

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.

FOTOGRAMETRÍA TERRESTRE Y AÉREA

Discurso leído en el acto de su recepción en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales,

POR

D. JOSÉ MARÍA TORROJA

Ingeniero de Caminos (1)

Señores académicos:

Es costumbre tradicional y sabia, por largo tiempo consagrada, la de que cuantos lleguen a este sitio, de altísimos honores y de hondos compromisos, comiencen su discurso reglamentario agradeciendo vuestros votos y preguntándose a sí mismos qué hicieron para merecerlos.

Y he aquí que yo, el último de todos en orden a méritos, seré quizá el primero que falte a práctica tan arraigada.

No he de preguntarme por los merecimientos que en mí habéis podido ver, porque me asegura mi conciencia que no tengo ninguno. Me habéis llamado a ocupar un puesto en esta Real Academia, no como galardón, sino como carga, para que a vuestro lado trabaje y de vosotros aprenda. No será mía la culpa, sino vuestra por entero, cuando mi voluntad y mi entusiasmo, que nunca han de faltarme, resulten insuficientes para suplir la carencia de todas las demás condiciones que serían indispensables para desempeñar medianamente las labores que gustéis encomendarme.

En cuanto al agradecimiento que he de expresaros por haber pensado en mí para ocupar un sillón que la muerte dejó vacante en vuestras filas, tampoco ha de parecerse al que uno a uno habéis ido ofreciendo al subir a esta tribuna. Porque al llamaros a vosotros, la Academia os rendía un homenaje personal: y en el caso presente, el homenaje no puede ir dedicado al que os dirige la palabra. Es un homenaje póstumo a la memoria de mi llorado padre (q. e. p. d.), cuya sombra quisisteis retener entre vosotros en la persona de uno de sus hijos.

(1) La recepción de nuestro querido compañero y distinguido ingeniero Sr. Torroja constituyó una memorable solemnidad académica. Su notable discurso, que mereció nutridos aplausos, fué contestado por el presidente de la Corporación, el ilustre D. Amós Salvador, cuyo trabajo también publicaremos, y fué acogido, como todos los suyos, con gran complacencia; el auditorio numeroso y selecto, distinguiéndose en él mismo muchos ingenieros de Caminos y de las demás especialidades.

Reciba nuestra más cordial enhorabuena el nuevo académico.

Y si el hijo guarda desde hoy en lo más sagrado de su corazón un afecto inextinguible de reconocimiento hacia vosotros, no es sino como tal hijo, que así recibe el testimonio más palpable de la amistad con que siempre distinguisteis a aquel hombre bueno y sabio que compartió vuestras tareas durante un cuarto de siglo. Que no en vano, como recordaba yo hace poco en ocasión para mí solemne (1), uno de nuestros más ilustres escritores, al preguntarle cuáles eran sus mejores amigos, respondió acertadamente: «Mis hijos lo sabrán el día que yo muera».

Aumenta mi natural turbación, al hacer más patente mi pequeñez, el hecho de haber sido yo elegido para ocupar el sitial que en esta Academia ocupó un hombre de tan sólida ciencia y cultura universal, de tan exquisito espíritu y galanura de forma, al hablar y al escribir, como el Excmo. Sr. D. Francisco de P. Arrillaga y Garro.

Y permitidme que os diga que habéis sido harto injustos con vuestro ilustre compañero; quien durante quince años de secretario general de esta Academia trazó con tan profundo espíritu crítico, autoridad indiscutible e irreprochable forma literaria las biografías de los que dejaban huecos entre vosotros para bajar al sepulcro, merecía en verdad más alto panegirista en esta hora que no puede para él llamarse de las alabanzas, porque ellas no hubieron de faltarle—y muy merecidas—desde su juventud.

Muy joven, y con el número uno de su promoción, que durante todos los años de la carrera había conservado, obtuvo el título de ingeniero de Montes, y en tanto aprecio lo tuvo durante toda su vida, que aun habiendo ocupado puestos socialmente más elevados, volvió periódicamente a prestar servicio en tan honroso Cuerpo cuantas veces la falta de este requisito hubiera podido alejarle de él.

