

Conferencia sobre fotogrametría

Sus aplicaciones en Colombia

Por CARLOS PUERTA I. C.

HISTORIA. La fotogrametría, ciencia relativamente nueva, sinó en teoría por lo menos en el terreno de la práctica, pues hace sólo diez años que entró en el campo de la realización, tuvo su cuna, como una gran parte de las ciencias que han enriquecido al mundo, en Francia. El inventor de esta ciencia fue el coronel Aimé Laussedat, nacido en Moutin el 19 de abril de 1819, tuvo la idea en 1852 de utilizar el principio de la fotografía terrestre para establecer los planos topográficos. Fue Laussedat alumno de la Escuela Politécnica y más tarde profesor de Geodesia y astronomía, director del Conservatorio de Artes y Oficios y Miembro de la Academia de Ciencias. Hay algunos que creen que esta invención se le debe al alemán Meydenbauer, quien en 1858 empleó fotografías para el levantamiento del plano de la catedral de Westlar. En 1858 el constructor Brunnes construyó el primer aparato fototopográfico que es el prototipo de los fototeodolitos modernos. Ya en 1856 Nadar empleaba las fotografías para el levantamiento de planos. Durante ocho años a partir de 1863 trabajó en Francia el capitán Javary, levantando el plano de más de 72.000 hectáreas. Pero estos innovadores encontraron en Francia la indiferencia entre los elementos influyentes. La fotogrametría ha sido una ciencia de mala suerte. La incompetencia de los medios que llamamos competentes ha sido una pesadilla. Al principio, cuando las teorías matemáticas que comprueban su exactitud, estaban sin demostrar plenamente, los señores matemáticos dudaron de ella y públicamente lo propagaron. Luego, con los primeros aparatos que se fabricaron y que como todo producto que está para el estudio, tenían sus deficiencias, los ingenieros lo atacaron, unas veces con razón y otras sin ella, o porque no la comprendían o porque se imaginaron erróneamente que les haría una competencia desleal. Hoy que ya sus teorías matemáticas están comprobadas y los aparatos realizan matemática y automáticamente estas teorías, aún la atacan. En todos los países, poco a poco, la fotogrametría se va imponiendo. Pero si en Francia esta ciencia decaía

por aquellos años, no sucedía lo mismo en Austria y Alemania. El Instituto Geográfico Militar austriaco hacía adoptar los métodos de Laussedat para los trabajos de alta montaña en el año 1894.

Entre los últimos franceses que podamos citar en esta primera parte de la historia de la fotogrametría están los hermanos José y Enrique Vallot que emplearon un fototaqueómetro construido por Brosset para el levantamiento de 430 k2., sobre 330 del mapa del Monte Blanco que se les había encomendado.

La segunda parte y la más rica en realidades de la historia de la fotogrametría tiene su sede en Alemania.

Meydenbauer en 1883 es puesto a la cabeza del Instituto fotogramétrico dedicado al servicio de los monumentos públicos de Prusia. Pero el verdadero creador de la fotogrametría alemana es el profesor Carlos Pulfrich nacido el 24 de septiembre de 1858 cerca de Duesseldorf. Hombre verdaderamente genial en el dominio de la Optica, a él le debemos la base y la construcción de los más útiles y perfectos aparatos empleados en Fotogrametría. Colaborador científico de los talleres ópticos de la casa Carlos Zeiss, desarrolló allí una gran labor en Refractometría, en Estereoscopia y en Fotometría. La obra de Pulfrich en el dominio de la Estereoscopia es la que más nos interesará en el estudio de la fotogrametría. El perfeccionó el telémetro estereoscópico proyectado por de Groussillier y completado por Abbe. Fue Pulfrich quien estableció las teorías y proyectó los aparatos más importantes de la estereo-fotogrametría, aparatos que más adelante nombraremos. Bástenos por ahora con el nombre y con el número: Estereocomparador en 1901, estereoaquígrafo en 1910, el transformador automático en 1919. Publicó también 40 trabajos sobre la Estereoscopia y es de admirar aún más sus trabajos sobre la estereoscopia si pensamos que desde el año de 1906 no podía gozar de la visión estereoscópica por haber perdido un ojo.

Su recia voluntad venció este defecto. El 12 de agosto de 1927 con la muerte de Pulfrich, la estereofotogrametría perdió su padre. Felizmente para la fotogrametría, Pulfrich dejó que su obra la continuara el que es hoy el gran colaborador científico de la casa Zeiss: O. von Orel.

