

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.

Setiembre 1885

n.º 9.



BARCELONA. 

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

Ayuntamiento de Madrid

PRECIOS CORRIENTES EN ESTA PLAZA EN 31 AGOSTO 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).	35	
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	
Ácido 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
Hierros 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 pesetas 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. 21 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.
rrientes. { 1'50X0'50 } á 4'50 rs. k.
 { 1 X1
 { 1 X0'50
 { 0'50X0'50

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.

De 0 á 5 cent. ancho, á 34 rs. k.

Correas 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 » »

Tiratas de becerro sin grasa, 1.^a á 30 rs. Kilo.

» engrasadas, 1.^a á 28 » »

Tirataces del lomo, 1.^a á 30 » »

» de pescuezos engras, 2.^a á 20 » »

Maderas en tablonés.

Tablonés. { Rusos de 14 pés y 3X9 pulg. á 66'25 ^{rs.}

{ Noruegos de 14 » » » á 56'25 ^{rs.}

{ Abeto de 15 » » » á 57'50 ^{rs.}

{ Calichs de 14 » » » á 35. ^{Ptas. d.}

{ Rusos de 14 pés y 4X9 pulg. á 1'50 (rs. pl.

{ Melis de 14 » » » á »(0 '20m).

Ptas.

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. 37'50

» mediana. » 30

Baldosa cortada de 0'15 de lado. 22'50

Teja llana comun. Metro cuadrado á 1'75

» » vidriada. » » á 4'75

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

{ de 0'210 de diámetro, metro lineal á 2

{ de 0'170 de » » » á 1'50

{ de 0'135 de » » » á 1'25

{ 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

Caballote 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.

TRAMVAES Y CALDERERÍA.

HIERRO FORJADO TODAS DIMENSIONES.

LOCOMOTORAS.
MATERIAL PARA FERRO-CARRILES.

CONSTRUCCIONES METÁLICAS.

PERFORADORAS

MERCADOS PÚBLICOS.

MOTORES HIDRÁULICOS.

TRANSMISIONES DE MOVIMIENTO.

FUNDICIÓN DE HIERRO Y BRONCE.

PROYECTOS INDUSTRIALES.

EL ARTE DEL TINTORERO

POR

D. JOSÉ VALLHONESTA Y VENDRELL

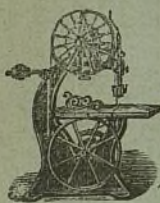
INGENIERO INDUSTRIAL

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.

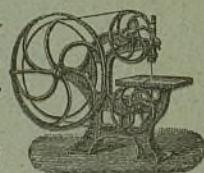
HECKNER Y C.^a Braunschweig (Alemania)



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, azúcar, 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 %.

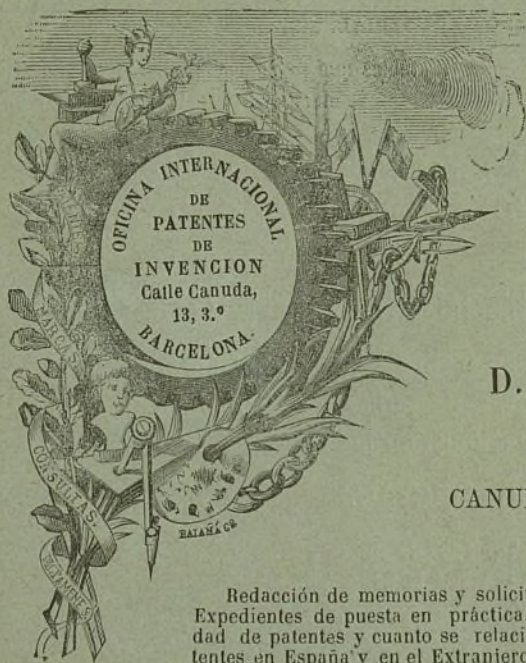
Bombas de mano sistema Fafeur Frères.

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 hierro, 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 nulidad de patentes y cuanto se relaciona con la obtención y venta de patentes 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 Cortés, núm. 289 y 291.

REVISTA TECNOLÓGICO-INDUSTRIAL

PUBLICADA POR LA
ASOCIACIÓN DE INGENIEROS INDUSTRIALES.

Barcelona.—Setiembre de 1885.

SUMARIO.

TECNOLOGIA: Estudio de los puentes colgantes, por el Ingeniero Industrial D. José Playá (Conclusión).—El indicador de presiones, por el Ingeniero industrial D. Juan Antonio Molinas. (Continuación).—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. (Continuación). — NOTICIAS VARIAS. — Láminas III-V.

TECNOLOGIA.

ESTUDIO SOBRE LOS PUENTES COLGANTES.

(Continuación.)

PUENTES COLGANTES RÍGIDOS.

Los sistemas de puentes colgantes que hemos estudiado á causa de su ligereza y del empleo exclusivo de elementos flexibles, ofrecen poca rigidez, cambian de figura según los cambios que se verifican en la distribución de las cargas de tal manera, que una carga móvil sobre el tablero las hace oscilar: si esta carga es muy intensa ó si su velocidad es bastante considerable, ó bien obra por choques, el puente no presenta completa seguridad y corre en peligro de romperse. Esto hace que estos puentes no tengan gran empleo en los caminos de hierro.

Para atenuar estos peligros y para que puedan servir para este objeto, se ha tenido desde hace algunos años la idea de dar rigidez á los puentes colgantes ordinarios por medio de sistemas

(1) Véase el número anterior; pág. 229.

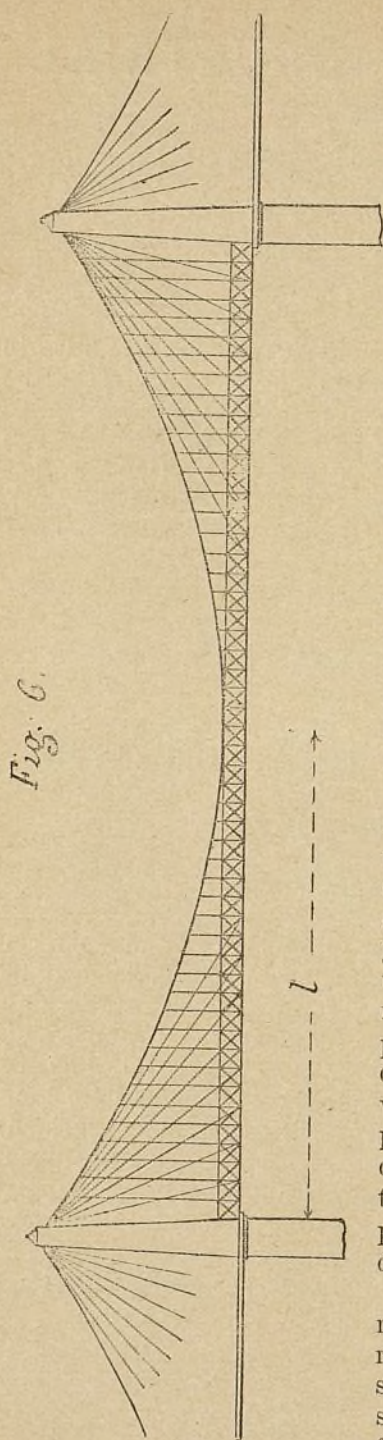


Fig. 6.

articulados dispuestos en cada lado á manera de vigas en celosía (figura 6). Así lo hizo el ingeniero Ræbling para el puente sobre el Niágara y posteriormente se ha hecho en el puente del Brookling y en otros.

Estas vigas que forman los lados del puente están unidas por su parte superior é inferior por viguetas que sostienen dos tableros, uno superior para el paso de los trenes y otro inferior para el tránsito de los carruajes ordinarios y de los peatones. Los cables sostienen á estas vigas directamente por medio de las péndolas y además las sostienen también por un cierto número de puntos, unos tirantes fijos, unos por un extremo al tablero inferior y del otro amarrados al suelo y otros, fijos al superior y que pasan por lo alto de los pilares, cruzándose los de un lado con los del otro.

En un principio se creía que para dar á los puentes colgantes la misma rigidez que á los formados de vigas en celosía, era preciso que las que constituyen sus lados y que reúnen los dos tableros, tuviesen resistencia suficiente para resistir su propio peso pudiéndose prescindir entonces de los cables de suspensión, pero después de varias experiencias que se han practicado, se ha venido en conocimiento que, vigas relativamente muy ligeras á las que antes suponían necesarias, bastan para dar rigidez á estos puentes.

Para conseguir esta rigidez es necesario que una carga cualquiera repartida de cualquier modo sobre el tablero, pueda transmitirse á los cables de un modo uniforme por el intermedio de estas

vigas. Además es necesario que estas tengan sus extremos empotrados en los pilares de modo que no puedan levantarse ni bajarse.

Es muy difícil poder fijar qué parte de la carga total han de soportar los cables, las péndolas y todos los demás elementos del puente considerados aisladamente.

