanzada en lo que se refiere al diseño actual de páginas web.

Los navegadores de Internet necesitan *browsers* para poder asimilar el código VRML. Es necesaria la instalación de éstos, siendo archivos de acceso libre a través de Internet.

La distribución de la aplicación en formato ejecutable .EXE para soportes CD/DVD se implementó en Visual Basic (figura 14).

5. CONCLUSIONES

Este artículo muestra cómo es posible generar y visualizar modelos 3D de gran calidad e increíble realismo haciendo uso del nuevo programa TopVRML. Este programa aprovecha los datos topográficos y fotogramétricos. Con el fin de probar el nuevo software se generó un modelo fotorrealístico sobre el centro histórico de Paterna (Valencia). La aplicación permite al usuario moverse libremente por el modelo del centro histórico, interactuando con elementos multimedia que proporcionan información especial a través de hipervínculos a páginas Web.

Lo más importante es que el usuario puede realizar una visita por el centro histórico de Paterna a través de Internet. La visita en tiempo real



Figura 14. Centro histórico de Paterna (Valencia). Imagen instantánea del recorrido virtual.

puede realizarse libremente, viendo los puntos principales o mediante una visita guiada. El realismo de la aplicación será la nota dominante, ya que está ambientada con imágenes reales y sonidos característicos de la zona.

REFERENCIAS

- Huang, B., and Claramunt, C., 2004. Environmental simulation within a virtual environment. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 59(1-2): 73-84.
- Lerma, J.L., 2002. *Fotogrametría moderna: Analítica y Digital*. Universidad Politécnica de Valencia.
- Lerma, J.L., and Tortosa, R.V., 2004. Digital development of a small Valencian tower. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Istanbul, Turkey, Vol. XXXV, Part B, pp. 451-454.
- Kolbe, T.H., and Plümer, L., 2004. Bridging the gap between GIS and CAAD. *GIM International*, 18(7): 12-15.
- VRML97, ISO/IEC 14772-1:1997. *The Virtual Reality Modeling Language*.
- International Workshop on Vision Techniques applied to the rehabilitation of city centers. Lisbon, Portugal.
- "3D city modelling and visualisation of historical centers" Lerma, J.L. and García, A. Octubre 2004.
- Página web personal García, A. ttopo.upv.es/~angarben
- http://www.web3d.org/technicalinfo/specifications/ISO_IEC_14772-All (accessed: 15 June 2003) ■

Error de Escala debido a la Proyección Cartográfica

Javier Múgica de Rivera

INTRODUCCIÓN

Es bien sabido que en fotogrametría intervienen numerosos sistemas de coordenadas y que hay que tener especial cuidado al pasar de unos a otros para no cometer ningún error. Entre estos posibles errores se encuentra el debido a no tratar de manera adecuada las coordenadas de los puntos que están en el sistema de la cartografía (sistema terreno): puntos de apoyo y centros de proyección. Para estas coordenadas se suele aplicar simplemente una corrección por esfericidad, ignorando una segunda corrección, despreciable en algunas situaciones, en absoluto despreciable en otras, pero que en todo caso es un error sistemático que se suele cometer sin saberlo, por desconocimiento, lo que considero grave.

El error en cuestión es debido a que la escala de una proyección conforme¹ no es uniforme en toda la Tierra (o en toda la región en la que se aplique); es decir, que en una zona los metros son "más grandes" que en otras. Al calcular la orientación externa este error se traduce, paradójicamente, en una deformación del conjunto en altimetría, y a su vez este error se transmitirá a todos los productos que se obtengan a partir de esos fotogramas. El error es particularmente importante en el caso de que se conozcan coordenadas de los centros de proyección mediante algún sistema de navegación y dichas coordenadas no estén afectadas por un error constante, o bien queramos autocalibrar la distancia focal.

Resulta sorprendente el desconocimiento que existe acerca de este error, tanto en el ámbito profesional como en el académico (en lo que a mí me es conocido), así como en los manuales de fotogrametría. En lo que respecta a los programas comerciales, algunos solicitan información acerca del sistema de coordenadas en el que se encuentran los puntos de apoyo mientras que otros no lo hacen. Yo descubrí el error hace un par de años, trabajando en mi proyecto fin de carrera, al comparar los resultados de dos orientaciones diferentes de un mismo bloque, realizada una transformando rigurosamente los puntos de apoyo a un sistema cartesiano y la otra mediante una transformación local. Las coordenadas obtenidas de los centros de proyección diferían sistemáticamente en varios metros. El presente artículo es prácticamente un extracto de la memoria de dicho proyecto.

¹ Las proyecciones no conformes presentan problemas aún mayores y ni siquiera se consideran para trabajar en fotogrametría.

TRANSFORMACIÓN DE LOS PUNTOS DE APOYO

El refinamiento de coordenadas consiste en la aplicación de un conjunto de correcciones a las coordenadas medidas sobre el soporte (coordenadas comparador o píxel) para obtener las que corresponderían a las imágenes de los puntos de acuerdo al modelo matemático de proyección considerado (en la toma de vistas tradicional, proyección central), de manera que puedan ser utilizadas en los cálculos fotogramétricos. Se termina con la corrección por refracción.

Por el contrario, las coordenadas de los puntos del objeto (la Tierra) no se pueden introducir directamente en los cálculos. Las relaciones matemáticas entre fotocoordenadas y coordenadas del objeto están deducidas en el supuesto de que ambas estén en sistemas cartesianos. De acuerdo con esto las coordenadas de los puntos de apoyo han de transformarse a un sistema cartesiano. Esta transformación requiere muchas veces una gran cantidad de cálculos. Lo que se hace para evitarla es tratar las coordenadas de la proyección como si fuesen cartesianas, lo que supone un cambio en la posición espacial de los puntos, que pasan a estar situados como si la tierra fuese plana (los puntos con una misma Z en un plano). Entonces hay que modificar sus fotocoordenadas. Esta última transformación se incluye en el refinamiento de coordenadas.

Actualmente, la capacidad de cálculo de los ordenadores no hace necesario este artificio y el refinamiento de coordenadas puede terminarse con la corrección por refracción.

