

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

TOPOGRAFÍA MODERNA

La Estereofotogrametría en 1915⁽¹⁾

Conferencia dada en el Instituto de Ingenieros Civiles por don José María Torroja, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. (2).

(CONCLUSIÓN)

V.—APLICACIONES DEL ESTEREOAUTÓGRAFO.

Si fuera puramente especulativo el carácter de esta conferencia, pondría aquí punto final y no molestaría más vuestra atención, sobradamente fatigada.

Pero estamos en una Asociación de Ingenieros y, como tales, hemos de orientar en sentido práctico nuestras investigaciones. Conocéis el fundamento del método fotográfico estereoscópico, sabéis en qué consiste y cómo trabaja el estereoautógrafo, conocéis el lado teórico de estas cuestiones; pero muchos de vosotros pensáis, sin duda: ¿qué fruto práctico puedo yo sacar de todo esto para mis estudios, mis proyectos y mis construcciones?

Al salir de esta conferencia pesada y monótona, ¿he conseguido yo algo más que conocer un invento ingenioso de lejaniastierres que quizá mañana olvide y jamás haya de aprovechar?

Yo os confieso que si en este punto diera término a mi disertación, sin contestar cumplidamente a tan naturales preguntas, creería haber defraudado vuestras esperanzas y haberos robado el tiempo que tan benévolamente me dedicásteis.

Pero mi propósito es diametralmente opuesto; yo quiero que salgáis de aquí satisfechos y esperanzados por haber hallado un medio de hacer mejor y más deprisa muchos de los trabajos que tenéis entre manos. Quiero que reconozcáis conmigo que el nombre de Orel ha de figurar por derecho propio entre los de los más ilustres Ingenieros de nuestro siglo.

El movimiento, me diréis, se demuestra andando: ¿cuántos kilómetros cuadrados de plano se llevan hechos por el nuevo

método estereoscópico? ¿Qué rapidez y exactitud se ha alcanzado en estos trabajos?

Los trabajos realizados hasta la fecha con el estereoautógrafo en diversos países de Europa pasan de 4.000 kilómetros cuadrados.

Creo que este dato es elocuente y garantiza, por sí solo, las ventajas del aparato de Orel.

Para que podáis formaros una idea de algunos de estos trabajos, pasaremos revista a los principales.

El Instituto Geográfico Militar de Viena se ocupa, hace años, en construir el plano del Tirol a escala de $1/25000$.

De 1899 a 1904 levantó, por la Fotogrametría ordinaria ó de Laussedat, el plano de 1.278 kilómetros cuadrados. En 1903 adquirió un estereocomparador para aplicar el método estereoscópico y compararle con el anterior, y de 1905 a 1907 obtuvo con el empleo combinado de ambos métodos 1.270 kilómetros cuadrados.

De la comparación de ambos resultó que, mientras el primero daba, por término medio, 2 kilómetros cuadrados diarios por brigada, el segundo rendía 10; es decir, cinco veces más. Como además el método de las paralajes daba un trabajo muy superior en calidad al obtenido con el de intersecciones, éste quedó abandonado por completo (1). Con el método estereoscópico, único que por esta fecha se empleó, obtuvo el Instituto, de 1909 a 1912, un total de 2.880 kilómetros cuadrados de plano. Todos estos trabajos fueron dirigidos por el Capitán Orel, que prestaba sus servicios en el citado Instituto. A fines de 1912 pidió el pase a la reserva para dedicarse particularmente a explotar la patente de su aparato. Con este motivo, los trabajos del mapa del Tirol austriaco sufrieron un retraso y la campaña de 1913 fué sólo de veinte días; en tan corto tiempo, y bajo la dirección del Teniente Woolf, se obtuvieron 390 kilómetros cuadrados con 26 bases, ó sea, 11 kilómetros cuadrados por base.