Para hacer el cálculo parece podría admitirse que las vigas de cada lado y los tirantes de que hemos hablado ofreciesen una resistencia suficiente para sostener el peso propio del puente y no fijar á los cables, más que la carga temporal que sufre éste, pero esto no deja de ser más que una hipótesis que no basta para evidenciar todas las dificultades que presenta un sistema tan complicado como el que vamos á estudiar.

Nosotros vamos á indicar una teoría dada por el profesor inglés Rankine, en la que considerando cada una de las vigas que forman el puente, dividida en partes y que por las condiciones en que cada una de estas se encuentra asemejándolas de cierto modo á una viga empotrada por un extremo y apoyada por el otro ó empotrada por los dos extremos y cargada uniformemente, las mismas fórmulas que la teoría de flexión nos dá para estos casos, sirven para resolver el que nos ocupamos.

Como hemos de hacer aplicación de la teoría de la flexión, con objeto de simplificar, prescindiremos de los principios de ésta, que damos desde luego por sentados, tomando directamente las fórmulas que dicha teoría nos dá, aplicada á los casos particulares á que nos hemos referido.

En los siguientes cálculos prescindiremos del peso del cable, lo que ocasionará un error que aún nos aumentará la rigidez del puente y supondremos además que la sección de las vigas es uniforme en toda su longitud.

Las fuerzas que actúan sobre las vigas se podrán clasificar en fuerzas de *arriba abajo*, como es la carga aplicada sobre el puente; fuerzas de *arriba abajo* y de *abajo arriba*, como son, las resistencias que el empotramiento de los extremos opone á moverse en el sentido vertical; y por último, fuerzas de *abajo arriba* como son las que produce la tensión del cable por medio de las péndolas de suspensión.

Supongamos en primer lugar que la carga está concentrada en el medio de la viga (considerando sólo la de un lado): designemos por l la mitad de su longitud y por x , la distancia horizontal de un punto cualquiera de la viga al punto medio.

Esta carga tiende á hacer bajar el cable de su punto medio y hacer subir sus extremos y también los de la viga, pero como ésta está empotrada en los pilares no puede elevarse y se dobla bajándose del medio A (fig. 7) presentando su concavidad hacia

arriba, luego á partir de este punto se eleva hasta llegar á los puntos CC que vuelve su concavidad en sentido contrario, y á partir de los cuales vuelve á bajar hasta los extremos DD, presentando una inflexión en cada uno de los puntos BB. Cada mitad de viga se encuentra en las condiciones de una viga empotrada por un extremo y apoyada del otro, soportando una carga uniformemente repartida, pero invertida, de tal suerte que si una mitad de la viga AD se invirtiese, tendríamos el caso de una viga cargada uniformemente, empotrada en A y apoyada en D. Por lo tanto refiriéndonos á las fórmulas que la teoría de la flexión nos da para las vigas sujetas á estas condiciones, tendremos las relaciones entre las longitudes de las partes en las cuales la mitad de la viga es dividida por el punto *c* más elevado y el punto de inflexión D; el momento máximo de flexión y la flecha que toma la viga en vista de la carga.

Los puntos de inflexión los determinará la ecuación de los momentos de flexión, y habrá uno para cada valor de *x* comprendido entre cero y *l*, que la reduzca á cero, por ser puntos en los

Fig. 7.



que el momento de flexión es nulo y la viga no sufre más que esfuerzos cortantes. En el caso que nos estamos ocupando, la distancia de estos puntos al medio de la viga, viene dada por la fórmula:

$$x = \pm \frac{l}{\sqrt{3}} = 0,577 \cdot l$$

por consiguiente aplicándola á este caso puesto que como hemos dicho, cada media viga puede considerarse que está casi en las mismas condiciones que una viga empotrada en A y apoyada en D, pero invertida y como una viga así puede considerarse como parte de una viga empotrada por sus dos extremos y comprendida entre uno de estos y el punto de inflexión más lejano en el cual parece que la viga descansa pero que en rigor es como si estuviese empotrada, tendremos

$$BC = CD = \frac{AC}{\sqrt{3}} = 0,577 \cdot AC \quad [1]$$

Si hacemos $AC = l'$ tendremos la relación

$$\frac{l'}{l} = \frac{AC}{AD} = \frac{AC}{AC + CD} = \frac{AC}{AC + 0,577 AC} = \frac{1}{1,577} = 0,634 \quad [2]$$

Para determinar el momento máximo de flexión y la flecha que toma la viga, consideraremos la parte $AC = l'$ como la mitad de la longitud de una viga empotrada por sus extremos y soportando por unidad de longitud, una carga $p = \frac{P}{2l}$ y que según la relación [2], es

$$p = \frac{P}{1,268.l} \quad [3]$$

y de esta manera con las fórmulas empleadas en aquel caso, aplicándolas al presente, encontramos que este momento máximo que corresponde al punto A, tiene por valor:

$$M = \frac{1}{12} p L' = \frac{2 p l' \times 2 l'}{12} = \frac{p l'^2}{3} = \frac{l' P}{6} = 0,1057.l.P. \quad [4]$$

siendo L' la longitud de una viga igual al doble de $AC = l'$.

Una vez conocido este momento podremos determinar las dimensiones de la viga como en los casos ordinarios.

La flecha que por efecto de la carga, toma la viga puede, determinarse de dos maneras, ó bien entre el punto más elevado y el más bajo, ó bien entre los extremos de la viga y el punto más bajo A: á la primera la designaremos por f_c y á la segunda por f_d ; aplicando para esto la fórmula

$$f = \frac{1}{8} \frac{S l^2}{E z}$$

que tenemos para el caso de una viga empotrada por sus dos extremos y sometida á una carga uniforme y en la que S , es el módulo de ruptura de la materia por flexión; z , la distancia del eje neutro á la capa de fibras en la que la intensidad S ha llegado al límite, en la sección que se considera, y E el módulo de elasticidad, tendremos

$$f_c = \frac{1}{8} \frac{S}{E} \frac{l'^2}{z} = 0,05025 \frac{S l'^2}{E z} \quad [5]$$

Ahora fácilmente deduciremos f_d puesto que como los puntos de apoyo D están en el mismo nivel que los de inflexión en los que la curvatura es nula, por consiguiente se deduce

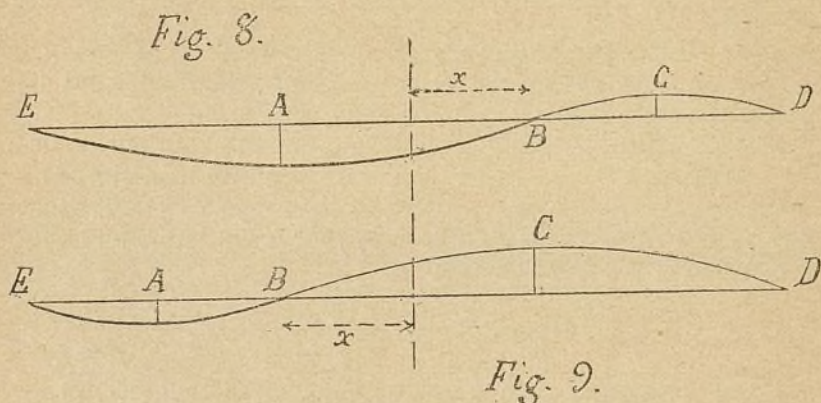
$$f_d = \frac{4}{9} f_c = \frac{1}{18} \frac{S l'^2}{E z} = 0,0223 \frac{S l'^2}{E z} \quad [6]$$

Supongamos ahora en segundo lugar que sólo una porción de la longitud de la viga está uniformemente cargada, mientras que lo restante no sufre ninguna carga, que es el caso más importante en la práctica.

Sea BE el segmento cargado con una carga p por unidad de longitud; x la distancia del punto en donde se acaba la carga al punto medio de la viga, distancia que se considerará como positiva si el segmento cargado es el mayor, y negativa en el caso contrario.

Por estar los extremos de la viga empotrados en los pilares, no pueden elevarse por efecto de la carga y se dobla de tal modo que el segmento cargado presenta su convexidad hacia la parte inferior y la otra porción la presenta hacia la parte superior, como representan las figuras 8 y 9.

El segmento cargado se encuentra en las mismas condiciones que una viga apoyada en E y B suportando una carga uniformemente repartida cuyo valor total es igual á la diferencia que



existe entre la carga y la fuerza que se ejerce entre la viga y el cable. El segmento no cargado se encuentra en las mismas condiciones de una viga solicitada por fuerzas que obran en el sentido de arriba abajo en los puntos B y D y cargada uniformemente con una fuerza que obra en el sentido de abajo arriba, que es la que se ejerce entre la viga y el cable.

Considerando aisladamente cada segmento, observamos que el momento de flexión máximo tiene lugar en su punto medio A, para el segmento cargado y en el C para el segmento no cargado.