SISTEMA DE COORDENADAS CONOCIDO

Los puntos de apoyo tienen coordenadas en la proyección (E, N, H) . Primeramente transformamos estas coordenadas a (λ, ϕ, H) . Posteriormente se pasan a coordenadas geocéntricas $(\bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z})$ (tomando $h=H$). Estas coordenadas ya están en un sistema cartesiano, pero es conveniente transformarlas a un sistema local, en el que la coordenada Z siga aproximadamente la dirección de la vertical. Este sistema estará centrado en la zona de trabajo, preferentemente en un punto con $Z=0$, y con el plano XY tangente a la superficie.²

SISTEMA DE COORDENADAS DESCONOCIDO

Tomamos un punto $(E_0, N_0, 0)$ como origen del sistema cartesiano,

² Si aplicamos a las coordenadas Z una corrección según un modelo de geode, el plano XY será tangente a la superficie del geode y no a la del elipsoide como pudiera parecer. De todos modos dicha distinción es irrelevante y la aplicación de un modelo superflua.

que puede ser la media de las coordenadas (E, N). Los ejes X e Y son tangentes a los ejes E y N en el punto (figura 1).

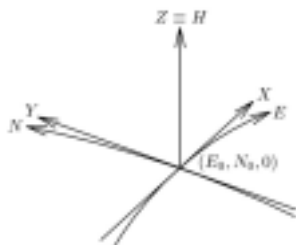


Figura 1

Sea $\Delta E = E - E_0$ y $\Delta N = N - N_0$. Podemos pensar en un principio en tomar como azimut desde el origen de coordenadas a un punto $\theta = \arctan(\Delta E/\Delta N)$ y como longitud del arco entre los dos puntos $S = \sqrt{\Delta E^2 + \Delta N^2}$. Hacer esto supone tratar las coordenadas ΔE y ΔN como las correspondientes a una proyección equidistante centrada en el punto (E_0, N_0) , y las proyecciones equidistantes no conservan los ángulos. Esto planteará problemas con las matrices de rotación, que no quedan bien definidas. Es necesario tratar las coordenadas $(\Delta E, \Delta N)$ como las correspondientes a alguna proyección conforme. La más sencilla es una estereográfica centrada en (E_0, N_0) . Llamaremos R al radio terrestre. Una vez hechas las operaciones, y tras despreciar los términos despreciables, se llega a

$$X = \frac{R + H}{H} \Delta E \tag{1}$$

$$Y = \frac{R + H}{H} \Delta N \tag{2}$$

$$Z = H - \frac{S^2}{2R} \tag{3}$$

que es el mismo resultado al que se llegaría a partir de la proyección equidistante, despreciando también algunos términos. Sin embargo la diferencia teórica es importante. Podemos utilizar esas fórmulas, no porque la proyección equidistante sea aceptable desde un punto de vista teórico, sino porque la diferencia entre ambas para valores pequeños de S es despreciable y, en consecuencia, podemos emplear expresiones simplificadas que son comunes para ambas.

DEFORMACIÓN DEL MODELO

Si no tenemos en cuenta el sistema en el que están las coordenadas de los puntos de apoyo se comete un error. No es debido este error a que el modelo de transformación no sea correcto, ya que las aproximaciones que permiten llegar a unas expresiones sencillas para el paso de (E, N, H) a (X, Y, Z) son despreciables. Entre ellas se encuentra la debida a no conocer la proyección. Se mencionó en particular la igualdad práctica entre la proyección equidistante y la estereográfica. La razón estriba en que las coordenadas (E, N) de la proyección están afectadas por un factor de escala. Si la diferencia de coordenadas entre dos puntos es $(\Delta E, \Delta N)$, lo que miden estas diferencias sobre la superficie terrestre es en realidad $(\Delta E/k, \Delta N/k)$. Si la coordenada H también es-

tuviere afectada por este factor de escala no habría problema, ya que entonces al transformar los puntos de apoyo formarían éstos una figura demasiado grande o demasiado pequeña, y un conjunto de haces proyectivos (las fotografías) puede adaptarse a cualquier escala. Al deshacer la transformación para dar los resultados en el sistema (E, N, H) vuelve todo a la escala correcta.

Como el factor de escala sólo afecta a las coordenadas planimétricas, al transformar las coordenadas sin tenerlo en cuenta estamos deformando el terreno, definido por los puntos de apoyo, al que ha de ajustarse el modelo.



La línea negra representa el terreno real, y la gris el terreno transformado sin tener en cuenta el factor de escala, al que forzaremos que se ajusten los fotogramas. El dibujo corresponde a una escala local de la proyección $k < 1$.

El modelo, para ajustarse al terreno, básicamente lo que puede hacer es agrandarse o empequeñecer, alejando o acercando los fotogramas entre sí. En este caso se acercarán. Pero con eso se reduce el tamaño de todo el modelo, incluidas las diferencias de altura, lo que generará residuos en las fotocoordenadas. Cuando se resuelve la orientación externa, los parámetros que resultan son los que hacen que todos los residuos sean más o menos pequeños, así que resultará un modelo a una escala intermedia entre k y 1. Pero como las variaciones en Z son mucho menores que en X e Y (la tierra es un objeto "plano"), un mismo error en la escala produce un error métrico mucho mayor en planimetría que en altimetría, de modo que el modelo se formará prácticamente a la escala que más se ajuste a la planimetría, es decir, k.



El modelo ajustado es la línea de trazos. Es igual que el terreno pero más pequeño. Al deshacer la transformación de coordenadas y pasar otra vez a (E, N, H), la planimetría vuelve a su dimensión real, pero las coordenadas H siguen disminuidas. El error es $(k - 1)\Delta H$. Al resolver la orientación externa, cada fotograma se mueve de manera que sus haces se ajusten en la medida de lo posible a los puntos de apoyo y a los haces de los fotogramas contiguos. Entonces, no hay que tomar la ΔH de todo el bloque, sino la de cada zona comprendida entre dos fotogramas (el modelo tradicional) (figura 2).

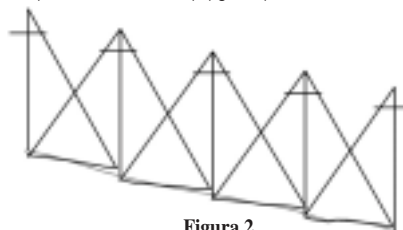


Figura 2

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%

Oferta de lanzamiento Medidor de Distancia Láser
Trimble HD-390 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 3300DR
+ 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, ...”



