

# REVISTA DE OBRAS PUBLICAS

PUBLICACIÓN TÉCNICA 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.

## APLICACIONES METRICAS

DE LA

# ESTEREOSCOPIA

(CONCLUSIÓN)

### CAPÍTULO V

#### Aplicaciones varias y ventajas del método estereoscópico de medida.

La aplicación del método de las paralajes á la Topografía, que hemos expuesto con algún detalle por ser de interés muy general y practicarse corrientemente en muchos países, no es la única, como ya incidentalmente hemos consignado en el transcurso de las anteriores páginas.

Fácilmente se comprende que en todo problema que exija mediciones exactas, y muy especialmente si éstas han de realizarse en objetos que cambian rápidamente de forma ó posición, será de utilidad extraordinaria el poder obtener dos fotografías instantáneas de éstos, sustituyendo los cuerpos reales por sus imágenes en relieve y las desventajosas condiciones del campo por las favorables de un bien montado gabinete.

Problemas hay, como el estudio de los líquidos y de los proyectiles, que no han podido ser completamente estudiados en su parte experimental hasta que se ha dispuesto de un cinematógrafo estereoscópico que los reproduzca cuándo y con la lentitud que nos convenga, y de un estereocomparador que nos permita apreciar en cada instante el valor exacto de las magnitudes que en la observación juegan papel principal.

En la imposibilidad de dar una idea completa de todas las aplicaciones que del método de las paralajes se han hecho hasta la fecha, detallaremos únicamente algunas de las principales.

I

#### Artes militares.

Ya veremos, al tratar de la Topografía ordinaria, la interesante aplicación que para levantamiento de planos de plazas fuertes y campamentos atrincherados tiene el método de las paralajes.

El Ministerio de la Guerra austriaco emplea un fototeodolito de campo (placas  $9 \times 12$ ,  $f = 127^{\text{mm}}$ ) para los levantamientos de planos de zonas militares; y lo mismo hacen el ejército japonés y algunos otros.

Recientemente, en 1907, se dotó á Pola, el gran puerto militar de Austria, de una instalación fotoestereoscópica que se dedica á resolver una interesantísima cuestión técnica y que produce excelentes resultados, habiendo servido de modelo á otras que no tardarán en establecerse, si no lo han sido ya al escribirse estas líneas (1).

Por las condiciones topográficas de la región en que aquella población se asienta, no era posible establecer en tierra un campo de tiro para el ensayo de la artillería gruesa y medida de su alcance; ha sido, pues, preciso establecerlo en el mar. Para determinar el punto de éste donde caía cada proyectil y conocer, en su consecuencia, las condiciones de puntería y alcance de las diversas piezas, instalaban en tres puntos de la costa otros tantos teodolitos, con los que procuraban apuntar á la masa de agua que se levantaba al chocar el proyectil con la superficie del mar. Pero este fenómeno dura escasamente cuatro segundos y resulta difícil lograr la puntería y poco exactos los resultados obtenidos; además el error personal era diferente para cada observador.

Pronto se pensó en utilizar para este caso la fotografía estereoscópica, y se encargó al General Barón de Hübl proyectara la instalación correspondiente. Consistió ésta, en sus líneas generales, en dos aparatos fotográficos exactamente iguales, situados en los extremos de una base cuidadosamente medida, y cuyos obturadores, unidos eléctricamente con la pieza en ensayo, se abrían al disparar ésta.

Como no convenían placas grandes, por la dificultad de su manejo, se logró la amplitud necesaria reduciendo á 300 milímetros la distancia focal de las cámaras. La base era de 700 metros y el error admitido de 10 metros á distancia de 10 kilómetros.

Cada una de las cámaras—que son fototeodolitos Pulfrich-Zeiss, del tipo marino—descansa sobre un sólido pilar de fábrica por intermedio de un trípode que lleva un pie fijo y los otros dos provistos de tornillos de corrección para igualar exactamente la altura de las dos rectas de horizonte. El error de orientación de las placas se corrige con un anteojo horizontal paralelo á cada una de ellas. Para resguardarlos del

(1) Se hallan en estudio una instalación para el cuerpo de Artillería alemán y otra para el ruso.

sol y de las vibraciones producidas por el viento, van los pilares protegidos por unas pequeñas casetas que tienen además cuarto oscuro para poder efectuar el recambio de las placas.

También podemos estudiar cómodamente, merced al empleo del método de las paralajes, las explosiones y sus efectos (voladuras, derrumbamientos, etc.).