La fotogrametría aérea durante la gran guerra mundial reveló su importancia ante los beligerantes. Francia, después del armisticio, comprendió el error de haber abandonado la ciencia de Laussedat. Rápidamente organizó sus servicios de Fotogrametría y hoy, aun-

que no igual a Alemania, va por camino de realizaciones, con Poirviller, la casa Gallus, la casa Optique Precision y otras más.

En Suiza, en España, Inglaterra, Italia y Rusia la fotogrametría marcha a grandes pasos. En Suiza Wild trabaja; en España está el Ingeniero Torroja; en Inglaterra la casa Eagle adelanta en construcción de apartos y los ingenieros británicos recorren los dominios del Reino utilizando la Fotogrametría. En Italia la casa Nigri de Roma dá magníficos resultados; empleándose en los Alpes y en Rusia los aparatos Zeiss, trabajan sin descanso. En los Estados Unidos la fotogrametría acabó por triunfar a pesar de la resistencia que en un principio le presentó el Geological Survey y el Coast and Geodetic Survey. Allí se aplica hoy a los estudios geológicos, meteorológicos y mucho más. En la América del Sur hay aparatos fotogramétricos y se adelantan estudios muy en serio en la Argentina, en Chile, en el Perú y en el Brasil donde ya las compañías inglesas han hecho trabajos muy importantes. En Colombia todos estamos al corriente de los valiosos servicios que nos ha prestado la sección científica de la Scadta. Pero si es cierto que la Scadta nos ha prestado sus servicios, de los cuales estamos profundamente agradecidos, también es bueno que sepamos que con los contratos que el Gobierno Nacional hizo con esta compañía y que están y estarán vigentes hasta el año de 1940, se nos cierran las puertas a todos los que queramos contribuir en el desarrollo de la Aereofotogrametría. Por medio de estos contratos se le dá la exclusividad a la Scadta, para todos los trabajos aereofotográficos que se puedan llevar a cabo en el país. Ningún particular o ninguna entidad privada puede llevar a bordo de aviones aparato de toma de vistas. A los particulares que queramos y podamos trabajar en este ramo, o nos obligan a trabajar con la Scadta, si ella desea aceptarnos, o nos obligan a guardar nuestros libros de fotogrametría en el último estante de nuestras bibliotecas. Tenemos entre los nacionales elementos preparados para muchas obras que antes eran patrimonio de extranjeros. No debemos permitir que sobre terrenos o zonas militarizadas, o sobre nuestras fronteras, vuelen aviones con aparatos fotográficos manejados por manos extrañas. Que se nos impongan las responsabilidades de las obras que se nos encomienden. Pedimos que se nos tenga confianza. Queremos servir. Pero pedimos que nos dejen servir!

Se me olvidaba mencionar también, en esta breve y no completa reseña histórica de la fotogrametría, a Bélgica, donde el capitán Van Oost, Monsieur Castellain, Selesneff y Poncelet, han dado enor-

me empuje a la fotogrametría. Allí está una de las compañías de más renombre: la SABEPA (Société Anonyme Belge pour l'Exploitation de photographie aérienne) en donde yo tuve la buena suerte de hacer estos estudios.

La fotogrametría, o metrofotografía, o Fototopografía se divide en dos ramos: la fotogrametría terrestre y la fotogrametría aérea o aereofotogrametría. En la fotogrametría terrestre todas las vistas se toman con aparatos tales como el fototeodolito que se sitúa directamente sobre el terreno. Tanto en la aérea como en la terrestre, los aparatos de restitución necesitan lo que se llama el efecto estereoscópico, que consiste en lograr la sensación de relieve según la fotografía de la misma parte del terreno tomada desde puntos distintos, es decir, bajo ángulos diferentes. La fotogrametría terrestre da muy buenos resultados en terrenos de montañas, siempre que estos terrenos sean accesibles fácilmente. La estación en tierra firme permite conocer exactamente el ángulo que forman los fotogramas o fotografías con la vertical, lo cual es una gran ventaja. Esto se logra sencillamente por medio de niveles. Así la orientación de la fotogrametría es muy sencilla. Los elementos desconocidos de esta orientación son las tres coordenadas de la estación, la dirección del eje óptico durante la impresión (azimut y ángulo cenital) y el ángulo de la inclinación de la placa. El mismo aparato que sirve para la restitución o la transformación en el plano de la fotografía aérea (estereoplanígrafo) sirve para las terrestres, cambiando solamente los ejes que materializan los x y z de las coordenadas.

