

deduce de la Tabla dada por el profesor Fleeming Jenkin, será como sigue:

Cadena ó faja superior.	0,5234 KSP + 0,6154 KSQ
» inferior.	0,3934 » + 0,4212 »
Riostras tendidas.	0,2237 » + 0,3103 »
Riostras comprimidas.	0,0906 » + 0,1627 »
Total.	1,2311 » + 1,5096 »
Restando el peso tipo se tendrá el adicional necesario en este caso, y será.	0,0905 » + 0,3690 »

Comparando estas diversas formas con el tipo ordinario de puente colgado, necesita observarse que la flecha de $\frac{1}{8}$ de la luz que hemos supuesto para éste, es casi inadmisibile en la práctica en los puentes colgados flexibles.

En los buenos ejemplares que existen contruidos, la flecha varía entre $\frac{1}{12}$ y $\frac{1}{15}$ de la luz. Tomando de estos limites el más alto, tendremos que el peso adicional requerido en los puentes colgados ordinarios que se construyen en la práctica para darle una rigidez relativa por efecto sólo de la disminucion de flecha, será como sigue:

Peso total de la cadena.	1,5555 KS (P + Q)
Id. id. de las pendolas.	0,0277 »
Total.	1,5832 »
Segun se ha visto ántes, el peso tipo en el caso de que la flecha (segun se acaba de indicar) es $\frac{1}{8}$ de la luz será	1,1406 KS (P + Q)
Diferencia que representa el metal adicional necesario en el caso práctico que consideramos.	0,4426 KS (P + Q)

Aunque la flecha indicada en los dibujos puede acaso considerarse excesiva aún para los puentes suspendidos, no hay duda que en éstos puede admitirse mayor flecha que en los ordinarios suspendidos de cables ó cadenas; de modo que no es aventurado decir que el sistema que hemos propuesto no pesará más (y acaso ménos) que los puentes suspendidos ordinarios.

CH.

BIBLIOGRAFÍA.

La statique graphique et ses applications aux constructions par M. Maurice Levy, ingénieur des ponts et chaussées, docteur en sciences.

Texto y Atlas.—Paris, 1874.

Creemos de alguna utilidad dar á conocer esta importante obra á aquellos de nuestros compañeros que no tengan noticia de ella.

Como indica su título y se dice en la *Introduccion*, tiene por objeto reemplazar en las aplicaciones del

arte del Ingeniero los largos cálculos de la *Estática ordinaria*, por sencillas construcciones geométricas, que no exigen en la mayor parte de los casos otros conocimientos que los del paralelógramo de fuerzas.

En la *Estática ordinaria* se representa una fuerza por una recta limitada que hace conocer á la vez su magnitud, posicion y direccion.

El carácter más esencial de la *Estática gráfica* es que emplea para la representación de cada fuerza dos líneas distintas; una indefinida que da la posicion ó *línea de acción* de cada fuerza, y otra limitada que da su magnitud y direccion. El conjunto de estas últimas puede reducirse al *polígono de fuerzas*, tal como se emplea en la *Estática ordinaria*; pero cuando se estudia á la vez un sistema de fuerzas y las tensiones que desarrollan en un sistema de barras, resulta, que las figuras formadas por una parte por las barras y las líneas de acción de las fuerzas que las solicitan, y por otra por las magnitudes de dichas fuerzas y las de las tensiones que desarrollan en las barras, gozan una respecto de la otra de propiedades *recíprocas* muy sencillas, útiles é interesantes, en cuyo estudio y aplicacion estriba precisamente toda la ciencia de la *Estática gráfica*.

Los procedimientos geométricos de que nos ocupamos se ocurrieron, segun parece, por vez primera á un práctico, á M. Taylor, mecánico de una casa constructora inglesa; los trabajos del profesor Rankine de la Universidad de Glasgow en 1857, les dieron más precision y desarrollo, y aún más todavía los de Clerk Maxwell en 1864, por su teoría de las figuras recíprocas. También ha contribuido mucho, aunque por métodos algo diferentes de los de Maxwell, el profesor Culmann de la Escuela Politécnica de Zurich, así como Feeming Jenkins de la Real Sociedad de Edimburgo, Cremona de Milan, y otros varios, segun puede verse en la obra de Levy, de donde extractamos esta nota.

