

REVISTA TECNOLÓGICO-INDUSTRIAL.

PUBLICACIÓN MENSUAL

DE LA

ASOCIACIÓN DE INGENIEROS INDUSTRIALES

BARCELONA.

PREMIADA CON MENCIÓN HONORÍFICA EN LA EXPOSICIÓN DE FILADELFIA DE 1876
Y CON MEDALLA DE ORO EN LA EXPOSICIÓN DE BOSTON DE 1883.



Año 8.

Agosto 1885.

n.º 8.



BARCELONA.

LA REDACCIÓN Y ADMINISTRACIÓN EN EL LOCAL DE LA ASOCIACIÓN
CALLE DEL PINO, NÚMERO 5, PRAL.

PRECIOS CORRIENTES EN ESTA PLAZA EN 31 JULIO 1885.

Drogas y productos químicos.

	100 ks. Pts. C.
Azufre de 1. ^a Sublimado (flor de).	23 50
» 1. ^a bella.	17 50
» 2. ^a »	16
» 3. ^a ventajosa.	13 75
Sal común en partidas de más de 1000 k.	2
» sosa de 80°.	28
» » de Solvay.	21
Cristal de sosa.	14
Cloruro de cal (hipoclorito de).	45
Pirolinito de hierro.	12 50
» de alumina.	15
Sal saturno (acetato de plomo).	72
Nitrato de sosa (97'5 nitrato puro).	31
Litargirio.	50
Crémor tártaro.	300
Cromato rojo de potasa (bicromato).	100
Alumbre mazarrón.	20
» refinado (sin hierro).	21
Caparrós (sulfato de hierro).	8
Cipré (sulfato de cobre).	70
Sal de estaño (cloruro de).	200
Acido muriático (clorhídrico).	15
» sulfúrico 66°.	10
» » 52°.	6
» nítrico 36°.	50
» » 40°.	59
» » 48°.	120
» oxálico.	135
» cítrico.	450
» tartárico.	435
Almidón inglés.	75
Fécula patatas.	48
Albúmina de huevos.	700
» de sangre.	1 75
Extracto de campeche sólido.	100 y 115
» de palo Brasil.	425
» graneta.	375
Aceite de anilina.	400
Alizarina roja.	550
» violada.	600
Añil.	1750
Sal de anilina (clorhidrato).	300
Sulfato de alumina.	18
Sal amoniaco.	125
Clorato de potasa.	150
Tierra creta.	5
» de pipa.	16
Cachú en panes.	75
» en cuadros.	155
Polvos de zinc.	70
Biborato sódico (borraj).	120
Acido bórico.	3 50
Silicato de sosa 35°.	15
Fósforo.	7
Prusiato amarillo.	250

Metales.

Plomo en panes.	29
Plancha y tubo.	34
Estaño.	260
Zinc.	62
Cobre.	160
Antimonio. Régulo.	150
Mierros redondos y cuadrados, de 25 á 27	
» planos.	de 26 á 29
Hierro planchas de n.º 1 á 5 de 33 á 40	
» » 5 á 12.	47
» » 12 á 20.	49
Flejes.	de 33 á 33 50
Vigas I hasta 180 m/m.	29
Id.	de 31 á 34
Carbon Cardiff.	3 75
» llama.	3 50
Tierras re-	Del país, á 8 rs. qq. de 41'60 k.
fractarias.	Inglesa, á 15 » de » »

Ladrillos refractarios, á 165 ptas. millar.
Cristales rayados para cubiertas y claraboyas,
1/4 pulgada inglesa de espesor, á 15 pese-
tas metro cuadrado.

Tejas pla- { Hasta 100, á 4 ptas. una.
nas de { Desde 100 en adelante, á 3'75 pe-
cristal. setas una.

Dinamita, núm. 1.. . . . 31 rs. kilo.
» » 3. 13 rs. »

Cápsulas sencillas. 10 rs. ciento.
» dobles. 14 rs. »

» triples. 18 rs. »

Baldosas de cristal para pavimentos.
25 milímetros grueso.

Medidas co- { 1'50X1 m.
 { 1'50X0'50
 { 1 X1
rrientes. . { 1 X0'50
 { 0'50X0'50 } á 4'50 rs. k.

Embalaje y transportes de cuenta y riesgo
del comprador.

Correas para transmision.

Dobles de 0 á 16 cent. ancho, á 42'50 rs. kilo
» de 17 á 20 » » á 44 » »
» de 21 á 30 » » á 45 » »
» de 31 á 40 » » á 46 » »
» de 41 á 50 » » á 47 » »
» de 51 á 60 » » á 48 » »
» de 61 á 70 » » á 49 » »

Correas De 0 á 12 cent. ancho, á 42'50 rs. k.
de cue- { De 13 á 20 » » á 44 » »
ro lona. { De 21 á 30 » » á 45 » »

Las demás anchas como el de las dobles.

Correas { De 0 á 5 cent. ancho, á 34 rs. k.
 { De 5 á 6 » » á 36'25 » »
senci- { De 7 á 16 » » á 37'50 » »
llas. { De 17 á 20 » » á 38 » »
 { De 21 á 30 » » á 39 » »
 { De 31 á 50 » » á 40 » »

Tiretas de becerro sin grasa, 1.^a á 30 rs. Kilo.
» engrasadas, 1.^a á 28 » »

Tiratacos del lomo, 1.^a á 30 » »
» de pescuezos engras, 2.^a á 20 » »

Maderas en tablones.

Tablones. { Rusos de 14 pés y 3X9 pulg. á 66'25 " d.
 { Noruegos de 14 » » á 56'25 " d.
 { Abeto de 15 » » á 57'50 " d.
 { Calichs de 14 » » á 35. " d.
 { Rusos de 14 pés y 4X9 pulg. á 1'50 (rs. pl.
 { Melis de 14 » » á 0'20m). " d.

Ladrillo. { tochu de 0'06 grueso. Lleno ó hueco 45
 { comun de 0'045 grueso. Lleno.. 30
 { mediano. 27
 { delgado y picholi. 24
Picholi tochu.. . . . 32
Rasilla (Rajola) común. 30
Baldosa delgada de 0'25 de lado.. 40
» gruesa de 0'25 » » 70
Rasilla grande cortada. 30
» mediana. » » 30

Baldosa cortada de 0'15 de lado. . . 23'50
Teja llana comun. Metro cuadrado á 1'75
» » vidriada. » » á 4'75

Baldosa de alfarero de 0'15 el millar á 37'50

Tubos. { de 0'210 de diámetro, metro lineal á 2
 { de 0'170 de » » á 1'50
 { de 0'135 de » » á 1'35
 { de 0'120 de » » á 1
 { de 0'100 de » » á 0'90
 { de 0'085 de » » á 0'85
 { de 0'050 de » » á 0'75
 { de 0'040 de » » á 0'57

Sifones. uno. á 1'50

Caballero comun rosad, el metro. á 2'50

Baldosa blanca barnizada 1.^a clase. á 0'20

REVISTA TECNOLÓGICO-INDUSTRIAL.



ÓRGANO OFICIAL DE LA ASOCIACION DE INGENIEROS INDUSTRIALES
DE BARCELONA.

Revista mensual de ciencias é industrias. Cada número se compone por lo menos de 32 páginas de texto y 8 de anuncios ilustrados con grabados intercalados y láminas sueltas. Se ocupa de los principales adelantos de todos los ramos de la física, de la mecánica, de la química y de las matemáticas; dá á conocer importantes trabajos industriales, aparatos, máquinas, etc.; publica interesantes artículos sobre asuntos de legislación y enseñanza industrial, especialmente en lo que se refiere á la profesión del ingeniero; inserta los extractos de las actas de las juntas generales celebradas por la Asociación de Ingenieros Industriales de Barcelona y los discursos pronunciados en las sesiones de la misma, etc., etc., y sobre todo se fija en lo que tiene interés particular para este país.

PRECIO DE SUSCRICIÓN:

10 pesetas anuales en toda España y 12 en el extranjero.

Un número suelto 1 peseta.

SE ADMITEN ANUNCIOS.

Para los pedidos dirigirse á la Redacción de la Revista

Pino 5. pral.

ó á las principales librerías y centros de suscripción de esta ciudad.

21

J. ROMEU Y ESCOFET.

FÁBRICA DE PRODUCTOS CERÁMICOS.

Se fabrican tejas mecánicas comunes y barnizadas en todos colores, tejas-pizarras, azulejos, baldosines finos blancos, encarnados y negros de colores permanentes, tubos, canales y toda clase de objetos de alfarería.

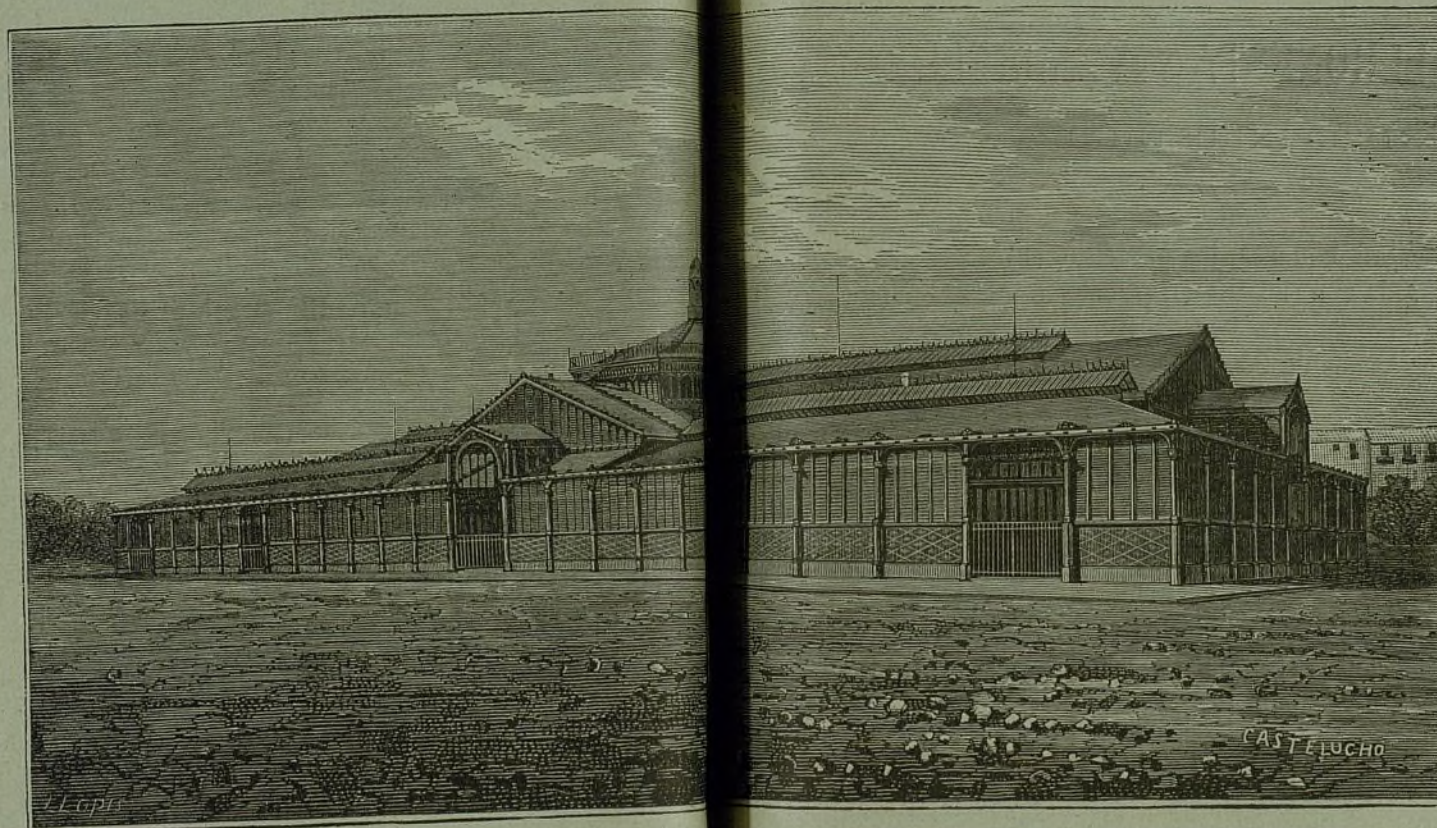
Los productos de esta fábrica son elaborados al vapor, con máquinas de nueva construcción y las tierras cuidadosamente escogidas y preparadas. Los barnices de calidad superior, son preparados en la misma fábrica y las cubiertas del mercado de San Antonio y Museo del Parque, construidas por esta Casa, son una muestra de la buena calidad de los barnices que salen de sus hornos. Se preparan cargamentos de tejas, baldosines y toda clase de obra de barro ordinario para Ultramar.

Calle de Pelayo, 44, bajos.—Barcelona.

22

LA MAQUINISTA TERRESTRE Y MARÍTIMA.

BARCELONA.



MÁQUINAS DE VAPOR
FIJAS, SEMIFIJAS Y PORTATILES.

MÁQUINAS
PARA EXTRACCIÓN Y DESAGÜE DE MINAS.

MÁQUINAS PARA LA MARINA.

GENERADORES DE VAPOR.

TRANSMISIÓN.

HIERRO FORJADO EN TODAS LAS DIMENSIONES.

LOCOMOTIVAS.

MATERIAL PARA FERRO-CARRILES.

CONSTRUCCIONES METÁLICAS.

PINTURAS.

MERCADOS PÚBLICOS.

MOTORES HIDRÁULICOS.

TRANSMISIONES DE MOVIMIENTO.

FUNDICIÓN DE HIERRO Y BRONCE.

PROYECTOS INDUSTRIALES.

EL ARTE DEL TINTORERO

POR

D. JOSÉ VALLHONESTA Y VENDRELL

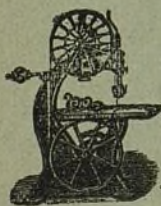
INGENIERO INDUSTRIAL

Obra útil á los que desean conocer los procedimientos para teñir el algodón, la lana y la seda con las materias colorantes antiguas y modernas.

Constará de 6 á 7 cuadernos de 96 páginas, con 50 grabados intercalados en el texto.

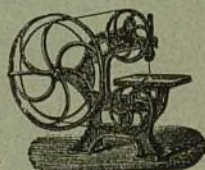
Los cuadernos 1.º, 2.º, 3.º y 4.º se venden al precio de 2 pesetas cada uno, en Madrid, en la librería de la Viuda de Cuesta, calle de Carretas n.º 19, y en la de D. Carlos Bailly-Bailliere, plaza de santa Ana, n.º 10: y en Barcelona en la de D. A. Verdaguer, rambla del Centro, y en las principales del Reino.

HECKNER Y C.^a Braunschweig (Alemania)



Talleres de construcción para maquinaria para trabajar la madera de todas clases y de superiores condiciones. Primeros premios en todas las exposiciones.

Dibujos y prospectos á la disposición de quien los pida.



Representante en España: GUILLERMO STRAESSLE, Paseo de Gracia, 80.—Barcelona.

4

FABRICACIÓN DE ALCOHOLES, VINOS, AGUARDIENTES, AZÚCAR Y OTRAS INDUSTRIAS ANÁLOGAS.

Conferencias puramente prácticas para los que hayan de dedicarse á dichas industrias ó en alguna basada en sus productos secundarios, por D. José Bayer y Bosch.

Calle Mayor, 104, 2.º.—GRACIA.

5

MÁQUINAS AGRÍCOLAS, VINÍCOLAS É INDUSTRIALES.

DIRECTOR MONSIEUR BUREAU, INGENIERO.

MORATONA, GENIS, BARCONS Y C.^a

Calle de la Princesa, número 55.

Máquinas de vapor de dos cilindros, sistema Waulf, con ó sin condensador.