Fué su primer destino en el distrito forestal de su país natal, Navarra, y le dió ocasión de estudiar los hayales de Amezcoa y de trabajar en el plano del Pirineo, circunstancia esta última que le valió, años más tarde, ser nombrado miembro de honor del Club Alpino Francés.

Pasó a Segovia primero y luego a la Comisión del Mapa forestal de España, estudiando para éste la provincia de Tarra-gona.

Estos servicios especiales, desempeñados con todo el interés que su juventud y su entusiasmo le inspiraban, no le impidieron ingresar en el Ateneo de Madrid y fundar con otros compañeros

(1) Descubrimiento de la lápida que la Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid dedicó a la memoria del que durante cuarenta años fué su catedrático, Ilmo. Sr. D. Eduardo Torroja y Caballó (19 febrero 1920)

la *Revista Forestal Económica y Agrícola*, que con el título después de *Revista de Montes* sigue en la actualidad siendo el órgano de los ingenieros de esta especialidad.

Y entre los trabajos de publicista técnico de esta época descuellan su interesante obra *Estudios forestales del reino de Prusia*, publicada en 1869.

Interrumpe por unos meses estos trabajos para pasar a la Dirección general de Estadística; pero vuelve pronto a reanudar su anterior especialidad, y durante dos años explica en la Escuela de su Cuerpo las asignaturas de Ordenación y Valoración de montes y de Mineralogía aplicada.

Y su actividad insaciable, ayudada por sus vastos conocimientos lingüísticos, le permiten traducir del alemán por esta época el *Compendio de valoración de montes*, de Heyer, que se publica de Real orden, a propuesta de la Junta Superior del Cuerpo.

En 1872, el general Ibáñez, que ponía los cimientos del actual Instituto Geográfico y Estadístico, seleccionando, con el raro talento que caracteriza a los grandes organizadores, el personal superior que había de realizar una honda labor científica, comprendió la eficazísima ayuda que de Arrillaga podía obtener, y consiguió llevarle a su lado.

En este momento empieza la segunda época, más brillante aún que la primera, de la vida científica de mi ilustre antecesor. Comenzaba a destacarse su personalidad, y en ésta la universalidad de aptitudes y conocimientos, que siempre fué, a mi modo de ver, una de sus características.

En 1873 es nombrado vocal de la Comisión encargada de redactar la ley de Aguas, y asiste como delegado del Ministerio de Fomento a la Exposición universal de Viena; dos años más tarde vuelve a ostentar la representación de nuestro país en el Congreso y Exposición internacional de Ciencias geográficas celebrado en París, presidiendo varias sesiones de su sección de Geografía matemática, y tanto de éste como del anterior certamen publica interesantes informes, siendo honrado por el Gobierno francés con las palmas de oficial de Instrucción pública.

La serie de labores que llevamos enumeradas y la categoría de las misiones que Arrillaga ha desempeñado hasta esta fecha harían suponer en otro cualquiera una larga vida de méritos; él contaba sólo a la sazón veintinueve años.

En el siguiente lustro fué socio fundador y primer secretario de la Real Sociedad Geográfica de Madrid, correspondiente de la de Holanda, comendador de Carlos III, delegado extranjero en la Comisión de Geografía de Portugal, vocal de la Comisión permanente de Pesas y Medidas y encargado en nuestro Instituto Geográfico del Mapa topográfico de España, del censo de población de 1877 y de los trabajos de Metrología de precisión.

Lleva nuevamente la voz de España en el Congreso y exposición de Ciencias geográficas de Venecia en 1881; toma parte activa en los trabajos para la división del territorio nacional en zonas para reclutamiento del Ejército y es agraciado con cuatro condecoraciones más, nacionales y extranjeras: las de Isabel la Católica, Mérito Militar, Mérito Naval y la italiana de San Maurizio y San Lázaro.

Trabaja intensamente en el Ateneo, donde ocupa importantes puestos, y, sin dejar los trabajos del Instituto Geográfico, es nombrado profesor de Topografía y Geodesia en la Escuela Politécnica, cuya dirección desempeña interinamente.

En 7 de noviembre de 1890, después de haberla desempeñado interinamente algún tiempo, ocupa en propiedad la Dirección general del Instituto Geográfico y Estadístico, en sustitución del general Ibáñez.