Vamos á hallar el valor de estos momentos de flexión para cada segmento aplicando la fórmula

$$M = \frac{1}{8} P L' = \frac{1}{8} p L'^2$$

que se refiere al caso de una viga apoyada por los extremos y cargada uniformemente, y en la que L' representa la longitud BD del segmento no cargado ó la EB del cargado, según al que nos refiramos.

Siendo la longitud del segmento cargado

$$EB = l + x$$

el peso total que sufre será

$$P = p (l + x)$$

y la intensidad de la fuerza que se ejerce entre la viga y el cable es

$$p' = \frac{p (l + x)}{2 l} \quad [I]$$

y como esta es la carga por unidad de longitud que actúa de abajo arriba sobre el segmento BD cuya longitud es $BD = l - x$, por lo tanto el momento de flexión máximo M_c correspondiente al punto C del segmento no cargado tendrá por valor

$$M_c = \frac{p' (l - x)^2}{8}$$

y según la [I] tendremos

$$M_c = \frac{p (l + x) (l - x)^2}{16 l} \quad [II]$$

La fuerza que actúa de abajo arriba y que se ejerce entre la porción BD y el cable tiene por valor

$$P' = p' (l - x) = \frac{p (l^2 - x^2)}{2 l} \quad [III]$$

y representa la magnitud de la carga que en definitiva actúa sobre EB y es la diferencia entre la carga total que actúa sobre la parte cargada y la parte de carga que actúa sobre el cable.

La intensidad de esta carga será:

$$p - p' = \frac{p (l - x)}{2 l} \quad [IV]$$

Con estos datos podremos determinar el momento de flexión máximo respecto al segmento EB que corresponde al punto A y puesto que la longitud de este segmento es $l + x$ tendrá por valor, según la misma fórmula que hemos tomado para el caso anterior

$$M_A = \frac{(p - p')(l + x)^2}{8}$$

y teniendo en cuenta la última [IV] tendremos

$$M_A = \frac{p(l + x)^2(1 - x)}{16.1} \quad [V]$$

Hallando que valor de x nos convierte esta expresión en un máximo se encuentra que este valor es $x = \frac{1}{3}$ lo que nos dice que el momento de flexión correspondiente á la parte cargada será el mayor posible cuando esta parte sea los $\frac{2}{3}$ de la longitud total del puente ó de la viga y el momento de flexión máxima correspondiente á la parte no cargada tiene lugar para el valor $x = -\frac{1}{3}$ ó sea cuando sólo hay cargada $\frac{1}{3}$ de la longitud de la viga; por último estos dos momentos son iguales y de signo contrario cuando se verifique

$$M_A = -M_C = \frac{2pl^2}{27} \quad [VI]$$

por lo tanto á esta viga debe dársele suficiente resistencia para que pueda soportar con toda seguridad este momento de flexión, tanto en uno como en otro caso.

Si tomamos la mitad de la expresión [III] tendremos

$$Q = \frac{P'}{2} = \frac{p(l^2 - x^2)}{4.1} \quad [VII]$$

que representa, la reacción del apoyo ó pilar sobre la viga al extremo E, el esfuerzo cortante entre los dos segmentos de la viga en B, y la fuerza en virtud de la cual el extremo D de la viga se mantiene en su punto de empotramiento, fuerza que tiene la dirección de arriba abajo.

Esta última expresión nos dá un valor máximo cuando $x = 0$, ó sea

$$Q = \frac{pl}{4} \quad [VIII]$$

lo que nos manifiesta que cuando haya la mitad de la viga cargada, el esfuerzo cortante será el mayor posible.

Si la carga fuese uniformemente repartida en toda la longitud de la viga, el momento de flexión máximo que resultaría, suponiendo que esta no está sostenida por el cable sería

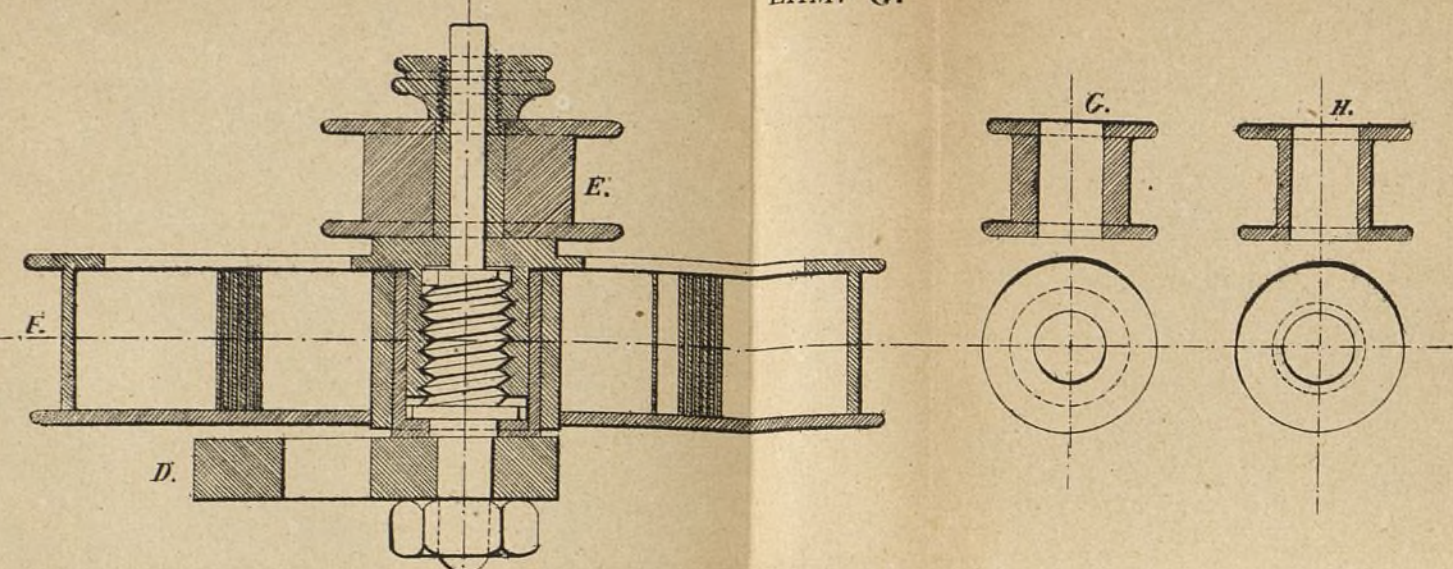
ST

LAM^a III-V.

d 46 ^{mm}/_{lin}



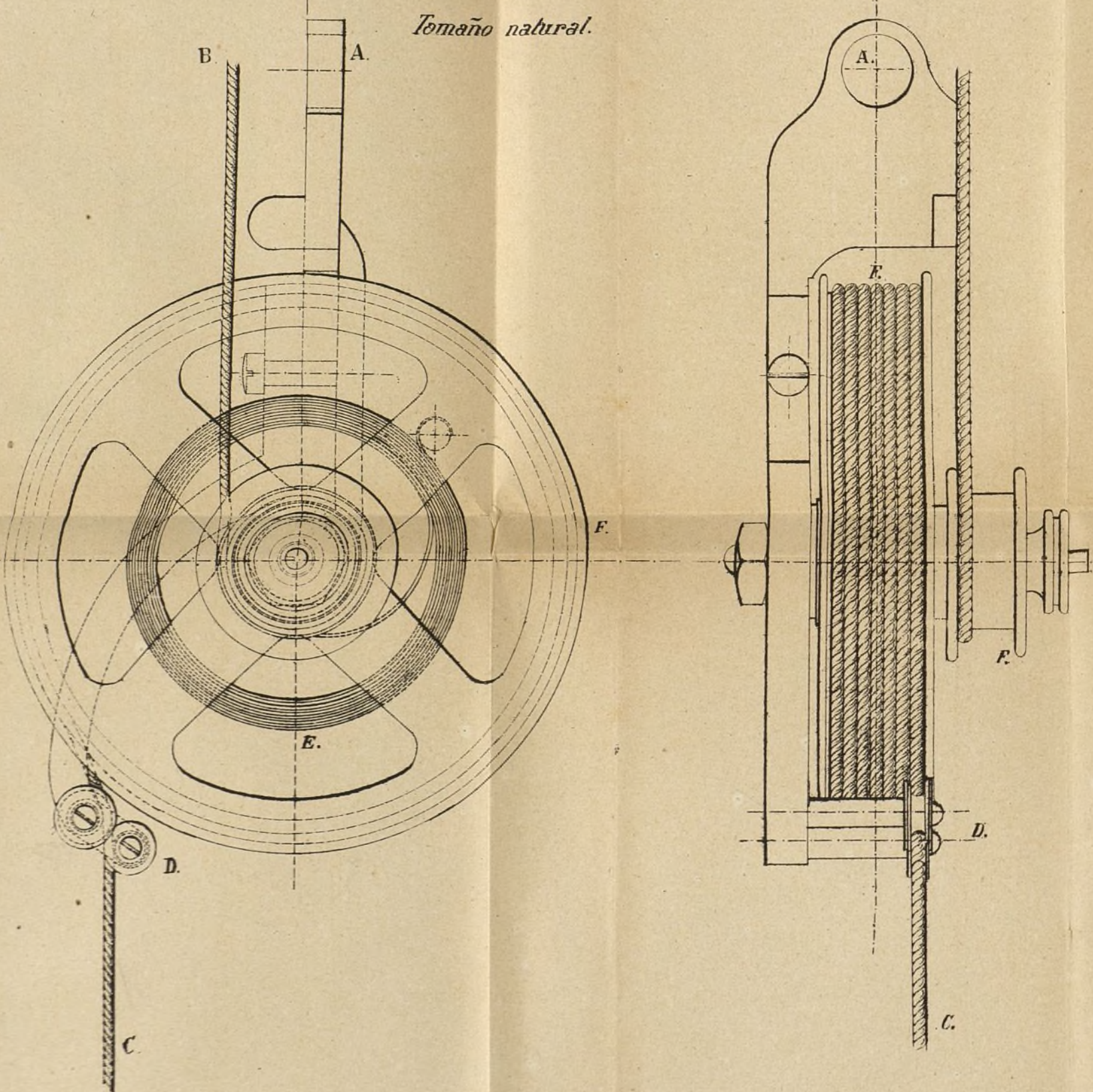
LAM^a 3.