Orel, entretanto, se ocupaba en levantar el plano del macizo del Dachstein (Stiria), que comprendía 365 kilómetros cuadrados, y le había sido encargado, a escala de $1/25000$ por el Club Alpino Austro-Alemán. Este trabajo, del que estuvo especialmente encargado el Ingeniero alemán Dr. Lüscher, y que fué uno de aquéllos en que tomé yo parte durante mi último viaje de estudio, fué realizado en treinta días útiles de trabajo y con 43 bases; resultando, pues, un rendimiento medio de

(1) Por omisión involuntaria dejaron de incluirse en el núm. 2.106 de la Revista, y van en éste las figuras 2.^a y 3.^a de esta Conferencia. También se publica la figura 4.^a, en la que aparecen las letras citadas en la descripción del estereocomparador (pág. 54 del núm. citado). La escasez de papel, a consecuencia de la guerra, ha obligado a diferir para otro número los planos números 4, 5 y 8.

(2) Véase el número 2106.

(1) Los rendimientos medios por base fueron, respectivamente, de 1,2 y 8,6 kilómetros cuadrados en los métodos de Laussedat y Orel.

12 kilómetros cuadrados por día y 8,7 kilómetros cuadrados por base. El trabajo de gabinete se realizó en poco más de tres meses. En las fotografías números 6, 7 y 8 pueden verse algunas de las fotografías de estas regiones, y en la lámina 2.^a el plano que de ellas se dedujo.

El verano último se hicieron dos trabajos análogos en la Saboya francesa para la Sociedad de las Fuerzas Motrices del Arve. Un plano de 110 kilómetros cuadrados á escala de $1/20000$ en Chedde para estudio de saltos de agua, y otro de 32 kilómetros cuadrados en la vertiente francesa del Mont-blanc como comprobación del antiguo plano de Vallot.

No es sólo para escalas pequeñas ó geográficas ($1/20000$ y $1/25000$) para las que el método estereocautómático ha sido empleado con fruto. También se ha aplicado el estereocautógrafo á multitud de planos para estudios y proyectos de ingeniería, que requieren escalas de $1/500$, $1/1000$ y $1/2500$.

Citaremos, entre ellos, el plano que en un terreno casi inaccesible se hizo en Fium (Croacia) para establecer nuevas conduc-

todo estereoscópico, puede aplicarse en condiciones aceptables á los casos en que menos acentuado resulta el relieve óptico, base del sistema, los de terrenos llanos vistos desde un punto poco dominante. Parece que, no habiendo en ellos formas fuertemente pronunciadas, la coincidencia del estilete del estereocomparador había de ser muy imperfecta. La práctica demuestra que no es así, y que aun en tan desfavorables condiciones puede hallar empleo ventajoso el invento del Capitán Orel.

Como prueba de nuestro aserto, puede verse el terreno representado en la fotografía núm. 14. Desarrollándose todo él en una superficie casi plana, de cota muy aproximada á la del punto de vista, parece que no había de presentar relieve alguno, al observarse con el estereoscopio. En la lámina núm. 6 puede verse el plano obtenido por el método estereoscópico (curvas de línea llena) y el deducido de una espesa red de puntos taquimétricos (curvas de puntos). Ambos sistemas de curvas concuerdan en líneas generales y así se comprueba en el perfil longitudinal que en el ángulo superior izquierdo de la figura aparece. Entre

