

trenes. Solamente en el Corte de la Culebra hay 50 millas de esa vía, y en toda la sección central hay 194 millas, sin contar la parte utilizable del ferrocarril, y para comodidad de los trabajos hay que cambiar de lugar, por término medio, una milla cada día. En los descargaderos se utiliza con este objeto una máquina especial llamada «Cambiadora de vías», que hace el trabajo de 500 obreros, pues consiste en una grúa montada en una plataforma de acero portátil, con que se alza una sección de vía para colocarla en otro lugar, distante hasta 8 ó 9 pies, aunque generalmente se mueve sólo cuatro ó cinco pies cada vez.»

En Pedro Miguel, la extremidad del Corte de la Culebra, correspondiente al lado del Pacífico, tendrá una sola esclusa, que salvará un desnivel de 30 pies, y que está ahora en vías de construcción, mientras que una presa de tierra de 1.700 pies de largo une la esclusa á la colina occidental para contener por aquel lado las aguas del lago del Gatún. Por debajo de dicha esclusa habrá también un lago formado por las presas que unen los muros de las esclusas de Miraflores á las colinas laterales. La presa del lado occidental será de tierra, y de unos 2.700 pies de largo, mientras que la oriental, hecha de hormigón, tendrá 500 pies de largo, y ha de servir de vertedero para las aguas del lago. En Miraflores habrá dos esclusas, que salvarán un desnivel de 27 $\frac{1}{2}$ pies cada una, poniendo los buques que bajen por aquel lado al nivel del Pacífico.

Hase calculado que de toda la excavación necesaria para abrir el canal, de acuerdo con el plan actual, yardas cúbicas 73.000.000, serán en agua, es decir, de dragado. En las dos secciones que se encuentran al nivel del mar están trabajando 12 ó 14 dragas que sacan un promedio de 1.000.000 de yardas cúbicas de material cada mes. La roca del fondo en que las dragas trabajan se quebranta por medio de arietes de gran potencia para poder sacarla con cubos de cucharón ó bivalvos. En la sección del Pacífico se han estado excavando unas 11.500.000 yardas cúbicas de tierra por medio de fuertes chorros de agua y bombas centrífugas que la sacan en forma de lodo á razón de 30.000 galones por minuto. Las tablas anteriores indican la velocidad de trabajo de las dragas y lo que aún falta por hacer.

Los grabados que acompañan á esta reseña y que, junto con una gran parte de los datos en que ella se basa, debemos á la exquisita amabilidad de la Comisión del Canal del Istmo, darán quizás mejor idea que las palabras, de la magnitud de la empresa, de las dificultades con que en ella se ha tenido que luchar y de los adelantos realizados. El personal que en la actualidad hay en el Istmo de Panamá, trabajando para la Comisión del Canal y en el Ferrocarril viene á ser de 45.000 individuos, representando el personal americano unos 5.000 de todas categorías.

BIBLIOGRAFÍA

Estática gráfica de los sistemas del espacio, por B. Mayor, profesor de la Escuela de Ingenieros y de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Lausanne.—Un volumen y un atlas.—F. Rouge, Lausanne y Gautier Villars, París, editores. Precio: 8 francos.

Tenemos el gusto de publicar la noticia bibliográfica que sobre la notable obra del eminente profesor de la Universidad de Lausanne, B. Mayor, insertó en el *Bulletin*

Technique de la Suisse Romande M. Nikolski, Ingeniero del Instituto Constantino de Moscou y de la Escuela de Ingenieros de Lausanne.

El Sr. Nikolski ha tenido la bondad de poner á nuestra disposición el manuscrito de dicha noticia bibliográfica, que ofrece un interés especial por ser trabajo de la persona que tuvo la gran fortuna de haber sido alumno particular del Sr. Mayor y de haber estudiado á fondo esta ciencia, completamente nueva, bajo la dirección de aquel ilustre maestro.

He aquí la citada noticia bibliográfica:

«El Sr. Mayor acaba de publicar su obra magistral sobre la *Estática gráfica de los sistemas del espacio*. Esta ciencia, completamente nueva, que él creó en todos sus detalles, se halla expuesta en dicha obra con el rigor, la claridad y la elegancia que son propios del espíritu creador, original y profundo del autor.