La aereofotogrametría, de la cual me ocuparé más extensamente por juzgarla más adecuada para Colombia, necesita para la toma de vistas una aeronave, globo o avión. Tiene sobre la terrestre la ventaja de ser utilizable para terrenos inaccesibles o inexplorados y de obtenerse más rápidamente los resultados. La orientación de las fotografías es más difícil que en el caso de la fotogrametría terrestre. Respecto a la vertical no existe ninguna seguridad. El problema de la fotogrametría reside en lo siguiente: 1o. Determinación de ángulos y direcciones en las fotografías. 2o. Determinación de las distancias en los mismos. Hoy día estos problemas los resuelven automáticamente y mecánicamente los diferentes aparatos: el triangulador, el transformador y el estereoplanígrafo. La aereofotogrametría utiliza para la toma de vistas dos géneros de aparatos fotográficos: la cámara no automática en la cual el operador tiene que ir tomando las vistas personalmente y la cámara automática que por un dispositivo

especial y con graduaciones adecuadas, toma las vistas automáticamente. Esta máquina a pesar de ser costosa es la aconsejable aquí en Colombia. Esta máquina toma fotografías (verticales) en serie; además lleva consigo un almacén de películas. Puede servir para tomar 285 fotografías en cinco horas. Con las cámaras que proporciona la casa Zeiss se pueden fotografiar perfectamente terrenos, desde una altura de 7.000 metros. A esta altura y con la película utilizada actualmente (18 x 18) se tomaría en cada vista una extensión de 8 k2. Actualmente se estudian cámaras dobles y cuádruples. Asschenbrenner ha realizado una cámara con un objetivo principal que fotografía en la vertical, y dispuestos en corona circular ocho objetivos de eje óptico normales al clisé. Con este aparato que es de un manejo bastante difícil se pueden obtener 400 k2. por cada fotografía, volando a 4.000 metros de altura. Esta cámara fue utilizada en el vuelo ártico del dirigible Zeppelin. Por los datos que os acabo de dar, ya os podréis haber dado cuenta de la maravillosa construcción y fabricación de los aparatos de toma de vistas. De precios hablaremos más tarde. Advirtamos desde ahora el grado de perfección al cual se ha llegado en la fabricación de objetivos. Estas cámaras fotográficas con sus excelentes objetivos nos dan imágenes sin aberraciones cromáticas ni esféricas.

La parte de aereofotogrametría en la cual utilizamos el avión es relativamente sencilla. Más tiempo se emplea en decir las manipulaciones que con el aparato fotográfico se hacen a bordo del avión, que en llevarlas a cabo cuando se están tomando las fotografías. El operador encargado de la toma de vistas, por medio de un sistema de luces fijado en el mismo aparato fotográfico, va guiando al piloto cuya única condición es volar en línea recta y a la misma altura hasta donde le sea posible. El operador antes de emprender el vuelo hará su "esquema de vuelo" fijando sobre el terreno los puntos que materializarán los ejes que le servirán para dirigir al piloto. Esto se hará fácilmente cuando la región sobre la cual se vuela es conocida o existe alguna carta topográfica de ella; en caso de que la región no sea conocida, como por ejemplo en nuestras tierras del sur, entonces lo aconsejable es hacer primero un vuelo a gran altura, la mayor posible, obteniendo así en cada fotografía la mayor extensión de terreno que se pueda. En seguida obtendrá los positivos de estas fotografías y con ellos hará un "mosaico fotográfico" con un fotoplano en el cual ya la exactitud existe. Valiéndose el operador de este mosaico fotográfico, sobre él traza los ejes del vuelo,

materializa puntos reconocidos o fáciles de reconocer y organiza, por decirlo así, su expedición aérea, teniendo en cuenta la dirección y la velocidad del viento. Es aconsejable volar siempre en sentido contrario a la dirección del viento, para evitar así ciertos movimientos del avión que perjudican grandemente a la buena obtención de fotografías. Esta segunda expedición aérea se hará volando a más baja altura para obtener así todos los detalles útiles del terreno. Una altura entre mil y mil quinientos metros será suficiente. Si se trata del plano de una ciudad, la altura puede ser de unos 800 metros.