Estación Total Trimble 3300DR con ACU
Precisión angular: 10cc
Precisión en distancias: 3mm + 3ppm
Alcance: 2.500 m
Controlador ACU: con software Trimble Survey Controller
Medición sin prisma
Disponibles en 10cc y 15cc



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



Medidor de Distancia Láser
Trimble HD-390



Colector de datos DATA V50 bajo Palm Workabout:
Introducción y salida de datos en formatos:
CLIP, ISTRAM, ISPOL, ficheros ABC, etc
Taquimetría - Replanteo - Perfiles

Para $k = 1,0005$, con un desnivel de 1.000 metros el error es 25 cm. Con $k = 1,0002$ y un desnivel de 200 m, el error cometido es 2 cm.

El efecto mayor se produce en las coordenadas de los centros de proyección. Para el valor de k anterior, 1,0005, y una altura de vuelo media sobre el terreno de 6.000 metros, el error es 3 m. Se pondrá de manifiesto si se pueden conocer las coordenadas de los centros de proyección por otros medios (i.e. GPS).

La manera de corregirlo es transformar correctamente las coordenadas.

$$X = \frac{R + H}{H} \Delta E / k \tag{4}$$

$$Y = \frac{R + H}{H} \Delta N / k \tag{5}$$

$$Z = H - \frac{S^2}{2R} \tag{6}$$

$$S^2 = (\Delta E / K)^2 + (\Delta N / K)^2$$

Para fotografía vertical el efecto de este error es exactamente el mismo que el de trabajar con una focal que no es la correcta. Por ello, otra manera de corregir los efectos del error consiste en variar la distancia focal, de forma que los dos errores se anulen. Por ejemplo, con $k = 0,9996$ y $f = 150,000$, si no tenemos en cuenta el valor de k en la transformación de las coordenadas pero introducimos en los cálculos una focal $150/k = 150,060$, obtenemos resultados libres de error en lo que a la escala se refiere.

Esta manera de solucionar el problema, que no parece la más correcta, tiene sin embargo una ventaja práctica. Aplicada a la hora de restituir, como no hay que hacer ninguna modificación a las coordenadas ΔE y ΔN , podemos olvidarnos del factor de escala y la proyección, y la intersección analítica de rayos proyectivos, definidos por las coordenadas de los centros de proyección (correctas), la focal modificada y las foto-coordenadas de las imágenes de los puntos, da como resultado las coordenadas correctas de los puntos, salvo el error en H por esfericidad, que de una manera u otra siempre hay que corregir si no es despreciable. Si no modificamos la focal el programa de restitución tiene que tener en cuenta el factor de escala. De no hacerlo la diferencia de altura que se obtendrá entre los centros de proyección y el terreno será la correspondiente a ignorar el factor de escala, que tiene un error, pero como la posición de los centros de proyección es correcta ese error se transmite al terreno, dando lugar a coordenadas H con un error sistemático importante (en el ejemplo anterior 3 m) (figura 3).

La figura 3a muestra lo que ocurre cuando en el cálculo de la orientación externa se aplica el factor de escala pero en la restitución no se tiene en cuenta de ninguna manera. El programa "cree" que los centros de proyección están a una distancia $\sqrt{\Delta E^2 + \Delta N^2}$, cuando en realidad están a una distancia $\sqrt{\Delta E^2 + \Delta N^2} / k$ (en el dibujo $k < 1$). Al trabajar con una distancia menor que la real se obtienen unos incrementos de H menores que los reales, pero como los centros de proyección se calcularon de forma correcta, el resultado es un terre-

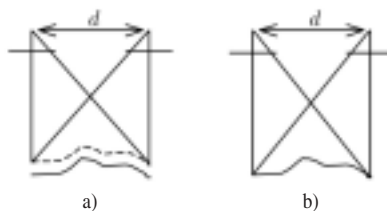


Fig. 3

no elevado. El error es $(1 - k)\Delta H_{terr.}^{c.p.}$. Además, también está el error en los desniveles $(k - 1)\Delta H$.

En la figura 3b el factor de escala se ha tenido en cuenta en la restitución a través de la focal. Las coordenadas son correctas. La manera de aplicar el factor de escala en la restitución no está condicionada por cómo se hizo en el cálculo de la orientación externa. El hecho de que al restituir modifiquemos la focal no significa que hayamos tenido que obrar así en la orientación externa.

En la Tabla I se muestran los errores que se generan en cada caso según se aplique o no el factor de escala en la orientación externa y en la restitución.

O.E	Res.	Absoluta ^{tp.} (1-k)ΔH _{terr.}	Relativo (k-1)ΔH
Sí	Sí	No	No
Sí	No	Sí	No
No	No	No	Sí

Tabla 1

Si las coordenadas están en algún sistema de proyección pero no sabemos cuál o lo ignoramos, estaremos cometiendo un error. Como este error da lugar a residuos en las coordenadas de los puntos de apoyo, podría en teoría estimarse el valor de k en el propio ajuste, siendo el valor estimado aquél con el cual los residuos fuesen menores. Para que esta estimación fuese fiable sería necesario unas diferencias de H entre los puntos de apoyo considerables respecto a la altura de vuelo, mayores que las que se dan en la superficie terrestre, ese objeto plano un poco arrugado. Con observaciones GPS libres de error constante sí que tenemos las variaciones necesarias. Es habitual, y más con GPS, incluir en el ajuste parámetros adicionales (autocalibración). Uno de esos parámetros puede ser la propia focal. Este parámetro absorberá también el factor de escala, si no lo hemos tenido en cuenta en la transformación de las coordenadas, porque los efectos de ambos errores son idénticos.³ Esto conlleva que un valor alejado de 1 (relativamente) de ese parámetro no debe interpretarse como un error en la focal de calibración. Si queremos saber cuál es la diferencia entre la focal calibrada y la estimada, tenemos que eliminar del parámetro calculado la parte correspondiente a k . ■

³ Precisamente porque son idénticos, tampoco sin GPS puede estimarse una focal de manera fiable. Es necesario un objeto con más profundidad que la superficie terrestre.

I+D+i EN LOS INSTRUMENTOS TOPOGRÁFICOS

Por Fernando Sahuquillo, Director Comercial de Topcon España, S.A.