«La gran novedad de la materia tratada nos hace muy difícil la tarea de hacer resaltar su excepcional importancia, no solamente bajo el punto de vista del arte del ingeniero, sino también bajo el punto de vista de la Geometría pura.

«Por esta razón nos permitimos reproducir en esta noticia bibliográfica conceptos que figuran en la misma obra.

«Antes de los trabajos del Sr. Mayor, las tentativas hechas por diferentes sabios con objeto de extender al espacio los métodos generales de la Estática gráfica, no condujeron á resultados generales utilizables prácticamente. Examinando las causas de esta falta de éxito, reconoció el autor que era preciso crear un nuevo método de representación plana del espacio que conviniese á la naturaleza especial de los elementos geométricos que desempeñan un papel preponderante en la teoría de los sistemas de fuerzas. Estos elementos se derivan todos de la línea recta y comparten con ella este carácter dualístico que tan claramente distingue las concepciones de la Geometría de la recta.

«En una serie de notas insertadas en las *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences* demostró el autor que era posible, no solamente determinar *a priori* el procedimiento más sencillo de todos los que satisficieran á aquella condición, sino también que su procedimiento permitía resolver con gran facilidad los problemas que en la Estática gráfica de tres dimensiones deben considerarse como fundamentales.

«Después de un primer capítulo de nociones preliminares, absolutamente indispensables para comprender lo que sigue, expone el autor en el capítulo II, y de una manera elemental, el método de representación antes citado. En una nota sobre las representaciones planas de los cuerpos engendrados por rectas, colocada al final de la obra, pero que hace relación á nociones más elevadas, resume el autor las consideraciones que le han permitido determinar *a priori* su procedimiento.

«Este procedimiento refiere los elementos del espacio al plano sobre el cual quieren representarse y á un complejo lineal, llamado *complejo director*, invariable una vez elegido. Esta representación, expuesta con toda generalidad para hacer resaltar claramente sus caracteres dualísticos, conduce á operaciones más sencillas que las que resultan de la aplicación de los métodos ordinarios de la Geometría descriptiva. Es fácil convencerse de ello examinando los

problemas resueltos al final del capítulo II y comparando sus soluciones con las que resultan del empleo de los otros métodos de representación. Se demuestra en particular que la misma solución conviene á dos problemas distintos, aunque dualísticos uno de otro. Por esta razón la investigación del plano determinado por tres puntos exige exactamente la misma construcción que la determinación del punto común á tres planos, etc.

»Nunca insistiríamos bastante en la gran importancia de este método de representación, bajo el punto de vista de la Geometría pura. Las aplicaciones de que es susceptible este procedimiento dan á la obra del Sr. Mayor un alcance mucho más considerable del que indica su modesto título. En efecto, la aplicación de uno de los casos particulares de este procedimiento á la Estática gráfica de los sistemas del espacio, aun probando su inmensa fecundidad, no agota, por ningún concepto, en los otros dominios de la ciencia pura y aplicada, el campo de las investigaciones futuras.

»Para simplificar la aplicación de su método de representación á la Estática gráfica de los sistemas del espacio, escoge el autor el complejo director de manera que una cierta recta fundamental del plano, sobre el cual se representa el espacio, se aleje indefinidamente. Este método especial de representación, exclusivamente empleado en todo lo que sigue, está expuesto de una manera detallada en el capítulo III. Su empleo permite la resolución, por medio de sencillos procedimientos gráficos, de una serie completa de problemas cuyas soluciones no han podido obtenerse hasta ahora sino empleando medios analíticos.

»Este método se presta, sin ninguna dificultad, al estudio de las propiedades de los cuerpos, pero sobre todo es importantísimo para el estudio de sus propiedades métricas, propiedades que bajo formas sencillas se encuentran en sus elementos representativos. Esto resalta claramente de las soluciones de los problemas tratados en este capítulo, que debe considerarse como fundamental en la teoría y en el cálculo de los sistemas articulados alabeados.