El trabajo sobre el terreno necesario para la aereofotogrametría consiste en hacer sobre el mismo una buena triangulación o realizar unas buenas poligonales. Para poder orientar luego en laboratorio cada fotografía, son necesarios por lo menos tres puntos que deben ser conocidos en longitud, latitud y altura. El asunto de saber si se debe escoger la triangulación o la poligonal, depende del trabajo que se desee, de su precisión y de la escala pedida. Para grandes extensiones una buena triangulación con lados de 3 o más kilómetros es suficiente.

Hoy día la SABEPA ha puesto en práctica, con resultados que sobrepasan las esperanzas, la "triangulación gráfica radial". Así el número de puntos que se deben levantar sobre el terreno disminuye enormemente. Sólo se necesitan puntos aislados de comprobación que bien los pueden suministrar la Oficina de Longitudes cuando ésta intensifique más la red de puntos geodésicos. Lo poco que acabo de decir es el único trabajo que se exige sobre el terreno. Fácilmente se comprenderá el sinnúmero de sacrificios que se evitarán por medio de la aereofotogrametría a los ingenieros. Por que hay climas que no son propiamente de veraneo y selvas que no son paraísos terrenales.

Todo el resto del trabajo de aereofotogrametría se realiza en los laboratorios. Las fotografías directamente obtenidas en el avión tienen tres causas de error para que se puedan aceptar como representación a la escala del terreno. Estas causas provienen de los movimientos del avión: el movimiento inclinación, la deriva y el llamado en francés *deverssement* (es decir el movimiento al rededor de los tres ejes). En la aereofotogrametría debemos distinguir dos géneros diferentes de planos para realizar. El de los terrenos planos o ligera y constantemente inclinados, y el de los terrenos montañas.

Para la restitución de las cartas de terrenos planos se emplea el aparato "transformador". Para los terrenos montañosos el "Es-

tereoplanógrafo". Este último sirve para los terrenos planos también. La triangulación se realiza con la ayuda del triangulador "radial" o por medio de cálculos. O por triangulación gráfica radial.

No queriendo abusar de vuestra benévola atención os hablaré someramente de los dos primeros aparatos por ser los más importantes. Estos aparatos representan muchos años de trabajo, muchas noches de desvelo de sus geniales inventores. Son 35 años de estudios convertidos en mecánica. Son las profundas teorías de la óptica geométrica, el estudio de las proyecciones centrales, goniométricas y la geometría perspectiva convertidas en mecanismo. Admirémos a Laüssedat, a Von Orel, a Pulfrich, a Von Oruber como grandes palafreneros de la ciencia. Y rindamos también homenaje a la casa Carlos Zeiss. Estos aparatos son visiones del año 2.000. Son "los ingenieros mecánicos".

El problema que resuelve el transformador automático es el siguiente: pasar de una proyección central que es el clisé, a una proyección ortogonal, que es la carta. Para resolver este problema se tienen que satisfacer tres condiciones: 1o. Ecuación de los puntos conjugados; 2o. Condición de la recta de intersección y 3o. Ecuación del punto de fuga. Estas condiciones las realiza un objetivo sin distorsión, un inversor de Pitágoras y un inversor de Carpentier. Así pues, este aparato transforma los clisés errados, por las causas anteriormente citadas, en verdaderos planos. La transformación de cada clisé por un operador experimentado dura unos diez minutos. Estos clisés transformados y puestos a la escala deseada nos dan el fotoplano del cual, por simple copia en papel transparente, obtenemos el plano definitivo con todos los detalles necesarios. Este es el sistema para terrenos planos. En estas cartas no obtenemos curvas de nivel y sólo obtenemos la planimetría. Este es el sistema indicado para el levantamiento de ciudades y sabanas como la de Bogotá, el Valle del Cauca y los Llanos.

Para la obtención de planos en terrenos quebrados es necesario el estereoplanógrafo. Este aparato es el hijo mayor y más respetable de la Fotogrametría. Es el que pudiéramos llamar exclusivamente el ingeniero mecánico. El estereoplanógrafo efectúa la restitución automática del terreno, por medio de los fotogramas, valiéndose de los clisés obtenidos directamente desde el avión y por un complicado mecanismo obtenemos directamente y a la escala deseada el plano exacto del terreno con sus respectivas curvas de nivel a la equidistancia que se desee. Un sistema de deslizadores trirrectan-

gulares que materializan los ejes de las X y Z, permiten dar los movimientos correspondientes a la longitud, a la latitud y a la altura.