Estando al frente de este organismo oficial, con la autoridad

que le daban sus trabajos como ingeniero del mismo, y una consideración y afecto de sus subalternos tan verdadera que llevó a los geodestas a proponerle como geodesta honorario y número uno de su escalafón, honores en que fué confirmado por Real decreto, parece debía aspirar a seguir en aquel puesto como director técnico.

Y, sin embargo, el cariño al Cuerpo de Montes que antes hicimos notar, hace que se decida, perdiendo honores y emolumentos, a pedir el reingreso en él, con la categoría de ingeniero-jefe, desempeñando una Comisión extraordinaria de Recopilación de la Legislación de Montes.

Aunque él intente rehuirlos, los honores debidos a su creciente prestigio le persiguen, y en pocos años es nombrado Gran Cruz de Isabel la Católica, miembro *honoris causa* del Instituto Estadístico de Londres, y académico de número de vuestra docta Corporación.

Como delegado de España en la Asociación Geodésica Internacional, asiste a las reuniones de Florencia (1891), Bruselas (1892), Ginebra (1893), Innsbruck (1894) y Berlín (1895). Al dejar la Dirección del Instituto, es elegido (1897) miembro de la Comisión permanente de aquella Asociación, por voto unánime de cuantos en ella figuraban en aquel tiempo, y desde tal fecha no deja de participar activamente en sus importantes tareas.

Una vez más representa a nuestra patria en la tercera Conferencia del Instituto Internacional de Estadística, celebrada en Viena en 1891; y también es nombrado miembro de éste, cargo que conservó hasta su muerte, y que sólo él poseía entre nuestros compatriotas.

Académico correspondiente de la de Ciencias y Artes de Barcelona en el mismo año, Gran Cruz del Tesoro Sagrado del Japón y presidente de honor del Congreso Geográfico Hispano-Portugués-Americano, director general interino de Obras públicas en 1892 e individuo de la Comisión permanente del Consejo de Instrucción pública.

En 1894 es nombrado vocal del Comité internacional de Pesas y Medidas, asistiendo a sus reuniones en diferentes fechas, y dos años después, comisario regio de la Escuela Central de Artes e Industrias, con la difícil misión de restablecer entre el Claustro de profesores la armonía perdida a consecuencia de la reorganización que en sus planes de estudio acababa de hacerse, dando entrada a las enseñanzas de orden técnico junto con las artísticas, que hasta entonces habían sido exclusivas. No era fácil su labor de encauzar las opuestas tendencias de arquitectos, ingenieros, doctores, escultores, pintores, grabadores y delineantes, y formar un plan orgánico que mantuviera a cada especialidad en sus justos límites; pero la vasta cultura de Arrillaga, sus dotes de mando, afables y enérgicas a la vez, y su alto prestigio, consiguieron darle tan feliz término, que cuando a los dos años de nombrado quiso cesar en el cargo por considerar terminada su gestión, el Claustro de los mismos profesores pidió unánimemente su continuación. No accedió Arrillaga, que durante la época de su mando había renunciado en favor del material de la Escuela la gratificación que como comisario regio le correspondía; pero propuso a la Superioridad --y así se hizo-- nombrar de nuevo en su lugar al mismo director a quien él había ido a sustituir.

Hemos visto a D. Francisco de P. Arrillaga, como ingeniero, como geodesta, como diplomático y como organizador; he aquí que del conjunto de sus múltiples y diversas aptitudes, S. M. la Reina Regente sabe obtener un nuevo y difícil servicio: el de dirigir la enseñanza de SS. AA. RR. la Princesa de Asturias y la Infanta Doña María Teresa, y luego el de ser profesor de Historia Natural de S. M. el Rey (q. D. g.), premiando éste tales servicios con la llave de gentilhombre de Cámara con ejercicio.

En la memoria de todos vosotros están las circunstancias, extraordinariamente difíciles, en que el Gobierno llamado Nacional encargó a Arrillaga de la Dirección general de Correos y Telégrafos en 1918. Marcó este puesto, desempeñado con entereza y criterio que la edad no pudo aminorar, la última etapa de su vida oficial, tan larga y provechosa para la ciencia y para España.