El cinematógrafo estereoscópico nos da por su parte el medio de registrar las trayectorias de los proyectiles, gracias á los recientes trabajos del profesor O. Flamm, de la Escuela Politécnica de Berlín-Carlotemburgo; estribando la principal ventaja de este novísimo método en la posibilidad de reproducir el fenómeno cuantas veces deseemos y de inmovilizarlo en la fase que nos convenga para efectuar en ella las medidas que sean necesarias.

Finalmente, el microscopio de eclipse, adaptado al estereocomparador, permite á los defensores de una plaza comparar vistas del campo enemigo obtenidas en días consecutivos, y deducir de ellas el avance de los trabajos de zapa y avance que el sitiador realiza.

## II

### Astronomía.

Hace ya medio siglo que el astrónomo francés Warren de la Rue obtuvo el efecto estereoscópico en una vista de la Luna por medio de dos fotografías obtenidas en dos aspectos distintos de ésta, debidas al conocido fenómeno de la libración.

Cuarenta años han transcurrido entre este ensayo aislado y la construcción del estereocomparador del Dr. Pulfrich, y apenas construídos los primeros modelos de éste, es aplicado por su autor á una serie de fotografías celestes obtenidas por el profesor M. Wolf, de Heidelberg, y logra descubrir con él un nuevo planeta de 12.<sup>a</sup> magnitud que se hallaba junto á la estrella  $\epsilon$  de la constelación de Ofiucus la noche del 9 al 10 de Junio de 1899.

Fácilmente se comprende que en una vista estereoscópica de una región cualquiera del cielo obtenida con una base suficientemente grande (una cuerda de la órbita terrestre) se destacarán claramente los planetas, situados á diferentes distancias comparables con la longitud de esta base, de las estrellas fijas cuyo alejamiento puede considerarse prácticamente como infinito. Tal sucede con la preciosa fotografía de Saturno con sus satélites y anillos en la constelación de la Serpiente, obtenida por el profesor Wolf y reproducida en uno de los círculos del *Prüfungstafel* de Pulfrich (fig.<sup>a</sup> 3.<sup>a</sup>); hallándose en la fecha de obtención de las fotografías, Saturno y la Tierra en oposición; la base estereoscópica era la diferencia de los caminos recorridos por uno y otra en veinticuatro horas (intervalo entre las dos exposiciones), es decir,  $2,56 - 0,83 = 1,73$  millones de kilómetros.

De los datos obtenidos con el estereocomparador, se dedujo que aquel planeta debía hallarse de nosotros á una distancia de 1.260 millones de kilómetros, número conforme con el obtenido previamente por los métodos ordinarios de cálculo astronómico.

En muchos casos podrá medirse con el estereocomparador la paralaje de planetas, cometas y nebulosas. Si se trata de un cuerpo próximo como la Luna, nos será también posible medir en su superficie distancias y alturas, y hasta construir de él un mapa con curvas de nivel, como ha hecho

el Dr. Pulfrich con una fotografía estereoscópica obtenida combinando dos clichés de los astrónomos Loewy y Puiseux, de París, impresionadas el 7 de Febrero de 1900 y el 20 de Abril de 1896, respectivamente. La Luna aparece en dos aspectos, cuyos meridianos aparentes forman un ángulo de 14 grados por efecto de la libración; la base estereoscópica era de 95.000 kilómetros.

Otra aplicación interesante de la estereofotogrametría á la astronomía es la referente á diferenciación entre las imágenes de objetos celestes y los defectos que presenten las placas fotográficas, punto del mayor interés para no engañarse dando por astros nuevos los que sólo son desigualdades de la película sensible. Colocadas en el estereocomparador dos fotografías de posiciones idénticas del cielo, y observadas con el microscopio de eclipse, las verdaderas estrellas presentarán un aspecto completamente fijo é invariable, al paso que aquellos defectos aparecerán y desaparecerán constantemente produciendo al observador un efecto que no puede en manera alguna pasar desapercibido.

Entre otros, emplean corrientemente el método estereofotogramétrico los observatorios astronómicos de Göttinga, Hamburgo, Heidelberg y Munich en Alemania, Groninga en Holanda, Kalocsa en Hungría, Viena en Austria, Neuchâtel en Suiza, Oxford en Inglaterra, Odessa y Poltava en Rusia, Melbourne en Australia, y La Plata, Mount Hamilton y Takuyaba en América.

## III

### Marina.

Es muy frecuente el caso de tener que construir el plano de una costa desde el mar, ya por ser éste el único punto de vista de un acantilado, ya por no ser posible un desembarco en costa enemiga, ya finalmente por el deseo de obtener rápidamente ciertos datos de una zona más ó menos extensa, de las costas que el buque divisa en su travesía.