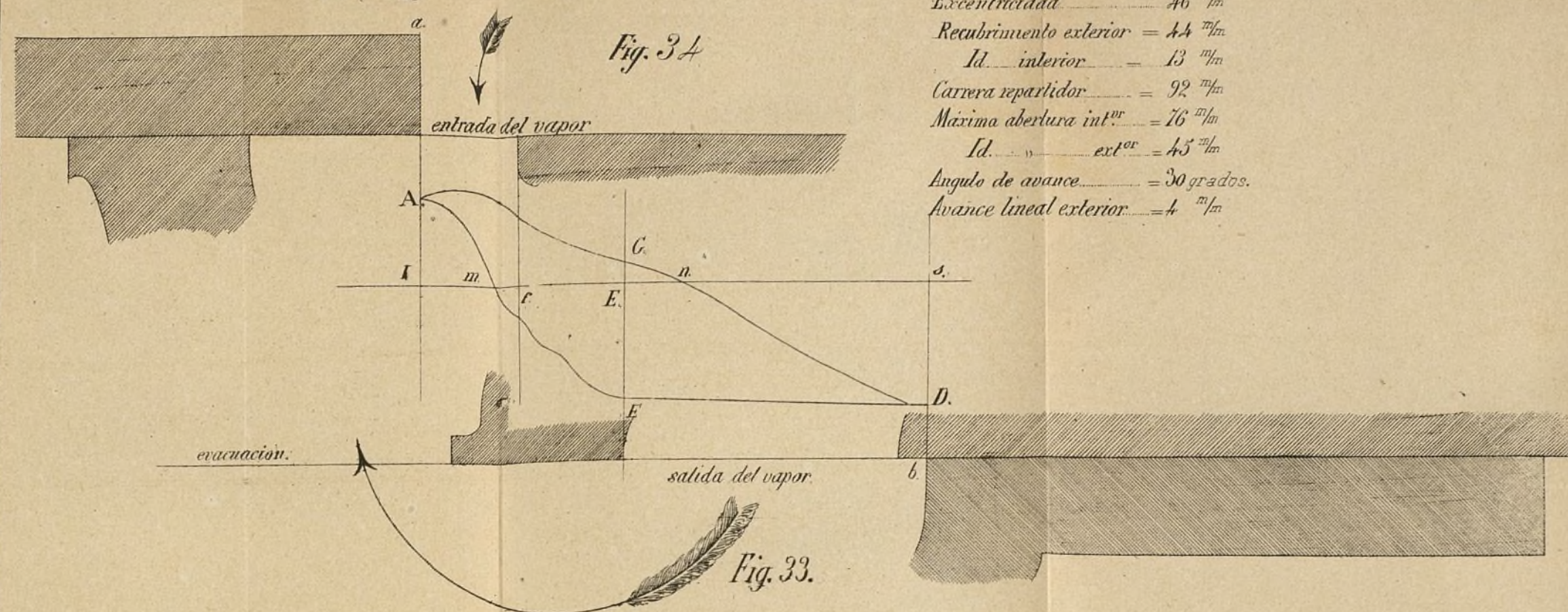
Reductor de carrera.

Fig. 4.

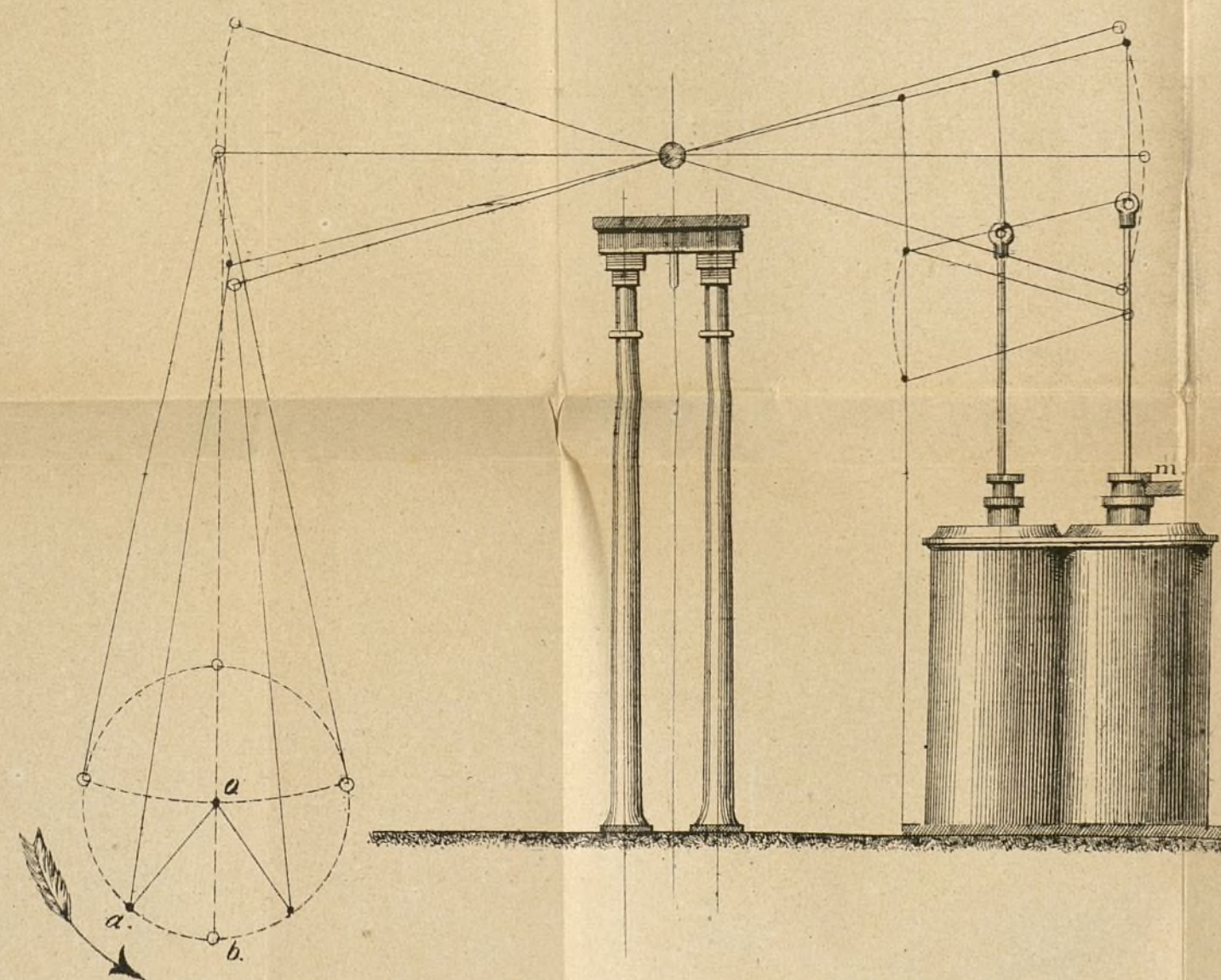
Tomaño natural.