Y si no temiera abusar de vuestra paciencia, señores académicos, con tan largo recuento de los méritos de mi ilustre antecesor, os hablaría de sus trabajos en la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias, donde ocupó altos cargos, y de sus Congresos, en los que presidió varias veces su Sección de Aplicaciones, y en el reciente Congreso nacional de Ingeniería, en el que figuró al frente de la Sección de Industrias forestales.

Por igual motivo, no me extendiendo en las alabanzas que merece su labor en la Asociación internacional de Academias, primero, y luego en las gestiones delicadísimas—de que con tanto calor y tristeza me hablaba pocos días antes de morir—que realizó para adelantar algo el día de paz, ya que no de amor, entre las organizaciones científicas de los diversos países beligerantes y neutrales.

Conocéis estas cuestiones mejor que yo, puesto que él mismo os las había expuesto con todo género de datos y atinados juicios, y sólo por cumplir el mandato de vuestros Estatutos, he podido hablaros de los méritos de Arrillaga, que en tanta estima tuvisteis que durante quince años fué vuestro secretario general, es decir, el hombre de confianza de todos.

Permitidme sólo que, como el último de sus admiradores y amigos, desee a él la paz eterna, y a España muchos hijos que como él sepan honrarla y servirla.

Este rápido esbozo de la vida y los trabajos de Arrillaga que los azares de la suerte y vuestra extremada benevolencia me han dado ocasión de hacer, me lleva como de la mano a juntar a su recuerdo el de otros académicos también ilustres, que en el destello de la muerte le precedieron, y que con él pusieron los sólidos cimientos del Instituto Geográfico y Estadístico, y rápidamente lo elevaron hasta una altura admirada por propios y extraños. Me refiero, como habréis adivinado, a D. Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero, luego marqués de Mulhacén; D. Frutos Saavedra Meneses y D. Eduardo Monet Iruretagoyena.

Honró el primero durante treinta años la medalla número 20 de esta Academia, la misma que de él heredó mi padre en 1891. Por espacio de tiempo más breve, pero no con menos brillo, ostentó en su pecho el segundo la medalla núm. 34, que es la misma que después de acompañar otros seis lustros a mi antecesor, me habéis hecho la inmerecida honra de ofrecerme.

Y si D. Fernando Monet, el que más avanzada edad alcanzó de los tres camaradas, no llegó a sentarse entre vosotros, fué sin duda debido a su excesiva modestia, la característica más íntima de su modo de ser, que le llevó a renunciar al ascenso a general cuando a él le llevaron las inexorables leyes del escalafón, por verse de otro modo obligado a ocupar un puesto más elevado que el de geodesta práctico, de observador y calculador inimitable, para el que con encantadora ingenuidad me decía pocos meses antes de morir había nacido y vivido siempre. Al renunciar a las funciones de mando que por tan sobrados méritos le correspondían, se recluyó en su modesta casa, no a esperar inactivo el fin de sus días, sino a sustituir la labor geodésica, que tanto nombre debiera haberle dado, por el estudio y perfeccionamiento de curiosos aparatos, en cuya construcción empleaba la mayor parte de su pensión de retirado, y sobre uno de los cuales, el *corógra*

fo, tuvo la humildad de pedirme mi opinión, él, sabio insigne, a mí, pobre aficionado, como si por completo estuviera entre nosotros trocados los papeles.

* *

Exige el Reglamento de esta Academia que sus miembros, al entrar en ella, lean un trabajo de índole científica, dando así ocasión al culto público que los escucha de confirmar la justicia de la elección al saborear y aplaudir sabias disertaciones.

Dedicado desde hace quince años, primero en los escasos ratos que me dejaban libres los cursos de la Facultad de Ciencias y de la Escuela de Caminos, y luego, como trabajo preferente, al estudio teórico y práctico del LEVANTAMIENTO DE PLANOS TOPOGRÁFICOS POR MEDIO DE LA FOTOGRAFÍA, ordinaria primero y estereoscópica después, sólo de algo relacionado con estos asuntos podré hablaros en esta ocasión. Y como más interesante en estos momentos, por los rápidos progresos alcanzados durante los cuatro años de guerra europea y las fundadas esperanzas que en él pueden cifrarse, fijaré, especialmente, mi atención en la FOTOGRAMETRÍA AÉREA. Presenta este tema la ventaja, por otra parte, de no perder en la paz el interés que en la guerra tuvo.