Id. Sistema Compound, legítimas Corliss y otros tipos de alta y mediana presión.

Máquinas para vapores, remolcadores, etc.

Nuevo motor de gas, sistema Ravel, de la Compañía Francesa de París.

Este nuevo motor vertical, que marcha sin ruido, es el más económico, menos voluminoso, y el más barato de todos los motores de gas conocidos.

Instalación general de molinos de vapor é hidráulicos para trigo, cemento, yeso, azú-
re, etc., así como fábricas de azúcar, aserraderos, etc., etc.

Bombas de vapor de todas fuerzas para alimentación de calderas, abastecimiento de
fábricas, grandes poblaciones y riegos.

Bombas centrífugas, sistema Aversenq garantizando un rendimiento de 65 %.

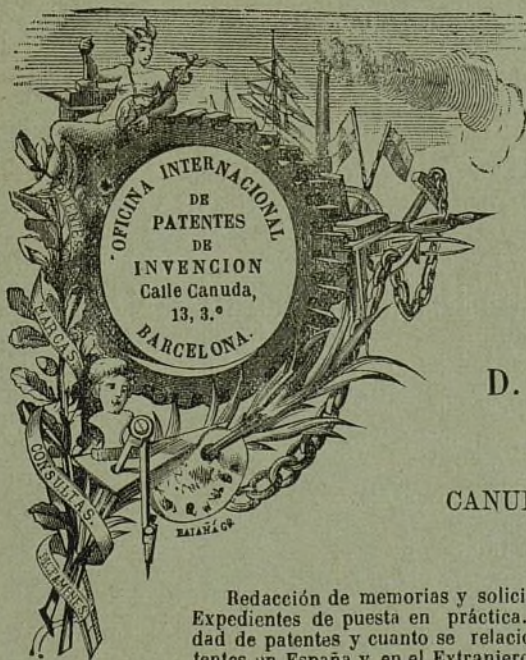
Bombas de mano sistema Fafeur Frères.

Filtros y toda clase de efectos y accesorios necesarios á los comerciantes de vinos.

Calderas de vapor de todos sistemas y accesorios completos de calderas y máquinas.

Venta de engrasadores, Giffards, manómetros, etc., etc., toda clase de tubos de hie-
rro, bronce, latón, goma y lona.

21



PATENTES DE INVENCION

Y

MARCAS DE FÁBRICA Y DE COMERCIO

OFICINA INTERNACIONAL

BAJO LA DIRECCIÓN DE

D. GERÓNIMO BOLIBAR.

INGENIERO INDUSTRIAL.

CANUDA, 13, 3.º, BARCELONA.

Redacción de memorias y solicitudes.— Planos.— Pago de anualidades
Expedientes de puesta en práctica.— Consultas y dictámenes sobre nuli-
dad de patentes y cuanto se relaciona con la obtención y venta de pa-
tentes en España y en el Extranjero.

18

MANUFACTURA DE PRODUCTOS QUÍMICOS

ÁCIDO SULFÚRICO, NÍTRICO, CLORHÍDRICO SULFATO, NITROSULFATO.
NITRATO DE HIERRO Y SULFATO DE SOSA,

DE BOADA Y BUIGAS.

DESPACHO: Plaza del antiguo Borne, 14, bajos.

SOCIEDAD MATERIAL

PARA FERRO-CARRILES Y CONSTRUCCIONES

Vigas de hierro laminado y armadas, hierros de todas clases, carriles y sus accesorios, puentes, tinglados y demás construcciones relacionadas con la metalúrgia.

Coches y wagones para ferro-carriles y para tran-vías.

Despacho, calle Ancha, número 2.

BARCELONA.

20

INDUSTRIA É INVENCIONES.

REVISTA SEMANAL ILUSTRADA

de Ciencias, Artes, Legislación y Comercio en sus relaciones con la Industria y la Agricultura.

DIRECTOR: D. GERÓNIMO BOLIBAR,

INGENIERO INDUSTRIAL.

Publica descripciones de las patentes más notables que se conceden en España y en el extranjero, y una relación de todas las patentes y marcas solicitadas, concedidas y caducadas en España.

PRECIOS DE SUSCRICIÓN { España un año. 18 pesetas.
Extranjero. 25 " }

REDACCIÓN Y ADMINISTRACIÓN: Canuda, 13, 3.º—BARCELONA.

8

ESTATUTOS DE LA ASOCIACIÓN DE INGENIEROS.

ART. 47 La Asociación no es responsable de los actos ni solidaria de las oposiciones particulares de cada uno de sus miembros, ni aún de las insertas en las publicaciones de la Asociación.

ADVERTENCIAS.

- 1.ª La Asociación suplica á los Autores de obras y Directores de periódicos que copien de esta Revista, se sirvan indicar la procedencia.
- 2.ª Insértense ó nó, no se devuelven los originales.

Barcelona.—Establecimiento tipográfico de José Miret, Calle de Córtes, núm. 289 y 291.

REVISTA TECNOLÓGICO-INDUSTRIAL

PUBLICADA POR LA

ASOCIACIÓN DE INGENIEROS INDUSTRIALES.

Barcelona.—Agosto de 1885.

SUMARIO.

TECNOLOGIA: Estudio de los puentes colgantes, por el Ingeniero Industrial D. José Playá. (Continuación).—El indicador de presiones, por el Ingeniero industrial D. Juan Antonio Molinas. (Continuación).—Resistencia de materiales; Fórmula aproximada y de sencilla aplicación para el cálculo de vigas compuestas sometidas á esfuerzos de flexión, por el ingeniero industrial D. Juan Feiner. — Aplicación de las fórmulas de resistencia de materiales, fundadas en los experimentos de Wöhler, al cálculo de las construcciones metálicas, por el ingeniero industrial D. Ramon Ferrán.

TECNOLOGIA.

ESTUDIO SOBRE LOS PUENTES COLGANTES.

(Continuación.)

Además, como en el caso del polígono funicular, una cuerda tal como la *ab* del diagrama de las fuerzas, representa en magnitud y dirección, la resultante de la carga á que está sometida la porción de cuerda A B, ó la resultante de las tensiones en estos mismos puntos, y según lo dicho más arriba, esta resultante deberá pasar por el punto de intersección de la tangente á la cuerda en los puntos A y B.

Cuando las fuerzas que solicitan los vértices intermedios del polígono funicular ó de una cuerda funicular, son paralelas á un mismo plano, el diagrama de las fuerzas estará contenido en un plano paralelo al anterior, y cuando todas las fuerzas son paralelas como sucede cuando son pesos cuyas direcciones son verticales, la curva de las cargas se convierte en una línea recta vertical CBAD, (fig. 3), y el polígono en un triángulo: este presenta propiedades de las cuales la más notable es, que las pro-

(1) Véase el número anterior; pág. 329.

yecciones horizontales de todas las tensiones son iguales y vienen representadas por la perpendicular bajada desde el punto O á la recta CBAD, que expresa la tensión del lado horizontal del polígono, ó cuerda funicular.

De este último diágrama de las fuerzas puede deducirse el valor de la carga que solicita la cuerda entre dos puntos A y B cualesquiera y el de la tensión de la cuerda en un punto cualquiera, por ejemplo el B. En efecto; sean:

$H=OA$, tensión horizontal de la cuerda en el punto A;

$T=OB$, tensión de la misma en B;

$P=AB$, carga que solicita á la cuerda entre los puntos A y B.

$\alpha=XPB=AOB$, ángulo que la tangente en el punto B forma con la tangente en el punto más bajo.

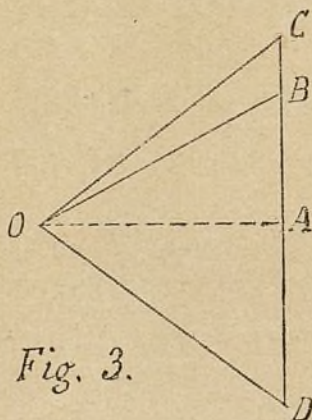
Por el triángulo AOB tendremos:

$$\left. \begin{aligned} P &= H \operatorname{tang} \alpha \\ T &= \sqrt{P^2 + H^2} = \frac{H}{\cos \alpha} = H \sec. \alpha \end{aligned} \right\} [1]$$

Si referimos la curva á dos ejes coordenados rectangulares cuyo origen sea el punto más bajo A y uno de ellos la tangente en este mismo punto, podremos deducir de las fórmulas encontradas, la figura que afecta la cuerda cuando se conoce la repartición de las cargas; para esto, observemos que un punto cualquiera, B, tiene por coordenadas ($x=AX$; $y=BX$), y además sabemos que:

$$\operatorname{tang} \alpha = \frac{dy}{dx}$$

Fig. 3.



por lo tanto sustituyendo por $\operatorname{tang} \alpha$ el valor ya encontrado tendremos:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{P}{H} \quad [2]$$

Ahora cuando conozcamos la repartición de las cargas, esta ecuación diferencial nos permitirá determinar la figura que toma la cuerda, para lo cual bastará integrarla, observando que para $x=0$, $y=0$.

La figura que toma la cuerda, necesariamente es distinta según varíe la manera de repartición de las fuerzas exteriores: cuando

éstas son verticales y constituyen una carga propiamente dicha, si es uniformemente repartida sobre la longitud de la cuerda, como sucede en una cuerda pesada de espesor uniforme, la curva que ésta toma se le ha llamado *catenaria* y cuando la carga es uniformemente repartida según la horizontal, toma la forma de una parábola ordinaria: esta es la que sensiblemente afectan las cuerdas ó cables en los puentes colgantes.

Sentados estos principios, vamos á entrar en el cálculo de los diferentes tipos de puentes colgantes que más ordinariamente se construyen.

PUENTES COLGANTES CON PÉNDOLAS VERTICALES.

En los puentes de esta clase la carga no está repartida de un modo uniforme, pues aunque lo sea sensiblemente el peso del tablero, como está sostenido por medio de péndolas en un cierto número de puntos de cada cable, la carga que resulta del peso de éstos y de las péndolas de suspensión, es mucho más considerable cerca de los pilares. Sin embargo, en la mayor parte de casos que se presentan en la práctica, cada cable puede considerarse como estando en las condiciones de una cuerda cargada uniformemente según la horizontal, es decir, de tal modo que, si A_0 es el punto más bajo del cable, la carga que actúa entre dos puntos cualesquiera como A_0 y A_n sea proporcional á $A_0 E$, siendo $A_0 E$ la distancia horizontal entre estos dos puntos.

Vamos ahora á determinar la forma que tomará el cable, la tensión en los diferentes puntos del mismo y todos los demás datos cuyo conocimiento es indispensable al tratar de estudiar un proyecto de un puente de esta clase; consideraremos tres casos: 1.º que siendo los pilares de igual altura, el polígono funicular que podemos suponer inscrito al cable tenga un vértice en el punto más bajo; 2.º que en las mismas condiciones del anterior, tenga un lado horizontal; y 3.º que los pilares tengan diferente altura.

Primer caso. — Sean (fig. 4) A_n y A'_n los vértices de los pilares de la misma altura contada encima de la horizontal xx que pasa por el punto más bajo y que en general es fijada por las circunstancias del proyecto;

$A_1 A_2 A_3 \dots A_n$ los puntos de fijación de las péndolas de la porción de cable comprendido entre A_0 y A_n ;

$A'_1 A'_2 A'_3 \dots A'_n$ los puntos de fijación de las péndolas del otro lado;

1, la equidistancia entre las péndolas;

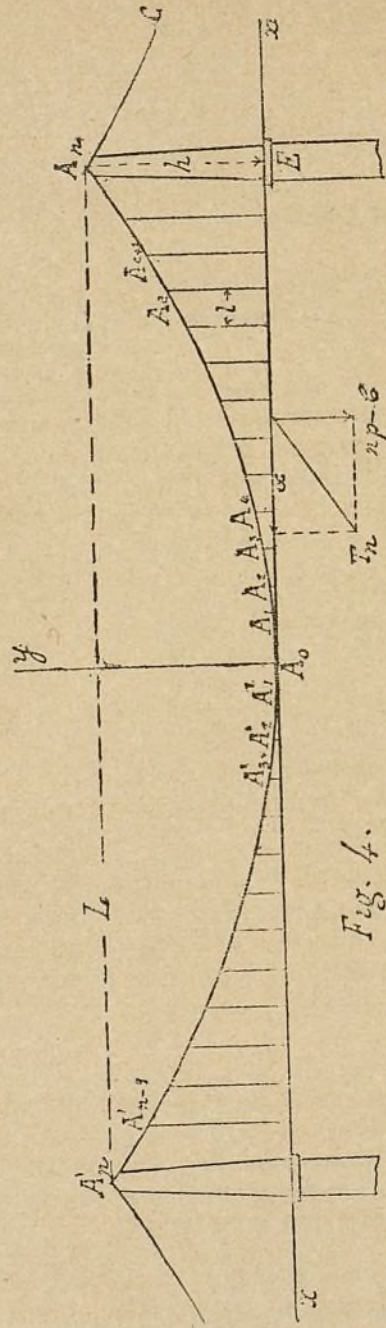


Fig. 4.

$A_0 x$ y $A_0 y$ los ejes que tomaremos por coordenados y (x_e, y_e) los coordenados de un vértice cualquiera A_e ;

α' y ϵ' las componentes horizontal y vertical de la tensión del lado $A_0 A_1$ y α y ϵ las componentes de la del lado $A_0 A_1$; p , el peso por unidad de longitud del tablero.

Suponiendo en equilibrio la porción de cable $A_0 A_1 \dots A_e$ bajo la acción de las componentes α' y ϵ' de las fuerzas aplicadas en los puntos $A_0 A_1 \dots A_e$ y de la tensión del lado A_e, A_{e+1} , tomando los momentos de estas fuerzas con respecto al punto A_e , se tendrá que verificar, que el momento de una de ellas ha de ser igual á la suma algebraica de los momentos de las demás y por lo tanto:

$$\alpha' y_e = pl + 2 pl + 3 pl + \dots + epl - \epsilon' e l. \quad [a]$$

sacando el factor común pl de todos los términos ménos el último y expresando la suma de los términos de la progresión que

resulta, por $(1 + e) \frac{e}{2}$, tendremos:

$$\alpha' y_e = (1 + e) \frac{e}{2} pl - \epsilon' e l$$

cuando $e=n$ se tiene $y_e = h$
y por lo tanto

$$\alpha' h = (1 + n) \frac{n}{2} pl - \epsilon' n l \quad [b]$$

Siendo α y ϵ los componentes horizontal y vertical de la tensión del lado $A_0 A_n$, tendremos, considerando ahora la porción de cable del otro lado

$$\alpha h' = (1 + n') \frac{n'}{2} pl - \epsilon n' l \quad [b']$$

Pero como que las fuerzas $\alpha, \alpha', \epsilon$, y ϵ' se hacen equilibrio en el punto A_0 , se tendrá que verificar

$$\left. \begin{array}{l} \alpha = \alpha' \\ \epsilon + \epsilon' = p \end{array} \right\} \quad [c]$$

Tenemos ya cuatro ecuaciones que son suficientes para determinar los valores de las incógnitas $\alpha, \alpha', \epsilon$, y ϵ' .