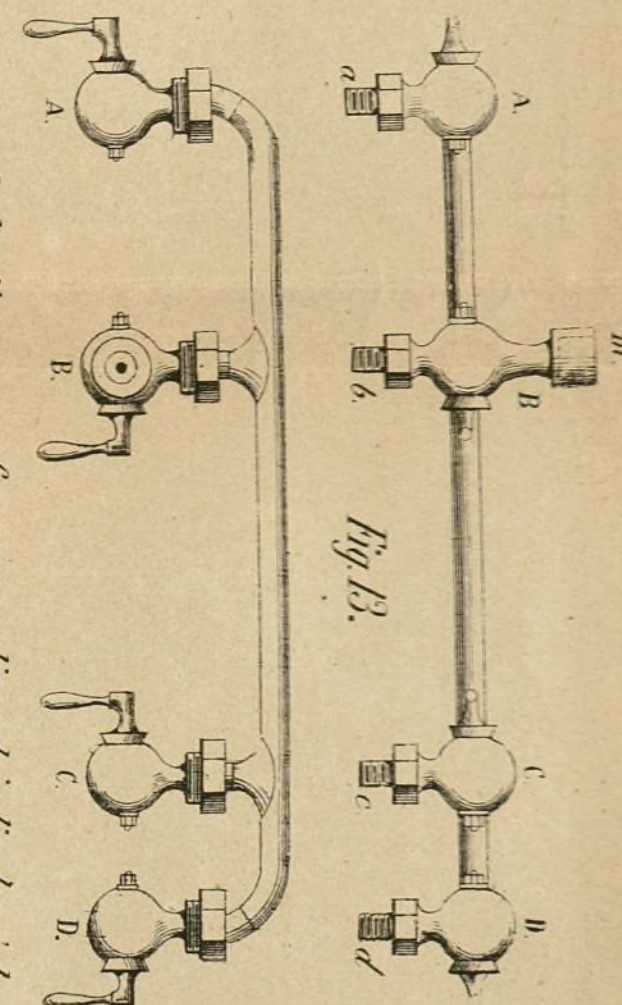
LAM^a 5.



Excentricidad 46 ^{mm}
 Recubrimiento exterior = 44 ^{mm}
 Id. interior 13 ^{mm}
 Carrera repartidor 92 ^{mm}
 Máxima abertura int^{er} = 76 ^{mm}
 Id. " ext^{er} = 45 ^{mm}
 Ángulo de avance = 30 grados.
 Avance lineal exterior = 4 ^{mm}



Disposicion de la tubería y grifos para aplicar el indicador a las
 máquinas horizontales de dos cilindros, cuando no quiere trasladarse al punto



$$\frac{p l^2}{2}$$

y por lo tanto comparando este resultado con el [VI] vemos que la resistencia transversal de la viga que da la rigidez debería ser los $\frac{4}{27}$ de la resistencia transversal que ofrecería una viga ordinaria de la misma longitud y cargada uniformemente con la carga p.

Si suponemos que los $\frac{2}{3}$ de la longitud de la viga están cargados, la flecha correspondiente al punto A debajo de la línea recta que pasa por E y por B, tomando la misma fórmula que en el caso anterior será:

$$f_A = \frac{5}{12} \frac{S}{E} \frac{(1+x)^2}{4z} = \frac{4}{9} \frac{5}{12} \frac{S l^2}{E z} = \frac{5}{27} \frac{S l^2}{E z} \quad [IX]$$

ó sean los $\frac{4}{9}$ de la flecha que experimentaría una viga análoga, de la misma longitud, cargada uniformemente y simplemente apoyada por los extremos.

La flecha correspondiente al punto C encima de una línea recta que pasa por los puntos B y D, será

$$f_C = \frac{5}{12} \frac{S}{E} \frac{(1-x)^2}{4z} = \frac{1}{9} \frac{5}{12} \frac{S l^2}{E z} = \frac{5}{108} \frac{S l^2}{E z} \quad [X]$$

La cantidad que baja al punto A, más bajo de la viga, respecto al punto más elevado C, se tendrá sumando las dos expresiones [IX] y [X] ó sea

$$f = f_A + f_C = \frac{5}{9} \frac{5}{12} \frac{S l^2}{E z} = \frac{25}{108} \frac{S l^2}{E z} \quad [XI]$$

ó sean los $\frac{5}{9}$ de la flecha que experimentaría una viga análoga, de la misma longitud, apoyada por sus extremos y con una carga uniformemente repartida.

Tenemos ya datos suficientes para hacer el cálculo de la viga; en cuanto á los cables como conocemos las fuerzas que los solicitan, calcularemos las tensiones que sufren en sus diferentes puntos empleando fórmulas ya conocidas y por lo tanto fácil será determinar la sección que deben tener.

No obstante en los cálculos que acabamos de hacer se ha prescindido del efecto de la resistencia de los cables á un cambio de forma verificado en la viga por efecto de la carga: de este modo los resultados obtenidos sólo son aproximados en la mayor parte

de casos, pero el error que se comete podría demostrarse que es siempre favorable los $\frac{4}{27}$ de la resistencia de una viga ordinaria siendo esto más que suficiente para la resistencia de la viga que da la rigidez al puente.

Para que los resultados fuesen exactos tendríamos que introducir en las condiciones del problema una ecuación que nos expresase, que por todos los cambios de figura verificados en los cables por efecto de la flexión de la viga que da la rigidez, la abertura quedase constante. También se llegarían á resultados exactos si la extensibilidad del cable fuese bastante considerable para que la flecha central experimentada por la cadena, fuese casi igual á la flecha experimentada por la viga, pero en la práctica la primera es siempre mucho menor que la segunda.

Teniendo en cuenta la inextensibilidad del cable, la relación entre la resistencia de la viga que dá la rigidez al puente y la que tendría una viga análoga, de la misma longitud, y suportando una carga uniforme de la misma intensidad que la móvil es igual á

$$0,138$$

al paso que en la solución aproximada que es la que nosotros hemos obtenido en los cálculos anteriores esta relación hemos visto que era igual á

$$\frac{4}{27} = 0,148$$

Nosotros podremos tomar por esta relación

$$\frac{1}{7} = 0,143$$

para los casos intermedios que puedan presentarse en la práctica, no cometiéndose así error apreciable.

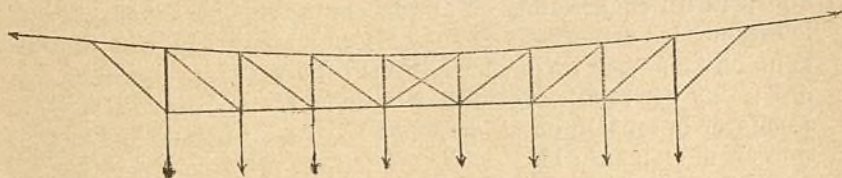
Otros sistemas rígidos.—La rigidez en los puentes colgantes se consigue también uniendo el tablero con el cable, no por medio de péndolas verticales ni inclinadas como en los anteriormente descritos, sino por medio de péndolas dispuestas como representan las figuras 10 y 11, formando el conjunto un sistema semejante á una viga americana.

No todos los elementos que componen este sistema están sujetos á fuerzas de una misma naturaleza, sino que unos lo están á fuerzas de compresión y otros á fuerzas de tensión como se puede observar haciendo la descomposición de las fuerzas que suponemos aplicadas en el tablero en los puntos donde vienen á unirse las péndolas con este y segun las direcciones de estos mismos

elementos. En la figura están representados por líneas gruesas los elementos que sufren fuerzas de compresión y por líneas finas los que sufren fuerzas de tensión.

Para determinar las tensiones ó compresiones á que están sometidos los elementos que componen el sistema, lo podríamos hacer analíticamente, pero por ser hoy la Grafostática una cien-

Fig. 10.



cia que cada día va prestando más y más importantes servicios al ingeniero, siquiera como ejemplo de su aplicación á los sistemas articulados de este género, determinaremos estos esfuerzos haciendo aplicación de los principios de esta nueva ciencia.

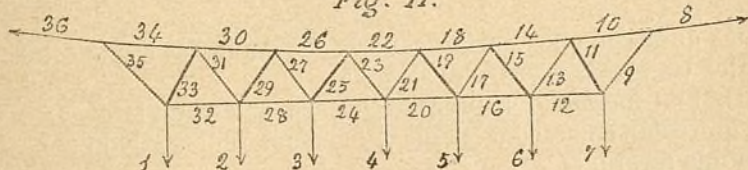
Sean:

1 — 2 — 3 — 4 — 5 — 6 — 7

las fuerzas verticales de la misma intensidad que obran sobre el tablero de la primera figura.

Formaremos el polígono de las fuerzas que en este caso par-

Fig. 11.



ticular será una línea recta vertical, por lo tanto sobre una línea vertical 1' — 7' (fig. 12) llevaremos las magnitudes 1' — 2' — 3' — 4' — 5' — 6' — 7' que en una escala cualquiera nos representen las intensidades de las fuerzas 1 — 2 — 3 — 4 — 5 — 6 — 7 que actúan sobre el tablero del puente; por los extremos de esta vertical trazaremos dos rectas paralelas á las direcciones de las tensiones 8 y 36 que solicitan los extremos del cable; estas rectas 8' y 36' se encuentran en el punto O, polo del polígono funicular y sus longitudes representan á la escala adoptada la magnitud de estas tensiones.

En este caso particular todas las líneas recíprocas de los lados del polígono funicular concurren en el punto O.

Para determinar la tensión que sufren los elementos 9 y 10 se traza el triángulo recíproco de nudo 8—9—10 en el que conocemos la tensión del lado 8; pasa esto por el punto (1'—8') se traza una paralela al lado 9 y por el polo O, otra al lado 10, las rectas 9' y 10' nos darán á conocer las tensiones que sufren respectivamente la péndola 9 y el lado 10.