»El capítulo IV está consagrado á la representación del sistema de fuerzas, considerado en cierta manera como un conjunto, independiente de las fuerzas que lo constituyen. Expone en él el autor la representación de los complejos y de las congruencias lineales; la condición de involución de dos complejos lineales, y, finalmente, resuelve una serie de problemas necesarios para todo lo que sigue; la resolución de estos problemas muy difíciles, alcanza, como siempre, gracias al método de representación adoptado, el máximo de sencillez.

»El capítulo V tiene por título: *Las cadenas funiculares*. Entre las ideas y los términos nuevos, introducidos por el autor en el dominio de la ciencia pura, deben colocarse en primer lugar en la ciencia del ingeniero propiamente dicha, estas famosas cadenas funiculares. Para caracterizar lo mejor posible estas cadenas de complejos lineales, en las cuales cada «eslabón» está compuesto de una triple infinidad de rectas, no podemos hacer más, como siempre, que citar las palabras de su inventor. Este ha extendido al espacio la noción de polígono funicular, cuya extrema importancia en Estática gráfica no se trata ya de demostrar.

»Basta para esto considerar simultáneamente un conjunto de sistemas de fuerzas y hacer desempeñar después á cada uno de aquellos sistemas, considerado como formando un elemento bien determinado, un papel análogo al que desempeña toda fuerza que forma parte de un sis-

tema plano. Se llega así á una configuración geométrica que es natural designar bajo el nombre de *cadena funicular*.

»No podemos indicar aquí, sin salir del cuadro de la presente noticia bibliográfica, la manera como se forma esta configuración; pero es siempre interesante hacer notar que los teoremas fundamentales del capítulo V establecen propiedades fundamentales. Los mismos enunciados de estos teoremas ponen en evidencia la profunda analogía que existe entre los polígonos y las cadenas funiculares.

»Estos teoremas enseñan, en particular, que entre los resultantes de los sistemas de fuerzas y las cadenas funiculares correspondientes, existen relaciones absolutamente análogas á los que ligán los diagramas recíprocos de Cremona utilizados en la estática gráfica de los sistemas planos. De estos mismos teoremas resulta claramente que las cadenas funiculares constituyen la extensión natural de la noción de polígono funicular que ellas comprenden como caso muy particular. Además se encuentra aquí igualmente generalizada la propiedad que posee todo polígono funicular relativo á fuerzas dadas, de coincidir con la figura de equilibrio de un hilo solicitado por estas fuerzas.

»En lo que concierne á la representación plana de las cadenas funiculares relativas á un conjunto cualquiera, se puede demostrar, que gracias al procedimiento escogido, su trazado se efectúa sencillamente con ayuda de operaciones elementales. Habiendo hecho el resumen de la ley relativa á la representación plana de uno cualquiera de los polígonos de las resultantes de un conjunto de sistemas, el Sr. Mayor obtiene inmediatamente, solamente con ayuda de dos polígonos funiculares y dos series de puntos, la representación de una cadena funicular relativa al conjunto considerado.

»Todas estas construcciones muestran la excesiva facilidad con la cual se presta, á la resolución del primer problema general, que sugiere la extensión de los métodos de la Estática gráfica, el método de representación escogido; se presta también, perfectamente, al estudio de los sistemas articulados de tres dimensiones, estudio que constituye el objeto de la segunda parte de la obra.

»Al considerar los métodos que permiten el cálculo gráfico de las tensiones y de las reacciones, en los sistemas articulados de tres dimensiones, consagra el autor el capítulo VI á lo que él califica de método de Cremona, porque comprende, como caso particular, el procedimiento bien conocido de este geómetra, aunque relativo á los sistemas planos. El Sr. Mayor pone aquí en evidencia las profundas modificaciones que sufre este método, cuando el sistema del espacio, al cual se aplica, está representado en el plano del dibujo por medio de su procedimiento dualístico.

»Con este objeto establece un teorema muy sencillo, aunque fundamental, cuya gran importancia se deriva del hecho siguiente: que reduce la investigación de las condiciones del equilibrio de un sistema de fuerzas que tienen un mismo punto de aplicación al estudio de un solo sistema plano, cuando cualquier otro método de representación necesita al menos la consideración simultánea de dos de estos sistemas.

»Antes de demostrar, por medio de las aplicaciones, las ventajas que proporciona el empleo de su procedimiento, hace el autor la comparación entre éste y todos los otros conocidos hasta ahora, y considera, por último, algunos de los sistemas impuestos por el arte del constructor.