Eliminando $\alpha = \alpha'$ entre las dos ecuaciones [b] y [b'] resulta

$$(1 + n) \frac{n p}{2 h} - \frac{\epsilon' n}{h} = (1 + n') \frac{n' p}{2 h'} - \frac{\epsilon n'}{p'}$$

y si en esta sustituimos ϵ por $p - \epsilon'$ y luego ϵ' por $p - \epsilon$ lo que es posible en virtud de una de las dos relaciones [c] y luego hacemos las simplificaciones necesarias tendremos

$$\epsilon \left(\frac{n}{h} + \frac{n'}{h'} \right) = \left[(1+n') \frac{n'}{h'} - (n-1) \frac{n}{h} \right] \frac{p}{2} \quad [d]$$

$$\epsilon' \left(\frac{n}{h} + \frac{n'}{h'} \right) = \left[(1+n) \frac{n}{h} - (n'-1) \frac{n'}{h'} \right] \frac{p}{2} \quad [d']$$

Dada la posición del polígono funicular en la que el punto A_0 es su vértice inferior, es necesario que ϵ y ϵ' tengan valores positivos, lo que exige que se verifiquen las condiciones

$$\left. \begin{aligned} (1+n') \frac{n'}{h'} - (n-1) \frac{n}{h} &> 0 \\ (1+n) \frac{n}{h} - (n'-1) \frac{n'}{h'} &> 0 \end{aligned} \right\} \quad [e]$$

que nos establecen límites para los valores de n y n' , cuando se fija de antemano el número total de péndolas expresado por

$$N = n + n' + 1 \quad [f]$$

tenemos otra condición que nos completa el problema; en este caso como se comprende, las secciones de las péndolas están comprendidas entre ciertos límites.

En la práctica lo más conveniente es que el valor absoluto de la diferencia $\epsilon - \epsilon'$ sea lo más pequeño posible, pues si se llegase á tener $\epsilon - \epsilon' = 0$, los lados más bajos del polígono funicular estarían igualmente inclinados sobre la horizontal que pasa por A_0 y nos encontraríamos en buenas condiciones.

Admitiendo, pues, que $\epsilon - \epsilon' = 0$ ó bien que $\epsilon = \epsilon'$ las ecuaciones [d] y [d'] por la eliminación de ϵ nos darán la relación

$$\frac{n}{n'} = \sqrt{\frac{h}{h'}} \quad [g]$$

que junta con la [f] nos permitirá determinar los valores de n y n' en números enteros, números que en lo sucesivo daremos por conocidos.

Además siendo $\epsilon = \epsilon'$ una de las ecuaciones [c] nos dá

$$\epsilon = \epsilon' = \frac{p}{2}$$

y una cualquiera de las [b] y [b'] substituyendo este valor, tendremos la tensión horizontal en el punto más bajo

$$\alpha = \alpha' = \frac{p \, 1 \, n^2}{2 \, h} = \frac{p \, 1 \, n'^2}{2 \, h'} \quad [3]$$

y si hacemos $n^2 l = x^2$, considerando l como unidad, se convierten en:

$$\alpha = \alpha' = \frac{p x^2}{2 h} \quad [3]$$

Haciendo la misma hipótesis $x = n l$ en la fórmula [b] y suprimiendo el sub-índice de la y tendremos:

$$y = \frac{p x^2}{2 \alpha} = \frac{p x^2}{2 \alpha l} \quad [h]$$

que nos representa la ecuación de una parábola que pasa por todos los vértices del polígono funicular y es tangente á la recta xx en el punto A_0 . El trazado de esta curva nos dará la forma del cable cargado y nos permitirá obtener de un modo gráfico la longitud que se le debe dar.

La tensión T_n del lado extremo $A_{n-1} A_n$ siendo la resultante de las tres fuerzas, np peso del cable desde A_0 hasta A_n ; e' y α' componentes de la tensión del lado $A_0 A'_1$, por el rectángulo que se forma reuniéndolas en un punto se tiene:

$$T_n = \sqrt{(n p - e')^2 + \alpha'^2} = \sqrt{\left(n - \frac{1}{2}\right)^2 p^2 + \alpha'^2} \quad [4]$$

y según este valor se calculará la sección del cable.

La última fórmula nos manifiesta que la tensión en los diferentes puntos del cable va siendo menor á medida que se van aproximando al vértice A_0 de modo que la tensión en este punto será la mínima.

Segundo caso. — Cuando el lado más bajo sea horizontal tendremos como en el caso anterior, que considerando en equilibrio la porción de cable $A_0 A_1 A_2 \dots A_n$ bajo la acción de la tensión horizontal H_1 de las fuerzas aplicadas en los puntos $A_1, A_2, A_3 \dots A_e$ y de la tensión del lado $A_e A_{e+1}$, tomando los momentos respecto al punto A_e y haciendo $l_1 = \frac{1}{2}$ tendremos.

$$H y_e = p l_1 + 3 p l_1 + 5 p l_1 + \dots + 2(n-1) p l_1$$

sacando el factor comun $p l_1$ de todos los términos y expresando la suma de los de la progresión que resulta por e^2

$$H y_e = e^2 p l_1 = \frac{e^2 p l}{2} \quad [a']$$

y si hacemos $e = n$, se tendrá $y_e = h$ y por lo tanto

$$H' h = \frac{p l n^2}{2} \quad [k]$$

Si hacemos las mismas consideraciones en la otra porción de cable tendremos:

$$H h' = \frac{p l n'^2}{2} \quad [k']$$

En este caso como que $\epsilon = 0$ se deben verificar las condiciones

$$\left. \begin{aligned} (1 + n') \frac{n'}{h'} - (n - 1) \frac{n}{h} &= 0 \\ (1 + n) \frac{n}{h} - (n' - 1) \frac{n'}{h'} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad [e']$$

Además siendo $h = h'$ también se ha de verificar que

$$(1 + n) n - (n' - 1) n' = 0$$

condición que queda satisfecha por $n = n' - 1$, lo que expresa que el número de vértices es par, y por lo tanto que el polígono funicular tiene un lado horizontal.

De cualquiera de las dos ecuaciones (k) ó (k') podremos deducir el valor de la tensión horizontal, que será

$$H = H' = \frac{n^2 p l}{2 h} = \frac{n'^2 p l}{2 h'} \quad [3']$$

y si hacemos como antes $n^2 l = n'^2 l = x^2$ tendremos

$$H = H = \frac{p x^2}{2 h} \quad [3']$$

y la ecuación (a') suprimiendo el subíndice de la y nos da

$$y = \frac{p x^2}{2 H}$$

que expresa la ecuación de una parábola referida á su vértice A_0 .

Su tensión T'_n del lado $A_{n-1} A_n$ siendo la resultante de las fuerzas H y del peso de la porción de cuerda $A_0, A_1 A_2 \dots A_n$ que tiene por valor np , vendrá expresada por

$$\begin{aligned} T'_n &= \sqrt{p^2 n^2 + H^2} = \sqrt{p^2 n^2 + \frac{n^4 p^2 l^2}{4 h^2}} = p n \sqrt{1 + \frac{n^2 l^2}{4 h^2}} = \\ &= p x \sqrt{1 + \frac{x^2}{4 h^2}} \quad [4'] \end{aligned}$$

Estos mismos resultados también los hubiéramos podido deducir por medio de las relaciones (1) y (2) que hemos hallado al tratar del diagrama de las fuerzas. En efecto; si integramos

la ecuación $\frac{dy}{dx} = \frac{px}{H}$ antes hallada, observando que para $x=0$, $y=0$ se tendrá

$$y = \frac{px^2}{2H}$$

que es la ecuación de una parábola referida á su vértice, la distancia focal d de esta parábola, como sabemos que es la cuarta parte del parámetro tendrá por valor

$$d = \frac{x^2}{4y} = \frac{H}{2p} \quad [1]$$

El ángulo θ que la tangente en un punto de la parábola forma con el eje horizontal, en función de las coordenadas de dicho punto, es dado por la relación

$$\text{tang } \theta = \frac{dy}{dx} = \frac{x}{2d} = \frac{2y}{x} \quad [p]$$

pero como

$$\sec \theta = \frac{1}{\cos \theta} \text{ y } \cos \theta = \frac{1}{\sqrt{1 + \text{tang}^2 \theta}}$$

tendremos

$$\sec \theta = \sqrt{1 + \frac{d^2 q^2}{dx^2}} = \sqrt{1 + \frac{x^2}{4d^2}} = \sqrt{1 + \frac{4y^2}{x^2}} \quad [p']$$

Ahora en virtud de las ecuaciones (1) ya citadas sacaremos las relaciones

$$\frac{P}{H} = \frac{\text{tang } \theta}{1} = \frac{2y}{x}$$

$$\frac{P}{T} = \frac{\text{tang } \theta}{\sec \theta} = \frac{\frac{2y}{x}}{\sqrt{1 + \frac{4y^2}{x^2}}}$$

de las que se deducen

$$H = \frac{px^2}{2y} \quad \text{y} \quad T = px \sqrt{1 + \frac{x^2}{4y^2}}$$

valores exactamente iguales á los que habíamos hallado de la otra manera.

Si se quiere tener la longitud del polígono funicular ó cable, puede hallarse la de cada lado, considerándolo como la hipotenusa de un triángulo rectángulo cuyos catetos son, el uno la distancia l que separan dos péndolas y el otro la diferencia de

longitud de las ordenadas de los extremos del lado que se considera, y luego sumarlos, pero como esto sería una operación muy larga, en su lugar se toma la longitud de la parábola circunscrita (puesto que difiere poco) que contada desde el punto A_0 al A_n cuyos coordenados son ($x = n l$, $y = h$), sabemos por el cálculo integral que tiene por valor

$$s = \sqrt{y^2 + \frac{x^2}{4}} + \frac{x^2}{4y} L \frac{y + \sqrt{y^2 + \frac{x^2}{4}}}{\frac{x}{2}} \quad (m)$$

pero en la práctica se toma la fórmula aproximada

$$s = x + \frac{2y^2}{3x}$$

Este valor en función del ángulo θ , que forma la tangente al extremo del arco con el eje horizontal y de la distancia focal d , es:

$$S = d [\text{tang } \theta \sec \theta + L (\text{tang } \theta + \sec \theta)] \quad [m']$$

Multiplicando este valor por 2 tendremos la longitud de todo el arco $A_n A_0 A_n'$.

Para tener la longitud de una péndola cualquiera no hay más que sustituir en la fórmula $y = \frac{p x^2}{2 H}$ el valor de la abscisa del punto que se considere y se tendrá la longitud de la péndola desde el punto de fijación hasta la horizontal que pasa por el punto A_0 . Si se quiere tener la suma total se halla la longitud de cada una y luego se suman estas longitudes que constituyen una progresión.

Tercer caso.—Vamos ahora á estudiar el caso en que los pilares tengan alturas diferentes h_1 y h_2 sobre la horizontal xx .

En primer lugar, conocida la distancia horizontal a que separa los dos pilares y las alturas y_1 é y_2 de los extremos del cable sobre la horizontal, hallaremos las abscisas x_1 y x_2 de los mismos y la distancia focal d de la parábola que forma el cable.

Como en esta curva se verifica la relación

$$\frac{y_1}{y_2} = \frac{x_1^2}{x_2^2}$$

de la que se deduce

$$x_1 = a \frac{\sqrt{y_1}}{\sqrt{y_1} + \sqrt{y_2}} \quad y \quad x_2 = a \frac{\sqrt{y_2}}{\sqrt{y_1} + \sqrt{y_2}}$$

y además

$$d = \frac{x_1^2}{4 y_1} = \frac{x_2^2}{4 y_2} = \frac{x_1^2 + x_2^2}{4 y_1 + 4 y_2}$$

y si ahora tenemos en cuenta las últimas expresiones tendremos

$$d = \frac{a^2}{4 y_1 + 4 y_2 + 8 \sqrt{y_1 y_2}}$$

Los ángulos θ_1 y θ_2 que las tangentes á los extremos forman con el eje horizontal nos los darán las ecuaciones anteriores [p] y [p'] de los que se deduce

$$\left. \begin{aligned} \text{tang } \theta_1 &= \frac{2 y_1}{x_1} = \frac{2 y_1 + 2 \sqrt{y_1 y_2}}{a} \\ \text{tang } \theta_2 &= \frac{2 y_2}{x_2} = \frac{2 y_2 + 2 \sqrt{y_1 y_2}}{a} \end{aligned} \right\} \quad [u]$$

La tensión en el punto más bajo, la deduciremos de la ecuación anterior $d = \frac{H}{2 p}$ despejando H y substituyendo el valor de d que acabamos de hallar para este caso, y tendremos

$$H = 2 p d = \frac{p a^2}{2 y_1 + 2 y_2 + 4 \sqrt{y_1 y_2}} \quad [5]$$

Por último, las tensiones en los extremos los obtendremos substituyendo valores á la (1) y resulta

$$\left. \begin{aligned} T_1 &= H \sec \theta_1 = H \sqrt{1 + \frac{4 y_1^2}{x_1^2}} \\ T_2 &= H \sec \theta_2 = H \sqrt{1 + \frac{4 y_2^2}{x_2^2}} \end{aligned} \right\} \quad [6]$$

Si en estas fórmulas hiciésemos $y_1 = y_2$ resultaría $x_1 = x_2 = \frac{a}{2}$ y tendríamos los mismos valores que en el caso anterior, como debia suceder, puesto que en esta hipótesis nos ponemos en las condiciones de dicho caso.

Para tener la longitud del cable, no hay más que hallar la de cada arco de parábola á partir del vértice por medio de las fórmulas (m) ó (m') y sumarlas.

En la práctica hay muchos casos en que y_1 es cero, es decir, que el cable termina por un extremo en el vértice: en estos casos, el cálculo de las tensiones en los diferentes puntos se hace del mismo modo que en los anteriores, considerando solo la mi-

tad del cable y que la otra mitad que hace equilibrio á ésta se halla reemplazada por una amarra que sujeta á aquella fuertemente.

En estas clases de puentes en que los pilares ordinariamente son muy elevados, es necesario que la presión que sufran proveniente del cable ó cadena sea vertical.

Cuando el cable pasa resbalando sobre una placa de fundición ó *silla* fija en el vértice de los pilares, la tensión que sufre debe ser la misma á cada lado de estos, y para que la resultante de estas tensiones sea vertical, es necesario que los ángulos que forma el cable con la vertical sean iguales y opuestos.

Si llamamos φ y φ' á estos dos ángulos y T al valor común de estas dos tensiones, la presión resultante sobre el pilar será:

$$Q = 2 T \text{ sen } \varphi = 2 H \text{ tang } \alpha = 2 p \alpha \quad (7)$$

ó sea el doble del peso de la porción de puente comprendido entre la pila y el punto más bajo del cable.

Pero cuando las dos porciones de cable, de cada lado de un pilar están unidos por medio de un carrito formado por unos rodillos que ruedan sobre una placa de fundición fija al vértice del mismo, la presión sobre esta resultante de las tensiones de dichas dos porciones de cable será vertical, tanto si forman ángulos iguales como diferentes, con la vertical, y en este caso solo conviene que las componentes horizontales de estas tensiones sean iguales.

En este caso las tensiones de estas porciones de cable serán según las fórmulas (1).

$$T = H \sec \varphi \quad \text{y} \quad T' = H \sec \varphi'$$

y la presión resultante sobre el pilar será

$$Q = T \text{ sen } \varphi + T' \text{ sen } \varphi' = H (\text{tang } \varphi + \text{tang } \varphi') \quad (8)$$

Con estas dos fórmulas (7) y (8) podremos calcular las secciones que se deberá dar á los pilares; con las (3) y (4) ó las (3') y (4') las de los cables; y por último, las de las péndolas las calcularemos según la carga que cada una tenga que soportar, dato bien conocido.

PUENTES COLGANTES CON PÉNDOLAS INCLINADAS.

A veces el tablero de los puentes colgantes está sostenido por medio de péndolas inclinadas fijas á los cables y sensiblemente paralelas como representa la siguiente figura.

Vamos á estudiar la figura que afecta el cable en este caso y las tensiones que sufre en el punto más bajo y en uno cualquie-

ra de su longitud, suponiendo que uno de los extremos sea dicho punto más bajo.