Si se construye la figura recíproca del nudo 7—9—11—12 que será un cuadrilátero en el que conocemos las líneas 7 y 9, tendremos los esfuerzos que sufren los elementos 11 y 12 para esto no hay más que trazar por el punto (1'—2') una paralela á la línea 12 y por el (9'—10) una á la línea 11; la línea 12' nos dá á conocer la tensión en el elemento 12 y la 11' nos dá la compresión en el elemento 11.

Análogamente construiríamos las figuras recíprocas de los de-

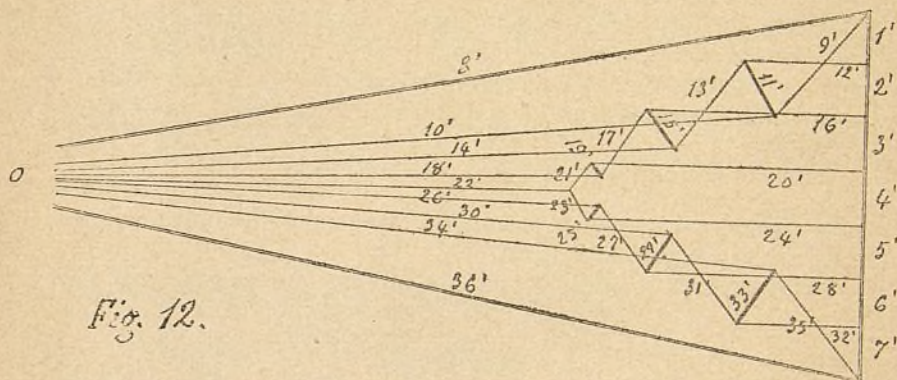


Fig. 12.

más nudos que nos harían conocer los esfuerzos á que están sujetas las demás piezas del sistema.

Del mismo modo se procedería para determinar los esfuerzos á que están sujetas las piezas del sistema representado por la segunda figura.

Conocidas ya las tensiones ó compresiones que sufren las diferentes piezas, muy fácil nos será determinar las secciones que deben tener.—La forma de estas secciones se determinan con arreglo á la teoría de las construcciones en general.

EFFECTOS DE LAS VARIACIONES DE TEMPERATURA Y DE LA ELASTICIDAD SOBRE LOS CABLES. (*)

Los cambios de temperatura hacen variar la longitud de los cables de modo que estos resbalan sobre sus apoyos deformán-

(*) H. Resal.—Traité de mécanique générale.—Tome VI.

dose el tablero ya sea por estas variaciones de longitud en los cables, ya por la de las péndolas de suspensión; además varía también la tensión horizontal ó sea la tensión de los cables en el punto más bajo.

Vamos á deducir estas variaciones para que nos sirvan de guía en los cálculos que se tengan que hacer para el establecimiento de un puente de esta clase, conociendo los cambios de temperatura que habrá de experimentar, dato que nos lo daría el clima de la localidad en que se tuviese que establecer.

Para esto, como las deformaciones que experimentan los cables debidas á esta causa, son bastante pequeñas podremos, sin gran error sustituir al polígono funicular que forma el cable, una parábola que pasa por todos los vértices de este y además admitir que los carritos ó sillas por las que pasan los cables en los vértices de los pilares son puntos fijos.

En esto supuesto sean (fig. 13).

A, A' dos puntos fijos del cable á distinto nivel;

O, el vértice de la parábola á la temperatura ordinaria T;

Oy, y Ox la vertical y horizontal de este punto tomados por ejes coordenados;

B y B', las proyecciones de A y A' sobre la dirección de ox, y A₀ la de A sobre A'B';

l' = BB', la longitud del puente, entre los pilares;

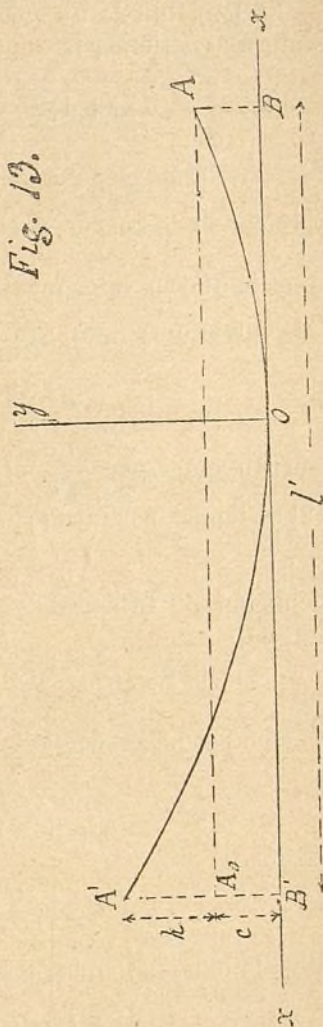
A'A₀ = h, diferencia de los vértices de los pilares;

a = OB; b = AB, las coordenadas del punto A;

L = longitud del arco AOA' á la temperatura T;

Hallamos anteriormente que la ecuación de la parábola que pasa por todos los vértices del polígono funicular tenía la forma

$$y = \frac{p x^2}{2 \alpha l}$$



en la que si ponemos

$$k = \frac{p}{2 \alpha l} \quad [1]$$

se convierte en

$$y = k x^2 \quad [2]$$

siendo p , l , y α cantidades ya conocidas.

La longitud de un elemento de parábola en coordenadas rectangulares tiene por valor

$$ds = \sqrt{dx^2 + dy^2} = dx \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} = dx \left(1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right)^{\frac{1}{2}}$$

desarrollando esta potencia según la fórmula del binomio y despreciando la cuarta potencia del coeficiente diferencial $\frac{dy}{dx}$

puesto que su valor máximo á lo más llega á $\frac{1}{4}$ y por lo tanto se comete muy poco error; se tiene:

$$ds = dx \left(1 + \frac{1}{2} \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right)$$

sustituyendo por $\frac{dy}{dx}$ el valor que se deduce diferenciando la [2] se tendrá por último

$$ds = (1 + 2 k^2 x^2) dx$$

ecuación que integrada entre los límites $x = a$ y $x = -(l' - a)$ nos dá:

$$L = l' + \frac{2 k^2}{3} [a^3 + (l' - a)^3] \quad [3]$$

y como por otra parte tenemos.

$$b = k a^2 \quad [4]$$

$$b + h = k (l' - a)^2 \quad [5]$$

de donde

$$k = \frac{b + h}{(l' - a)^2} \quad [6]$$

despejando h teniendo en cuenta la [4] tendremos

$$h = k [(l' - a)^2 - a^2] \quad [7]$$

Cuando la temperatura experimente una variación expresada por dt , las cantidades k , L , a , b , experimentarán también variación, en las cuales podremos despreciar las potencias superiores

á la primera por ser infinitamente pequeños de orden superior.

Si llamamos α al coeficiente de dilatación del meral, diferenciando la ecuación [3] y poniendo $dL = \alpha L dt$ tendremos

$$\alpha L dt = \frac{4}{3} k \left[a^3 + (l' - a)^3 \right] dk + 2k^2 \left[a^2 - (l' - a)^2 \right] da$$

pero por las ecuaciones anteriores [3] y [7] esta toma la forma

$$\alpha L dt = \frac{2(L - l') dk}{k} - 2kh da \quad [8]$$

y si ahora diferenciamos la ecuación [7] tendremos:

$$dk \left[(d' - a)^2 - a^2 \right] - 2kl' da = 0$$

de donde

$$da = \frac{h dk}{2k^2 l'} \quad [9]$$

y sustituyendo este valor á la expresión de arriba

$$\alpha L dt = \frac{1}{k} \left[2(L - l') - \frac{h^2}{l'} \right] dk$$

y si en lugar de k ponemos su valor [6] y despejamos dk resulta

$$dk = \frac{\alpha L (b + h) dt}{\left[2(L - l') - \frac{h^2}{l'} \right] (l' - a)^2} \quad [10]$$

Con esta fórmula conocida la variación de temperatura se viene en conocimiento de la variación de la tensión α , y de la variación de la flecha b : la primera diferenciando la ecuación [1] después de haber despejado α que nos dá:

$$d\alpha = - \frac{p}{2l} \frac{Jk}{k^2} \quad [11]$$

y la segunda diferenciando la ecuación [5]

$$db = (l' - a)^2 - 2k(l' - a) da$$

ó bien

$$db = (l' - a)^2 \left[1 - \frac{(l' - a)h}{(b - h)l'} \right] dk \quad [12]$$

Podemos discutir estas fórmulas en los casos particulares siguientes: 1.º cuando los pilares son de igual altura y 2.º cuando es nula la altura de uno de los pilares.