Múltiples y diversos son los aspectos bajo los cuales puede considerarse la FOTOGRAMETRÍA O APLICACIÓN DE LA FOTOGRAFÍA A LA MEDIDA, y su caso particular, la FOTOTOPOGRAFÍA O TOPOGRAFÍA FOTOGRAFICA, y, en consecuencia con ellos, las ramas de la Ciencia que con fruto las utilizan.

Para el matemático, su teoría general será un interesante capítulo de la Geometría descriptiva, y no sólo ésta, sino toda la Geometría, tanto sintética como analítica, podrán servirle para la resolución de los problemas auxiliares que en su aplicación práctica se han ido presentando.

Para el ingeniero, la Fototopografía constituirá un método práctico de obtener planos topográficos con una rapidez, exactitud y economía superiores a las de todos los demás que le han precedido.

El artillero, para afinar sus punterías; el ingeniero militar, para seguir los trabajos de zapa del enemigo; el oficial de Estado Mayor, para sorprender sus movimientos; el astrónomo, para el descubrimiento de nuevos astros o estudio de los ya conocidos; el Banco de emisión, para descubrir las falsificaciones de sus billetes; el geólogo, para estudiar los movimientos de los glaciares, las erupciones de los volcanes y las formas características de los diferentes terrenos; el meteorólogo, el arqueólogo, el constructor, el criminalista y, en general, todo aquel que ha de verificar medidas de precisión, podrán hallar en la Fotogrametría un recurso de inestimable valor.

Y hasta el profano en toda disciplina científica podrá asomarse a los oculares del estéreo-autógrafo de Orel, síntesis y cumbre de los métodos que nos ocupan, y manejando con dos manubrios y un pedal el estilete que aparece sobre el terreno que por ellos divisa, construir de éste un plano perfecto con sus caminos y barrancos y hasta sus curvas de nivel.

Si en este punto cerramos la cadena cuyos eslabones vamos recorriendo y volvemos al cinemático, éste nos dirá que el aparato de Orel es una sorprendente máquina que construye en su forma más general la ecuación de tres variables, representativa del terreno que aparece en una fotografía estereoscópica.

Todo esto es la Fotogrametría.

* *

Los orígenes de esta fecunda rama de la técnica moderna pueden remontarse hasta el año 1759, en que vió la luz en Zurich el *Tratado de Perspectiva*, de J. H. Lambert, conteniendo las cons-

trucciones fundamentales que pueden servir para la obtención de un plano topográfico de un terreno del que se conoce una vista o perspectiva cónica.

La primera aplicación práctica de estos principios se debe al ingeniero hidrógrafo francés Beantemps Beaupré, el cual, en la expedición científica realizada por los años 1791 al 93 en las islas de Tasmania y Santa Cruz, obtuvo una serie de croquis de los panoramas más interesantes, y a su regreso a Francia dedujo de ellos algunos mapas aproximados, sin más que determinar cada uno de los puntos característicos del terreno por intersección de las dos visuales dirigidas a él desde dos estaciones en que aquellos croquis fueron tomados.

Este procedimiento exigía, para dar resultados satisfactorios, una gran exactitud en los dibujos que en el campo se hacían, y la dificultad de conseguirla fué, sin duda, motivo del poco desarrollo que adquirió.

Para salvar tal inconveniente, el entonces capitán de ingenieros del ejército francés, Aimé Laussedat, comenzó en 1850 a emplear la cámara clara de Wollaston, modificada por él para dar mayor firmeza al punto de vista. Y dos años después sustituyó este aparato por la cámara oscura, que permitía seguir con mayor finura los contornos y accidentes del terreno.

Con ella pudo efectuar el clásico levantamiento del plano del fuerte de Vincennes, que es el primer trabajo serio que se ha hecho en esta materia. Obtuvo Laussedat tres vistas, y los planos deducidos de cada dos de ellas, dibujados en papel transparente y colocados sobre otro plano obtenido con el mayor esmero por los métodos corrientes, coincidieron exactamente con él.