Al indicar el autor el plan de su obra, manifiesta que ha tratado de exponer los métodos de la *Estática gráfica* de un modo completo y elemental sin recurrir á la Geometría superior. La primera seccion de ella la titula: *Nociones preliminares de geometría y de cálculo gráfico*, donde despues de dar á conocer los principios de éste se establecen las teorías geométricas de los polígonos funiculares de un sistema de líneas y la de las figuras recíprocas. La segunda seccion se titula: *Principios de estática gráfica*, y se ocupa en sus diversos capítulos de la composicion y equilibrio gráfico de fuerzas distribuidas en un plano, del polígono de fuerzas y de los funiculares considerados bajo el punto de vista mecánico, del equilibrio de sistemas de fuerzas situadas en un plano, pero sujetas á ciertas condiciones, de la investigacion gráfica de la reacción de los apoyos, del equilibrio de sistemas planos formados de barras inflexibles articuladas, cuyas tensiones se determi-

nan gráficamente, de las proyecciones y momentos de fuerzas situadas en el plano, de la composicion de las fuerzas paralelas en el espacio, centro de fuerzas paralelas, proyecciones y momentos de fuerzas paralelas en el espacio y determinacion gráfica de los centros de gravedad de los cuerpos, superficies y líneas.

Se ve, pues, que las propiedades de los polígonos funiculares y figuras recíprocas se establecen dos veces, una por consideraciones puramente geométricas y otra por la Estática, lo cual, según el autor, es necesario para comprenderlas mejor y aplicarlas debidamente, así como para discernir con exactitud los casos en que son aplicables los métodos gráficos de aquellos en que por la naturaleza del sistema de barras que se estudia, no son aplicables y hay que recurrir á la Estática analítica ó á la teoría matemática de la elasticidad, cuya distincion es uno de los puntos capitales de la Estática gráfica y del cual, según dice el autor, no se han ocupado los demas que ha consultado.

El objeto que ha tenido al tratar en la segunda seccion de la teoría de los momentos, es, para demostrar la facilidad con que pueden construirse por los procedimientos gráficos y dar á conocer la equivalencia del papel que juegan en la Estática analítica, con el de los polígonos funiculares en la gráfica.

La tercera seccion, que es la más importante, se titula: *Aplicaciones de la estática gráfica al arte de las construcciones*, y como puede comprenderse, está destinada exclusivamente á las aplicaciones. El primer capítulo de ella trata la cuestion en general, considerando un sistema invariable de figura arbitraria de los llamados *framework* en Inglaterra y Norte-América, cuya circunstancia característica es, que un plano cualquiera no puede cortar más que tres barras, determinándose las tensiones de éstas y las reglas para distinguir las piezas sometidas á la compresion de las que lo están á la extension; en los otros capítulos trata sucesivamente de los diversos sistemas de puentes, sean de vigas rectas de altura constante ó variable, puentes colgados de diversas clases, puentes de arco y giratorios; trata tambien de las grúas, armaduras de tejados, cimbras de bóvedas, etc.; hace aplicacion á la determinacion gráfica de los momentos de flexion y esfuerzos cortantes, á la determinacion gráfica de los momentos de orden superior de fuerzas paralelas, al estudio de los momentos de inercia, etc., etc.

La cuarta seccion, de poca importancia para las aplicaciones, se titula: *Composicion de fuerzas en el espacio y figuras recíprocas que se deducen*. En ella se establece por vez primera lo que el autor entiende por pirámide funicular, que es en el espacio lo que el polígono funicular en un plano, determinándose la teoría de los poliedros recíprocos que equivalen á las figuras recíprocas en el estudio de sistemas planos,

siendo por tanto éstas un caso particular de aquéllos. Asimismo se estudian los momentos alrededor de un eje de sistemas de fuerzas cualesquiera distribuidas en el espacio.