Observemos que el cable ó cadena cargada de esta manera no difiere de los anteriores más que por la dirección de la carga y que la figura que toma es también la de una parábola, pero con la diferencia que el eje no es vertical, sino paralelo á la dirección de las péndolas de suspensión.

En efecto: sea (fig. 5) $A A_n$ el cable ó cadena, A el punto más bajo, $A E$ el tablero y $A_n D$ la dirección de las péndolas que forma con la vertical un ángulo α .

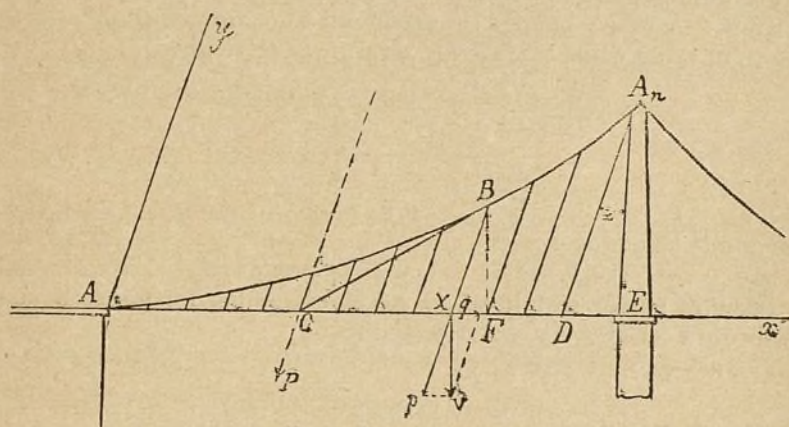


Fig. 5.

Supongamos que una péndola cualquiera tal como la $B X$, por ejemplo, está sometida á una carga vertical v en el punto X : esta fuerza v se descompondrá en dos, una p según $B X$ que determinará una tensión á la péndola $B X$, y otra q , según $X E$ que determinará una compresión al tablero del puente entre X y E . Pero como existe equilibrio, estas tres fuerzas v , p y q , según los principios de la Estática han de ser proporcionales á los lados de un triángulo tal como el $A_n D E$ cuyos lados son paralelos á las direcciones de las mismas y además se verifica que $A_n D = p$, $A_n E = v$ y $D E = q$: por lo tanto tendremos:

$$\frac{v}{p} = \frac{A_n E}{A_n D} \quad \text{y} \quad \frac{v}{q} = \frac{A_n E}{D E}$$

pero como que

$$A_n E = A_n D \cos \alpha \quad \text{y} \quad D E = A_n E \tan \alpha$$

de donde se deduce

$$\frac{A_n E}{A_n D} = \frac{1}{\sec \alpha} \quad \text{y} \quad \frac{A_n E}{D E} = \frac{1}{\tan \alpha}$$

luego substituyendo á las anteriores resulta:

$$\frac{v}{p} = \frac{1}{\sec \alpha} \quad \text{y} \quad \frac{v}{q} = \frac{1}{\tan \alpha} \quad [1]$$

Si ahora consideramos la carga total V que solicita el tablero entre los puntos A y X , siendo la suma de las cargas que facilitan á las péndolas que hay desde el punto A hasta el X también se podrán aplicar las mismas ecuaciones anteriores [1]; y si representamos por P la suma de las tensiones que sufren las péndolas entre A y X y por Q la fuerza total de compresión que actúa sobre el tablero del puente en el punto X se tendrá

$$\left. \begin{aligned} \frac{V}{P} &= \frac{A_n E}{A_n D} = \frac{1}{\sec \alpha} \\ \frac{V}{Q} &= \frac{A_n D}{D E} = \frac{1}{\tan \alpha} \end{aligned} \right\} \quad [2]$$

de donde se deduce:

$$P = V \sec \alpha \quad \text{y} \quad Q = V \tan \alpha$$

Por otra parte, siendo (x, y) los coordenados del punto B con respecto á los ejes Ay y Ax , se tendrá:

$$\left. \begin{aligned} V &= v x \\ P &= p x = v x \sec \alpha \\ Q &= q x = v x \tan \alpha \end{aligned} \right\} \quad [3]$$

Como la carga P que soporta el cable ó cadena es uniformemente repartida, su resultante, como en el caso anterior, pasa por el punto medio de $A X$ y su direccion es paralela á las péndolas: además este punto es el de intersección de las tangentes á los puntos A y B , propiedad que caracteriza á la parábola.

Estando el cable en equilibrio bajo la acción de la carga oblicua P , la tensión horizontal H en el punto A , y la tensión T en el punto B , estas fuerzas serán proporcionales á los lados de un triángulo tal como el $B X P$ cuyos lados son paralelos á la direccion de estas fuerzas y cuyas longitudes representan á una cierta escala dichas fuerzas, por lo tanto:

$$\left. \begin{aligned} \frac{P}{H} &= \frac{B X}{X C} = \frac{y}{\frac{x}{2}} \\ \frac{P}{T} &= \frac{B X}{B C} = \frac{Y}{t} \end{aligned} \right\} \quad [4]$$

siendo t la longitud de la tangente á la curva en el punto B .

La longitud de esta tangente $BC=t$ la tendremos, observando que es la hipotenusa del triángulo rectángulo BCF , que en función de los catetos tendrá por valor

$$BC = t = \sqrt{(CX + XF)^2 + BF^2} = \sqrt{\frac{x^2}{4} + y^2 + xy \operatorname{sen} \alpha} \quad [5]$$

Si ahora tomamos la ecuación conocida $\frac{dy}{dx} = \frac{P}{H}$ y la aplicamos á este caso tendremos

$$\frac{dy}{dx} = \frac{P}{H} = \frac{Px}{H}$$

integrando esta expresion observando que para $x=0$, $y=0$ y además que tenemos en cuenta la oblicuidad de los ejes

$$y = \frac{Px^2 \cos^2 \alpha}{2H}$$

ecuación de una parábola cuyo eje es paralelo á las péndolas de suspensión y que no difiere de la que hallamos ántes, más que por ser oblicuos los ejes coordenados, en vez de ser rectangulares.

La distancia focal en esta parábola es $d = \frac{H}{2p}$ y por lo tanto la última ecuación tomará la forma

$$\left. \begin{aligned} y &= \frac{x^2 \cos^2 \alpha}{4d} \\ d &= \frac{x^2 \cos^2 \alpha}{4y} \end{aligned} \right\} \quad [6]$$

Ahora de las fórmulas [3], [4], [5] y [6] sacamos

$$H = \frac{xP}{2y} = \frac{Px^2}{2y} = \frac{2pd}{\cos^2 \alpha} = 2 \vee d \sec^2 \alpha \quad [7]$$

$$T = \frac{tP}{y} = \frac{2tH}{x} = \frac{ptx}{y} \quad [8]$$

La tensión horizontal puede equilibrarse, fijando el extremo A del cable en una roca ó en un macizo de mampostería, ó bien uniéndola á otro cable ó cadena igual, cargada de la misma manera y con el tablero sostenido por péndolas inclinadas según una dirección igual y opuesta á las anteriores, de modo que A ocupe el punto medio de la longitud del puente: en este caso la figura que toma el cable, no es la de una parábola, sino la de

dos arcos de esta curva, unidos en A, puesto que como hemos visto este punto A no está en el vértice de dicha curva.

Por último, también se podría fijar el cable, en el punto A del tablero del puente: en este caso el equilibrio á la tensión horizontal, lo hace una fuerza de compresión que obra á lo largo del tablero y en sentido contrario, por lo tanto, es preciso que éste presente bastante rigidez para que pueda resistir estas fuerzas.

En un punto cualquiera del tablero, por ejemplo X, la fuerza de compresión que actúa, no es como antes $Q = q x$, sino que es esta misma aumentada de otra fuerza igual á la tensión horizontal H, por lo tanto si la llamamos C tendremos:

$$C = H + Q = \frac{x P}{2 y} + q x = \left(\frac{P}{2 y} + y \right) x = v (2 d \sec.^2 \alpha + x \operatorname{tang} \alpha).$$

Para tener la longitud de un arco de parábola cuando el punto A no es el vértice de la curva, nos valdremos de la misma fórmula [5'] que teníamos en el caso de los puentes de péndolas verticales, sustituyendo por d el valor que hemos hallado y por θ el ángulo que la tangente á la parábola en el punto extremo B del arco que se considera, A B forma con una línea perpendicular á su eje.

Este ángulo es conocido, puesto que lo es su coseno. En efecto: por el triángulo B C p tenemos:

$$\cos. B C p = \cos \theta = \frac{C p}{C B} = \frac{\frac{x}{2} \cos \alpha}{T} = \frac{x}{2 t} \cos \alpha$$

y por lo tanto

$$\theta = \arccos \left(\frac{x}{2 t} \cos \alpha \right)$$

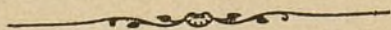
que sustituyendo á la [5'] y simplificando, resulta

$$\operatorname{arc.} A B = d \left(\operatorname{tang} \theta \sec. \theta - \operatorname{tang} \alpha \sec \alpha + L \frac{\operatorname{tang} \theta + \sec \theta}{\operatorname{tang} \alpha + \sec \alpha} \right)$$

No obstante, en la práctica solo se toma la aproximada

$$\operatorname{arc.} A B = x + y \operatorname{sen} \alpha + \frac{2}{3} \frac{y^2 \cos^2 \alpha}{x + y \operatorname{sen} \alpha}$$

(Continuará.)



EL INDICADOR DE PRESIONES (1).

(Continuación.)

Los resortes espirales que van colocados en forma de contretes en el interior del cilindro del indicador son formados de alambre de acero, más ó ménos grueso, según su escala de graduación y termina cada uno de sus extremos con un anillo de bronce roscado en su parte interior, para acoplarse con la tapa del cilindro y con el émbolo A ó base del vástago del aparato. Llevan en uno de los anillos un número ó fracción que representa la escala de depresión, es decir, la variación que experimenta su longitud bajo la acción de una carga dada; cuando la graduación es en libras por pulgada, entonces lleva la inscripción $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{24}$, $\frac{1}{30}$, $\frac{1}{48}$, $\frac{1}{80}$, $\frac{1}{100}$, etc.; según que el resorte se haya graduado con cargas respectivamente de 8, 16, 30, 48, 80, 100, etc., libras; lo cual quiere decir, que la depresión experimentada por los respectivos resortes bajo la acción de su correspondiente carga es de una pulgada, ó sea de 25·4 milímetros. Pero estos números ó inscripciones varían cuando la graduación está hecha en kilogramos por centímetro cuadrado, pues entonces la relación establecida es, por ejemplo, para los mismos resortes, $\frac{1}{0'22}$, $\frac{1}{0'44}$, $\frac{1}{0'88}$, $\frac{1}{1'32}$, $\frac{1}{2'24}$, $\frac{1}{2'76}$, etc.; lo cual significa que la depresión que cada uno de estos resortes experimenta bajo una carga igual á la del divisor del quebrado aquí representando, es de un centímetro. Si la división fuese en atmósferas, entonces los resortes vendrían graduados según esta misma convención de $\frac{1}{0'212}$, $\frac{1}{0'425}$, $\frac{1}{0'803}$, $\frac{1}{1'277}$, $\frac{1}{2'139}$, $\frac{1}{2'671}$, etc.; es decir, á razón de un centímetro de depresión por 0·212 atmósferas de carga para el primero, y los demás en relación á la inscripción respectiva.

Se viene en conocimiento del valor de la inscripción de los resortes por las escalas que les acompañan y que forman parte del indicador. Cuando la escala, pequeña regla de boj, perfectamente dividida y numerada, dice: *Escala 8 libras por pulgada, 8. To The inch* indica que deben tomarse las presiones conforme á esta advertencia, si dice, por ejemplo, 0·22 kilogramos por centímetro cuadrado, deben tomarse las presiones según esta indicación, y del propio modo si la escala dijese 0·80 atmósferas por 8 milímetros en vez de un centímetro, en tal caso debería partirse de esta otra indicación para los cálculos que más adelante indicaremos.

Resulta, pues, que las escalas pueden ser variables y conven-

(1) Véase el número anterior.

cionales según las condiciones del indicador y según los límites del papel donde deseen representarse las presiones.

En el otro anillo de cada uno de los resortes vá grabada otra inscripción que indica los números extremos ó mejor diremos la graduación máxima de la escala, tanto en más como en ménos. Así, por ejemplo; cuando el resorte alcanza á alargarse con vacío absoluto sostenido debajo del émbolo del indicador de una longitud de 12·7 milímetros, entonces resultará $\frac{12\cdot7 \times 30 \text{ libras}}{15 \text{ libras vacío}}$ = 25·4 m/m, es decir, una pulgada; y, por lo tanto, servirá para medir hasta 15 libras de vacío; pero en la escala límite de presión permitirá medir hasta 80 libras, toda vez que su flexibilidad permite que se dilate hasta la longitud de 67·7 milímetros, lo que dá $\frac{67\cdot7 \times 30}{80 \text{ presión extrema}}$ = 25·4 m/m. ó una pulgada. Resulta, pues, que el número inscrito en el anillo del resorte de $\frac{1}{30}$ ó de 30 libras por pulgada, es el $\frac{80}{15}$; y, por lo tanto, con auxilio de tales inscripciones debe conocerse el resorte que conviene usar en cada caso según la presión de trabajo y condiciones de la máquina.

Desde luégo convendrá advertir que no debe emplearse nunca para sacar diágramas de una máquina que carezca de condensador, un resorte que sólo indique presión límite y que carezca del denominador 15, pues ello manifiesta que no ha sido graduado para presiones inferiores á la atmosférica, y desde luégo, al emplearlo al objeto indicado, daría falsas acusaciones y presiones resistentes muy superiores á las que realmente habría detrás del émbolo de la máquina que así se tratase de ensayar. Estos resortes se emplean en las máquinas sin condensación y en el ensayo de los cilindros de alta presión de las Wolf y de las Compound. La escala graduada que corresponde á cada uno de los resortes lo indica ya, pues las que se aplican á máquinas con condensador, llevan la división de 15 desde el 0, y luégo la división superior hasta la presión máxima que permiten; las otras que se aplican exclusivamente á máquinas sin condensación, parten del 0 y terminan en el límite de presión superior.

Piezas del retorno.— Con esta denominación se comprende las piezas que forman el soporte rotativo y las dos pequeñas poleas de garganta que van aplicadas al pié mismo del tambor, cuyo conjunto puede girar al rededor del eje de este último y tomar la dirección más conveniente para conducir el hilo ó cordel desde la polea principal al manubrio, balancín, paralelógramo, etc., de la máquina que debe ensayarse. A fin de que el soporte del retorno

pueda girar para orientar el hilo conductor, es indispensable que no esté demasiado apretada la tuerca *T* inferior del eje del tambor; y caso de que haya dificultad de practicar aquella operación, es indispensable aflojar un poco dicha tuerca para volver á apretarla luégo.

Índice del trazador.—En los modernos indicadores cuyos dibujos pueden verse en las figs. 1.^a 2.^a y 3.^a lám. 1 y 2, el papel que se emplea tiene dimensiones convenientes y las hojas del mismo están preparadas con un barniz reluciente que permite el empleo de un índice metálico de latón, es decir, un alambre fino de este material, perfectamente afilado, con punta fina y roma para que no rasgue el papel. Este índice se sujeta en el paralelogramo ó en el aparato trazador donde lleva la pequeña tuerca *a* que permite darle la salida conveniente.

En el moderno indicador de alta velocidad fig. 3, el papel es continuo; esto es, todo de una pieza y preparado de una cara, en tanto que de la otra lleva distinta preparación que le dá consistencia y solidez y que le garantiza de la influencia higrométrica que ejerce la atmósfera en la sustancia vegetal de que está formado. La tira de papel va arrollada en el interior del tambor relativo; y como para colocarla como envuelta al exterior de éste se necesita sujetar la extremidad de dicho papel por medio de una reglita que le oprime y dé tirantez, la preparación de que hemos hecho mérito le dá consistencia y le garantiza de romperse.