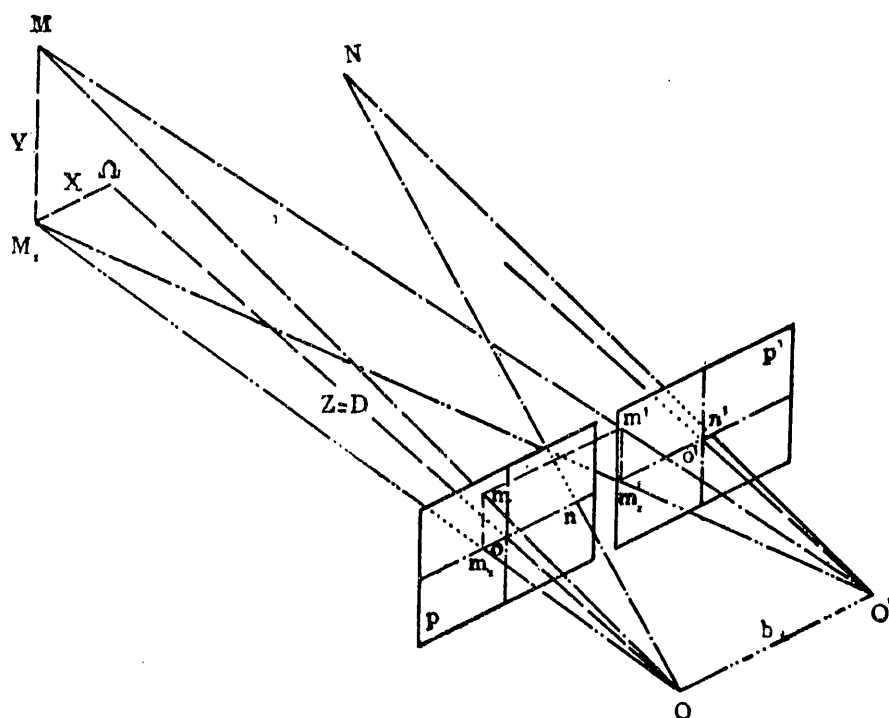


Fig. 2.^a

ciones forzadas para una fábrica de electricidad (fotografía número 9 y plano núm. 3). La absoluta fidelidad con que se obtuvieron las menores sinuosidades de un terreno tan extraordinariamente difícil permitieron hacer en el gabinete el proyecto exacto de la obra, que fué luego replanteada sin dificultad.

Otros dos trabajos notables se realizaron el verano de 1913 en Bulgaria, á escala de $1/2000$ para estudio de otros tantos pantanos.

Proyectábase uno de ellos (fotografías números 10 y 11 y lámina núm. 4) en un profundo desfiladero y exigió, por lo quebrado de su perfil, nueve bases. Las curvas se detallaron de dos en dos metros hasta cierta altura, y luego de diez en diez.

De condiciones enteramente distintas era el otro pantano, representado en las fotografías números 12 y 13 y lámina número 5. El terreno era aquí despejado y esta circunstancia hizo que el horizonte de las ocho fotografías obtenidas fuera mucho mayor.

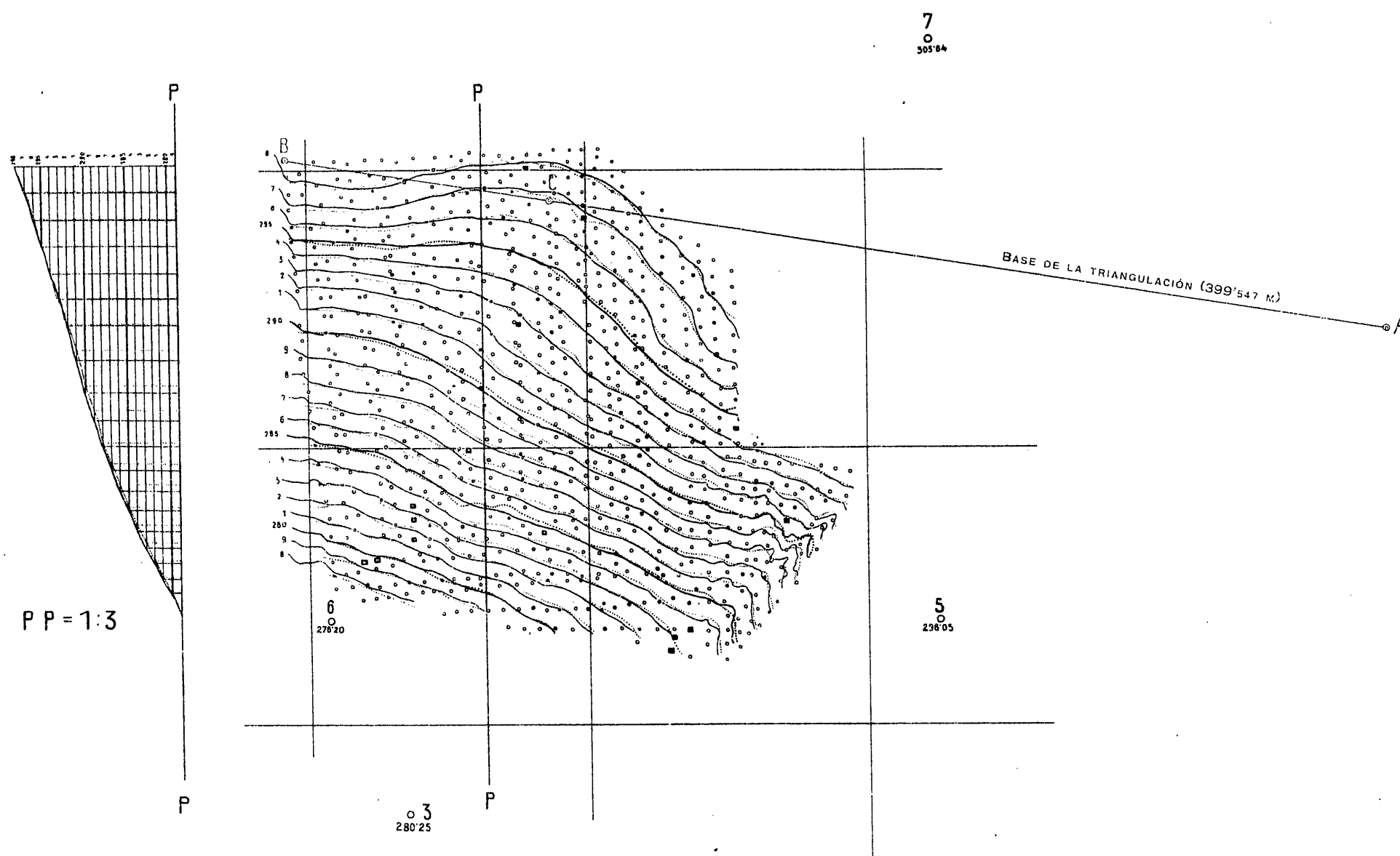
Los planos que acabáis de ver, elegidos entre otros muchos, os muestran los satisfactorios resultados que del estereocautógrafo se han obtenido en los casos más diversos: á escalas grandes y pequeñas y con terrenos más y menos quebrados.