Un sistema óptico perfecto da al operador la sensación de relieve o visión estereoscópica. Un sistema mecánico y un coordinatógrafo transmiten los movimientos a un lápiz, que saliendo como un brazo del aparato va dibujando íntegramente el plano deseado. Para la orientación de cada par de fotografías (clisés) es necesario conocer tres puntos. La orientación y la transformación en plano con sus curvas de nivel de cada par de clisés dura unas diez y seis horas, es decir dos días de trabajo de un solo operador lo cual equivale a decir que se pueden hacer ocho k2 de plano en dos días. Los topógrafos del sistema antiguo podrán decir cuántos meses requerirían para un trabajo semejante. La exactitud que da este aparato es sorprendente. Personalmente la he constatado durante unos años de trabajo. En curvas de nivel el error medio es de unos 30 centímetros. En la planimetría es por decirlo así, exacto. Ante estos resultados todo elogio sobre este aparato quedaría pequeño.

No entro aquí a analizar las teorías que llevaron a Pulfrich a Von Orel y Von Gruber a la realización de esta máquina portentosa. Son bastante complicadas y muy extensas para caber en el cuadro de una conferencia de vulgarización. Sólo me atrevo a decir, que podemos tener absoluta confianza en él y que sus resultados justifican largamente su elevado precio. Los rayos luminosos que emanan de los diferentes puntos del terreno forman las imágenes en la placa después de pasar por los objetivos de dos cámaras. El estereoplanógrafo realiza el efecto inverso: los rayos emitidos por los diferentes puntos del clisé reconstituyen después de pasar por los objetivos de sus cámaras de proyección, una imagen en relieve del terreno.

Hasta aquí os he hablado en abstracto sobre la fotogrametría. Dejo a un lado el examen de otros aparatos para que entremos a tratar un poco sobre las diferentes aplicaciones de fotogrametría en Colombia y sus ventajas económicas.

1o. PLANO GENERAL DE LA REPUBLICA

Aquí nada existe sobre el plano del país. La Oficina de Longitudes, haciendo esfuerzos dignos de todo elogio, ha levantado más de 900 puntos de control que sirven para apoyar lo que llamamos actualmente plano de la República y que no es más que un croquis.

Estos puntos han sido levantados por métodos astronómicos. Para tener el esqueleto para el levantamiento del plano general, la primera obra por realizar es una completa red geodésica dentro de la cual se establecerían las triangulaciones de 1o, 2o., y 3o. orden. Para utilizar la fotogrametría en las regiones más necesarias tendríamos que levantar los puntos geodésicos de esas regiones separadamente y obedeciendo a un plano general geodésico de antemano concebido. Estos serían los puntos de apoyo para los levantamientos fotogramétricos. Este plano general lo podemos llamar una obra magna, tanto por el esfuerzo que representa, como por la imprescindible necesidad que le reconocemos. La fotogrametría prestaría un maravilloso servicio en este caso. Si queremos explotar racionalmente el país, necesitamos conocerlo a fondo en su topografía. Los llanos sin límites, las selvas inhospitalarias y las montañas inaccesibles, las grabaríamos sobre placas sensibles. En los laboratorios las transformaríamos en cartas a pequeñas y grandes escalas.

2o. CATASTRO

El catastro está muy deficiente. Se necesitan planos completos de cada propiedad para que se puedan imponer los verdaderos y justos impuestos. No se deben dejar a tres compadres de don Fulano a que le impongan impuestos. Todos somos testigos de las actuales injusticias, la mayor parte en contra del Estado que nuestro actual método de impuesto catastral lleva consigo. Si las autoridades conocieran la extensión, cultivos y demás condiciones de las propiedades no dudo del gran aumento para las rentas nacionales. Para esto se necesitan cartas regionales. El justo pago de los impuestos y el aumento que vendría consigo, largamente pagarían en los dos primeros años el costo de estas cartas. Cada municipio se podía pagar este gasto.