Al título de observación general relativa á estos últimos sistemas, haremos constar que su cálculo gráfico se simplifica todavía, más que en los casos teóricos, cuando se tienen en cuenta ciertos factores conocidos en la práctica, cierta simetría en las construcciones, etc.

»En este terreno, esencialmente interesante para los Ingenieros prácticos, figura, en primer lugar, el cálculo de una pila articulada. Este sistema puede utilizarse con ventaja en la construcción de puentes ó de torres metálicas de grandes dimensiones, y desempeña en el espacio un papel análogo al de la viga plana triangular, de la que es, por otra parte, la extensión más inmediata. Formada de tetraedros yuxtapuestos, puede dilatarse libremente y está, por lo tanto, estáticamente determinado. Debe notarse todavía que en el curso de la ejecución del dibujo correspondiente se presentan numerosas verificaciones, y que el sentido de las tensiones producidas por fuerzas cualesquiera se determina gracias á una nota general sin ninguna ambigüedad.

»Respecto al asunto de la aplicación II, *Cálculo de una cúpula Schvedler solicitada por fuerzas cualesquiera*, puede decirse solamente que los métodos usuales de la Geometría descriptiva conducen á construcciones complicadas y poco regulares cuando las cargas son cualesquiera, mientras que el método dualístico de representación permite tratar con facilidad el caso más general que pueda imaginarse.»

El autor da aquí, de paso, como lo hace constantemente, una regla útil en una multitud de circunstancias, y que en particular facilita el problema considerado; además, nos enseña la serie completa de operaciones necesarias en una aplicación práctica. Se puede ver claramente que la investigación de las tensiones producidas en las barras no presenta ninguna dificultad, que puede efectuarse por varios procedimientos, pero que el más sencillo y el más digno de interés es el que él desarrolla completamente; este último conduce á la construcción de figuras cuyo modo de representación es rigurosamente el mismo que el de las figuras reciprocas, y que tan naturalmente se presenta en el estudio de los sistemas planos.»

»La aplicación III contiene el cálculo de una cúpula de un tipo mucho más general que el de la precedente; á pesar de esto, también en este caso el procedimiento dualístico de representación nos permite obtener sin ninguna dificultad, y por medio de construcciones regulares, las tensiones producidas en las barras por cargas cualesquiera.

»No podemos detenernos más tiempo en estas aplicaciones, aunque presentan un interés excepcional, tanto bajo el punto de vista teórico, como bajo el punto de vista práctico. Sin embargo, es preciso citar un hecho sorprendente, indicado por el autor: que la investigación de las tensiones producidas por cargas completamente arbitrarias depende únicamente de la consideración de una figura en la cual los diversos lados representan ya las tensiones engendradas en un caso especial.

»En el capítulo VII enseña el autor que su procedimiento de representación permite aplicaciones efectivas del método de Culmann, el cual sale así del dominio de la teoría pura, en el que había permanecido hasta ahora.

»Con este objeto da primeramente el autor las soluciones gráficas de dos problemas notables; luego los simplifica muy acertadamente, aún en el caso general en que son cualesquiera en el espacio las seis barras cortadas por la

sección; después hace fácilmente ejecutables las operaciones del método considerado, teniendo en cuenta las condiciones particulares á que satisfacen, casi invariablemente, las barras de la mayor parte de los sistemas articulados de la práctica.

»Considera, por último, el cálculo de un pila articulada; esta aplicación presenta un interés real; el autor enseña aquí la serie de operaciones que permiten obtener directamente y *a priori*, la tensión de toda barra dada que posea un complejo opuesto. El método desarrollado está no solamente al abrigo de la acumulación de los errores gráficos, sino que además posee la gran ventaja de permitir el estudio de los efectos producidos por cargas variables en intensidad y en dirección. Debe notarse, además, que la construcción gráfica correspondiente no es complicada, sino en apariencia, pues las barras no encontradas por la sección, no desempeñan ningún papel en los razonamientos.