Aunque es en éstos en los que más ventaja presenta el mé-

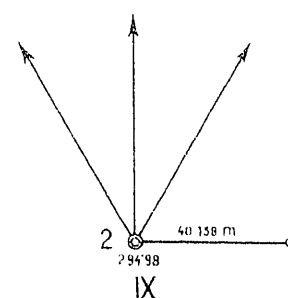
todos los puntos taquimétricos representados por pequeños círculos aparecen algunos marcados con cuadrados; son los puntos erróneos que, como siempre sucede, aparecen entre los aceptables. La carencia absoluta de estos errores aislados es una de las mayores ventajas del método estereoscópico.

Este trabajo, y otros análogos en los que no nos detenemos para no hacer interminable nuestra conferencia, constituyen el más decisivo argumento contra los que afirman que la fotografía exige en el terreno condiciones muy especiales para poderse aplicar con éxito, y han llegado á sostener, empleando una frase consagrada, que sólo debe aplicarse en terrenos que se presentan en forma de anfiteatro.

Indudablemente es éste el caso ideal, aquél en que la ventaja del método que estudiamos es más decisiva: como que ha llegado á haber en Tirol una estación de estas condiciones que ha dado, por sí sola, los datos de ¡72 kilómetros cuadrados! Pero sin llegar á este límite que parece fantástico, ni acercársele siquiera, la cifra de 12 kilómetros cuadrados por día que resultó como media de 1.500 kilómetros cuadrados de plano del Tirol, prueba de modo indudable que no es tan difícil encontrar zonas apropiadas para dominar por entero grandes macizos montañosos.



——— CURVAS OBTENIDAS CON EL ESTEREOAUTÓGRAFO.
 ÍDEM INTERPOLADAS ENTRE LOS PUNTOS TAQUIMÉTRICOS.
 ○ PUNTOS TAQUIMÉTRICOS EXACTOS.
 □ ÍDEM ÍD. ERRÓNEOS.