Observaremos que el trazador ó índice de este más moderno aparato, va colocado en el extremo de la palanca ó balancín en un pequeño patin con los bordes doblados en el cual resbala la misma; y un pequeño tubo que lleva el patin, sirve de porta-trazo atravesando el ojal longitudinal de la vía vertical fija que forma parte del trazador. El índice ó trazo se sujeta como anteriormente por medio de un tornillo ó tuerca *a* que le oprime y que permite darle la salida conveniente.

Precauciones que deben tomarse antes de aplicar el indicador de presiones y manera de montar el aparato.—Para poder aplicar el indicador á una máquina de vapor, de agua ó de gas, es indispensable disponer anticipadamente los orificios necesarios que permitan la colocación de aquel instrumento; y es un detalle muy importante que lleven dichos orificios un grifo especial, independiente del que lleva el aparato para su manipulación, pues de esta manera será fácil obtener los diágramas sin necesidad de parar la máquina para esta operación. La inmensa mayoría de las máquinas modernas llevan ya estos orificios dispuestos con

sus respectivos grifos, facilitándose así el poder obtener aquellas curvas en un momento dado y sin que puedan advertirse de ello, que no hay necesidad de parar, ni aún las personas que dirigen por y manejan los artefactos impulsados por dichas máquinas.

Acompaña al indicador como un accesorio del mismo, un macho de terrafa de $\frac{6}{8}$ pulgadas rosca inglesa, que es la rosca del espigón del grifo del aparato, empleándose para, en caso conveniente y de no existir grifo ó enlace para él, abrir un orificio á propósito en el cilindro para poder aplicar el instrumento y sacar los diágramas.

Los grifos ó enlaces para aplicar el indicador pueden colocarse en muy distintos puntos del cilindro de la máquina que ha de ensayarse: algunas veces se colocan directamente en las tapas de los cilindros, en un costado ó en los espacios muertos ó nocivos, es decir, entre el extremo ó fondo de dicho cilindro ó cilindros y la cara respectiva del émbolo situado en su extremo de carrera, en cuyo caso pueden aprovecharse muchas veces los grifos de purga; otras veces se disponen en el costado de los conductos de vapor, como por ejemplo en las máquinas de balancin que llevan camisa y no es fácil colocar grifo alguno, ni comunicación directa con la parte inferior de los cilindros; y tanto en el uno como en el otro caso, puede establecerse comunicación directa del uno al otro grifo, y de consiguiente del uno al otro extremo de cilindro; y á mayor abundamiento, en máquinas de dos y aún más cilindros puede establecerse dicha comunicación general, que permite ahorrar tiempo y evita el impropio trabajo de trasladar el indicador de sitio, pudiendo obtenerse todos los diágramas con una facilidad y comodidad recomendables, y lo que es más aún, trazar dos diágramas sobre una misma hoja de papel para apreciar sin el menor trabajo las pérdidas que por escapes, enfriamiento ó condensación, ocurre en las máquinas de dos cilindros, entre las dos emboladas opuestas.

Pero debemos advertir, que cuando se adopte la comunicación por medio de tubos, deben tener estos un diámetro interior suficiente y de 10 milímetros, y que deben estar cubiertos con una envolvente expresa de una sustancia mal conductora del calor, como fieltro, algodón incombustible, algodón de escoria, lana, esparto, ó cualquiera otra; y que al sacar las curvas debe calentarse antes lo más posible el indicador, dando por el interior de dichos tubos circulación de vapor durante un espacio de tiempo bastante prolongado.

Los agujeros que se abran directamente en el cilindro para aplicar en ellos el indicador, debe procurarse que caigan precisamente, como antes lo hemos indicado, en los espacios muertos del cilindro ó cilindros, debiendo parar mucha atención en que

el émbolo no pueda obturarlos ni aún por un tiempo muy limitado, pues si la comunicación de la máquina con el aparato se interrumpiese, las curvas resultarían defectuosas y acusarían un defecto que no existiría.

Recomendamos que, de no existir los agujeros y grifos de ensayo, se procure escoger como punto á propósito para abrirlos aquel ó aquellos que faciliten mejor y más cómodamente la manipulación del instrumento.

Este debe colocarse de manera que el agua de purga y vapor, que sale del grifo de manipulación por el agujero lateral, no moleste al operador ó persona que debe sacar los diágramas.

Debe procurarse siempre disponer el aparato en posición vertical para facilitar así su buen funcionamiento y hacer más cómodo el cambio del papel. Como por otra parte su émbolo debe hacer reproducir lo más fielmente posible las presiones que obran en el interior del cilindro ó cilindros de las máquinas, deberá evitarse el colocarlo en aquellos puntos donde se acumula el agua de condensación, como en las extremidades inferiores de los conductos de vapor de los cilindros verticales, tales como los de las máquinas de balancin.

Una vez dispuesto el grifo ó enlace donde ha de montarse el indicador, se coloca éste en la posición más conveniente y de tal manera que pueda observarse el índice mientras traza la curva ó diágrama. La purga del grifo debe dirigirse en opuesto sentido del índice, en cuyo caso la llave viene á la derecha del operador ó lo que es lo mismo, á la derecha del instrumento, lográndose así lo que antes hemos dicho, que el agua de condensación no moleste á la persona que ha de manifestarlo.

Antes de abrir ninguno de los grifos será necesario cerciorarse de la clase de resorte que deberá emplearse, según el sistema de máquina, según sea el cilindro de la misma el menor ó de alta presión, según sea el mayor ó de baja y según la presión á que trabaje el cilindro en ensayo.

Si se trata de una máquina de dos cilindros y la presión no excede en ella de 75 libras ó lo que es lo mismo $\frac{75}{15} = 5$ atmósferas aproximadamente, entónces podrá emplearse para el cilindro de alta presión el resorte que alcanza á 80 libras, es decir, el $\frac{80}{15}$ ó sea de 30 libras por pulgada, que nos permitirá tomar la curva aún cuando la presión resistente fuese menor de 15 libras ó de una atmósfera, pues de tomar la escala de 32 libras, entónces y dado caso que las presiones resistentes fuesen menores de 15 libras, no las acusaría con la exactitud debida por razón de lo que se ha expuesto al ocuparnos de los resortes de presiones. El re-

sorte que deberá aplicarse en el ensayo del cilindro de baja, se elegirá en vista de la presión inicial á que dicho cilindro trabaje, que será poco menor de la mayor presión resistente que indique el diágrama del cilindro anteriormente ensayado. Si ésta no excede de 6 libras sobre la atmósfera, podrá tomarse el resorte de 8 libras y todo otro que exceda de 6 y sirva para vacío.

Cuando se trate de una máquina de un sólo cilindro bastará saber la presión á que ha de ensayarse y si es de condensación ó nó, eligiendo un resorte que pueda medir presión mas elevada, y se tomará de los que llevan el denominador 15 en el primer caso ó sin denominador en el segundo, en virtud de lo que se ha dicho en otro lugar.

Para cambiar ó colocar en el interior del indicador el resorte que conviene á los ensayos, deberá destornillarse su tapa superior aflojando antes el pequeño botón atornillado *P*, que enlaza el vástago del émbolo con el aparato trazador; se destornilla luego el resorte de ambas extremidades y se reemplaza por el otro, procurando atornillarlo bien y dejándolo perfectamente apretado para que no pueda aflojarse durante el funcionamiento del aparato. Se lubrica con un poco de aceite bien limpio el émbolo y el vástago del aparato, y se colocan en el cilindro de éste cerrándolo otra vez, se atornilla el pequeño botón que conecta el trazador con el vástago del émbolo después de atornillada á su vez la tapa perfectamente apretada, con lo que queda dispuesta esta parte del instrumento para ser empleada.

El índice del trazador se coloca en su sitio después de repasada su punta, disponiéndolo con la salida conveniente y de manera que quede fijo con objeto de evitar que pueda retroceder por la débil presión que se ejerce sobre el papel y que traze dos curvas distintas.

Deberá procurarse observar, antes de sacar los diágramas y al colocar en su sitio el indicador, si el resorte del tambor tiene suficiente tensión, y en el caso de no tenerla, se aumentará como se ha indicado al describir el *tambor* y su resorte ó muelle; después se levantará, sacándolo de su sitio, el tubo que constituye la envuelta donde se aplica el papel, y se engrasará el eje para que no haya rozamiento alguno, pues de tenerlo, lo mismo que excesiva tensión producida por el resorte, podría ocasionar, sobre todo en las máquinas de gran velocidad, la ruptura del hilo, y *consiguientemente la del resorte de acero*. El hilo debe guiarse bien y de manera que no ocasione rozamiento contra el soporte del retorno, pues en otro caso podrían producirse los mismos efectos que acabamos de indicar y otros que se deducirán de lo que más adelante diremos al ocuparnos de las curvas de regulación obtenidas por medio del indicador.

Modo de colocar el papel en el tambor.—Las hojas de papel preparado, que se colocan en el cilindro de latón que cubre y protege el porta-resorte, miden generalmente de 175 á 195 milímetros de largo por 95 á 100 milímetros de ancho, en tanto que el papel continuo de los indicadores Darkes, no tienen más allá de 45 milímetros. Estas hojas se aplican, pues, sobre el tambor, doblando antes las extremidades de las mismas para que salgan por entre ambas pinzas; se tira de ambas extremidades para dar tensión al papel, á fin de evitar que al pasar el índice pueda rasgarlo, lo que sucede cuando no se adapta bién sobre el tambor, cuando la punta del índice no está bién alisada y redondeada, cuando sale vapor por la tapa del cilindro del indicador ó bién agua procedente del vapor condensado y baña ó moja el papel en los puntos por donde debe pasar el índice ó trazo pará marcar el diágrama.

Cuando el papel es continuo, se arrolla la pieza sobre el eje del tambor del indicador Darkes, y se tira de su extremidad hácia el exterior á través del cilindro ó tambor referido, dando vuelta al mismo hasta que su extremidad pueda ser apretada por la reglita metálica que, fijada á bisagra, encaja en una mortaja *ad hoc*; dicha reglita vá afirmada como un resorte semejante al que suelen llevar las tapas de los relojes de bolsillo.

Conviene en ambos casos del papel á hojas ó continuo, hacer de modo que, al colocarlo ocupe la posición más baja posible que permitan las pinzas ó la pequeña reglita del indicador Darkes, á fin de que el índice del trazador no salga de los límites del papel al trazar la curva.

Manera de tomar los diágramas.—Colocado convenientemente el indicador en punto apropiado y accesible según se explicará más adelante, bién sea que se tome el movimiento directamente de alguna de las piezas del organismo de transmisión de la máquina ó de su manubrio ó cruceta guía, valiéndose del reductor de carrera para transmitir movimiento rotativo al tambor que lleva el papel, se puede, después que el instrumento haya funcionado un poco y alcanzado el grado de temperatura normal, proceder desde luego á obtener ya los diágramas de la máquina.

Esta operación se efectuará entónces de la manera siguiente: se colocará la llave ó grifo inferior en tal posición que, por el pequeño orificio de que en otro lugar hemos hecho mérito, tenga acceso el aire atmosférico, con la cara baja del émbolo del indicador. En este disposición se acercará el trazador al papel y trazará en éste una línea perfectamente recta, que representará el cero de la escala del resorte adoptado; recta que se llama además línea atmosférica y que constituye la

base de todos los cálculos y consideraciones á que los diagramas se someten.

Se dará luego un cuarto de vuelta á la llave del grifo para poner en comunicación el cilindro de la máquina que se ensaya con la atmósfera y para purgar convenientemente el aparato; lo que se reconocerá que se verifica por el chorro de vapor que debe salir por el pequeño agujero de la caja del grifo y que se proyecta al exterior, ó bien por el ruido que produce el aire atmosférico al introducirse por él, si en el cilindro que se ensaya reina el vacío y hay enrarecimiento del aire. Y una vez purgado el cilindro se le comunica con el otro del indicador, lo que se conoce por el movimiento del índice del trazador; y entonces cuando se note que no sale vapor por la purga, ni que haya entrada de aire por ella, se procede á sacar el diagrama acercando el índice al tambor y apoyándolo ligeramente sobre el papel.

Cuando se trate de obtener diagramas para someterlos á indagaciones y á estudios muy minuciosos y delicados, convendrá tomar aquellos de manera que sólo acusen cada uno de ellos una curva, ó bien el trazo obtenido en una revolución de máquina, á fin de obtener valores medios del trabajo; y si por el contrario se trata de investigaciones especiales, tales como de hallar el diagrama del movimiento de la válvula de distribución ó las curvas con relación á la carrera de la misma, de determinar el cierre parcial del registro ó registros, desarreglos ó vicios de regulación ó de obtener diagramas con relación á la rotación del eje de la máquina, del trabajo de la bomba de aire ó de cualquiera otra, entonces se obtienen en gran número sobre una misma hoja de papel.

La práctica enseña los muchos medios que pueden emplearse en todos casos, aún en aquellos en que el indicador no tiene rueda detentora, para cambiar el papel sin parar la máquina por extraordinaria que sea su velocidad.

Para verificar dicho cambio, bastará cuando el indicador lleva gatillo á propósito para ello, correrlo hacia el tambor y éste queda entonces inmóvil y permitirá cumplir aquella manipulación; pero cuando no existe semejante mecanismo, entonces se hace preciso desenganchar el corchete que en su extremidad lleva el hilo del indicador, del otro que va atado en el extremo del hilo que parte de la máquina. En las máquinas de marcha rápida las cuales exigen una reducción notable en el movimiento del tambor á causa de la inercia que prolonga la carrera del mismo y produce choques en los límites de esta última, es más conveniente en determinados casos mantener tirante con la mano el hilo del indicador, colocando así el tambor en el extremo de su carrera y supliendo en cierto modo al detentor para poder cam-

biar el papel, ahorrándose así el tiempo que se necesita para desenganchar y enganchar los corchetes.

A fin de evitar los errores accidentales que pueden ofrecerse en los ensayos, recomendaremos sacar el mayor número posible de diágramas cuando deban someterse al estudio. Estos deben llevar inscritos los elementos más importantes que influyen y que pueden ser de gran utilidad en el cálculo; tales son, cuando de máquinas de vapor se trata, las presiones acusadas por el manómetro, las admisiones, si vienen indicadas en los órganos de distribución, el número de revoluciones, el grado de vacío indicado por el barómetro de flexibilidad del resorte empleado, las dimensiones, diámetros y carreras de los émbolos, y, si es posible, las secciones de los registros ó lumbreras de admisión, las de evacuación y el tamaño ó capacidad de los espacios nocivos para poder trazar, si conviniese, la curva teórica de trabajo del vapor.

Cuando se aplica á bombas de cualquiera clase que sean, será conveniente escribir en los diágramas que de ellas se obtengan las condiciones de funcionamiento, volúmen que engendran, dimensiones, emboladas y espacios nocivos, para que puedan servir á las investigaciones y estudios consiguientes.

Transmisión del movimiento del émbolo de la máquina al tambor del indicador y reducción de su carrera.—Hemos dicho que podía transmitirse el movimiento del émbolo de la máquina al tambor del indicador, tomándolo de alguna de las piezas del organismo de la misma, ó directamente de la cruceta principal valiéndose en este último caso del reductor de carrera. En el primer caso, apenas ofrece dificultad cuando, como en las máquinas Corliss, la bomba de aire es movida por una palanca especial que permite tomar la amplitud de la oscilación al grado que se desee, y cuando como en las de balancín el paralelógramo lleva tirantes guías del movimiento que á la vez ofrecen en su oscilación amplitudes proporcionales á su longitud y que por consiguiente permiten variar la carrera angular del tambor rotativo del indicador al grado conveniente.