Concluye el autor su obra con dos notas; la primera, de poca extension, tiene por objeto exponer un método para deducir las figuras recíprocas de la Estática gráfica, considerándolas como proyecciones de poliedros recíprocos resultantes de la trasformacion parabólica del teorema de M. Chasles; la segunda nota es de suma importancia y constituye una Memoria aparte, siendo extracto de otra que el autor presentó á la Academia de ciencias de París, y no ha sido aún publicada, habiéndose redactado de modo que puede estudiarse sin haber leído el cuerpo de la obra. Esta nota se titula: *Memoria acerca del modo de hallar las tensiones en los sistemas de barras elásticas y sobre los sistemas que á igualdad de volumen de material ofrecen la mayor resistencia posible*.

El autor, al exponer el objeto y resultados principales de la Memoria, considera un sistema de barras elásticas enlazadas por articulaciones cilíndricas ó esféricas, según que estén ó no situadas en un plano, en cuyos vértices ó puntos de articulacion hay aplicadas fuerzas que mantengan el sistema en equilibrio, proponiéndose determinar las tensiones que estas fuerzas desarrollan en las diversas barras. Indica que algunas veces la Estática basta para resolver el problema, pero que en general lo deja indeterminado, siendo preciso tener en cuenta la elasticidad de la materia ó materias de que aquéllas se componen, para obtener su solucion.

Ordinariamente se determinan las tensiones haciendo uso de los principios de la resistencia de materiales, dando lugar á cálculos penosos y con frecuencia muy dificultosos en la práctica; y el autor se propone indicar un método que ofrece la triple ventaja de ser más exacto, de una aplicacion más sencilla y de poner en evidencia algunos resultados generales que los métodos ordinarios darian difícilmente á conocer. Entre estos resultados indica el autor los siguientes:

Un sistema de barras distribuidas de una manera cualquiera en un plano ó en el espacio, estando en equilibrio bajo la accion de fuerzas dadas, se trata de hallar primeramente, á qué condiciones debe satisfacer para que la Estática permita determinar las tensiones de todas las barras que la componen, demostrándose que es preciso y suficiente para ello que la figura geométrica formada por las barras no contenga líneas *superfluas*, es decir, que contenga á lo sumo el número de líneas necesarias para definir geométricamente su forma. La misma proposicion se aplica cuando los puntos de articulacion de las barras están sujetos á ciertas condiciones, en cuyo caso la figura geométrica del sistema no debe contener más líneas que las estrictamente necesari-

rias para definirla *teniendo en cuenta las condiciones de sujeción á que está sometida.*

Halla luego de qué modo, cuando las barras son elásticas, la teoría matemática de la elasticidad permite hallar sus tensiones, en el caso de que la Estática deje el problema indeterminado.

Después de estos preliminares aborda el problema más importante, bajo el punto de vista de las aplicaciones, que consiste en determinar las secciones de un sistema de barras de una figura geométrica determinada y sujeta á fuerzas dadas, de modo que todas las barras sometidas á la tensión soporten igual esfuerzo por unidad de superficie y que suceda lo propio á las comprimidas. Demuestra que el problema no es siempre posible, y para el efecto establece los dos teoremas siguientes:

1.º Para que un sistema de m barras en equilibrio bajo la acción de fuerzas dadas pueda constituirse en sólido de igual resistencia, es preciso en general y es suficiente siempre que la figura geométrica formada por los ejes de las barras no contenga líneas superfluas.

2.º Siempre que una figura formada de m líneas y que contenga k líneas superfluas, pueda constituirse en sólido de igual resistencia, puede hacerlo de infinitos modos, es decir, que se puede en este caso tomar arbitrariamente, entre ciertos límites, las secciones de k barras, y con tal que las secciones de las $m-k$ barras restantes se elijan convenientemente, todas las barras trabajarán de igual modo.