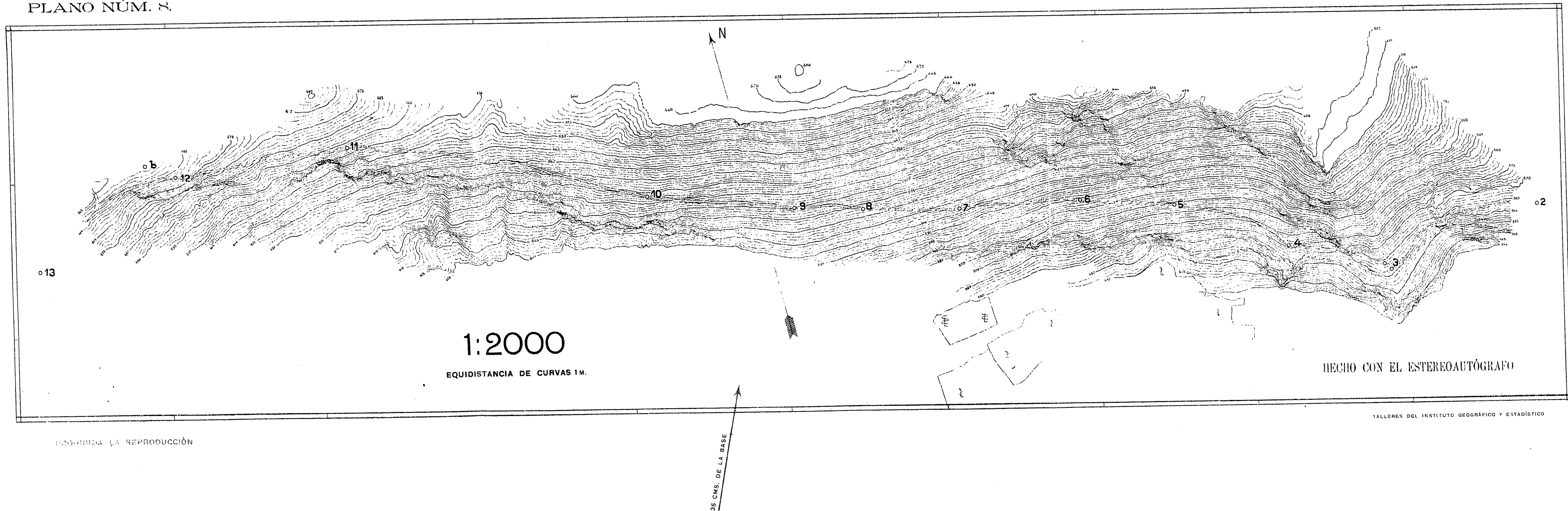


COMPARACIÓN
 DE UN
 LEVANTAMIENTO TAQUIMÉTRICO
 CON EL
 ESTEREOAUTOGRAFICO

1:2000

EQUIDISTANCIA DE CURVAS 1M.

PLANO NÚM. 8.



HECHO CON EL ESTEREOAUTÓGRAFO

TALLERES DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO Y ESTADÍSTICO

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN

El método autoestereoscópico ha traspasado las fronteras de Austria, en que nació, y hoy se emplea el aparato de Orel en Alemania y Argentina, se ha adquirido, aunque debía de estar aún en período de ensayo al estallar el actual conflicto, en Noruega, Brasil, Rusia, Suiza, Italia y Francia.

Afortunadamente nuestra Patria, que tan preponderante papel desempeñó en los albores de la Fotogrametría, como antes hicimos constar, y que posteriormente quedó harto rezagada, vuelve hoy á ganar el terreno perdido y, con más ó menos rapidez, establece el método estereoscópico en algunos de los principales Centros del Estado que á trabajos topográficos se dedican.

En una Memoria que sobre estos asuntos publicamos hace

cido, en mayor ó menor escala, emplear el método estereoscópico (1).

Los aparatos de campo para todos ellos se han construido, ó están construyéndose, con arreglo á planos nuestros, en el Laboratorio de Automática que dirige nuestro respetable y querido Jefe el sabio Ingeniero de Caminos Excmo. Sr. D. Leonardo Torres y Quevedo. El entusiasmo con que este ilustre inventor ha puesto su taller á disposición de aquellos Centros y el eficaz apoyo que en nuestros trabajos nos ha prestado, han sido parte muy principal en el rápido desarrollo que en nuestro país toma el nuevo método.