Primer caso.—En este caso tendremos

$$a = \frac{l'}{2}; \quad h = 0; \quad k = \frac{4b}{l'^2}$$

sustituyendo valores á la [3] y despejando $L - l'$ nos dá:

$$L - l' = \frac{8}{3} \frac{b^2}{l'}$$

Ahora las ecuaciones anterior [10] y [12] se nos convierten en las siguientes:

$$d k = \frac{3 \alpha L d t}{2 b l'}$$

$$d b = \frac{3}{8} \frac{\alpha L l'}{b} d t$$

y si estos valores los referimos á la fórmula [11] veremos que un aumento de temperatura tiene por efecto disminuir la tensión α en el vértice de la parábola.

Segundo caso.—En este tenemos

$$b = 0; \quad a = 0; \quad h = k l'^2$$

$$L - a = \frac{2}{4} k^2 l'^3 = \frac{2}{3} \frac{h^2}{l'}$$

y en virtud de estas fórmulas la [10] se convierte en la

$$d k = - \frac{3 \alpha L d t}{l' h}$$

y las expresiones [9] y [12] en virtud de esta última y de las anteriores en

$$d a = - \frac{3}{2} \frac{l'^2}{h^2} \alpha L d t; \quad d b = 0$$

que nos manifiestan que el vértice se mueve hacia el punto B' pero quedando casi sobre la tangente el primer punto: si estos valores los referimos á la ecuación [11] nos manifiesta que un incremento de temperatura hace aumentar la tensión α en el punto más bajo.

Estudiados los efectos producidos por las variaciones de temperatura, pasemos á ocuparnos de los de la elasticidad, puesto que en los cálculos que hemos hecho no se han tenido nada en cuenta estos efectos y hay circunstancias en que pueden producir ciertas perturbaciones que conviene apreciar su importancia.

Nos ocuparemos solamente de estos efectos sobre los cables por

ser los órganos que más parece llamar la atención sobre el particular y consideraremos dos arcos parabólicos, el uno A correspondiente á la hipótesis de la inextensibilidad del cable y el otro A' que se refiere á la realidad.

Para calcular la tensión en un punto del cable lo haremos como si se refiere al A por diferir muy poco los dos arcos; el error que se comete, no es más que el que resulta de despreciar en los resultados los términos de segundo orden. Además admitiremos para mayor simplicidad que la carga que representaremos por p es uniformemente repartida sobre la cuerda, lo que ocasionará errores de poca importancia.

Sean pues (fig. 14):

O, el vértice de la parábola A;

Ox y Oy los ejes coordenados;

$a = OA = OA'$ y $b = AB = A'B'$ los coordenados de los puntos B y B';

T; la tensión del cable A al punto m que tiene por coordenadas (x, y) ;

α , el ángulo que la tangente en un punto forma con el eje ox

Ω , la sección del cable;

E, el coeficiente de elasticidad del hierro.

La ecuación de la parábola A sabemos que es:

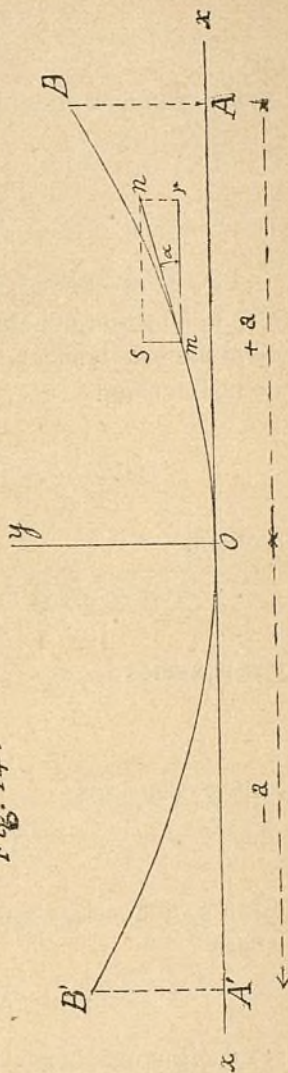
$$y = k x^2 \quad [I]$$

Como que la componente vertical de la tensión $mn = T$ en el punto m equilibra la carga px que sufre la porción de cable Qm , se tiene por el triángulo $mn s$

$$T \sin \alpha = p x$$

pero como la ecuación [1] diferenciada nos da

$$\frac{dy}{dx} = \tan \alpha = 2 k x$$



y como por otra parte $\text{sen } \alpha = \frac{\text{tang } \alpha}{\sqrt{1 + \text{tang}^2 \alpha}}$ sustituyendo resulta

$$\text{sen } \alpha = \frac{2 k x}{\sqrt{1 + 4 k^2 x^2}}$$

y despejando T de la de arriba y poniendo por $\text{sen } \alpha$ su valor

$$T = \frac{p \sqrt{1 + 4 k^2 x^2}}{2 k}$$

Si ds es el elemento de arco de la curva A al punto (x, y) y ds' la longitud del elemento teniendo en cuenta la elasticidad de la materia tendremos según una fórmula que nos da la teoría de la extensión

$$E \Omega \left(\frac{ds' - ds}{ds} \right) = T = \frac{p \sqrt{1 + 4 k^2 x^2}}{2 k}$$

de donde

$$\frac{ds' - ds}{ds} = \frac{p \sqrt{1 + 4 k^2 x^2}}{2 k \Omega E}$$

y si ponemos

$$N = \frac{p}{2 k \Omega E} \quad [\text{II}]$$

y observamos que

$$ds = \sqrt{1 + 4 k^2 x^2} dx \quad [\text{III}]$$

según se deduce de la figura de arriba, de la expresión anterior se saca

$$ds' = ds + N (1 + 4 k^2 x^2) dx \quad [\text{IV}]$$

Si designamos por L y L' las longitudes de los arcos A y A' integrando la última expresión entre los límites $x = a$ y $x = -a$

$$L' = L + 2 N a \left(1 + \frac{4}{3} k^2 a^2 \right) \quad [\text{V}]$$

El valor de L lo sacaremos de la ecuación [III] para lo cual, desarrollándola según la fórmula del binomio, despreciando la cuarta potencia de $\frac{dy}{dx}$ é integrando tendremos

$$L = 2 \int_0^a \sqrt{1 + 4 k^2 x^2} dx = 2 \int_0^a (1 + k^2 x^2) dx = 2a + \left(1 + \frac{2 k^2 a^2}{3} \right) \quad [VI]$$

Si designamos por k' el equivalente á k en la curva A' tendremos análogamente

$$L' = 2a \left(1 + \frac{2 k'^2 a^2}{3} \right) \quad [VI']$$

y por lo tanto la ecuación [V] se convierte en

$$(k' - k) (k' + k) = \frac{3 N}{2 a^2} \left(1 + \frac{4}{3} k^2 a^2 \right)$$

pero según el grado de aproximación que se fije se podrá hacer $k + k' = 2k$ y como por otra parte $b = ka^2$, se tendrá

$$k' - k = \frac{3 N}{4 b} \left(1 + \frac{4}{3} k^2 a^2 \right)$$

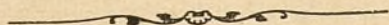
Para tener la variación que experimenta la flecha multiplicaremos la última expresión por a^2 , y si llamamos b' el valor que toma b cuando se tiene en cuenta la elasticidad y observamos la fórmula [VI], tendremos

$$b' - b = \frac{3 l a}{4 b} (L - 1) \quad [VII]$$

aunque pocas veces puede llegarse á este resultado tan sencillo.

Barcelona 13 de Febrero de 1885.

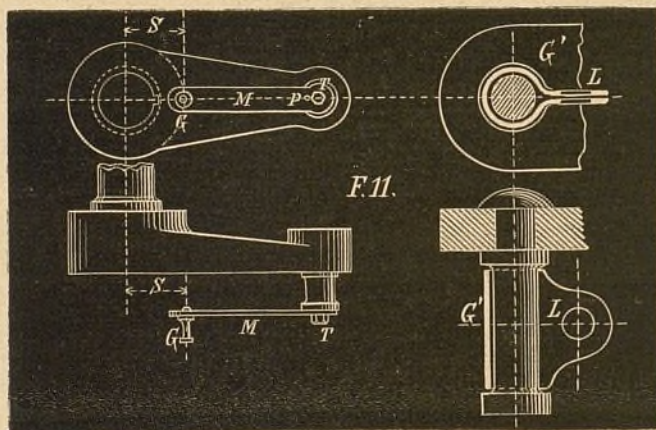
JOSÉ PLAYÁ Y SUÑÉ.



EL INDICADOR DE PRESIONES (1).

(Continuación.)

Inútil será advertir que el grifo B de la fig. 13 Lám. 5.^a no puede tener su macho taladrado en ángulo recto como los demás A, C y D; pues como en *m* debe situarse el grifo del indicador y aún el indicador mismo, debe poder incomunicarse el conducto á que B pertenece cuando se trate de tomar el diagrama correspondiente á cada uno de los restantes grifos y tener estos cerrados y abierto aquel cuando deba tomarse el diagrama correspondiente á B: así se logra tomar todas las curvas de trabajo sin necesidad de trasladar de sitio el indicador.