El balanceo del navío y la falta de firmeza que el viento y la marejada le imponen no permiten hacer punterías exactas con los aparatos topográficos ordinarios, ni aplicar el método de intersecciones, toda vez que no es posible tampoco relacionar con exactitud las diferentes posiciones del barco que sirvieron de puntos de estación.

La instalación de dos fototeodolitos idénticos en la cubierta á distancia invariable y conocida, y la comunicación eléctrica entre los obturadores de éstas, para que produzcan simultáneamente dos fotografías instantáneas, resuelve satisfactoriamente el problema que acabamos de enunciar.

El primer ensayo de esta clase de instalaciones se realizó en el verano de 1904 á bordo del *Hyäne* de la Marina Imperial Alemana. Consistía en dos fototeodolitos Pulfrich-Zeiss del tipo primitivo, adaptados para la marina, es decir: sin más giro alrededor del eje vertical que el indispensable para la corrección de desviación que pudieran tener las placas, dejando de estar en un mismo plano.

El resultado de las pruebas realizadas el 13 de Agosto de 1904 á bordo del *Hyäne* durante la travesía de Altenbrück á Cuxhaven con estos aparatos, separados por una distancia de 41,5 metros, fué completamente satisfactorio, toda vez que el plano que de ellas se dedujo resultó coincidir con los anteriormente ejecutados por los procedimientos ordinarios.

Recientemente la casa Zeiss ha construído bajo la direc-

ción del Dr. Pulfrich, un nuevo tipo de fototeodolitos, destinados exclusivamente á ser montados á bordo y de los que se han instalado, entre otros, en los buques de guerra alemanes *Planet* y *Möve* y el *Werny* de la escuadra rusa.

No sólo se utilizan estas instalaciones para levantamientos topográficos de costas, sino para registrar las posiciones de los diferentes buques de una escuadra durante una batalla ó unas maniobras, haciendo así posible un estudio detallado de una ú otras. El mismo *Hyäne* fijó por este medio, el 22 de Agosto de 1904, la posición de 22 torpederos que formaban una escuadrilla en aguas de Kiel y alguno de los cuales se hallaba á una distancia de 10 kilómetros.

Quizá sea ésta la aplicación más ventajosa del método estereofotogramétrico, toda vez que en él se encuentra ya realizada la colocación en un plano de las placas de las dos cámaras. La casa Zeiss construye igualmente un tipo de estereocomparador, dispuesto especialmente para el caso en cuyo estudio acabamos de ocuparnos, y que se emplea en el Reichs-Marine-Amt (Jefatura de la Marina imperial) en Berlín, y en los Ministerios de Marina de Italia y Rusia.

## IV

## Meteorología y Geología.

El estudio experimental del movimiento de los líquidos es una de las cuestiones que —como ya hemos hecho notar— no puede resolverse satisfactoriamente sin auxilio del cinematógrafo estereoscópico y del estereocomparador.

Á bordo del buque de guerra alemán *Preussen* obtuvo W. Laas varias fotografías estereoscópicas de la superficie del mar; en 1905 también el profesor E. Kohlschütter, de Berlín, ha realizado recientemente algunos trabajos sobre este asunto que es de gran interés para conocer el modo de formación y propagación de las marejadas, y aplicar las enseñanzas de aquí deducidas á la construcción de barcos, defensas, etc. Los buques de guerra alemanes, austriacos y rusos, que van provistos de fototeodolitos fijos, siguen ocupándose en esta cuestión.

Otra aplicación sumamente indicada tiene el método estereoscópico en el estudio de los movimientos y las deformaciones de los glaciares; basta, en efecto, obtener con algunos intervalos de tiempo y desde el mismo punto y con la misma orientación varias fotografías de un helero para que, colocadas en el microscopio de eclipse, nos acusen las variaciones que haya experimentado.

De idéntico modo pueden estudiar el Geólogo y el Ingeniero los deslizamientos de laderas, elevaciones ó depresiones de las costas, variaciones de las dunas, del cauce de los ríos y otros fenómenos igualmente interesantes.

También nos facilita el método estereoscópico la determinación de la altura de las nubes, como se realiza en el observatorio de Astronomía física de Heidelberg (Alemania) y en algunos otros.

## V

## Metrología (comparación de reproducciones de un mismo objeto).

Siempre que coloquemos en el estereocomparador dos reproducciones ó vistas que no sean exactamente idénticas se destacarán inmediatamente todas las diferencias que entre ellas existan; así, pues, si una de ellas, que puede ser regla graduada, sello, moneda, billete de Banco, etc., es correcta ó legítima, distinguiremos sin dificultad la que no lo

sea y podremos indicar e modo fácil de diferenciar una de otra á simple vista.