Hasta hace algún tiempo se utilizaban las siglas de I+D (Investigación más Desarrollo) como herramientas fundamentales para el éxito de cualquier empresa que tuviera como uno de sus objetivos el crecimiento o incluso mantenerse, independientemente de cual fuese su sector. Esto se hacía más cierto si el sector era el de los instrumentos topográficos, debido a su alto componente tecnológico, que exige un mayor esfuerzo en investigar y desarrollar nuevos productos que mejoren alguna prestación sobre los existentes.

Recientemente se ha incorporado a estas siglas I+D una *i* minúscula, convirtiendo la expresión en I+D+i. Esta *i* minúscula corresponde a la palabra innovación, entendiendo que no basta con mejorar lo que ya existe sino que las empresas punteras deben aportar nuevas soluciones a sus clientes, inventando y desarrollando nuevos productos.

Topcon, como uno de los fabricantes líderes en el mundo de instrumentos topográficos, como Estaciones Totales, receptores GNSS (GPS, GLONASS, EGNOS,...) instrumentos de nivelación láser y sistemas de control de maquinaria (para motoniveladora, dozer, pavimentadora, fresadora, zanjadora, tractores con traillas, ...) ha entendido que debe aportar a sus clientes soluciones realmente innovadoras que les aporten ventajas que se traduzcan en una mayor productividad, facilidad de uso y prestaciones como precisión, velocidad de ejecución, mejora de la calidad, etc.

Esta filosofía de empresa, que incluye la innovación como una de sus herramientas principales, no es en absoluto nueva para Topcon. De hecho Topcon ha sido pionera en muchas de las soluciones que hoy en día se entienden como estándar en el mercado de instrumentos topográficos. Basta citar como ejemplo los siguientes avances tecnológicos que supusieron verdaderas innovaciones y revolucionaron el sector de los instrumentos topográficos:

- Primera Estación Total del mundo (modelo Guppy) que incorporaba de forma realmente coaxial el eje óptico de puntería y el eje del EDM o distanciómetro electrónico.
- Primer láser de construcción del mundo de Rayo Verde
- Primer sistema de control de maquinaria 3D
- Primer láser de nivelación con alineación automática
- Primer sistema de control de maquinaria con ultra sonido
- Primera estación total con auto focus
- Primer receptor láser de nivelación con monitorización
- Primer sistema automático de excavadora
- Primer sistema GPS topográfico completamente integrado
- Primer láser con tarjeta captadora con escaneado
- Primer sistema de nivelación híbrido digital-líquido
- Primera comunicación óptica para estación total robotizada



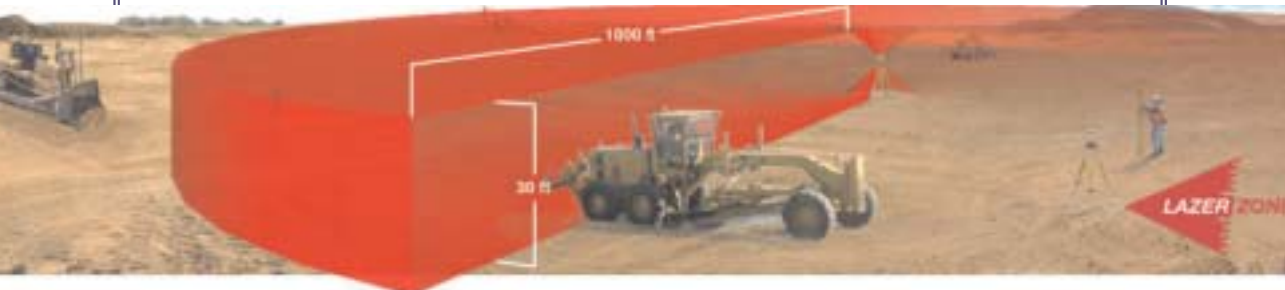
Topcon más recientemente ha incorporado *nuevas innovaciones al sector*, entre ellas cabe destacar las siguientes:

Estación Total GPT-7000 i



Estación Total con medición sin prisma y puntero visible que incorpora dos cámaras digitales, una panorámica y otra coaxial, pudiendo captar y almacenar fotografías en formato jpg de los puntos tomados, así como representar los puntos y líneas tomados directamente sobre las fotografías, consiguiendo así minimizar la codificación, el croquis de campo, e incluso con el software adecuado utilizarse posteriormente para generar modelos 3D a partir de las fotografías tomadas desde dos estacionamientos.

Sistema de Control de Maquinaria 3D mm – GPS



Se trata de alcanzar *una precisión en altimetría de unos pocos milímetros con un GPS*. Para ello se combina un emisor láser y un receptor láser con un receptor GPS RTK. Permite utilizar el sistema para GPS topográfico y para control de máquinas con alta precisión en cota.

Receptor GPS+ : Hiper XT eXtended Technology

Receptor GPS que integra en la misma carcasa: Baterías, receptor GPS y GLONASS, receptor y emisor de radio UHF, modem receptor y emisor GSM/GPRS, antena doble frecuencia GPS y GLONASS, antena de radio UHF y GSM/GPRS, conexión bluetooth (sin cables) a la controladora o libreta electrónica.



Con este receptor, un jalón y la libreta electrónica puede trabajar en una red RTK sin necesidad de ningún otro accesorio, o bien añadiendo otro receptor idéntico y un trípode, dispondrá de una pareja intercambiable para trabajar en RTK con GPS+GLONASS.



Se trata por tanto de un *receptor integrado, totalmente inalámbrico y Doble* porque tiene:

- Doble **CONSTELACIÓN**: GPS y GLONASS
- Doble **COMUNICACIÓN**: Radio UHF y Modem GSM
- Doble **FUNCIONALIDAD**: Utilizable indistintamente como base o móvil incluso en una red RTK



Estación Total GPT-3000 LN



Una *estación total con medición sin prisma y puntero visible capaz de medir hasta 300 metros sin prisma con precisión de milímetros, y hasta 1.200 metros SIN PRISMA con precisión de 1 centímetro.*

También es posible controlar el instrumento con una libreta electrónica con bluetooth sin cables, o utilizar el software incluido con su completo teclado alfanumérico.

Receptor GPS para GIS: GMS-110

Receptor GPS idóneo para alimentar Sistemas de Información Geográfica (SIG), de precisión submétrica y capaz para recibir correcciones diferenciales de Omnistar o de Radio-faros GPS marítimos. Preparado para correcciones del sistema aumentativo europeo EGNOS.