El ilustrado Teniente coronel D. Arturo Vallhonrat, primer Jefe de la Brigada Topográfica de Ingenieros, directamente alu-

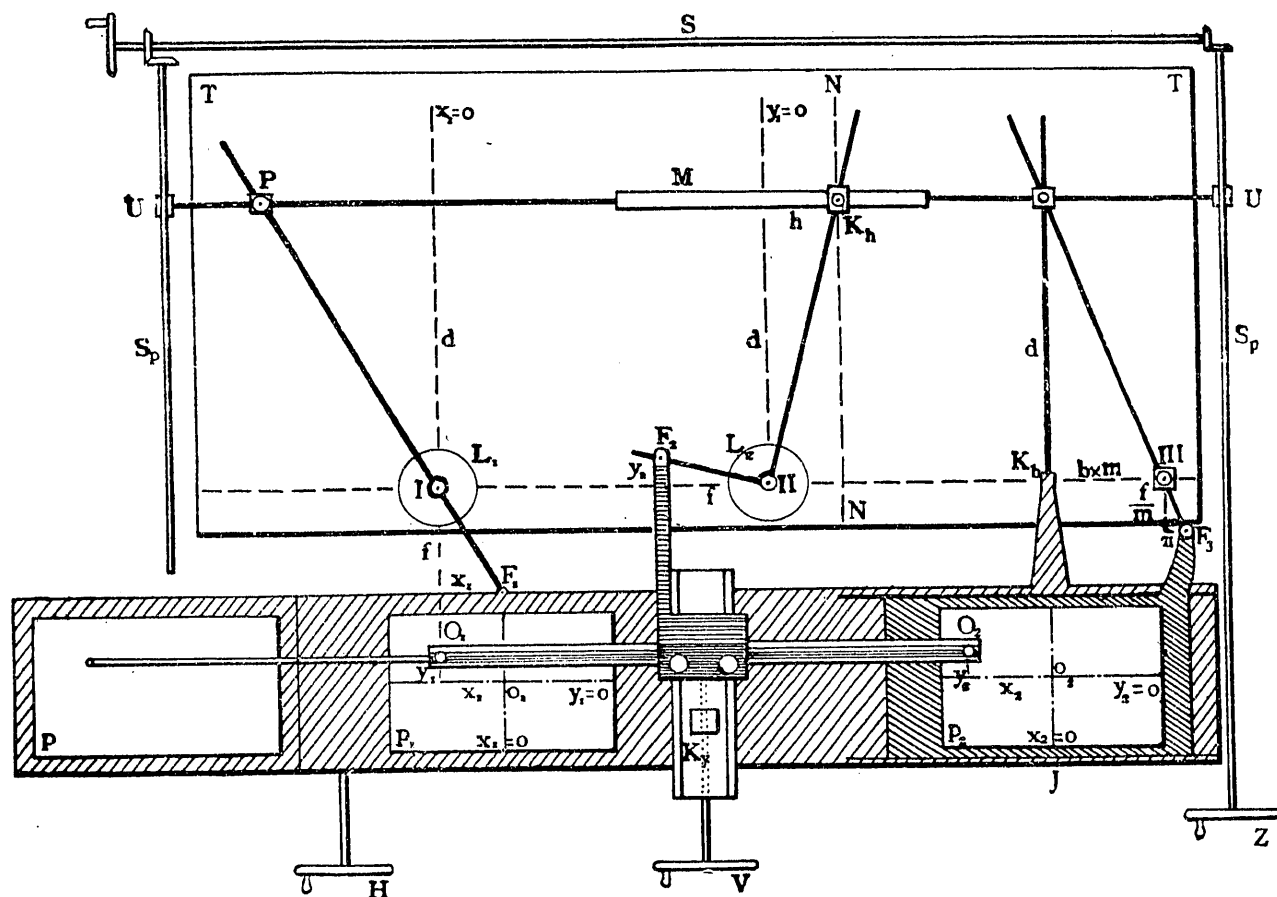


Fig. 3.^a

poco más de un año (1), decíamos, á la vuelta de otras consideraciones:

«El Instituto Geográfico y Estadístico de nuestro país llegará muy pronto, en el levantamiento del plano general de la nación, á las abruptas estribaciones del Pirineo; los Oficiales de Ingenieros y del Estado Mayor luchan hace tiempo con grandes dificultades en sus trabajos geográficos del Norte de Africa. Unos cuantos aparatos fotográficos bastarían para abreviar extraordinariamente el trabajo de campo, que tan penoso hacen los fríos en un caso y los rifeños en otro.

«Esperemos lleguen á convencerse de esto los Jefes de los servicios citados, y todos los que á este género de trabajos se dedican; si á este resultado podemos contribuir en algo con las siguientes páginas, daremos por bien aprovechado el tiempo que en prepararlas y escribirlas hemos empleado.»