Del mismo modo se estudian las variaciones en los espectros y multitud de interesantes cuestiones de óptica física.

La aplicación del microscopio de eclipse y del estereocomparador permiten, por último, apreciar los asientos, deformaciones y deterioros que se produzcan en edificios, puentes, muelles, etc.

## VI

## Topografía ordinaria.

Ventajosa la aplicación de la fotografía estereoscópica á la topografía ordinaria en multitud de casos, es casi insustituible cuando se trata de países quebrados.

Así lo entendió el General Barón de Hübl que, después de un brillante ensayo realizado en 1902 en una parte de los Alpes dolomíticos (Austria), con dos preciosas vistas estereoscópicas obtenidas desde los extremos de una base de 45 metros, con una cámara de 24 centímetros de distancia focal, implantó el método en el Instituto Militar Geográfico Austriaco, que continúa trabajando en ello con interés y éxito siempre crecientes como lo demuestran, entre otros, los planos de una parte de los Alpes del Tirol, deducida en una extensión de 600 kilómetros cuadrados de fotografías obtenidas en verano de 1906, con una base de 254 metros; los 7.600 puntos determinados en los macizos de Adamello y Presanella durante la campaña de 1907; las 52 estaciones estereoscópicas hechas en Benatek (Bohemia) el año último, y los trabajos no menos interesantes que se hallan en curso de realización en el presente, para todos los cuales se hace uso de los métodos de intersecciones y de paralajes convenientemente combinados, según las condiciones de cada caso concreto.

No ha sido Austria el único país en que el método estereofotogramétrico goza de gran favor. El Königle Preussische Landesaufnahme (Berlín) realizó, casi por el mismo tiempo que el Instituto Militar Geográfico de Viena, las pruebas oficiales del método con fotografías del Kernberge, junto á Jena, con una base de 100 metros, y en vista del excelente resultado obtenido continúa aplicándolo corrientemente.

El capitán S. Truck, del Ministerio de Ferrocarriles de Austria, realizó en 1907 notables levantamientos topográficos en los Alpes austriacos; posteriormente empleó el mismo método estereoscópico para estudiar la abrupta vertiente derecha del río Inn, entre Martinsbruck y Finstermünz, por donde ha de desarrollarse el ferrocarril de Mals á Landeck, en el Tirol; y, finalmente, propuso la aplicación de la fotografía estereoscópica para los estudios de saltos de agua del Tirol y el Vorarlberg necesarios para el establecimiento de la tracción eléctrica en los ferrocarriles del Sur de Imperio.

El ejemplo de este distinguido Ingeniero puede ser aprovechable en el estudio de ferrocarriles, carreteras ó canales que se desarrollen por una extensa ladera.

La Compañía de Ferrocarriles del Sud-Este de Rusia hace uso de la fotografía estereoscópica para los planos en que hace sus proyectos de líneas nuevas.

También ha hecho recientemente aplicación del método de las paralajes el Jefe de la Sección de Ferrocarriles en el Ministerio de Comunicaciones de Rusia, Ingeniero Wurzel, en los estudios del ferrocarril del Amur (Septiembre 1908) y lo emplean corrientemente los Institutos topográficos de Berlín, Berna, Buenos Aires (Estado Mayor del Ejército), Roma, San Petersburgo, Tomsk y Viena.

Para adiestrar á los alumnos en el empleo del método estereofotogramétrico, realizan prácticas con los fototeodolitos y estereocomparadores las escuelas técnicas superiores de Danzig, Hannover, Munich y Stuttgart en Alemania, Viena en Austria, politécnica de Zurich, Escuelas de Ingenieros de Caminos en San Petersburgo y Moscow y de Minas y Artes y Oficios en París.

Finalmente, es insustituible este método en la construcción de planos de terrenos inaccesibles (fortalezas enemigas, peñones aislados, etc.), en que no pueda encontrarse un punto próximo donde hacer estación. Creemos que basta con lo dicho para convencerse de que la estereofotogrametría no es una curiosidad científica, sino un método que en multitud de ocasiones puede ofrecer grandes ventajas aplicado al levantamiento de planos topográficos.

## VII

## Viajes de exploración.

Uno de los objetos principales que estas expediciones suelen proponerse es el de completar y comprobar los mapas de las regiones que visitan. La imposibilidad de recorrer éstas y la necesidad de abreviar la estancia en países inhospitales, hacen sumamente ventajosa la aplicación del método estereofotogramétrico.

Así lo entendieron los organizadores de la expedición alemana que en primavera de 1907 se dirigió á Spitzberg, y en la cual dos Tenientes de Estado Mayor, Conde Poniuski y von Bock, obtuvieron los datos con que á su regreso pudo el topógrafo Selinger, de Berlín, construir el mapa de la región—poco conocida hasta entonces—comprendida entre los meridianos 12 y 15°, y los paralelos 79 y 80°, con curvas de nivel cada 100 metros.