3o. VIAS DE COMUNICACION

Las obras públicas, en el ramo de vías de comunicación encontrarían en la aereofotogrametría una magnífica colaboradora. Mucho más racional y técnicamente se hará el estudio de un trabajo cuando se pueda disponer de un mapa o carta de ingenieros que es una fotografía del terreno. Cuántas expediciones infructuosas y a veces erróneas y siempre costosísimas se evitarían así. Cuán fácilmente se estudiarían las obras de arte, las represas bien situadas, los viaduc-

tos menos largos, los presupuestos, etc., etc. El factor rapidez para el trazado, mejoraría en un 100% y por lo tanto la economía.

4o. CUESTIONES MILITARES

El Estado mayor militar y todo lo relacionado con las obras militares, tendrían con la fotogrametría una magnífica arma de ataque y de defensa. Un día en Bussang en 1870 el General Von Stratz felicitaba a Laussedat por haber creado un método tan precioso para los ejércitos. Bien desagradable felicitación para el sabio que inventó algo de lo cual se sirvieron los enemigos. Hoy día los ejércitos, de no importa qué país civilizado, están convencidos de la necesidad de la Fotogrametría y no economizan sacrificios. Para planes de campaña y estrategia, la fotogrametría se ha impuesto por su rapidez. Sólo el ramo justificaría la creación del Instituto Fotogramétrico y los aparatos de fotografía; creo que el Gobierno deba confiarlos a nacionales en los cuales tenga una absoluta confianza.

5o. LIMITES Y FRONTERAS

Nada más apropiado que la fotogrametría para ponerla al servicio de la Oficina de Longitudes encargada de todo lo relacionado con límites y fronteras. Ya desde hace mucho tiempo el doctor Garzón Nieto, competentísimo director de esta oficina en el Ministerio de Relaciones Exteriores, está pidiendo este servicio para la Oficina.

6o. TRABAJOS PUBLICOS Y URBANIZACIONES

Para los trabajos públicos la aereofotogrametría puede suministrar trabajos importantísimos con gran lujo de detalles. El urbanismo también se servirá muy bien de los fotoplanos sobre los cuales se pueden ver las bellezas naturales existentes y cuáles, bajo el punto de vista estético, pueden o deben conservarse. El profesor Brunner, jefe del Departamento municipal de Urbanizaciones de esta ciudad, en un interesantísimo artículo publicado en un número del Registro Municipal llama la atención sobre tema tan importante y de tanta aplicación en Bogotá, urbanísticamente hablando.

7o. METODO EDUCATIVO Y PROPAGANDA

Nada que se grabe más en la mente de los jóvenes como las

imágenes; las vistas aereofotográficas de nuestras ciudades y demás sitios importantes. Así los niños de los campos se darían cuenta de nuestras capitales y los de las capitales conocerían el país. Esta misma propaganda fotográfica servirá para nuestra propaganda en el exterior donde tan mal se nos conoce. Uno de los ramos más explotables en fotogrametría es la propaganda comercial que, por su medio, se haría de nuestras industrias y sus instalaciones.

8o. EXPEDICIONES Y EXPLORACIONES

Valiéndonos del avión ya desaparecerán para nosotros las tierras inhospitalarias. El explorador conocerá de antemano las tierras que va a visitar, y sabría orientar su exploración según las fotografías y los planos.

Nosotros como colombianos debemos estar preparados para el gran vuelo ecuatorial internacional que tiene proyectado Paul Graets. En ese comité internacional de sabios que se está organizando, tendrán puesto geógrafos, naturalistas, geólogos, botánicos meteorólogos, etc. Será un anillo ecuatorial de un ancho de 500 kilómetros, que se explorarán por medios aereofotogramétricos.

9o. AL SERVICIO DE LA POLICIA

Así lo tiene establecido Suiza. Es sumamente práctica en el caso de accidentes y crímenes. La policía en cambio de tomar declaraciones toma fotografías estereoscópicas que inmediatamente el estereoplanógrafo transforma en unos instantes en planos. Para el control de las cartas existentes, proyectos de canales y trabajos de regularización de los ríos, proyectos de grandes represas, silvicultura, y explotación de bosques, trabajos de irrigación, estudios de inundaciones, etc., etc.