Hay, sin embargo, tipos y sistemas de máquinas muy variados que no ofrecen semejante facilidad; y en tal caso es indispensable el empleo del aparato reductor de carrera, antes mencionado, que permite tomar el extenso movimiento de la misma cruceta y reducirlo ó trasformarlo al grado que exige la exígua carrera del indicador.

Estos aparatos que son muy variados, no siempre funcionan á satisfacción y sólo pueden emplearse ventajosamente en algunos

casos y cuando se aplican en la forma y disposición que vamos á explicar.

Uno de los sistemas mejores es el que se compone de dos poleas montadas sobre un mismo eje; la mayor recibe movimiento por medio de un cordel unido á la cruceta de la máquina ó de toda otra pieza que lo tenga proporcional al del émbolo de la misma, en tanto que la polea pequeña trasmite el movimiento al tambor rotativo del indicador.

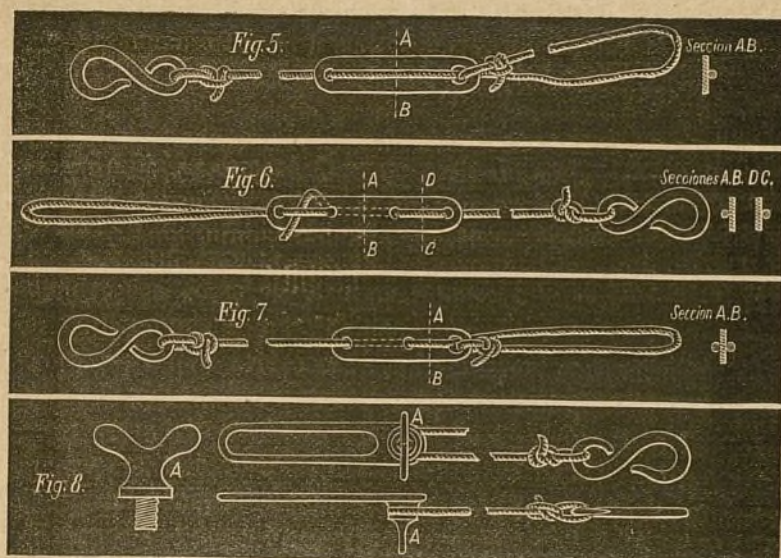
Los diámetros de estas dos poleas deben naturalmente estar en proporción con la carrera del émbolo y la longitud del diágrama, y por esta razón se acompañan con el reductor referido, que estamos describiendo y que puede verse en la fig. 4, lám. 3.^a Acompañan al reductor una série de pequeñas poleas de recambio, que para un número máximo de revoluciones de la polea, un límite determinado de longitud del diágrama y un diámetro dado de la polea mayor, reducen las carreras en límites bastante distantes. El eje común de ambas poleas está dispuesto en forma de tornillo ó espiral, á fin de que se mantengan sobre el mismo plano los hilos de transmisión del movimiento. Sobre la polea mayor y en su parte interior, va montado un resorte espiral de mucha longitud y de bastante fuerza que mantiene la tensión del hilo que la envuelve y que se arrolla en su garganta.

Háse añadido á este aparato una polea conductriz que sirve de guía ó de retorno al hilo y que ha mejorado mucho sus condiciones; pero, á pesar de esto, su uso se ha restringido y ha quedado reducido á aquellos casos en que los aparatos que deben ensayarse son de marcha lenta; y que son los únicos en que pueden aplicarse, quizás con relativa ventaja á las conexiones con intermedio de poleas diferenciales complicadas y palancas y balancines mal dispuestos para el caso.

De todos modos y respetando la opinión de algunos ingenieros que dan marcada preferencia á determinados sistemas de reductores de carrera, opino que en todos casos es preferible el empleo de palancas rígidas ó de contra manubrios de los que siempre me he servido, por haberme convencido de que aquellos instrumentos, que algunas veces he tenido ocasión de ensayar, no le son preferibles.

Hilo ó cordel.—Para comunicar el movimiento de la máquina al tambor del indicador, debe emplearse un hilo ó bramante especial de la mejor calidad y fuerza, y debe procurarse estirarlo antes de emplearlo para evitar su alargamiento durante el curso de los ensayos. El bramante trenzado, es preferible al retorcido; y en caso de emplearlo de la última clase, convendrá estirarlo

antes de emplearlo, colgándole un peso que le quitará parte de su torsión y lo dispondrá, al poco tiempo, para poder usarlo.



Para reglar la longitud y aún la tensión del bramante que comunica al indicador el movimiento del émbolo y de la máquina, se acostumbra emplear una pieza de madera provista de dos, tres, ó cuatro orificios figuras 5, 6 y 7 que se disponen de la manera que en los respectivos dibujos se indica, permitiendo así, en cada caso, poder alargar ó acortar rápidamente el hilo sin necesidad de desatarlo, ni desengancharlo; pero esta disposición, que empleamos y que abrevía tiempo, exige un cuidado y vigilancia especial porque no evita completamente el resbalamiento y de consiguiente la pérdida de la tensión del hilo. Es preferible á ello, cuando puede faltar la atención que dicho arreglo exige, el empleo del hilo dispuesto con simple conducto y reglamentado á su exacta longitud, ó en otro caso la adición de un pequeño peso que gradue la tensión, cuya disposición es ventajosa cuando la máquina no se mueve á velocidad extraordinaria. Pero á todas estas disposiciones es preferible la de la figura 8 que se logra con una pieza de cobre de escaso peso, que templea en un momento la longitud del hilo y asegura por completo que el resbalamiento no pueda hacer variar dicha longitud.

El diagrama no puede, en el indicador Richard y en el de Kraft, alcanzar mayor longitud que 130 m/m y unos 90 m/m en el Darkes; y debe procurarse siempre obtenerlo en el centro de la

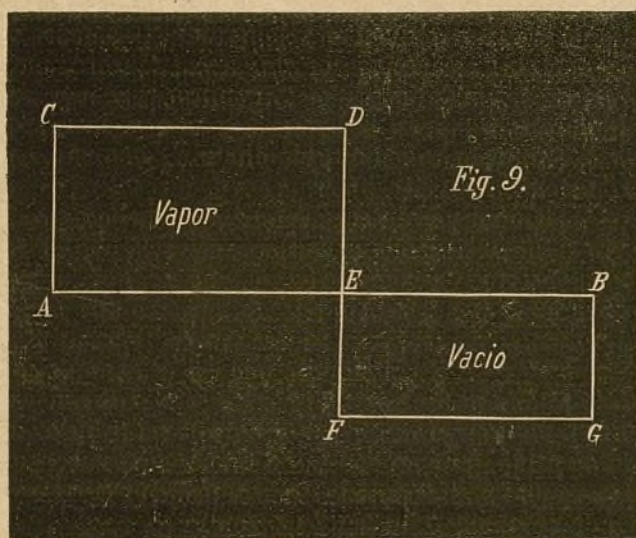
hoja de papel, pues aún cuando esto parece no deba importar gran cosa, es, sin embargo, de mucha importancia. Los diágramas trazados en un costado del papel, pueden acusar falsos antecedentes referentes á la regulación de la máquina á que pertenecen, del propio modo que pueden acusar defectos, que no existirán, los grifos ó llaves de paso del indicador ó el mismo instrumento, si unos y otro permiten los escapes ó comunicaciones que en ellos no es raro advertir cuando no se reconocen y corrigen oportunamente.

Movimiento del índice del indicador.—Si conforme se desprende de lo que llevamos dicho, se monta el lápiz ó índice del indicador en el aparato inscriptor, relacionado con el movimiento del pequeño émbolo, y se pone su monta en contacto con el papel, es claro que el movimiento comunicado al tambor del aparato, estando inmóvil el índice, hará que este trace sobre el papel una línea recta horizontal A E B. fig. 9 llamada línea atmosférica, supuesto que la presión de la atmósfera obra encima y debajo del émbolo. Si en un momento dado y al principiar el movimiento rotativo del tambor, se comunica la cara inferior del pequeño émbolo con el espacio de un cilindro que contenga vapor á cierta presión, el émbolo se elevará y con el también el índice ó lápiz que trazará por su contacto con el papel, una línea vertical A C perpendicular á la atmosférica, línea cuya longitud medirá la tensión inicial del vapor del recipiente; pero como ésta sea constante y no haya causa alguna que pueda modificarla, entonces el tambor seguirá su carrera rotativa y la punta del índice trazará sobre el papel otra línea horizontal C D; más, si á la mitad de la carrera del émbolo del indicador, se cierra instantáneamente su comunicación con el recipiente, es evidente que el índice marcará en su rápido descenso otra línea vertical D E hasta alcanzar la línea atmosférica, y aún descenderá más sí, en vez de comunicar la cara inferior del émbolo del indicador con la atmósfera fuese posible comunicarla instantáneamente con un recipiente en cuyo interior pudiese tenerse el vacío absoluto, pues entónces la presión atmosférica obrando en la cara superior de dicho émbolo lo haría descender, y con él el índice del aparato inscriptor hasta al límite teórico E F de una atmósfera negativa; y al llegar aquí trazaría una línea horizontal ó paralela á la atmosférica F G que terminaría al extremo de carrera; y si en dicho punto se cerrara la comunicación del lugar del vacío con el indicador ó se comunicara instantáneamente la parte inferior del aparato con la atmósfera subiría trazando la línea G B.

Así, pues; procediendo según las instrucciones transcritas, se obtendría trazada sobre el papel del indicador la fig. 9, que,

como se vé, es el gráfico que compendia de una manera clara y concisa el trazado de los diágramas que se obtienen con el indicador. La parte superior de la figura indicada y cerrada por un rectángulo, es el espacio que representa el volúmen de admisión del vapor; el rectángulo inferior representa el trabajo que se obtiene por la influencia del vacío ó por la presión atmosférica.

Si se reflexiona, que la línea atmosférica representa el camino recorrido por el émbolo, y que las presiones ó depresiones vienen representadas por las líneas perpendiculares á la misma, trazadas sobre ó debajo de aquélla, se deducirá inmediatamente, que la superficie de cada uno de los dos rectángulos de la figura



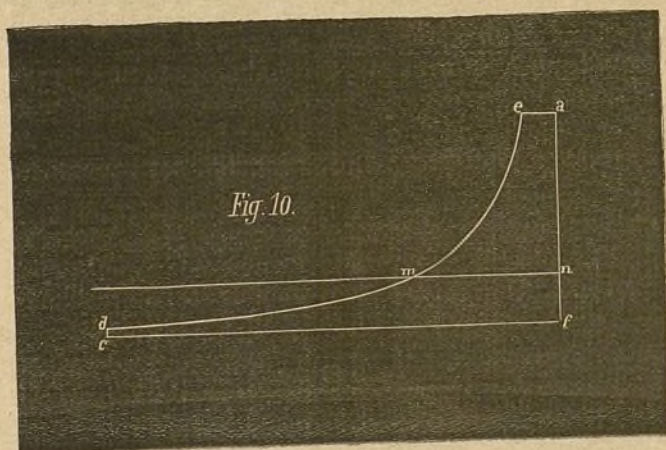
9, representa respectivamente el trabajo de la máquina ensayada.

Las máquinas de vapor, generalmente están dispuestas para aprovechar el trabajo de expansión del fluido motor que las impulsa; y por lo tanto, los diágramas que de ellas se obtienen, difieren del gráfico que acabamos de dar, puesto que cuando cierra la válvula de distribución de aquéllos, se produce un descenso gradual de la presión que obedece á la ley de Mariotte y que viene marcado en los diágramas por una curva especial muy parecida á la hipérbola, resultando otro gráfico que se representa en el dibujo fig. 10. De modo que el espacio *vapor* se transforma en el a. e. m. n. y el espacio *vacío* en el m. d. c. f. n.

En la práctica, los diágramas ofrecen alguna diferencia comparados con este último, ya porque acusan alguno de los defec-

tos de regulación, ya porque las válvulas de distribución no cierran herméticamente; ó, finalmente, porque no es posible que estas últimas den el cierre instantáneo; sin embargo, la comparación de los diagramas obtenidos prácticamente con el gráfico últimamente hallado, nos servirá para conocer los defectos que la máquina, de que aquellos procedan, pueda tener.

Deben distinguirse, en virtud de lo que en otro lugar hemos dicho, los diagramas del cilindro y los de la válvula de distribución. Los primeros se relacionan con el movimiento rectilíneo alternativo del émbolo ó con el movimiento circular continuo del eje motor, según que el movimiento del tambor del indicador se haya relacionado con toda pieza conectada con el émbolo, y anexa al movimiento del mismo ó con el eje; miéntras que,



para los segundos, el referido tambor debe estar relacionado en su movimiento con cualquiera órgano ó pieza conectada con el distribuidor de vapor. Esto, sin embargo, en unos y otros diagramas, el émbolo del indicador se somete siempre á las presiones que reinan en ambas caras del émbolo de la máquina.

Los diagramas más generalizados y los que tienen más importancia son los primeros y que se relacionan con el émbolo ó émbolos de los cilindros de la máquina, pues dan todas las indicaciones y antecedentes referentes á la regulación y que sobre aquélla pueden desearse. Las referentes á las válvulas de distribución del vapor, sólo determinan el funcionamiento de estos últimos órganos; y aunque en determinados casos pueden ser de ventajosa utilidad para el exámen de una máquina cuando por circunstancias especiales no pueda destaparse, no obstante y difícilmente dan la medida exacta y precisa de las dimensio-

nes que interesan conocer, si no es á la persona acostumbrada y práctica á leer en dichas curvas; y, aún así difícilmente podrá fijar por ellas y sin error sensible el valor de los elementos de la distribución, tales como la carrera de la válvula, los recubrimientos, el ángulo de avance y aún los avances lineales á la admisión y á la evacuación, con cuyos elementos así obtenidos, pueda por medio de un gráfico á propósito determinar la regulación de la máquina, ahorrándose destapar, tomar dimensiones y proceder al trazado del diagrama teórico.

Manera de conectar el indicador con la máquina.—La manera de disponer el indicador en las máquinas y conectar el cilindro de uno y de otras, lo mismo que los medios de dar movimiento al tambor rotativo y que hemos explicado anteriormente, dependen en general de la disposición de la máquina y varían en los dos tipos principales que se diferencian por la posición de sus cilindros; de modo que bajo este punto de vista debe distinguirse la máquina vertical de la horizontal, sin embargo, cualquiera que sea la posición del cilindro ó cilindros y cualquiera que sea el número de estos que tenga la máquina, se conecta el cilindro del indicador ó comunica con los últimos por medio de grifos y tubería dispuesta de tal manera que pueda aislarse ó incomunicarse la extremidad de cada uno de los cilindros de la máquina con la del indicador. A este efecto y si la máquina es por ejemplo vertical de balancín ó *compound* se procura, conforme se indica en la figura 12, lám. IV, que representa una parte de cilindro en sección, de una máquina de las de esta clase, abrir dos orificios laterales á los conductos de vapor uno en G arriba y otro en P á la parte inferior, los cuales se conectan por medio de dos grifos independientes, uno inferior de paso recto, y otro superior de doble paso ó por medio de uno sólo G con comunicaciones en ángulos de 90 grados, á fin de poder aislar convenientemente el conducto que convenga. El grifo superior debe terminar en un tubo columnita I con un enchufe aterrajado que permita conectarle el grifo del indicador y por consiguiente este aparato. Ambos orificios deben unirse por un tubo T y por medio de enlaces como el E de la figura 12.