Sistema de Control de Maquinaria: 3Di GPS+



Sistema para controlar un dozer o un tractor mediante GPS, utilizando tanto los satélites americanos GPS como los rusos GLONASS, ofreciendo así más cobertura, sin tener que parar la producción por falta de señal.

Es posible combinar el sistema sólo en modo indicador o visual, o de modo totalmente automático actuando sobre la hidráulica de la máquina.

Conclusión:

Con todas estas novedades aparecidas en los últimos seis meses, *Topcon demuestra su compromiso en seguir investigando, desarrollando e innovando para proporcionar soluciones a sus clientes* que les aporten mayor productividad, seguridad en su lugar de trabajo, facilidad de uso y mejores niveles de calidad en todos los procesos desde proyecto, ejecución y control. *Este es el compromiso del líder mundial en equipos topográficos Topcon.*



Novedades Técnicas

NUEVO COLECTOR DE DATOS TSC2 DE TRIMBLE

El pasado mes de julio Trimble presentó el controlador TSC2, un avanzado ordenador de mano que ofrece un funcionamiento inalámbrico, tanto en el campo como en la oficina. Como ha sido diseñado para soluciones de topografía integrada (Integrated Surveying) utilizando estaciones totales GPS y ópticas, el controlador Trimble TSC2 ofrece una eficacia, flexibilidad y versatilidad mejorada para los profesionales de la topografía, cartografía y construcción.

Al estar equipado con el sistema operativo Microsoft Windows Mobile para Pocket PC, el controlador TSC2 ejecutará el software de campo de Trimble elegido por el usuario. Los usuarios también pueden añadir aplicaciones para Pocket PC especializadas a los programas estándares Microsoft Pocket Messaging (Outlook), Internet Explorer, Word y Excel y el TSC2 albergará las funciones de campo y de oficina en un único dispositivo robusto.



El controlador TSC2 funciona junto con los sistemas topográficos GPS y las estaciones totales de Trimble. Con el empleo de software de campo potente, como Trimble Survey Controller o Tripod Data Systems (TDS) Survey Pro con Trimble Survey Extensions, el controlador TSC2 puede utilizarse para capturar y administrar archivos de datos GPS y ópticos sencillamente cambiando el controlador de un sensor a otro.

Esta solución totalmente integrada brinda a los topógrafos varias características que facilitan el trabajo. El controlador Trimble TSC2 cuenta con una exclusiva tapa intercambiable que permite utilizar accesorios extraíbles, tales como tarjetas de memoria, GPRS, GPS, cámaras y funciones de escáner de productos, ampliando la capacidad de registro de datos e incrementando la productividad. La tecnología inalámbrica Bluetooth integrada del controlador TSC2 elimina la incomodidad de los cables y agiliza la instalación. Cuando el controlador TSC2 se usa con un sistema GPS avanzado, el móvil funciona totalmente sin cables para incrementar



la comodidad y facilidad de uso. La opción de radio interna de 2,4 GHz permite que el controlador se use fácilmente con las estaciones totales robóticas Trimble S6 o Trimble 5600. Y al utilizar la función de accesorios multimedia, un módem GSM/GPRS permite añadir una comunicación totalmente inalámbrica a Internet en el campo.

En la oficina, los datos pueden transferirse rápidamente y con facilidad sobre una red LAN 802.11 inalámbrica, eliminando los cables una vez más y añadiendo comodidad. Y los usuarios en las ubicaciones remotas pueden emplear zonas interactivas para compartir datos con la oficina de forma rápida y segura.

El controlador TSC2 también cuenta con las opciones de comunicación USB y RS232 de serie; los datos pueden transferirse a un PC u otro controlador TSC2 mediante un cable, tecnología Bluetooth, tarjeta CompactFlash o tarjeta de memoria SD (Secure Digital).

La pantalla gráfica en color permite a los usuarios ver mapas de fondo y comprobar el estado del trabajo para lograr un mayor control de datos y visualización; la pantalla es legible a la luz del sol y está iluminada, para facilitar su uso incluso con poca luz. El TSC2 cuenta con un teclado con teclas grandes para las funciones más comunes y una tecla dedicada para acceder rápidamente a los controles de instrumento comunes. El interfaz del usuario incluye las opciones de teclado alfanumérico completo o pantalla táctil y la batería de ion-litio de larga duración suministra alimentación hasta unas 30 horas.

El nuevo controlador también ofrece la robustez de alta calidad de Trimble. Funciona en temperaturas extremas de -30 °C a +60 °C y resiste caídas desde el jalón de hasta 1,2 m sobre superficies duras.

El controlador TSC2 se encuentra disponible en este momento a través de la red de distribuidores de Trimble.

AUTODESK CIERRA LA GIRA CONMEMORATIVA DEL XX ANIVERSARIO DE AUTOCAD

Con casi 2.000 personas registradas y más de 900 asistentes, la gira de celebración del XX aniversario de AutoCad de Autodesk, Inc. (NASDAQ: ADSK), una de las principales compañías de soluciones de diseño por ordenador, concluyó con gran éxito el pasado 19 de mayo en el Casino de Madrid. La compañía ha llevado a cabo esta iniciativa por siete ciudades españolas y sus escenarios arquitectónicos más singulares, para presentar la 20ª versión de AutoCAD, con la colaboración de HP.

La gira "20 años realizando ideas" fue concebida como un particular homenaje a la importante contribución que el software de Autodesk ha supuesto para el mundo de la arquitectura y la ingeniería, por lo que los lugares elegidos para estas presentaciones correspondieron a edificios y obras arquitectónicas que presentan alguna característica especial. Con una primera escala en Barcelona, el 14 de abril, en el Teatre Nacional de Catalunya, la gira de presentación de la nueva familia AutoCAD 2006 recorrió también el Palau de la Música de Valencia, la Casa Pilatos de Sevilla, el Palacio de Congresos de A Coruña, el Palacio Euskalduna de Bilbao y el Edificio Crea de Zaragoza.

En el último escenario de la gira conmemorativa, en el Casino de Madrid, se presentó como caso práctico el Hotel Silken Puerta de América, un importante proyecto multicultural que ha sido enteramente diseñado con las soluciones Autodesk.