Posteriormente, algunas otras expediciones científicas y de exploración, tanto por mar como por tierra, han ido provistas de aparatos estereofotogramétricos.

## VIII

## Aplicaciones del estereómetro.—Representación completa de un objeto.

Ya dijimos que este aparato era, en realidad, un estereocomparador destinado á efectuar mediciones en vistas de objetos próximos obtenidas con bases reducidas.

El número de las aplicaciones que de este aparato se hacen es considerable, puesto que comprende en general todas las mediciones que han de hacerse en objetos de los que sólo disponemos por un corto tiempo. Entre las cuestiones que han resultado notablemente facilitadas por la adopción del nuevo método, citaremos el registro antropométrico de los establecimientos penitenciarios, la identificación de criminales, reproducción de mascarillas de cadáveres, estudio al microscopio de enfermedades de la piel y cultivos bacteriológicos de todas clases.

Una vista estereoscópica de un objeto nos da completa idea de la forma de éste, por el lado de que se ha situado la cámara, pero es frecuente el caso de convenirnos conocer el aspecto del objeto *por varios lados*.

Para conseguir esto, cuando se trata de un objeto inmóvil é indeformable, basta obtener de él sucesivamente y en diferentes direcciones el número de vistas estereoscópicas que nos sean precisas y relacionar convenientemente las

posiciones de las diferentes bases; pero cuando se trata de un objeto en movimiento—un animal, por ejemplo—es preciso que todas estas fotografías sean simultáneas para que representen una misma posición del objeto.

La instalación de una cámara fotográfica estereoscópica para cada vista resultaría muy costosa, y difícil, además, la exacta simultaneidad de las exposiciones; por esto es preferible, como indica Pulfrich, emplear una sola cámara y sustituir por imágenes virtuales producidas por espejos, y que ésta misma reproduce, las vistas que con las demás cámaras habrían de obtenerse.

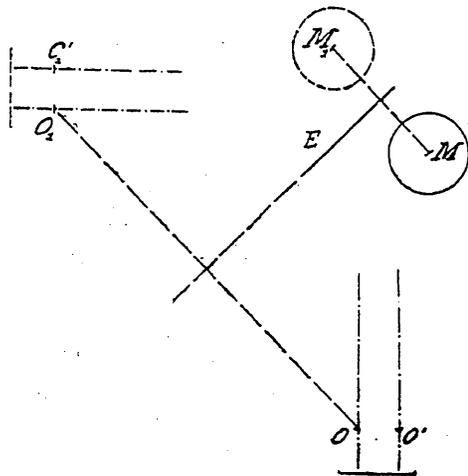


Fig. 27.

Fácil es en cada caso idear la conveniente disposición de los espejos para obtener las vistas en el número y direcciones que deseemos; como ejemplo sencillo, hemos representado en la figura 27 un caso frecuente, en que se desean sólo dos vistas. La cámara estereofotográfica colocada en  $OO'$  reproducirá la vista del objeto  $M$  en la dirección  $OZ$ , y la imagen virtual  $M_1$  que en el espejo  $E$  se forma y que no es otra cosa que la vista que en la dirección  $O_1Z_1$  obtendría una segunda cámara, situada en  $O_1O'_1$ .

Si la dirección  $OZ$  formara con el espejo un ángulo de 45°, las dos vistas obtenidas tendrían sus ejes ópticos en direcciones perpendiculares, y podrían ser, por ejemplo, la planta y alzado del objeto en cuestión.

Algo de esto ha sido también aplicado en la fotogrametría ordinaria—y lo mismo pudiera serlo á la estereoscópica—para determinar la posición de las nubes reflejándose en las aguas tranquilas de un estanque (1).

Recientemente el Dr. Pulfrich ha propuesto la aplicación de este método á los levantamientos topográficos de costas desde bordo y ha construído un modelo de estereocomparador (modelo C) para examinar las cuatro vistas (dos reales y dos reflejadas) que produce la cámara (2).

## IX

## Aplicaciones de los telémetros estereoscópicos.

Constituyendo en realidad este aparato un modelo muy perfecto de gemelos de campo, fácilmente se comprende que sustituirá con ventaja á éstos, siempre que se quieran obte-

(1) Prof. Ed Doležal.—Photogrammetrische Lösung des Wolkenproblems aus einem Standpunkte bei Verwendung der Reflexe.—«Sitzungsberichten der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien» Mathem. Naturw. Classe, Bd. CXI, Abth. II. a., Mai 1902.