Pero el dibujo a mano de las perspectivas resultaba muy lento, y pensó obtenerlas por medio de la fotografía. A fines de 1851 obtuvo del Ministerio de la Guerra autorización para adquirir una cámara fotográfica, y con ella siguió con éxito creciente sus experiencias, dando de ellas cuenta el 14 de noviembre de 1859 a la Academia de Ciencias de París, y obteniendo de ésta un informe favorable.

Si nos hemos detenido algo en la enumeración de los antecedentes consignados, ha sido, en primer lugar, por mostrarnos claramente la evolución de lo que podemos llamar Fotogrametría embrionaria, y, además, para haceros ver el estado exacto de la cuestión en el momento en que se desarrollaron hechos poco conocidos hasta ahora, pero que revisten notable interés para la historia científica de nuestra patria y en especial de esta Real Academia.

Era a la sazón presidente de su Sección de Ciencias Exactas el académico fundador D. Antonio Terrero y Díaz-Herrero, general de brigada y director de estudios de la Escuela especial de Estado Mayor del Ejército.

Hombre de vasta cultura, ex profesor de la Academia de Artillería, primero, y luego de la citada, había trabado amistad personal con Laussedat, cuando éste vino en agosto de 1858, comisionado por el Gobierno francés, a estudiar los métodos y aparatos empleados en la medida de la base de Madridejos por el general Ibáñez.

Conocía Terrero los trabajos de Laussedat y se interesaba grandemente por ellos, hasta el punto de proponer como tema para el concurso ordinario de premios de la Academia, correspondiente al año 1863 el de «Determinar los errores probables que resultan en los planos topográficos deducidos de dos perspectivas fotográficas, teniendo en cuenta todas las causas de error que pueden influir en su producción».

Esta Real Academia, al aceptar la propuesta del ilustre general, reconocía oficialmente la importancia y trascendencia de la aplicación de la fotografía al levantamiento de planos, y con cer-

tero instinto iba a investigar el grado de exactitud de que era capaz, ya que la falta de ésta pudiera ser el punto débil por donde fallara todo el sistema.

Al concurso acudió el capitán Laussedat y obtuvo en él la única recompensa concedida. Fué ésta la primera de carácter oficial otorgada a la Fotogrametría, y correspondió en parte no pequeña al plano del pueblecillo de Le Bue, que a la Memoria acompañaba como ejemplo de aplicación práctica. También fué este plano el primero obtenido fotográficamente: sus datos de campo (una base de 334,80 metros y ocho fotografías) fueron tomados en tres horas el día 4 de mayo de 1861, ante la Comisión de ingenieros de la Guardia imperial, nombrada por el Ministerio de la Guerra para informar sobre ellos; los de gabinete se terminaron en tres o cuatro días. El original del plano y fotografías de este trabajo quedaron en los archivos de esta Academia, hasta que fueron remitidos a su autor para reproducirlos en la última obra que esté publicó. Desgraciadamente, no han sido devueltos hasta la fecha.

Pero no fué ésta la única, ni aún la principal intervención del general Terrero, en los primeros tiempos de la Fotogrametría.

Desde 1833 hasta 1837 explicó en la Academia de Artillería varias materias, especialmente la Geometría descriptiva, cuya enseñanza introdujo en el Ejército, y en 1838 pasó a la Escuela de Estado Mayor, en la que estuvo encargado de la asignatura de Astronomía y Geodesia, hasta su promoción a jefe de Estudios en 1852, en sustitución del general Monteverde.

Interesado vivamente por los asuntos fotogramétricos, y especialmente preparado para estudiarlos desde el punto de vista geométrico, natural era que pensara en hacerlo. Fruto de sus trabajos fué un artículo titulado «Fototopografía, es decir, Aplicaciones de la Fotografía al Levantamiento de Planos topográficos», que ocupa 15 páginas en la revista titulada *La Asamblea del Ejército y la Armada*. Revista de Ciencia, Arte e Historia Militar, año V, 2.^a época, tercer tomo, año 1862, páginas 31 a 46.