Se observará que en ésta hay un sólo grifo G, un sólo enlace E y que el tubo T conecta en P por medio de una brida ó platina sin grifo ahorrándose esta pieza y el enlace. Esto que es más sencillo, obliga á disponer la caja del grifo G de la misma manera que en el caso anterior, pero el macho debe estar taladrado de modo tal, que permita incomunicar el tubo inferior cuando quede comunicado el conducto superior del cilindro de la máquina

con el del indicador y viceversa, y que al comunicar el inferior quede cerrado el conducto superior.

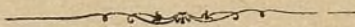
En cuanto á las máquinas verticales que tienen dobles cilindros colocados uno al lado de otro, pueden conectarse entre sí o puede establecerse la disposición anterior en cada uno de ellos. Lo primero no se acostumbra hacer porque establece una tubería con demasiados recodos y ángulos y demasiado prolongada, ocasionándose enfriamientos y pérdidas de presión. La práctica más generalmente seguida es la de establecer dos tuberías aisladas y como la anterior, por más que ello obliga para el ensayo de la máquina, á verificar el traslado del indicador del uno al otro cilindro.

No sucede lo propio en las máquinas verticales que tienen los cilindros en prolongación, pues que en tal caso es costumbre establecer tres dobles grifos como el G uno en cada uno de los dos conductos del cilindro superior y otro en el conducto superior del cilindro inferior y conectar los tres grifos con el conducto inferior del cilindro de la parte baja por medio de un tubo en prolongación, terminado por el enchufe del grifo del indicador, cuya disposición nada ofrece de particular después de lo que llevamos dicho.

En las máquinas horizontales de uno ó de dos cilindros puede establecerse para la connexion de los extremos de éstos con el indicador ó bien grifos de doble paso como el G de la fig. 12; ó bien grifos parciales, uno en cada conducto, conectados por un tubo general cuando los cilindros están colocados en prolongación, en cuyo caso pueda adoptarse la disposición representada en la fig. 13 lám. 5. Más cuando los cilindros son paralelos ó colocados uno al lado de otro, se hace difícil adoptar esta disposición, y entónces deben conectarse sus conductos dos á dos por un sólo grifo doble ó bien por dos grifos sencillos, por más que en ambos dos últimos casos tenga que trasladarse el aparato.

A veces se prescinde de colocar tubos y únicamente se aplica un grifo en cada conducto, lo cual obliga á trasladar tres veces el aparato para obtener los cuatro diágramas correspondientes á una revolución de máquina de las de dos cilindros.

(Se continuará)



RESISTENCIA DE MATERIALES

Fórmula aproximada y de sencilla aplicación para el cálculo de vigas compuestas sometidas á esfuerzos de flexión.

En la práctica del ingeniero constructor, se dá muy á menudo el caso de tener que determinar las dimensiones de las vigas de forma doble T, sometidas á un esfuerzo de flexión determinado, bajo la condición de que el trabajo que por mm² deba soportar el material no pase de 6 kilos, que es el coeficiente de trabajo más generalmente admitido.

En el caso de emplearse vigas laminadas, el problema se reduce á su caso más sencillo, gracias á tener todas las fábricas de hierros especiales tablas calculadas de antemano, en las cuales se dan, para diversos espesores del nervio de cada viga, el valor de los correspondientes momentos de inercia I , y del de resistencia $\frac{I}{u}$. Conociendo, pues, estos datos bién fácil será calcular las dimensiones de una viga, aplicando la fórmula general de flexión

$$R = \frac{M v}{I}$$

en la cual si despejamos M tenemos:

$$M = R \frac{I}{v},$$

fórmula de la cual conocemos todos los elementos. En ella entran, el momento máximo de flexión M , que sabemos por la resistencia de materiales que se presenta siempre bajo la forma.

$$M = \frac{P l}{n},$$

siendo P la carga total, l la luz ó distancia entre los apoyos y n un coeficiente numérico que varía según las condiciones en que está colocada la viga y la manera de aplicación del esfuerzo cu-

yos valores en cada uno de los casos que más generalmente ocurren, están consignados en la siguiente tabla:

	VALORES DE M		
	VIGA apoyada en sus extremos.	VIGA encastrada en un extremo y apoyada en el otro.	VIGA encastrada en sus 2 extremos
Carga aplicada en el punto medio de la viga.	4,00	5,30	8,00
Carga aplicada á un tercio de la luz.	4,50	5,40	6,70
Carga uniformemente repartida.	8,00	8,00	12,00

Hallado, pues, el valor de M, y conocido el que se quiera dar á R, basta buscar en las tablas un valor del momento de resistencia que satisfaga á la ecuación

$$M = R \frac{I}{v}$$

y la viga cuyo momento de resistencia sea el que llene esta condición, será la que deberá emplearse.

Sin embargo, en muchos casos, ya por que sea preciso dar á la viga una luz considerable ó ya porque la carga por metro lineal sea excesiva, no pueden emplearse vigas laminadas por no tener las mayores que pueden fabricarse un momento de resistencia $\frac{I}{v}$ que satisfaga á la ecuación más arriba citada, haciéndose entonces preciso el empleo de vigas formadas de ángulos y planos.

El procedimiento de cálculo para esta clase de vigas, es enteramente el mismo que para el de vigas laminadas más como en cada caso, y debido á circunstancias especiales, puede variar la altura y la forma de la viga, sería muy difícil tener unas tablas que nos dieran los momentos de inercia y de resistencia para cada uno de ellos.

Es por esto que, cada vez que hay que hacer un cálculo de esta naturaleza, aún el más práctico, raras veces puede fijar para I un valor que sustituido en la fórmula dé para R un valor aceptable que sea aproximadamente el del coeficiente de trabajo á que se quiere someter el material. De aquí resulta que hay que hacer una série de tanteos, tomando varios valores de I, hasta

encontrar el que se desea, lo cual hace el cálculo sumamente largo y muy expuesto á errores por ser los momentos de inercia valores fraccionarios de seis ó más cifras. Aún prescindiendo de estos inconvenientes, en el terreno de la práctica será un caso muy raro encontrar un valor de I que nos dé para R el valor exacto que le hayamos fijado de antemano, por no poder disponer de hierros especiales cuyo momento de inercia llene esta condición, por lo cual será preciso adoptar el valor que reuna las condiciones de aproximación aceptable y de poder disponer de los hierros cuyas formas puedan darnos este valor.

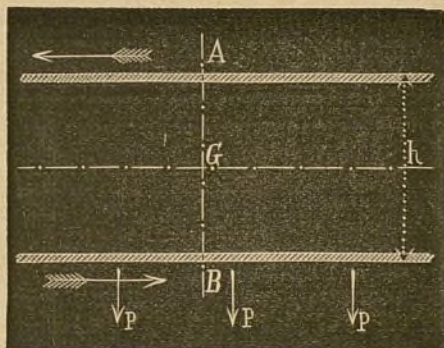
Esto sentado, ¿no será admisible en el terreno de la práctica el empleo de una fórmula que nos dé inmediatamente la sección de la viga, de una manera muy aproximada?

Lo será seguramente si á esta última condición reúne la de poder justificarse científicamente. Mr. Perissé ha obtenido una fórmula que reúne estas condiciones, lo cual hizo notar en un interesante trabajo que vió la luz en los «Comptes rendus de la société d'ingénieurs civils de París.» La fórmula es la siguiente:

$$S = K \frac{M}{h}$$

en la que S representa la sección en milímetros de una de las cabezas de la viga, M el momento máximo de flexión, h la altura de la viga y K un coeficiente numérico que varía entre 0.160 y 0.205 para una carga máxima de 6 k por mm^2 y entre 0.130 y 0.170 para una carga de 7 k., para diferentes clases de vigas cuyas alturas estén comprendidas entre 0.35 m. y 5 m.

Veamos, pues, como ha sido deducida esta fórmula para formarnos cabal idea de su exactitud aproximada y ver si puede ser admitida en la práctica. Consideremos al efecto una viga ideal, de forma doble T, constituida por dos planos paralelos separados á una distancia invariable h , lo cual constituye una viga simétrica, en la que el momento de inercia del alma vertical es nulo. Supongamos además toda la materia lo más separada del eje que sea posible, con lo cual tendremos que las planchas que constituyen las cabezas de la viga serán infinitamente anchas y de grueso infinitamente pequeño y llamemos S á la se-



ción de cada una de ellas. Estando la viga en estas condiciones, consideremos una sección vertical AB en la que las fuerzas exteriores tengan una expresión M para lo cual precisa que haya equilibrio entre las fuerzas interiores y las fuerzas exteriores. Las fuerzas interiores están evidentemente reducidas en este caso, á un par de fuerzas horizontales cuyo eje es el eje neutro teniendo cada una de ellas por expresión SR, es decir, el producto de la sección por el coeficiente de trabajo.

Tomando pues los momentos de estas fuerzas con respecto á dicho eje, tendremos:

$$M = 2 S R \frac{h}{2} = S R h$$

de donde despejando S

$$S = \frac{M}{R h}$$

ó bien:

$$S = \frac{1}{R} \times \frac{M}{h}$$

y llamando K al coeficiente $\frac{1}{R}$, se obtiene la fórmula,

$$S = K \frac{M}{h}$$

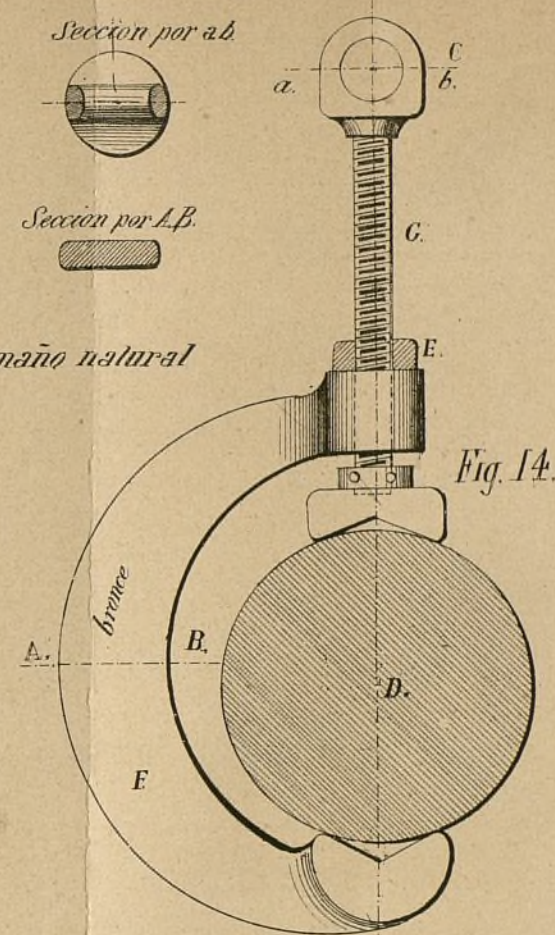
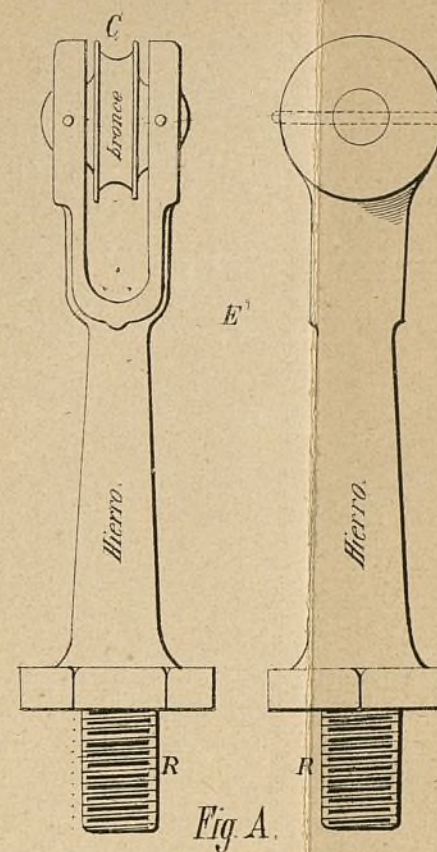
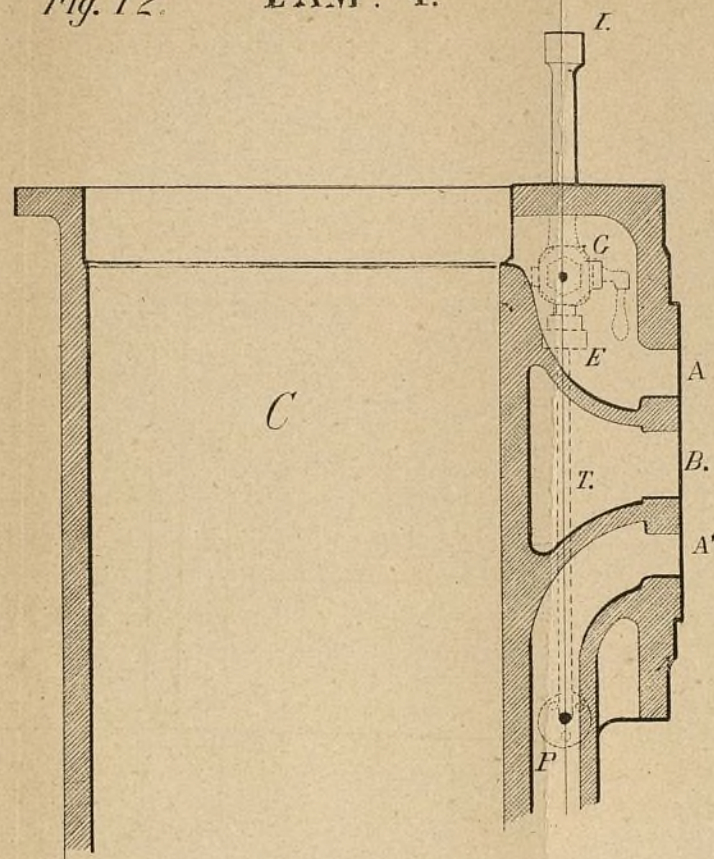
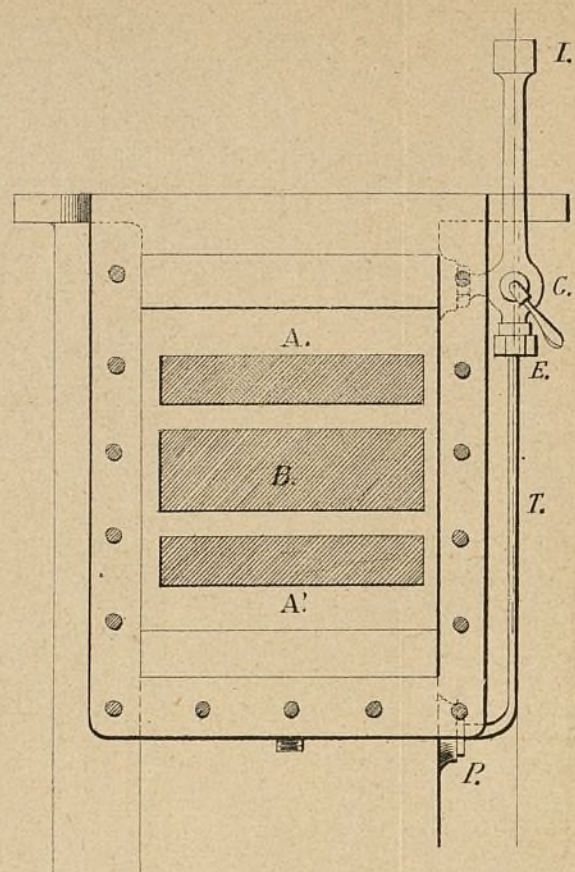
la cual nos dá el valor de la sección de cada una de las cabezas de la viga supuesta, para cuyo caso se vé que la fórmula es exacta.