OTRAS APLICACIONES

También tiene la estereofotogrametría su aplicación a la escultura según el método de Smith, y con el aparato del Estereoplasto de Zeiss Bauesfeld. La medicina también se sirve de la estereofotogrametría combinándola con la radiografía. La arqueología y la arquitectura también pueden esperar mucho de esta ciencia. El geólogo se sirve para el estudio de las modificaciones que producen en los nevados, las erupciones volcánicas y sus efectos, las variaciones de

las dunas por el efecto de los vientos, etc., etc. En meteorología permite determinar la posición y la extensión de los relámpagos, la altura de las nubes y su velocidad en tamaño y dirección.

La Oceanografía puede emplear la estereofotogrametría para el estudio de las formas tan variables de las olas. Los astrónomos que no pueden disponer en la superficie terrestre sino de bases muy cortas en comparación con las distancias de los cuerpos celestes, han encontrado en la estereofotogrametría una ayuda tan preciosa como imprevista. Warren de Rue en 1860 obtuvo fotografías estereoscópicas de la luna y Pulfrich realizó en el estereocomparador la medida de distancias relativas de nuestro satélite con las fotografías estereoscópicas obtenidas por Loewe y Puiseux.

Estas son las principales aplicaciones que por el momento nos puede dar la fotogrametría. No se ve hasta dónde llegará mañana. No sabemos aquí en Colombia hasta dónde la aplicaremos.

Un relativo inconveniente de la Fotogrametría es el alto precio de los aparatos. En nuestra moneda al cambio actual una cámara automática Zeiss perfectamente equipada valdría unos \$ 6.000. El avión, cualquiera de los nuestros serviría. Un transformador \$ 20.000 y estereoplanígrafo unos \$ 50.000. Para un Gobierno como el nuestro, donde hay tanto por hacer, el gasto estaría bien justificado y la amortización de este capital se haría fácilmente. La economía de tiempo y de trabajo pagaría rápida y largamente los gastos. La precisión y la economía de este nuevo método de levantamiento de planos está fuera de duda. Como ejemplo de lo que acabo de decir podemos citar el levantamiento en Alemania de la isla de Amrum, donde la economía de tiempo fué de un 30% y de dinero mucho más. La SABEPA ha levantado la región de Leo-Kiu Kalina en el Congo Belga que tiene una extensión de 70 kilómetros cuadrados y a la escala de 1/2500 en seis meses. Para el contrato del plano catastral de toda la Francia Monsieur Roussilhe pide 20 años y mil millones de francos. Son cuarenta millones de hectáreas. Por los antiguos métodos de topografía, la duración del levantamiento sería ilimitada y el costo, según el cálculo de seis mil millones de francos. En el canal Alberto que se construye actualmente en Bélgica la superficie levantada representa mil hectáreas. El costo, todos los gastos comprendidos, fué de 71,50 francos por hectárea, es decir unos dos pesos al tipo de cambio del año de 1932 en que fue realizado. Es de advertir que este fue un trabajo de precisión. Creo que se pueden obtener más bajos precios para más grandes extensiones.

Este trabajo del canal Alberto lo realizamos en 54 días. Los errores que obtuvimos fueron menos que los aceptados según la fórmula de tolerancia universalmente reconocida.

He querido voluntariamente en esta corta conferencia dejar a un lado todos los principios matemáticos bastante complicados de la fotogrametría. Como conferencia de vulgarización sólo he querido dar una idea general de lo que en Colombia podemos esperar de esta nueva ciencia. Tengo la esperanza de que a ninguno de los aquí presentes se le habrá escapado la importancia de organizar en Colombia un eficiente servicio fotogramétrico. Necesitamos colaborar en un gran esfuerzo común que nos lleve pronto al terreno de las realizaciones. En todos los medios oficiales con los cuales he hablado estos asuntos, he encontrado el más generoso entusiasmo y el deseo de convertir muy pronto estas ideas en verdaderas realidades. Por orgullo nacional y por conveniencia general, no podemos quedarnos como simples espectadores frente a los progresos científicos. Los demás países civilizados ya han adoptado con grandes ventajas las conquistas de estas nuevas ciencias. Ya en varias universidades europeas, la fotogrametría entra en pénsum ordinario de los cursos académicos.

Personalmente he consagrado muchos meses de estudio a la fotogrametría, teniendo siempre como brújula indicadora del camino que debo seguir, la misma que dirige hoy a la gran mayoría de la juventud consciente colombiana. Esa brújula nos indica a todos el mismo Norte: servir a Colombia!