(2) Dr. C. Pulfrich.—Ueber die Ausmessung stereophotographischer Küstenaufnahmen vom Schiff aus.—«Zeitschrift für Instrumentenkunde.»—Heft, 11 Noviembre, 1908.

ner grandes alcances, á costa de un aumento de peso y volumen del aparato.

La posibilidad de medir con él distancias y magnitudes transversales, hace al telémetro estereoscópico insustituible en muchas ocasiones, por ejemplo, para medida de bases en levantamientos topográficos, viaje de exploración ó turismo, navegación en zonas costeras, dirección de piezas de artillería (1) y otras que fácilmente pueden preverse.

#### Ventajas del método estereoscópico de medida.

Es costumbre frecuente comenzar los libros ponderando la importancia del asunto en que se ocupan para interesar al lector en su estudio; nosotros, sin embargo, hemos creído preferible dejar estas consideraciones para las últimas páginas, porque sólo después de conocidas todas las aplicaciones de un método es cuando pueden verse las ventajas que éste reporta.

He aquí las principales del método estereofotogramétrico:

1.ª La escasa duración que exigen las operaciones de campo, reducidas, para una extensa zona, á la elección de base apropiada (por su magnitud y situación), medida de dos ángulos (inclinación y orientación de la base) y una distancia (la base) y obtención de las fotografías cuando el fototeodolito está convenientemente dispuesto en uno y otro extremo de la base estereoscópica. La única de estas operaciones que exige algún tiempo, sobre todo en terrenos difíciles y para operadores poco experimentados, es la elección de sitio para la base.

2.ª No hay que recorrer el terreno cuyo plano hemos de construir, y puede, por tanto, fijarse la posición exacta de puntos inaccesibles al portamira.

3.ª Ofrece constantemente á nuestra vista en el estereoscopio un modelo en relieve del objeto representado; esta condición es de importancia suma por ayudar á resolver toda duda que acerca de la configuración del terreno ú objeto fotografiado pudiera ocurrirnos al construir el plano, mejor aún que si tuviéramos delante el original, porque la vista abarca mejor el efecto en tamaño reducido que en el natural.

4.ª Posibilidad de repetir toda medición que pudiera parecer sospechosa y de comprobar unas con otras las posiciones de los diversos puntos.

5.ª Es muy rápido, aun en las operaciones de gabinete, pues con una sola puntería del índice sobre el punto se obtienen todos los elementos necesarios para fijar la posición de éste.

6.ª No es preciso en éste método, verificar la *identificación de puntos* que es indispensable en el de intersecciones y penoso en algunos casos.

7.ª Es muy exacto, pues, «con el estereocomparador—dice Flemer (2)—las coordenadas se miden directamente en las negativas con microscopios y nonius, y la exactitud obtenida puede ser mayor que la proporcionada por la plancheta y el método radial empleando impresos, divisiones y escalas».

8.ª Permite un trazado sistemático y sencillo de perfiles y curvas de nivel.

9.ª Pueden, con el método estereofotográfico, levantarse desde un punto planos de terrenos muy distantes, lo que ofrece gran interés en algunos casos que ya se han detallado.

10.ª Constituye el *único* método de observación aplicable á los cuerpos en movimiento, pues la puntería es imposible de afinar con los aparatos topográficos ordinarios, y aunque esto no sucediera, no podrían estudiarse con ellos más que algunas fases aisladas del fenómeno, mientras que el cinematógrafo estereoscópico reproduce la apariencia de éste cuantas veces queramos, nos permite además inmovilizarlo en el instante que nos convenga y, por medio del estereocomparador, efectuar en él las medidas que sean precisas.

11.ª Es también el *único* método que acusa automáticamente las diferencias que existen entre dos objetos que debieran ser iguales y las variaciones que en un objeto se producen á través del tiempo.

JOSÉ MARÍA TORROJA.

Doctor en Ciencias exactas.

Alumno de quinto año de la Escuela de Caminos.

Obras consultadas para la redacción de este trabajo.