»Más adelante vuelve el autor sobre la noción ya citada, desarrollando las propiedades del complejo opuesto á una barra. Esta noción constituye la extensión natural al espacio de la de nudo opuesto, que desempeña un papel tan importante en el estudio de los sistemas planos. El teorema que sigue hace resaltar aún más claramente este carácter; pero con objeto de ponerlo en plena evidencia para la teoría de las deformaciones, extiende al espacio el señor Mayor el método de Ritter.

»No podemos, ni soñar, en enumerar aquí toda la serie de nociones y de fórmulas nuevas que permiten determinar fácilmente la rotación que resulta del alargamiento de una barra; en estudiar los desplazamientos que se originan en un sistema cuando varias barras se alargan simultáneamente bajo la acción de fuerzas exteriores dadas; en encontrar, por último, el elemento geométrico que en el espacio corresponde á la elipse de elasticidad de los sistemas planos.

»Añadiremos, además, que las nociones desarrolladas, no solamente facilitan el estudio de las deformaciones de los sistemas articulados, sino que intervienen también en la teoría de las vigas de fibra neutra de doble curvatura, así como también en diversas cuestiones de Mecánica racional.

»Sin entrar en los detalles de las diversas interpretaciones dadas por el autor, conviene, sin embargo, señalar que, al contrario de lo que parecía natural preveer, la elipse de elasticidad de los sistemas planos tiene, por extensión natural, no un elipsoide, sino un *complejo cuadrético*.

»Al fin del capítulo se limita á enunciar el autor ciertas generalizaciones, en particular la del teorema de Maxwell sobre la reciprocidad de los desplazamientos sin desarrollar, sin embargo, estas cuestiones que, según él, no pueden ofrecer, al menos actualmente, más que un interés teórico.

En el capítulo VIII desarrolla el autor, bajo el nombre de *método de las secciones múltiples* un procedimiento enteramente nuevo y digno de especial atención.

»No podemos dar aquí el principio de este método indicado ya por el autor en una nota de las *comptes rendus des séances de l'Académie des sciences* del 20 de Julio de 1908; diremos solamente que comprende como caso muy particular el de Culmann, y que, por consiguiente, es susceptible de aplicaciones mucho más numerosas. Además, cuando el sistema considerado y las fuerzas que lo solicitan se repre-

sentan dualísticamente en el plano del dibujo, todas las operaciones que necesita su aplicación pueden efectuarse gráficamente.

»El autor da también en este capítulo una interpretación analítica de este método, lo cual le permite generalizar la noción de complejo opuesto.

»Por último, considera las simplificaciones considerables que sufre el método de las secciones múltiples en el caso de los sistemas planos.

»La obra actual del Sr. Mayor se termina con el capítulo IX; este capítulo es el relativo al principio de los trabajos virtuales.

»Este principio adquiere una forma muy particular cuando los sistemas, á los cuales se aplica, se han representado dualísticamente, y llega á ser posible deducir de él dos métodos generales para la determinación de las tensiones.

»En resumen, debemos hacer constar que el Sr. Mayor no se limitado á extender al espacio los métodos generales de la Estática gráfica y á imaginar otros nuevos, sino que, sobre todo, ha dado el medio de utilizarles prácticamente.

»No debe sorprendernos, por lo tanto, que esté próxima á publicarse una traducción rusa de su obra, que muy pronto llegará á ser clásica, y que esté además en estudio otra traducción al alemán. Añadiremos, por último, que aparecerá dentro de poco una introducción que comprenderá los elementos de la teoría de los complejos lineales, que hará accesibles estos nuevos métodos á un círculo de lectores mucho más amplio.»

P. VARELA,
Ingeniero civil.

Lausanne, Noviembre 1910.

Revista de las principales publicaciones técnicas.

Ensayo de resistencia al choque de las lámparas eléctricas de filamento metálico.

El empleo de las lámparas de filamento metálico (tántalo, tungsteno, etc.), se generaliza cada vez más á causa de sus grandes ventajas: si se las compara con las lámparas de filamento de carbón, de luz igual, aquéllas presentan una reducción de unos dos tercios próximamente en el consumo de energía y una disminución análoga en los gastos de establecimiento, en las canalizaciones, en los aparatos de medida y en los de producción y reserva de la energía eléctrica. Permiten, pues, aumentar el número de los aparatos en servicio cuando la potencia disponible ó la capacidad de las canalizaciones de una instalación ha llegado al límite. Por lo demás, su precio de venta, que era en otro tiempo de 4 á 5 francos la lámpara, ha descendido de 2 á 3 en la actualidad.