Aunque firmado solamente con sus iniciales, acusa la personalidad de su autor y tiene la importancia histórica de ser el primer estudio teórico de la Fotogrametría, y haberse publicado veintiún años antes que los trabajos del profesor de la Escuela Politécnica de Charlottenburg, doctor Guido Hauck, hoy considerados como fundamentales en el *Journal de Crelle*.

En particular el teorema llamado universalmente de Hauck, fundamental para la «identificación de puntos» en la Fotogrametría de Laussedat, fué enunciado y demostrado veintiún años antes por vuestro ilustre compañero.

Aun sin tratarse de un invento de primer orden, no estamos tan sobrados de figuras preeminentes en el campo de la Ciencia, que resulte sin interés para esta ilustre Corporación y para los Cuerpos de Artillería y Estado Mayor la reivindicación de los méritos y la memoria, menos conocidos de lo que debieran, del general Terrero y de sus trabajos citados.

*
* *

Cumplido este deber de justicia, entraré de lleno, contando siempre con vuestra benevolencia, en el rápido esbozo que me propongo hacer del fundamento geométrico de la Fotogrametría.

Para que la exposición resulte más clara y ordenada, la dividiremos en tres partes:

- I. Fotogrametría ordinaria o Método de intersecciones.
- II. Fotogrametría estereoscópica o Método de las paralajes.
- III. Fotogrametría aérea.

El Método de intersecciones es, como su propio nombre lo indica, el que determina cada punto por intersección de los rayos

que le proyectan desde las dos estaciones fotográficas o centros de proyección.

Ya vimos en las breves notas históricas precedentes que estas proyecciones podían obtenerse a simple vista (Beautemps Beau pré) con la cámara clara de Wollaston, con la oscura, o automáticamente con la fotográfica (Laussedat).

En cualquiera de estos casos—que sólo difieren unos de otros en la exactitud y en la rapidez de su obtención—, el procedimiento es el mismo.

Desde dos puntos convenientemente elegidos en el campo, de modo que dominen la zona de terreno que se quiere representar, se obtienen dos perspectivas o vistas de ésta y se miden los datos necesarios para conocer la posición relativa de los dos centros y los dos planos de proyección respectivos.

Esto equivale a la representación diédrica más general de una figura en el espacio, por dos proyecciones de la misma, obtenidas desde dos puntos cualesquiera sobre dos planos, también arbitrariamente elegidos (aunque en la práctica, y para simplificar las construcciones, suelen éstos ser verticales).

La figura que se representa—en general, el terreno—viene determinada como resultado de una correspondencia entre dos radiaciones, cada una de las cuales se halla definida por su vértice y una sección plana.

Si estos vértices son, como caso particular, las direcciones perpendiculares a los planos de proyección respectivos, y éstos, a su vez, son perpendiculares entre sí, el sistema general diédrico que acabamos de definir se convertirá en el sistema de representación de Monge.

Ninguna dificultad presentan, después de lo dicho, ni la representación del punto y de la recta por sus respectivas proyecciones, ni la del plano por sus trazas sobre los dos de referencia.

Tampoco lo presenta el problema de cambio de planos, que puede enunciarse de este modo:

«Dadas las proyecciones de una figura desde dos puntos dados sobre dos planos igualmente conocidos, determinar la proyección de la misma desde un tercer punto sobre un tercer plano.»

Fácil es ver que el haz de los planos que pasan por los dos centros de proyección y por cada uno de los puntos de la figura que se quiere representar, corta a los dos planos de proyección según dos haces de rectas que son perspectivas y cuyo eje perspectivo es la recta de intersección de estos planos, y sus vértices las trazas de éstos con la recta de unión de los dos centros.

Es decir, que si determinamos en cada una de las dos fotografías o perspectivas la recta de intersección de su plano con el de la otra, y la imagen en ella del vértice de proyección o estación en que la otra se obtuvo, estas dos imágenes serán vértices de dos haces en que dos rayos homólogos (los proyectantes de las imágenes de un mismo punto del terreno) se cortarán en puntos del eje perspectivo o recta de intersección de los planos de las dos vistas.