- 1.—von Bock (Haupt. F. K.).—Versuch photogrammetrischer Küstenaufnahmen gegentlich einer Spitzbergen-Expedition im Sommer 1907.—Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde.—Berlin, 1908.
- 2.—Deville (Capt. E.).—On the use of the Wheatstone Stereoscope in Photographing Surveying.—Transactions of the Royal Society of Canada.—Ottawa.—Second series, 1902-1903, vol. VIII, Section III.
- 3.—Doležal (Prof. Dr. E.).—Photogrammetrische Lösung des Wolkenproblems aus einem Standpunkte bei Verwendung der Reflexe.—Sitzungsberichten der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien.—Mathem. Naturw. Klasse.—Bd CXI, Abth II. a., Mai, 1902.
- 4.—Idem.—Arbeiten un Fortschritte auf dem Gebiete der Photogrammetrie im Jahre 1906.—Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik.—Halle a. S., 1907.
- 5.—Idem.—Genauigkeit und Prüfung einer Stereophotogrammetrischen Aufnahme.—Oesterreichischen Zeitschrift für Vermessungswesen.—Wien, 1907, números 11-16.
- 6.—Flemer (Topogr. J. A.).—An Elementary Treatise on Phototopographic Methods and Instruments.—New York, 1906
- 7.—von Hübl (Freiherr).—Die Stereophotogrammetrischen Terrainaufnahmen.—Mitteilungen des k. u. k. militär-geographisches Institutes.—Wien, 1904.—Bd XXIII.
- 8.—Idem.—Beiträge sur Stereo-Photogrammetrie.—Mitt des k. u. k. mil.-geogr. Instit.—Wien, 1905.—Bd XXIV.
- 9.—Laas (Ing. W.).—Photographische Messung der Meerenvellen.—Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure.—Berlin, 1905, Bd XLIX.
- 10.—Laussedat (Colonn. A.).—Recherches sur les Instruments, les Methodes et le Dessin Topographiques.—Tome II, II<sup>me</sup> partie, Paris, 1903.
- 11.—Neuffer (k. u. k. Linienschiffsleutnant).—Die Portée-Ermittlung bei Schiessversuchen gegen die See.—Mitteilungen aus dem Gebiete des Seewesens.—Pola, 1907.
- 12.—Pulfrich (Dr. C.).—Über eine Prüfungstafel für Stereoskopisches Sehen.—Zeitschrift für Instrumentenkunde.—1901.—Heft. 9.

(1) En España usan corrientemente este aparato los oficiales de Artillería para medir el alcance y deriva de los proyectiles.

(2) «An elementary Treatise on Photographics Methods and Instruments».—New York, 1906, pág. 322.

- 13.—Pulfrich (Dr. C.).—Auffindung eines neuen Planeten, 1899, I. F. mit Hilfe des Stereo-komparators.—Astronomischen Nachrichten.—Bd CLIX, Juli, 1902.
- 14.—Idem.—Neue Stereoskopische Methoden und Apparate für die Zwecke der Astronomie, Topographie und Metronomie.—Berlin, erste Lieferung, 1903.
- 15.—Idem.—Über einen Versuch zur praktischen Erprobung der Stereo Photogrammetrie für die Zwecke der Topographie.—Zeitschr. f. Instrum.—1903.—Heft. 11.
- 16.—Idem.—Über die Anwendung des Stereo-komparators für die Zwecke der topographischen Punktbestimmung.—Zeitschr. f. Instrum.—1904.—Heft. 2.
- 17.—Idem.—Über ein Verfahren zur direkten Ermittlung der Horizontalprojektion der Ziellinie nach einem nicht notwendig zugänglichen Punkte.—Zeitschr. f. Instrum.—Berlin, 1907.—Heft. 11.
- 18.—Idem.—Über eine Neuenrichtung für Längen und Kreisteilungen mit Mikroskop-Ablesung.—Zeitschr. f. Instrum.—1907.—Heft 12.
- 19.—Idem.—Über ein neues Verfahren der Körpervermessung.—Archiv für Optik.—Leipzig.—Bd I, 1907.
- 20.—Idem.—Über Stand Phototeodolite und deren Gebrauch an Bord eines Schiffes.—Zeitschr. f. Instrum.—1908.—Heft. 3.
- 21.—Idem.—Über die Ausmessung stereophotogrammetrischer Küstenaufnahmen vom Schiff. aus.—Zeitschr. f. Instrum.—1908.—Heft. 11.
- 22.—Schell (Prof. Dr. A.).—Das Universalstereoskop.—Sitzungsberichte der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien.—Mathem. Naturw. Klasse.—Bd CXII. Abt. II. a.—Juli, 1903.
- 23.—Idem.—Konstruktion und Betrachtung stereoskopischer Halbbilder.—Sitz. der k. u. k. Akad. der W. in Wien.—Math. Nat. Kl. Bd CXII. Abt II. a.—Dezember, 1903.
- 24.—Idem.—Die Stereophotogrammetrische Bestimmung der Lage eines Punktes im Raume.—Wien, 1904.
- 25.—Idem.—Die Stereophotogrammetrische Ballonaufnahme für topographische Zwecke.—Sitz. d. k. Akad. d. Wissens. in Wien.—Math-Nat. Kl.—Bd CXV.—Mai, 1906.
- 26.—Zeiss (Carl. Optische Werkstätte).—Catalogue «Messung 83».—Stereocomparateur Pulfrich.—Jena, IX, 1903.
- 27.—Idem.—Cat. «Mess. 136».—Adaptation du Microscope compareur monoculaire (Microscope à eclipse) au Stereo-Compareur.—Jena, VII, 1906.
- 28.—Idem.—Cat. «Mess. 140».—Nouveau Stereo Compareur, facilement transportable, modèle D, destiné aux Travaux Topographiques.—Jena, V, 1906.
- 29.—Idem.—Cat. «Mess. 145».—Phototheodolites Pulfrich.—I. Phototheodolite de Campagne.—Jena, XII, 1906.
- 30.—Idem.—Cat. «Mess. 158».—Neue Messlatte für den Feld-Phototheodoliten.—Jena XI, 1906.
- 31.—Idem.—Cat. «Mess. 190».—Photo-Théodolites de Campagne.—Jena, X, 1908.
- 32.—Internationales Archiv für Photogrammetrie, Organ der «Oesterreichischen Gesellschaft für Photogrammetrie» in Wien.—Bd I und II, 1908 und 1909.—Todos los números.