Del primer teorema deduce la nueva é importante consecuencia, de que las mejores construcciones, donde el material está mejor empleado son en general las más sencillas y fáciles de calcular, pues, según antes ha indicado, pueden calcularse simplemente por la Estática. Esta consecuencia da mayor importancia á la Estática gráfica, cuyos sencillos procedimientos reemplazan con tantas ventajas á los cálculos laboriosos de la Estática ordinaria; lo cual, añade el autor, está perfectamente de acuerdo con el sentimiento de los grandes constructores americanos, puesto que todos los puentes gigantescos que construyen desde hace veinte años sobre sus grandes ríos están formados de sistemas articulados, en los que la Estática permite determinar las tensiones de las barras ó cables que les forman. Prueba, sin embargo, que el sentido práctico que ha inspirado á los Ingenieros americanos el feliz pensamiento de adoptar formas sencillas en sus grandes construcciones, no les ha conducido en general á descubrir entre dichas formas las que dan lugar á la máxima economía de material, y que bajo este punto de vista los métodos científicos y rigurosos permiten introducir en ellas modificaciones importantes y ventajosas.

Resulta del segundo teorema, que si bien las figuras sin líneas superfluas son en general las únicas que se prestan á formar sistemas de igual

resistencia, hay casos excepcionales en los que una figura que contiene k líneas superfluas puede también hacerse de igual resistencia, pero con la circunstancia de que el problema admite infinitud de soluciones, es decir, que el constructor dispone entonces entre ciertos límites que el cálculo asigna, de las secciones de las k barras, sin dejar de ser la figura de igual resistencia. De esta propiedad puede sacarse gran partido en la práctica, según indica el autor.

Como complemento del segundo teorema establece el siguiente: que cuando un sistema de barras conteniendo líneas superfluas satisface á las condiciones necesarias para que se pueda de una manera, y por consiguiente de infinitud de maneras, constituirle en sólido de igual resistencia, existe necesariamente un sistema formado por una parte solamente de las barras dadas, que no contiene líneas superfluas y tal que, dispuesto en sistema de igual resistencia, emplea exactamente el mismo volumen de material que el sistema completo.

Así, aún en el caso excepcional en que no haya desventaja en emplear figuras con líneas superfluas, no hay interés en hacerlo; de modo que puede decirse, que las figuras sencillas pueden elegirse siempre con toda seguridad de acierto; por ejemplo, una viga simplemente triangular es preferible á la de cruces de San Andrés, ésta preferible á la de celosías, y así sucesivamente.

De esto y lo expuesto antes se deduce, que para hallar entre todas las figuras posibles las que para resistir, por ejemplo, á cargas verticales emplean el menor volumen de materia, basta buscarlas entre las figuras sin líneas superfluas, es decir, entre aquellas en que la Estática baste á calcularlas. Esta investigación la hace el autor para los sistemas de vigas más usadas en Europa y América, terminando su Memoria con unos cuadros comparativos de los volúmenes de material necesario para resistir sea á una carga permanente, sea á una carga móvil ó á las dos á un tiempo, según se empleen las diversas variedades de vigas triangulares de cabezas paralelas y principales sistemas americanos, deduciendo de la comparación de todos ellos, que el más ventajoso es el sistema simplemente triangular, conocido con el nombre de Warren en Inglaterra y América.

Hubiera sido de desear que el autor extendiera la comparación á las vigas llamadas Bow-string, aunque acaso no sea difícil hacerlo siguiendo la marcha indicada para las otras.

Un vacío notamos en toda la obra, y es que no se ocupa de las vigas continuas sobre dos ó más tramos, lo que hubiera sido muy de desear, entre otras cosas, para establecer la comparación con los resultados que obtiene para los tramos aislados, ahora que tan divididas se hallan las opiniones sobre este punto, inclinándose los Ingenieros

americanos por los tramos aislados, y los europeos, en general, por las vigas continuas, si bien no faltan entre éstos muchos partidarios de aquel sistema.

E. CH.

CONSUMO DE AGUA DE NUEVA-YORK.