Según esto, dada la imagen de un punto en una de las fotografías, tendremos en la otra una recta sobre la que habrá de estar la imagen que en ella tenga el mismo punto. Esta propiedad puede servirnos para resolver las dudas que existan en la «identificación de las imágenes de un mismo punto del terreno sobre las dos fotografías», base para determinar la posición del punto en el espacio.

Tal es la propiedad que lleva el nombre de «Teorema de Hauck», aunque, como antes vimos, debiera, en justicia, llamarse «Teorema de Terrero».

(Continuará.)

EL ABASTECIMIENTO DE AGUA EN RELACIÓN CON EL SANEAMIENTO DE LAS URBES

por

D. FRANCISCO RICART Y GUALDO

(CONCLUSIÓN) (1)

Esta división no es arbitraria, sino que está fundada en algo esencial. Así, los ultra-violeta ordinarios se pueden observar en el espectroscopio usual de prisma de *flint-glas*; los ultra-violeta medios son los que desde los anteriores van a parar al límite del espectro de los gases de mercurio, desde los cuales hasta los de mínimo valor de λ observados, son los extremos. Cada clase de ellos posee cualidades distintas de orden físico, químico y biológico. Las comunes a todos ellos son:

1.º La de ser bactericidas, aumentando este poder a medida que la longitud de onda es menor si bien en los de mínimo valor de λ lo es aprovechable por impedirlo los medios interpuestos entre ellos y las bacterias.

2.º Que son absorbibles por sólidos, líquidos y gases y que esta propiedad aumenta en razón inversa de la longitud de onda.

3.º Que desde el punto de vista fisiológico todos son nocivos para la piel y producen en la vista desórdenes y enfermedades, cuya intensidad mayor y más profunda radica en los rayos ultra-violeta medios.

Después de complejas investigaciones llevadas a cabo por distintos bacteriólogos, especialmente por MM. Courmont y Nogier, aplicando los rayos de las tres distintas zonas oscuras del espectro a la esterilización del agua, se viene a deducir que los ultra-violeta medios son los de más fácil aplicación y mayor eficacia.

Las fuentes u orígenes de estos rayos son: el arco voltaico sin envuelta de cristal; el arco voltaico llamado de llama, en el que se volatilizan el cadmio, el hierro y el cinc, que da rayos de $\lambda = 2138 \text{ A}$ o el aluminio que los origina hasta $\lambda = 1852 \text{ A}$; la lámpara de Uviol fabricada por la Casa Schott de Iena que produce los de $\lambda = 2530 \text{ A}$; la lámpara de vapor de mercurio con tubo de cuarzo emite los de $\lambda = 2225 \text{ A}$; el tubo de cuarzo es indispensable, pues el vidrio es opaco para los rayos de longitud de onda menor de 3000 A ; el cuarzo en cambio en láminas de un milímetro de espesor, es transparente a los rayos de $\lambda = 1500 \text{ A}$; la fluorina blanca es aún más permeable a estos rayos, pues los deja pasar hasta $\lambda = 1225 \text{ A}$.

Basadas en la propiedad del vapor de mercurio, que es luminoso en el vacío cuando la atraviesa una corriente eléctrica, se han construido varias lámparas, entre ellas la de Arons en 1892 con envoltorio de vidrio; la de Kúch en 1905 que fué el primero que empleó el cuarzo; por último se fabricó la lámpara medicinal de Kromayer, que hoy es universalmente conocida como fuente de rayos ultra-violeta. Para la aplicación a la esterilización del agua, las más prácticas son las de cuarzo con vapor de mercurio, pues no necesitan regulador alguno, se encienden con facilidad, exigen escaso gasto de corriente y transforman casi integralmente la energía eléctrica en energía actínica dando gran cantidad de rayos de pequeña longitud de onda.

Los rayos medios tienen un poder necrótico considerable; para el sentido de la vista son sumamente nocivos, pues una irradiación de sólo algunos segundos provoca fotofobia y conjuntivitis intensas; son extremadamente bactericidas; desde el punto de vista físico y químico, tienen las propiedades comunes a los ordinarios y extremos y de un modo especial la de descargar con rapidez los cuerpos electrizados negativamente.

(1) Véase el número anterior.