## SISTEMAS DE VENTA DE LA ENERGIA ELECTRICA

### (CONCLUSIÓN)

#### Calefacción.

Somos de opinión de que no solamente es preciso poner precios distintos para luz y para fuerza, sino también dar un precio completamente especial para la calefacción. La cale-

facción eléctrica todavía se ha extendido poco, porque es mucho más cara que los demás sistemas de calefacción. El único procedimiento para desarrollar su empleo es vender la energía eléctrica destinada á este objeto á un precio aún más bajo que cuando se utiliza como fuerza motriz.

En conclusión, para cada categoría de aparatos de utilización (aparatos de alumbrado, de fuerza motriz, de calefacción, etc.) hay:

1.º Un valor máximo del precio de venta, por encima del cual el fabricante no encontrará cliente.

2.º Un valor mínimo del precio de venta, por bajo del cual el beneficio obtenido por el aumento del número de clientes no compensaría la pérdida resultante de la disminución de precio para cada uno de ellos.

Estos dos valores son esencialmente diferentes para cada categoría, pudiendo variar á veces su diferencia.

*Inconvenientes.*—Esta distinción, según la naturaleza de los aparatos de utilización, ya antigua, ha sido un primer paso hacia el perfeccionamiento de las tarifas. Es insuficiente en el sentido de que para una misma categoría (luz, fuerza, calefacción, etc.) no tiene en cuenta ni la importancia del suministro, ni del momento en que éste se efectúa.

Caso de consumo simultáneo de luz y de fuerza motriz. Se presenta un caso especial: aquel en que el mismo abonado utiliza la energía eléctrica bajo dos formas diferentes. La cuestión, en realidad, existe principalmente cuando hay consumo simultáneo de luz y de fuerza motriz. Se ha dicho con muy buen criterio que si la tarifa es diferente para la luz y para la fuerza, el productor se ve obligado á verificar una investigación ó inspección para comprobar si el consumidor toma luz del contador de fuerza motriz. Esta es eficaz en el caso de abonados cuya instalación es importante; pero en los clientes en pequeña escala, los motores, poco numerosos, no están en general á gran distancia de los contadores, y la visita de aquéllos permite una vigilancia fácil de la instalación.

Tenemos que establecer una diferencia entre los pequeños y los grandes abonados. La fusión de los precios de luz y de fuerza motriz, que nos parece malá de una manera general, puede, por el contrario, ser aceptada por el industrial para el que el alumbrado no desempeña más que un papel secundario, ó para uno, aunque sea importante, que puede recurrir á otro procedimiento de alumbrado (en este caso es un abonado que hay que conservar).

Para obviar la dificultad sin crear precedente, se puede no admitir esta fusión más que para los clientes suficientemente importantes para justificar la instalación de un transformador especial para ellos (y, por consiguiente, en su terreno) que permita, por tanto, la venta de corriente á alta tensión, lo que evita el gasto en vacío de los transformadores y justifica una disminución de precio, principalmente en la luz. Esta distinción no puede hacerse, es cierto, para las centrales que distribuyen corriente continua; pero no creemos en el desarrollo de abonados en grande escala en regiones servidas por tal clase de centrales.

#### II.—Rebajas según la naturaleza de los locales en los cuales se utiliza la energía eléctrica.

La rebaja sobre el precio máximo de la corriente, según la naturaleza de los locales, ha sido frecuentemente aplicada desde el principio de varias explotaciones, sobre todo en el caso del alumbrado.