La agenda de las presentaciones incluyó espacios dedicados al repaso de la trayectoria de Autodesk, a las mejoras de productividad introducidas con AutoCAD 2006, a la presentación de proyectos realizados en cola-

boración con los equipos HP Designjet 4000 o a las novedades en animación 3D. Se expusieron también interesantes proyectos arquitectónicos y de diseño. Además del Hotel Silken hay que destacar el de la Torre de Jean Nouvel y tres áreas de exposición temáticas diferenciadas que mostraron las distintas novedades de la familia 2006 para los principales mercados de la compañía: arquitectura, SIG e ingeniería civil y mecánica. Una colección de piezas únicas resumía a los visitantes estos veinte años de compromiso de Autodesk con la innovación.

AutoCAD 2006, la XXª versión del software AutoCAD, engloba 25 productos y soluciones con importantes mejoras centradas en la productividad, que permiten al cliente hacer realidad sus ideas con mayor rapidez, al reducir el número de pasos necesarios para realizar una tarea, y con un rendimiento y eficacia superiores. Además de AutoCAD 2006, Autodesk presentó este año Autodesk Architectural Desktop 2006, enfocado a los arquitectos; Autodesk Map 3D 2006, que conecta los datos CAD y los sistemas de información geográfica con exclusivas herramientas geoespaciales; Autodesk Civil 3D 2006, una potente aplicación para ingeniería civil diseñada para aumentar la productividad; y Autodesk Inventor Series, el software de diseño tridimensional más vendido del mundo.

AutoCAD 2006 incorpora mejoras en su interfaz para facilitar la entrada de datos y en las anotaciones que aceleran los cambios en el texto, selección con retícula y cálculos de tablas. Permite además la conversión con un solo clic al formato DWF, para compartir con cualquier persona, de manera instantánea, diseños e información, mediante DWF Viewer, un visualizador que se puede descargar de forma gratuita.

LEICA GEOSYSTEMS PRESENTA LA NUEVA VERSIÓN DE FIRMWARE 2.10 PARA EL SISTEMA I200

Esta versión aumenta la funcionalidad de los receptores de la serie GRX I200 para estaciones de referencia GPS con interfaz Web y formato BINEX. Además, ahora los rovers GX1230 RTK soportan el nuevo formato de correcciones de red RTK, RTCM v3.

Los sensores Leica GRX I200 ahora están equipados con un interfaz Web que permite la configuración y el manejo del instrumento usando un navegador web estándar. El interfaz Web incluye todo lo que se necesita para configurar el instrumento y proporcionar correcciones convencionales RTK a través de uno o más puertos, para registrar datos brutos en la tarjeta CF y clasificar datos GPS para otros usuarios. Las conexiones Ethernet al igual que los cables seriales se pueden usar para establecer conexiones entre el ordenador y el sensor.

El interfaz Web se puede usar para la configuración avanzada de los sensores que funcionan en una red GPS Spider o para manejar una estación de referencia GRX I200 sin software de control externo, siendo, al mismo tiempo, independiente del sistema operativo de cualquier ordenador. Además de la seguridad proporcionada por el sistema operativo propio, y las restricciones del grupo de acceso IP, los sensores GRX I200 están ahora equipados con codificación SSL (conexiones de red seguras) para un grado de seguridad incluso mayor.

El sensor GRX I200 soporta BINEX (Formato de Intercambio Binario). Este es un formato de intercambio para datos GPS definidos por UNAVCO, y a menudo se usa en proyectos científicos que implican

estaciones de referencia GPS. La división en grupos en tiempo real de los datos BINEX es soportada por todos los sensores Leica GPS I200.

Con la versión de software 2.10, los rovers Leica GX1230 RTK serán capaces de recibir y aplicar mensajes de correcciones de red RTK que se ajustan al próximo formato estándar RTCM v3.0 y al concepto Master-Auxiliary; Esto permitirá que se beneficien de precisiones incluso más altas y exactitud en mayores rangos comparado con una estación individual RTK convencional. Leica GPS Spider 2.0/SpiderNET es el primer software de red RTK en el mercado capaz de soportar la generación y transmisión de mensajes de red RTK utilizando el concepto Master-Auxiliary, estando todo el tiempo en completo acuerdo con este estándar del nuevo RTCM v3.0. Leica Geosystems ha estado implicada sensiblemente en el desarrollo del concepto Master-Auxiliary incluyendo su concepción y subsiguiente definición como mensaje del nuevo RTCM v3.0.

Se proporcionan correcciones tanto desde sólo una estación de referencia individual, como de una extensa serie de servicios desde una red RTK a escala nacional. Las soluciones para estaciones de referencia de Leica GPS Spider, incluyen sistemas de software y hardware hechos a medida pero escalables, diseñados para la mínima interacción del operador pero al mismo tiempo, proporcionan el máximo beneficio al usuario.

Para obtener más información visitar www.leica-geosystems.com/NRS.

LEICA GEOSYSTEMS EN LOS TÚNELES DE PAJARES

El Presidente del Gobierno, José Luis Rodríguez Zapatero, ha presidido el inicio de las obras de excavación de los Túneles de Pajares, con la puesta en marcha de la primera de las cinco tuneladoras que realizarán esta obra, que forma parte de la línea de

alta velocidad Madrid-Gijón. El acto ha tenido lugar en la localidad leonesa de La Pola de Gordón, donde está situada la boca sur de este tramo.

Los túneles de Pajares constituyen la actuación de mayor complejidad técnica de la línea de alta velocidad que conectará la meseta con la zona galaico-cantábrica. Asimismo, la inversión de 1.400 millones de euros en la construcción de estos túneles es una de las más altas consignadas para la realización de túneles y viaductos ferroviarios en España.

En la perforación de los Túneles de Pajares participarán cinco tuneladoras y representa un gran reto de ingeniería de similar magnitud a los reciente-

mente calados Túneles de Guadarrama. Los Túneles de Pajares tendrán una longitud de 25 kilómetros, lo que los convierte en los sextos más largos de Europa y los séptimos del mundo.

Dada la complejidad e importancia de las obras, se han elegido empresas concesionarias que se sitúan en la vanguardia de la tecnología mundial en materia de construcción de túneles y ofrecen las máximas garantías en términos de eficacia y seguridad. **Leica Geosystems**, a través de su distribuidor Lógica equipamientos integrales, ha proporcionado hasta ahora todo el equipamiento topográfico, de las más altas prestaciones, necesario para llevar a cabo la obra en ejecución más importante de España.