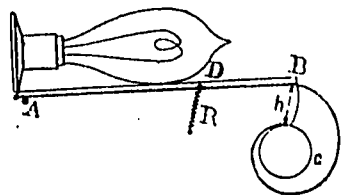


Fig. 1.ª

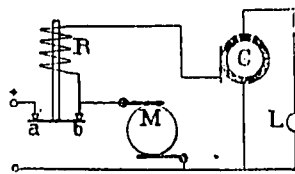


Fig. 2.ª

El inconveniente de estas lámparas reside en la dificultad con que resisten los choques; apagadas, las trepidaciones y los choques provocan con facilidad la rotura del filamento; encendidas no es tan fácil que se rompa; pero las mismas causas producen á menudo que se fundan dos hilos próximos, cuando están demasiado cerca ó demasiado flojos; de aquí, una disminución importante en el valor de estas lámparas y su proscripción para el material móvil ó portátil, en tanto que las de filamento de carbón presentan una gran resistencia mecánica. Hay, por lo tanto, un interés real, en apreciar la calidad de las lámparas y en estudiar con método su resistencia á los choques.

Un procedimiento utilizado para este género de ensayos, y que ya hemos descrito en esta REVISTA, consiste en someter la lámpara suspendida de un hilo delgado al choque de una bola de plomo guarnecida de caucho que rueda por una canal. La inclinación de ésta, la importancia de la masa en movimiento, la longitud de la carrera, permiten que varíe la energía almacenada en la bola y el valor del choque.

M. J. Vinson, ingeniero de Artes y Manufacturas, describe en *Le Génie Civil*, del 24 de Septiembre, otro procedimiento debido á M. E. Legrand, doctor en Ciencias, el cual ha ideado un aparato, llamado «tabla de choque» que facilita el ensayo metódico y el registro de la resistencia mecánica del filamento bajo choques repetidos, de intensidad regulable. La lámpara sometida al ensayo se fija (figs. 1.ª y 3.ª) á un soporte ordinario sobre una plancha *AB* que gira alrededor de *A*; la otra extremidad *B* está levantada por una disposición *c*, de manera de producir una caída de una altura *h* determinada por el perfil de aquella.

La importancia del choque recibido por la lámpara, varía según la rapidez de la caída de la plancha, que es atraída por un resorte regulable *R*. Se determina el valor relativo del choque midiendo, con el auxilio de un contrapeso, la fuerza de atracción del resorte en un punto determinado, *D*, por ejemplo, en el momento en que la caída debe producirse.

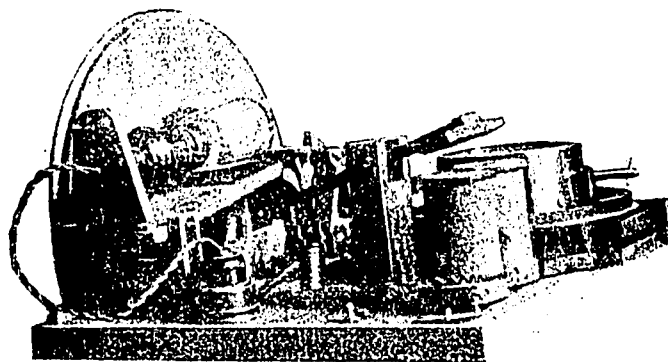


Fig. 3.ª

Para hacer el aparato práctico, se trata de registrar con facilidad el número de choques recibidos por la lámpara hasta la rotura del filamento. Con este objeto, la disposición *c* está fijada sobre un árbol que gobierna en su extremo un contador de vueltas y está arrastrado por un motor eléctrico de una velocidad de 60 revoluciones por minuto. La corriente se transmite al motor por el intermedio de un relé (fig. 2.ª) y se corta automáticamente en *a* *b* cuando se verifica la rotura del filamento. El contador de vueltas indica el número de choques recibidos.

La figura 3.ª representa al aparato montado para un ensayo á los choques en frío.