La contestación á este llamamiento no se hizo esperar; tres organismos oficiales la han dado cumplida: el Instituto Geográfico y Estadístico, la Dirección general de Obras públicas y la Brigada Topográfica de Ingenieros militares. Los tres han de-

dido en el párrafo á que antes hicimos referencia, comprendió bien pronto la necesidad en que se encontraba de estudiar y organizar el nuevo procedimiento en el servicio que dirige. Ha comenzado en el Pirineo los trabajos de campo y tiene encargado un estereocomparador, en espera de disponer de cantidad suficiente para adquirir un estereofotógrafo Orel.

Los únicos trabajos estereofotogramétricos realizados hasta el día en nuestro país —y aun en toda la Europa Occidental— han sido los del Instituto Geográfico y Estadístico. De estos trabajos hemos sido encargados desde su principio, y por ello podemos detallarlos.

A propuesta nuestra, y previo informe favorable del Consejo del Servicio Geográfico, el Excmo. Sr. D. Angel Galarza, Director general entonces de aquel Centro, dispuso procediéramos al proyecto y construcción de un fototaquímetro y sus accesorios, aparatos á que antes nos referimos. Terminados éstos

(1) Levantamiento de planos por medio de la Fotografía estereoscópica, por José María Torroja, Madrid, 1913.

(1) Después de pronunciada esta conferencia, tuvimos noticia de que, con fecha 15 de Mayo de 1915 se dió orden de que el Depósito de la Guerra ensayara el método fotoestereoscópico y adquiriese un fototaquímetro que preparaba el prestigioso Teniente coronel de Estado Mayor y Profesor de la Escuela del Cuerpo D. Alejandro Más y Zaldúa cuando, hace un año, le sorprendió la muerte.

en la primavera pasada, el nuevo Director, Excmo. Sr. D. Francisco Martín Sánchez, nos ordenó hiciéramos con ellos un trabajo de ensayo en la vecina sierra del Guadarrama.

El resultado de este ensayo (lámina núm. 7), favorablemente informado por la Superioridad, ha decidido la adopción definitiva del método para trabajos en terreno montañoso.

Las fotografías números 15, 16, 17, 18 y 19, representan algunas zonas del ensayo.

Comprendía este trabajo zonas de los más diversos caracteres y de él hemos deducido valiosas enseñanzas. Puede afir-

mero 8). Y hay que tener en cuenta que las placas encierran los datos de las vertientes del valle en toda su altura, y cada trazado posible puede estudiarse en la zona conveniente, mientras que el plano taquimétrico, preparado siempre con escasa holgura alrededor de la línea que se estima probable, resulta frecuentemente escaso, y obliga á inventar lo que falta, si es poco, y si es mucho, á volver al terreno á completar lo que se juzga ahora indispensable y antes se abandonó.

Lo mismo puede decirse de multitud de pequeños trabajos topográficos para proyectos de pantanos, saltos de agua, puen-