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

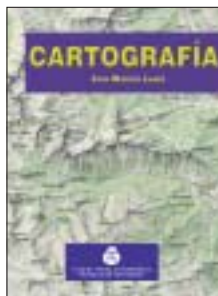


☎ 963 711 698



Narváez
Topografía, S.L.

Libros Técnicos



Título: Cartografía
Autor: José Martín López

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



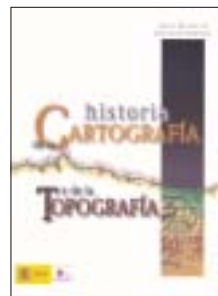
Título: Las series del mapa topográfico de España a Escala 1:50.000
Autores: Luis Urteaga y Francesc Nadal

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



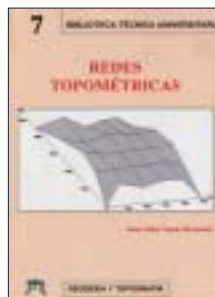
Título: Fotografía Moderna: Analítica y Digital
Autor: José Luis Lerma García

43,34 € Ref. 5006



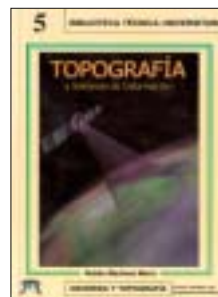
Título: Fotogrametría analítica
Autores: Felipe Buill - Amparo Núñez - Juan José Rodríguez

11,54 € Ref.: 804



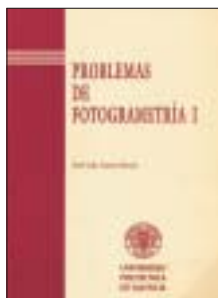
Título: Redes Topométricas
Autor: Juan Pedro Carpio Hernández

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



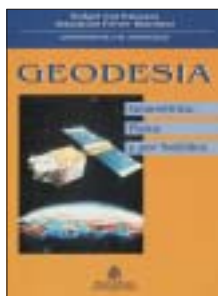
Título: Problemas de Fotogrametría III
Autor: José Lerma García

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



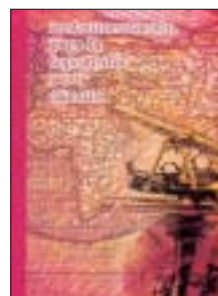
Título: Geodesia y Cartografía Matemática
Autor: Fernando Martín Asín

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**

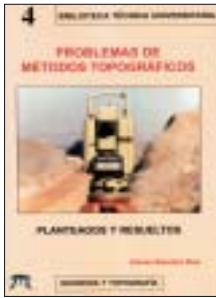
Autores: Miquel Estruch Serra y Ana Tapia Gómez

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

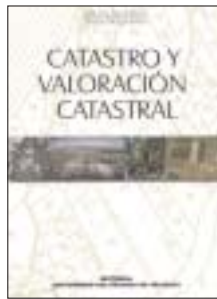
36,10 € (30,10 € coleg.) Ref. 2003

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



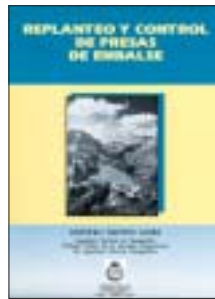
Título: **Catastro de Rústica**
 Autores: José Luis Berné Valero y Carmen Femenia Ribera

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, 2º 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

TALLER TÉCNICO SOBRE LA TOPOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA ANDALUZA

El pasado día 3 de junio, organizado por la Delegación Territorial en Andalucía del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía y por el Instituto de Cartografía de Andalucía, se celebró en Sevilla, en la sede del Antiguo Convento de Santa María de los Reyes, el primer TALLER TÉCNICO SOBRE LA TOPOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA DE ANDALUCÍA, destinado a Ingenieros Técnicos en Topografía.

La participación desbordó todas las expectativas de la organización, por lo que, debido al aforo limitado del aula disponible, numerosos asistentes lamentablemente no pudieron asistir, lo que animó a los organizadores a intentar celebrar un nuevo taller en el momento en que sea posible.

Inauguró el taller técnico D. José Luis Gutiérrez Gorlat, Subdirector del Instituto de Cartografía de Andalucía, quien mostró su satis-



Apertura de la jornada. Mesa presidencial, de izquierda a derecha, D. Antonio Nuevo, D. Antonio García, D. José Luis Gutiérrez y D. Joaquín Cortés



D. Pedro Cavero Abad, Decano del COITT, impartiendo su conferencia

facción por este acto, por lo que supone de acercamiento y colaboración del Instituto Cartográfico de Andalucía (ICA) con los profesionales de la cartografía y de la topografía.

A continuación, se desarrollaron, en horario de mañana y tarde, las siguientes conferencias, actuando de coordinadores D. Antonio García Hernando, I. T. en Topografía del ICA, y D. Antonio Nuevo Bono, Delegado Territorial en Andalucía del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía..

- “*Cartografía Histórica*”, por D. Joaquín Cortés José, Técnico de la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía.
- “*Sistemas Planimétricos de Referencia y Representación*”, por D. Mario Ruiz Morales, Director Regional del IGN, en Andalucía Oriental.

- "Actualización del Parcelario Catastral; Oficina Virtual del Catastro (OVC)", por D. Miguel Ángel Castilla Blázquez, Jefe de Servicio de Catastro y Delegado Provincial en Granada del COITT.
- "Influencia de la Geodinámica Interna en la Morfología y Parámetros Geodésico-Topográficos de la Tierra", por D. Antonio Jesús Martín Martín, Director Regional del IGN en Andalucía Occidental.
- "Nuevo Sistema de Captura Topográfica de Precisión: LIDAR", por D. Joan Romeo Ripio, Proyectos Externos del Instituto Cartográfico de Cataluña.
- "Cámaras Fotogramétricas Digitales", por D. Joan Romeo Ripio, Proyectos Externos del Instituto Cartográfico de Cataluña.
- "La Declaración de Bolonia: Impacto Académico y Profesional en España. Titulación de Ingeniero en Geomática y Topografía", por D. Pedro J. Cavero Abad, Decano del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía.
- "Página Web del ICA", por D^a M^a Teresa Garrido Borrego, Técnico del ICA.
- "La Red Andaluza de Posicionamiento (RAP)", por D^a Cristina Torrecilla Lozano, del Departamento de Ingeniería Gráfica de la Escuela Superior de Ingeniería de Sevilla.
- "Cartografía Territorial y Urbana del ICA", por los I.T. en Topografía, Técnicos del ICA, D. Víctor Corral Pinel y D. Antonio García Hermandó.