El consumo de agua medio, diario, en Nueva-York durante los años 1870, 1871, 1872, 1873, 1874 y 1875 fué respectivamente de 85.000.000 de galones, 87.000.000 de galones, 100.000.000 de galones, 102.000.000 de galones y 107.000.000 de galones, de modo que tomando para la poblacion de Nueva-York en 1875 un millon de habitantes en números redondos, cifra que se aproxima bastante, resulta que cada habitante consumió diariamente el promedio de 107 galones, cantidad que equivale á 405 litros (pues cada galon de los Estados Unidos tiene 3^{litros},785), cuyo consumo es enorme, comparado á lo que ordinariamente se consume por habitante en las poblaciones de Europa.

El lago de Croton de donde se surte de aguas el acueducto, cubre una superficie de 162 hectáreas y contiene 500.000.000 de galones de agua disponible, que equivalen á 1.892.500 metros cúbicos; el antiguo depósito del Parque Central contiene 150.000.000 de galones (567.750 metros cúbicos); el nuevo depósito 1.000.000.000 de galones (3.785.000 metros cúbicos) y el depósito de distribución de la 5.^a Avenida 20.000.000 de galones (75.700 m.³), sumando en junto 1.670.000.000 de galones, ó sean 6.320.950 metros cúbicos. Además de estos depósitos existen cerca de ó en los orígenes de los tributarios del rio Croton (que alimenta el lago del mismo nombre) varios lagos de menor importancia, de gran profundidad, que se han convertido en depósitos para aumentar el surtido de agua disponible y que en total contienen más de 2.000 millones de galones (7.570.000 metros cúbicos). Y por último, existen dos grandes depósitos ó pantanos artificiales en Boyd's Corner, que contienen 2.700.000.000 de galones (10.219.500 metros cúbicos), y otro, aún no acabado, en el rio Croton, que tendrá una capacidad de 4.000.000.000 (15.140.000 metros cúbicos). De modo es, que cuando éste se halle terminado tendrán todos los depósitos naturales y artificiales una cabida disponible de unos 40 millones de metros cúbicos, cuyo volumen, pres-

cindiendo del que fluye constantemente por el rio Croton, es suficiente para la alimentacion durante cerca de cien dias del millon de habitantes de Nueva-York á razon del enorme consumo diario de 407 litros ántes expresado.

La siguiente es una relacion del número de buques de vapor marítimos y su tonelaje correspondiente, en las diferentes naciones del globo, tomada del *Répertoire général de la Marine marchande de tous les pays*.

	Número de vapores.	Toneladas.
Inglaterra.. . . .	3.152	3.190.922
Estados-Unidos.. . . .	578	692.575
Francia.. . . .	301	312.418
Alemania.. . . .	332	287.610
España.. . . .	216	144.859
Holanda.. . . .	115	114.625
Rusia.. . . .	145	112.252
Italia.. . . .	111	92.209
Suecia.. . . .	207	83.930
Austria.. . . .	77	79.370
Repúblicas del Sur de América.. . . .	77	55.310
Noruega.. . . .	117	48.322
Dinamarca.. . . .	76	47.840
Bélgica.. . . .	38	38.950
Turquía y Egipto.. . . .	29	28.430
Portugal.. . . .	25	19.372
Grecia.. . . .	11	6.689
Repúblicas de la América Central.. . . .	6	4.462
Naciones de Asia.. . . .	6	4.347
TOTAL.. . . .	5.519	5.364.492

Se ha formado en la isla de Mallorca una Sociedad con objeto de construir una red de ferro-carriles de 117 kilómetros de longitud, y que contribuirá muy eficazmente al desarrollo de los grandes elementos de riqueza que encierra la isla.

Los favorables resultados que está dando la explotación de la vía férrea de Palma á Jaca, permiten obtener en la localidad, y en condiciones ventajosas, los recursos necesarios para aquel objeto.

Las obras deberán quedar terminadas en tres años y medio, estando encargado de su direccion nuestro distinguido compañero Sr. Estada, que con tanto acierto ha proyectado y construido la precitada vía de Palma á Jaca.

OBRAS PÚBLICAS.

ULTRAMAR.

MES DE ENERO DE 1876.

ISLA DE CUBA.

Se ha aprobado la cesantía anticipada por la Autoridad Superior de aquella isla al Ayudante 1.^o de Obras públicas de Ultramar D. Gabino Nieto,