En realidad no pasan sin embargo las cosas tal como acabamos de suponer, resultando de aquí dos diferencias entre la viga real y la viga ideal supuesta. Consiste la primera, en que las diferentes piezas que componen el alma de la viga se hallan á una distancia del eje neutro menor que $\frac{h}{2}$, y la 2.^a en que el alma

vertical de la viga real tiene un momento de inercia no despreciable, que no se ha tenido en cuenta al deducir la fórmula.

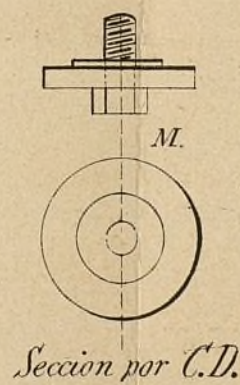
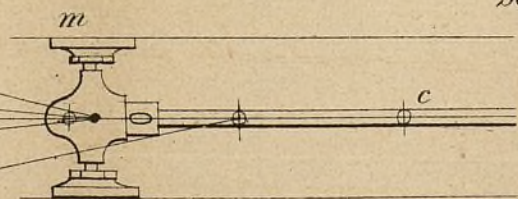
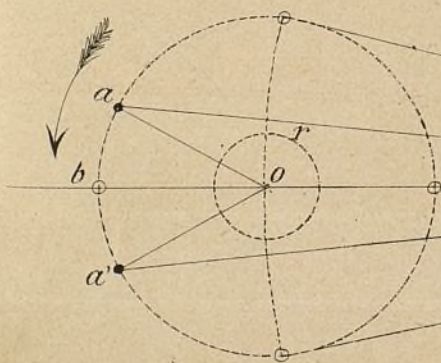
Si tratáramos, pues, de aplicar la fórmula anterior á un caso práctico, de las dos diferencias entre la viga ideal supuesta y la viga real, resultarían dos errores, el primero de los cuales atentaría contra la resistencia de la viga y la favorecería la segunda. En efecto. por el primero de los errores cometidos, quedaría perjudicada la resistencia, ya que en la hipótesis sentada para deducir la fórmula hemos supuesto las piezas que forman las cabezas de las vigas más separadas del eje neutro de lo que en realidad lo están, con lo cual ha quedado aumentado el momento de inercia de la sección y por consiguiente su resistencia. De otra parte no hemos tenido para nada en cuenta la resistencia del alma de la viga, cuyo momento de inercia hemos supuesto nulo, y que en la viga real es digno de ser tenido en cuenta ya que viene á favorecer sus condiciones de resistencia.

(Se continuará.)

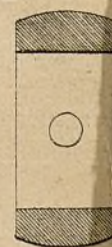
Fig. 12. LAM^a 4.

Disposicion de la tuberia y grifo para aplicar el indicador
en las máquinas verticales de balancin y Compound

Fig. 32.



Sección por C.D.



Sección por e.

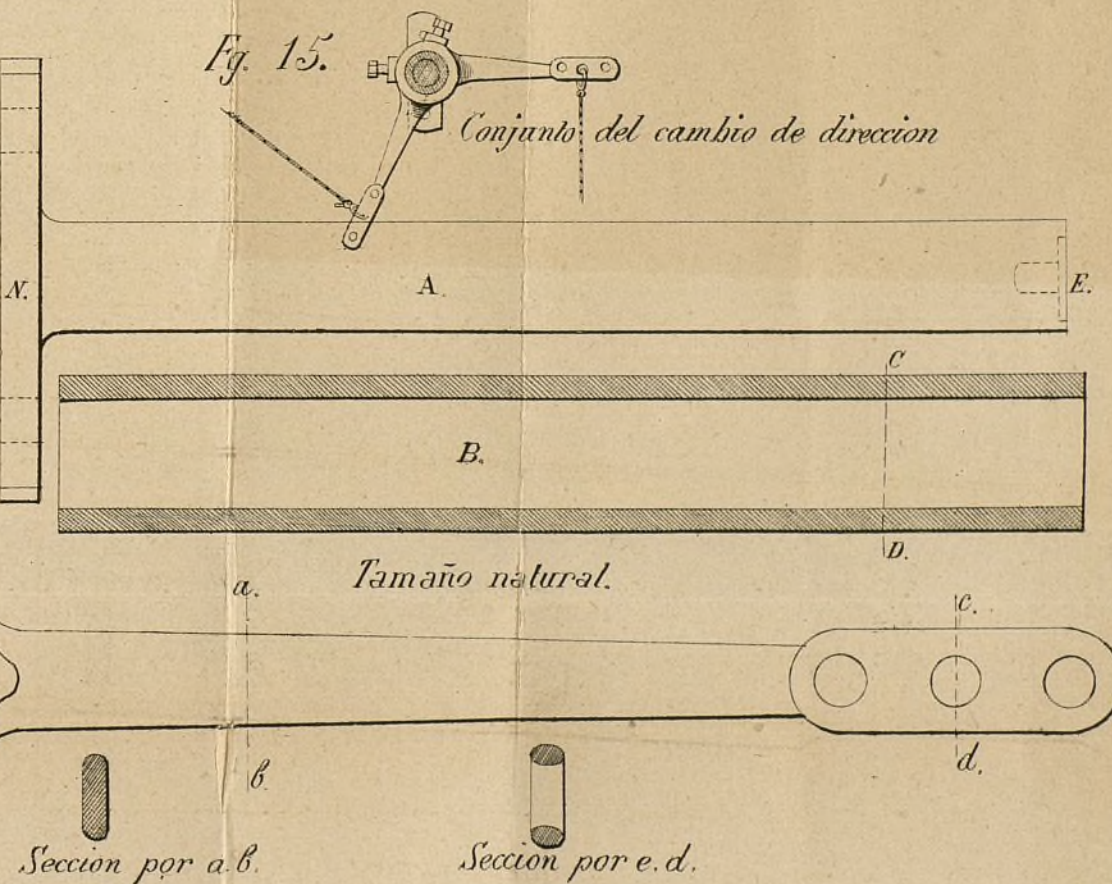
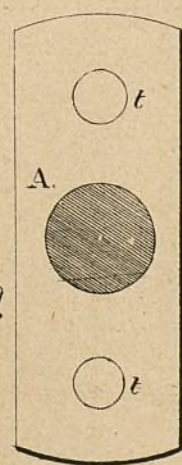


Fig. 15.

Conjunto del cambio de direccion

APLICACIÓN DE LAS FÓRMULAS DE RESISTENCIA
DE MATERIALES, FUNDADAS EN LOS EXPERIMENTOS DE WÖHLER,
AL CÁLCULO DE LAS CONSTRUCCIONES METÁLICAS.

(Memoria leída en la Asociación de Ingenieros industriales.
Barcelona.)

COMPAÑEROS:

No por impulso propio, sino por invitación de nuestro digno Presidente, después de designación por suerte como ya sabeis, vengo aquí á ocupar vuestra atención y á pedir vuestra benevolencia. No dudo que me prestaréis una y otra, no sólo por mediar aquella circunstancia, sino porque sé de antemano que estais siempre dispuestos á escuchar, no ya con ánimo indulgente, sino con cariño verdadero, á todo aquel que está ligado con vosotros por los lazos de la amistad, del compañerismo, ó del amor á nuestra carrera. Así pues, y correspondiendo al acuerdo de la Sección de Tecnología y á la indicación de la Presidencia, acuerdo é indicación que me obligan y se me imponen, más aún que como tales, como un deber, me he decidido á escribir este pequeño trabajo y á presentarlo á la consideración de nuestros ilustrados compañeros.

El tema que he escogido para este escrito tendrá, á falta de otros méritos, el de ser un asunto de importancia y probablemente de novedad para algunos de los que me dispensan el honor de escucharme. *Aplicar al cálculo de las construcciones metálicas las fórmulas de resistencia de materiales fundadas en los experimentos de Wöhler*, pues este es el tema elegido, es efectivamente un asunto que sólo se halla estudiado en algunas obras de publicación muy reciente y en los periódicos técnicos; y por otra parte el interés de semejante tema es evidente desde el momento que tales experimentos y las fórmulas que de ellos se derivan han venido á remover los cimientos de esta rama de las Ciencias aplicadas que constituye la *Resistencia de materiales*. Este interés resulta hoy día aumentado por un motivo poderoso: los deseos, mejor dicho, la necesidad que siente todo Ingeniero, y en general toda persona científica, de estar al corriente de los adelantos que en su especialidad se verifican. Como consecuencia de este interés y de la importancia del asunto, debo manifes-



tar que, siendo muy conocidos en Alemania y en Inglaterra los experimentos de Wöhler y de los experimentadores que siguieron sus huellas, Mr. Tresca se creyó en el caso, en 1.º de Julio de 1881, de dar cuenta de ellos y de un folleto del Dr. Weyrauch ante la Sociedad de Ingenieros civiles de París; cuando se trata del cálculo de una construcción es ya hoy muy común ver aparecer las fórmulas de Launhardt y la fórmula de Weyrauch; Am Ende ha publicado recientemente los cálculos de una construcción metálica en los periódicos ingleses valiéndose de las nuevas fórmulas citadas; Mr. Baker, en una de sus comunicaciones sobre las bases del cálculo del famoso puente del Forth, que se está construyendo actualmente en Inglaterra y que tiene tramos de unos 500 metros de luz y un peso total de 40.000 T^{das}. de acero, dice que ha tenido también en consideración los experimentos de Wöhler y las fórmulas de Launhardt y Weyrauch que son su consecuencia; y finalmente dos distinguidos Ingenieros italianos, Richard y Biadego—pues Italia no queda rezagada, sino muy al contrario, en el actual movimiento científico—han hecho un estudio concienzudo y detallado de la aplicación de la nueva teoría al cálculo de los puentes de un moderno ferro-carril italiano. Los periódicos españoles también han dado cuenta de los nuevos experimentos y de las nuevas fórmulas; y mi distinguido compañero y amigo D. Jorge Burgaleta, Ingeniero de la División de ferro-carriles del Norte, se ha ocupado algo de este asunto en un artículo sobre el timbre de los generadores de vapor, publicado en el Boletín de la Asociación central de Ingenieros industriales. Por último, la REVISTA TECNOLÓGICO-INDUSTRIAL publicó íntegra una traducción de la extensa Memoria que he citado presentada por Mr. Tresca á la Sociedad de Ingenieros civiles de París. Es de elogiar el celo y la laboriosidad de la persona, cuyo nombre siento ignorar, que nos dió á conocer por medio de la REVISTA, y enseguida de haberse publicado la Memoria en París, un trabajo de tal importancia. En él se da cuenta detallada de los experimentos de Wöhler y de otros varios Ingenieros, se deducen las fórmulas de Launhardt y de Weyrauch y se da á conocer la interesante discusión habida en aquella Sociedad de Ingenieros. No he de hablar de ello en este escrito, si no es para referirme á aquellos experimentos y á aquellas fórmulas: lo que me propongo es entrar en el terreno propio del Ingeniero, en el terreno de la aplicación; y puesto que ya se ha publicado en la REVISTA la Memoria de Mr. Tresca y su discusión, tomaré este punto de partida para daros cuenta de las aplicaciones á las obras metálicas, y particularmente de las que han hecho los Ingenieros italianos Richard y Biadego. Mi escrito será, pues, un corolario y un complemento de la traducción publicada en la REVIS-

TA: aquella traducción trataba especialmente de la parte científica ó teórica; este se halla dedicado á la parte de aplicación ó á la parte práctica.

Sabido es que las teorías de resistencia de materiales han adquirido en estos últimos años un gran desarrollo, y que un desarrollo igual han adquirido también las construcciones metálicas, á las cuales ha habido necesidad de aplicar aquellas teorías. Hace unos 40 años que se emprendieron en alguna escala esta clase de construcciones; y sin embargo de ser este tiempo relativamente corto, han alcanzado hoy día un incremento considerable. Dos condiciones fundamentales se requieren en esta clase de obras: el *carácter científico* y el *sello artístico*, comprendiendo la primera la correspondencia de una construcción con los principios de la ciencia, tanto bajo el punto de vista de las condiciones resistentes, como bajo el punto de vista del objeto y de las funciones que han de desempeñar, y viniendo la otra, ó sea la *forma artística*, á hacer la construcción agradable á la vista y á darle el carácter de belleza que es una exigencia de nuestro sér, ya que este se halla dotado, á la par que de inteligencia, de sensibilidad. No es mi objeto tratar ahora de la cuestión artística, no porque no la considere muy importante en toda clase de construcciones, sino porque me separaría del objeto de este escrito. No he de ocultar, sin embargo, que, si algún vacío se nota, si algún defecto se achaca á muchísimas construcciones metálicas, es el faltarles la luz del arte que las ilumine, el soplo del génio que las anime. ¿A qué es debido este inconveniente? ¿Cómo debe salvarse? Permitidme que cite las palabras de una autoridad nada sospechosa sobre este punto: las palabras de Viollet-le-Duc consignadas en sus «Entretiens sur l'Architecture». «¿Es posible—dice—dar á estos armazones de hierro un aspecto monumental, decorativo? Así lo creo, pero no es posible lograrlo sometiéndolos á las formas admitidas para la mampostería. Obtener un efecto decorativo hoy día con los medios de que disponemos para las construcciones de hierro, ocasiona gastos bastante considerables, ya que nuestras fábricas no nos suministran los elementos para estos medios decorativos. Pero nuestras fábricas no nos los suministran porque hasta al presente no hemos dado al hierro sino una función accesoría, ú oculta, en nuestros grandes monumentos, y no nos hemos propuesto seriamente sacar partido de este material bajo el punto de vista de la forma apropiada á sus cualidades. Más adelante, y cuando trataremos más especialmente del empleo del hierro, probaremos

de demostrar la manera como esta materia puede ser decorada, ó más bién cuales son las formas decorativas que le convienen. Cuando vemos hoy día la gran cantidad de hierros empleada hace veinte años en la Arquitectura, y comparamos estos armazones complicados, poco resistentes, pesados y por consiguiente dispendiosos, con los adoptados de pocos años á esta parte, es imposible dejar de consignar un progreso notable. ¿Han sido los arquitectos de nombradía los promovedores de este progreso? Desgraciadamente no: han sido nuestros ingenieros; pero, sometidos estos, bajo el punto de vista de la arquitectura, á una enseñanza muy limitada, no han sabido emplear el hierro sino en vista de la utilidad práctica, sin preocuparse de las formas de arte; y nosotros, arquitectos, que habríamos podido acudir en su auxilio, cuando se trata de la forma hemos rechazado al contrario, cuanto hemos podido, estos nuevos elementos, ó si los hemos adoptado, ha sido reproduciendo estos medios puramente prácticos encontrados por los ingenieros constructores, disimulándolos, lo repito, bajo ciertas formas consagradas por la tradición. De aquí se ha deducido, no sin alguna razón, que los arquitectos no eran suficientemente *sábios* y que los ingenieros no tenían nada de *artistas*. Luégo es necesario reconocer que hoy día, y en presencia de las necesidades ó de los elementos nuevos, estas dos cualidades del artista y del hombre de ciencia deben más que nunca encontrarse reunidas en el constructor, si se quieren obtener formas de arte en armonía con lo que reclama nuestra época.»

Colocado el asunto en este terreno y después de haber llamado ya la atención sobre lo que á la cuestión de forma ó á la cuestión estética se refiere, sobre la cual no puedo ser más extenso á causa de la índole de este trabajo, he de pasar á la *parte científica*. Respecto á ella, cabe afirmar que la Resistencia de materiales ha venido en auxilio de los Ingenieros, y que llegando á ser una necesidad para poder llevar á cabo las obras que ha realizado, esta misma necesidad ha sido sin duda una de las causas de sus rápidos progresos. No es extraño, pues, que sentando un día un principio, haciéndose más adelante experimentos concienzudos, aplicando después los conocimientos adquiridos, se haya llegado á los resultados que hoy día admiramos.

(Se continuará.)