Para finalizar, se celebró un coloquio, en el que D. José Luis Gutiérrez, Subdirector del ICA, manifestó su deseo y esperanza de que estas jor-



Aspecto general de la Sala de Conferencias. En primer plano, de izquierda a derecha, tres de los conferenciantes: D. Antonio J. Martín, D. Mario Ruiz Morales y D. Pedro Cavero

nadas supongan un mayor conocimiento y colaboración del ICA con los Ingenieros Técnicos en Topografía, y su deseo de que se repitan. Por su parte, D. Antonio Nuevo Bono, Delegado Territorial en Andalucía del COITT, manifestó, en su nombre y en el de todo el colectivo de I.T. en Topografía, su agradecimiento, tanto al ICA, por el patrocinio de la jornada, proporcionando el local y todos los medios necesarios para su desarrollo, como a los conferenciantes, ya que intervinieron de forma totalmente desinteresada.

NECROLÓGICA

El pasado 14 de junio falleció en Palencia el I.T. en Topografía D. Julián Aguiña Martín a la edad de 60 años.

Tras finalizar sus estudios en la Escuela de Topografía de Madrid, ingresó en 1972 por oposición en el Cuerpo Nacional de Ingenieros Técnicos en Topografía, siendo destinado a la Delegación Provincial en Palencia del Instituto Geográfico Nacional, donde prestó sus servicios de forma ininterrumpida hasta la fecha de su fallecimiento.

Miembro de numerosas asociaciones técnicas y científicas, fue un miembro activo del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía, donde actualmente desempeñaba el cargo de Delegado Territorial en Castilla y León.

Desde estas páginas nos unimos al dolor de sus familiares por su pérdida.



TOPCART REVISTA DEL COLEGIO OFICIAL DE
INGENIEROS TÉCNICOS EN TOPOGRAFIA

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

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 € <input type="checkbox"/>	

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

Índice 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 Assoc.
C/ Trullols, 10 Ent. 2ª Barcelona (08035)
Tel./Fax: 93 418 66 02
Móviles: 629 94 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

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



EDEF
Estudio de Fotogrametría

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



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



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




S&C

Distribuidor 

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

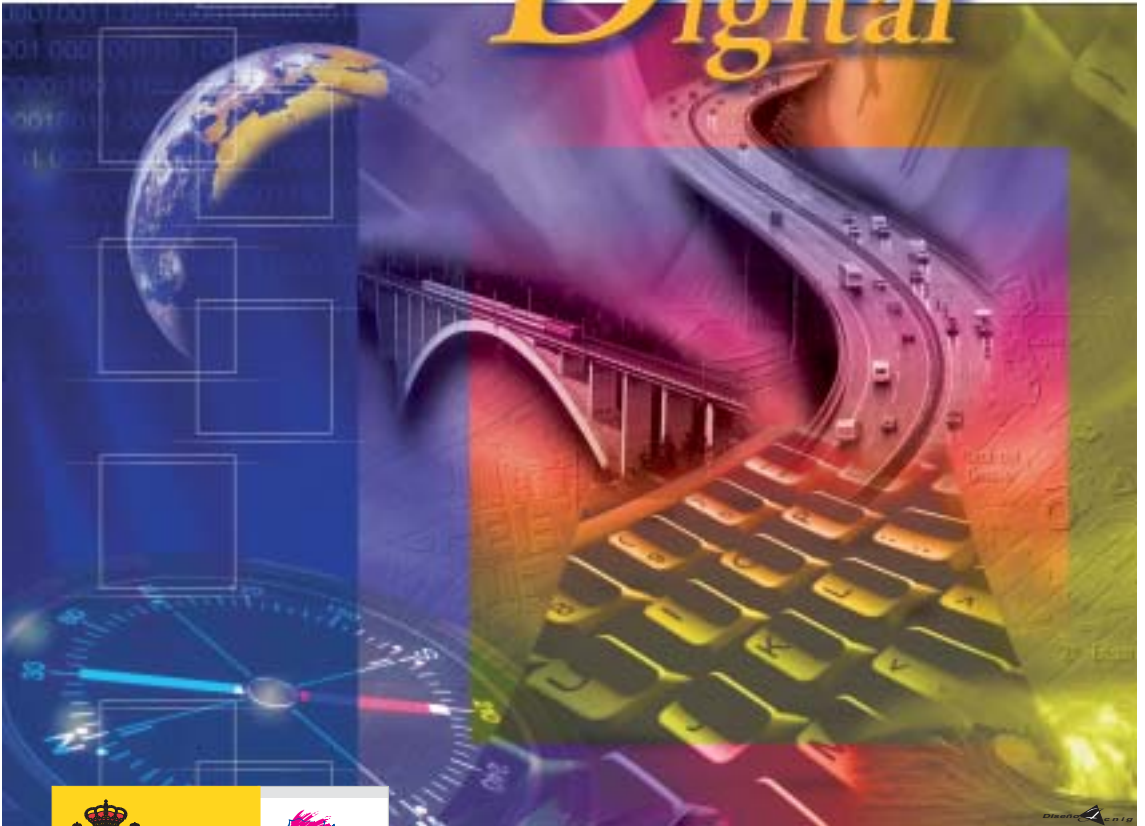
Alvaro Molina Topografía-G.P.S.
Alquiler y Servicios Topográficos

Sistemas G.P.S. 

Centimétrico, Decimétrico, Submétrico, Métrico

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

Cartografía Digital



BASE CARTOGRÁFICA NUMÉRICA (BCN I 000, 500, 200, 25),
MAPA TOPOGRÁFICO NACIONAL (MTN50, 25),
MODELO DIGITAL DEL TERRENO (MDT I 000, 200, 25),
LÍNEAS LÍMITE, BASE DE DATOS DE POBLACIÓN, MAPA DE USOS DEL SUELO,
MAPA INTERACTIVO DE ESPAÑA, MAPA POLÍTICO DE EUROPA,
MAPA POLÍTICO DEL MUNDO, CALLEJEROS Y OTROS PRODUCTOS.

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 • <http://www.cnig.es>