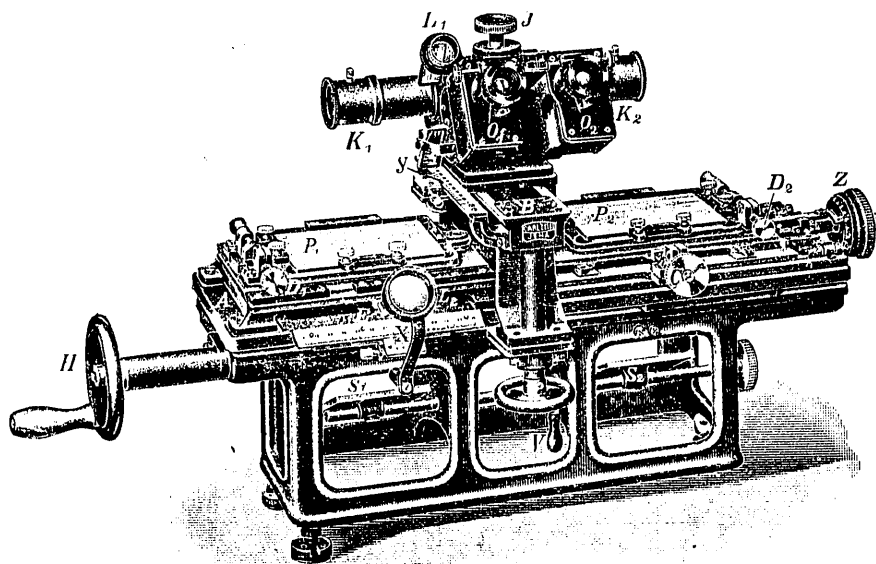


Fig. 4.ª

marse, desde luego, que la configuración del relieve de nuestra Península, compuesto, en su mayor parte, por mesetas llanas y cordilleras estrechas, no es, ni con mucho, tan favorable para la visualidad en buenas condiciones como el extenso macizo de los Alpes, red intrincada de sierras elevadas, cada una de las cuales ofrece numerosos puntos dominantes sobre las que la rodean. Esto quiere decir que el rendimiento del estereoaquígrafo será en nuestro país menor que el anteriormente indicado; pero por mucho que se reduzca habrá de resultar, y de hecho ha resultado en nuestra campaña, incomparablemente superior al de todos los métodos actuales.

Finalmente, el Excmo. Sr. Director general de Obras públicas, D. Abilio Calderón, apreciando desde el primer momento las grandes ventajas que había de presentar el nuevo método en los múltiples trabajos que su Departamento comprende, decidió inmediatamente adquirir todos los aparatos necesarios para su aplicación, incluso un estereoaquígrafo 1915, que será acaso el primero que funcione en el Occidente de Europa, cuando cesen las anormales circunstancias por que hoy atravesamos.

¡Lástima grande que la premura con que hubieron de hacerse los estudios de los ferrocarriles directo de Madrid á París y de Zamora á Orense impidió que éstos se hicieran por el método estereoscópico como en un principio se había pensado! Porque el nuevo método tiene en España especial aplicación por ser montañoso y tener pocos trabajos geográficos generales.

Y es en muchos casos notablemente ventajoso el caso de estudios de vías de comunicación en terreno quebrado. Desarrollanse éstos por valles ó menos amplios, determinados necesariamente por puntos de paso que con antelación se fijan, y en los cuales hay que tantear el trazado tanteando alturas, desarrollos y pasos especiales. Una serie de fotografías convenientemente elegidas nos dan un plano mejor y más de prisa que cualquier otro procedimiento (fotografía núm. 20 y lámina nú-

tes, obras de fortificación, encauzamiento de ríos, etc., en los que un par de fotografías pueden suministrar con ventaja todos los datos necesarios.

En resumen: el método fotográfico estereoscópico presenta notable ventaja sobre todos los demás para el levantamiento de planos de terrenos quebrados, si la escala es pequeña (de $\frac{1}{25,000}$ á $\frac{1}{100,000}$) por la rapidez y economía, si es grande (de $\frac{1}{50}$ á $\frac{1}{200}$) por la extraordinaria exactitud que proporciona.

Con esto, señores, termino. Si algo de lo que he dicho ha logrado interesaros, no me lo agradezcáis á mí, sino al Capitán von Orel, á quien se debe. Y si, por el contrario, sólo he conseguido cansaros, tampoco es mía la culpa, sino de los que me obligaron á intentar lo que en mi mano no estaba: hablar desde este sitio.

HE DICHO.

Influencia de la temperatura EN LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN⁽¹⁾

(CONCLUSIÓN)

III.—*Datos experimentales.*—10. Grupo I.—11. Grupo II.—12. Grupo III.—13. Resumen de los resultados.

IV.—*Conclusiones.*—14. Conclusiones generales.

Tabla 16. Resistencia á la compresión.—Veintiocho días. Grupo III. Cilindros de 17,8 × 35,6 cm.

Figuras: 11 Grupo I.—Serie de 1913. Cilindros de 15,24 × 15,24 cm. (Relación entre la edad y la resistencia. Valores normalizados.)—12. Grupo II.—Serie de 1913. Cubos de 15,24 cm. (Relación entre la edad y la resistencia. Valores normalizados.)—13. Grupo III.—Serie de 1914. Cilindros de 17,8 × 35,6 cm. (Relación entre la edad y la resistencia. Valores normalizados.)—14. Relación entre la temperatura y la resistencia á varias edades.—15. Tanto por ciento de la resistencia á varias temperaturas.

(1) Véase el número 2104.