Con respecto á la conexión del movimiento del manubrio, émbolo ó eje de la máquina con el tambor del aparato sin intermedio del reductor de carrera de que hemos hablado, la fig. 11 indica claramente cómo se puede, por medio del contra-manubrio M, que se fija al manubrio por medio de un prisionero P y el tornillo T, imprimirle movimiento y graduar la carrera, que es dependiente y doble del espacio ó distancia señalada S. El gorron G lleva una pieza de latón L en la que se engancha el hilo conector.

Cuando conviene retornar este último para darle un cambio de dirección, se coloca en el punto conveniente una columnita E' de hierro, que se fija en taladro por medio del espigón rosca-

(1) Véase el número anterior.

do, y que termina en un rodillo ó roldana de garganta G y de bronce Fig. A. Lám 4.

Otras veces conviene un retorno doble, y aumentar ó disminuir la carrera que dá el punto fijo de donde se toma movimiento; y entonces se dispone el cambio de dirección por medio de dos palancas B, que pueden ser de bronce Fig. 15, colocadas ó montadas sobre un tubo B y prisionero sobre el espigón A por medio del platillo y brida M sujeta por tornillo. El espigón A se fija por medio de su pata ó asiento N en el punto más conveniente de la máquina y en el más á propósito para llenar el objeto que se desea, por medio de dos tornillos en t y t. Lám. 4 figura 15.

Sucede á veces que, como en las máquinas de Woolf de movimiento directo con puntos muertos concordantes ó nó; y en las de pilón, que, como en las de movimiento indirecto de balancín, puede fácilmente conectarse directamente el indicador con alguna de las piezas del organismo que se mueven en relación con el émbolo de la máquina; por ejemplo, del tirante guía del paralelógramo de las máquinas de balancín, del tirante ó barra guía del paralelógramo Evans de las de Alexander y de los balancines-guías de las Woolf que antiguamente había construido la Maquinista Terrestre y Marítima; y en este caso nada más sencillo que aplicar en punto conveniente de las citadas barras la pieza F de bronce Fig. 14 y unir el hilo que debe transmitir movimiento al indicador en el extremo C del tornillo de presión G, cuya mordaza aprieta contra la pieza D. Una tuerca E sirve para aprisionar el tornillo y asegurarle para que no gire.

Manera de disponer los diágramas y prepararlos para el cálculo del trabajo que representan. — Obtenidas las curvas con auxilio del indicador, fácil es deducir la fuerza de la máquina á que pertenecen, si se conocen los elementos principales de la última, como son: el diámetro ó diámetros de los cilindros, la carrera de su émbolo ó émbolos y las revoluciones que realiza el eje en un minuto.

Si bién se nota que el vapor al impulsar el émbolo de una máquina lo verifica en virtud de la presión que ejerce sobre este último obligándole á recorrer un espacio determinado ó un camino dado en una unidad de tiempo para vencer una resistencia equivalente, fácil será deducir que la presión media total multiplicada por el camino recorrido en la unidad de tiempo es la medida del trabajo, esto es la representación definitiva de un peso elevado á un metro en la misma unidad de tiempo. La representación gráfica de este trabajo será un rectángulo cuya altura es la presión total y su base el camino recorrido.

Ahora bién; todo diágrama obtenido con el indicador, es una curva cerrada que abraza una cierta extension superficial y que puede reducirse á un rectángulo cuya base mide la misma longitud que la línea atmosférica y cuya altura representará forzosamente la presión media, ó, lo que es lo mismo, el promedio de las distintas presiones que rigen en la cara del émbolo de la máquina á que dichas curvas pertenecen. Lo que quiere decir que dicha presión media podrá obtenerse si se divide la longitud de la línea atmosférica en un número par de partes iguales, 10 por ejemplo, se levantan perpendiculares á dicha línea atmosférica en los centros de estas divisiones, se toma su valor por medio de la escala del resorte empleado, se suman, y se divide por 10 la suma obtenida, este promedio resultará ser naturalmente la presión media de una embolada.

Suponiendo que se nos den dos diágramas representados en las Figs. 16 y 16 bis, pertenecientes á cada uno de los dos cilindros de una máquina Corliss marina del vapor americano City of Havana, tomados en Julio de 1876, y que se nos pide el valor de la presión media que obra en la cara de cada uno

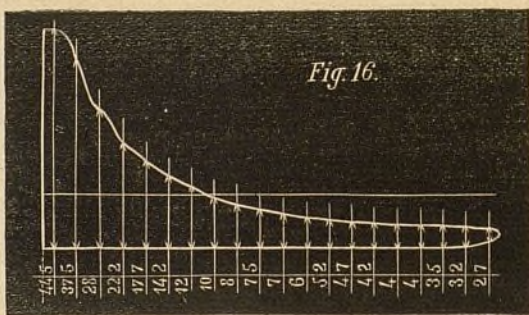
Americana S. S. City of Habana.

367" vapor.—25' 5" vacío.—51 Revol.—140° temp. del agua.

56' $\frac{3}{8}$ Diám.^o cilindros, 56" carrera émbolos. Escala 20 lib. por 1"

Presión total 40 lib. pulg.^a Diág.^a obtenido en 20 Julio 1876.

Consumo total por hora = 507.82
Id. por caballo ind.^o y hora
= 1.079 k



Embolada superior. 3

246.1 = 20 = 12.305 lib.
= 0.865 k por c/r cuad.
Consumo = 12 toneladas inglesas
= 12187.78 km³ en 24 horas.

de los émbolos de la misma, adoptaremos el procedimiento siguiente, si es que se desea una exactitud extremada.

Dividiremos la línea atmosférica en 40 partes iguales, levantaremos las perpendiculares á dicha línea correspondientes á la primera y á la última de dichas divisiones y luego y alternadamente una sí y otra nó las de las divisiones intermedias, de manera que queden divididas en los promedios de 20 divisiones iguales

por las perpendiculares que correspondan á las divisiones impares. Se escribirá en cada una de dichas líneas y sobre otra separada de la atmosférica para disponer los números en columna, las presiones que arroje la escala de 20 libras por pulgada que corresponde al resorte empleado, se sumarán estas cantidades y se escribirá la suma 246'1 que corresponde á la embolada superior, diágrama núm. 16, se sumarán las presiones del otro diágrama, fig. 16 bis, correspondiente á la embolada inferior, y se escribirá la suma 271'6, se dividirá cada una de estas sumas por el número de divisiones que hemos dicho ser 20 y resultará: presión media para la embolada superior 12'305 libras, presión media para la embolada inferior 13'585 libras.

Si en vez de 40 partes hubiésemos dividido la línea atmosférica en 20, entonces se hubieran levantado las perpendiculares impares, esto es, la primera y última divisiones y luego las intermedias una sí y otra nó, con lo que resultarían diez perpendiculares, ó lo que es lo mismo diez ordenadas, se escribirían los valores de cada una de ellas, se sumarían luego y la suma debería dividirse entonces por 10 para tener la presión media que se desea.

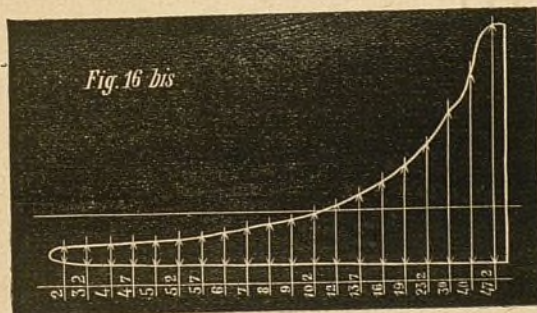
American S. S. City of Habana.

367' vapor.—25' 5" vacío.—51 Revol.—140° temp. del agua.

56¹¹/₈ Diám.º cilindros, 56" carrera émbolos. Escala 20 lib. por 1"

Presión total 40 lib. por pulg.ª Diág.ª obtenido en 20 Julio 1876.

Consumo total por h. = 507'182
Id. por caballo ind.º y h. = 1'079k



Embolada inferior.

lib.
271'6:20=13'585
Consumo=0'955k por c/m cd.
12 toneladas inglesas=
1015'649 X 12 = 12187'78k
en 24 horas.

Hemos representado las dos curvas ó diágramas separadamente, no obstante de que en el original tienen la línea atmosférica común; y lo hemos hecho así en beneficio de la claridad, pues á ménos de estar versado en esta clase de lectura no se comprendería tan fácilmente el procedimiento que ántes hemos explicado.

Cuando se dispone de un planímetro, es decir, de un aparato integrador de los que se emplean para medir superficies, enton-

ces para nada se necesita de la división á que antes nos hemos referido, ahorrándose así trabajo y tiempo; basta un corto espacio de éste, el necesario para recorrer la curva, siempre en sentido de la aguja ó índice del reloj, y tomar así la superficie del diágrama, para tener el principal elemento para deducir el valor de la presión media.

En efecto; medida el área de la curva ó diágrama correspondiente á la embolada de arriba, resulta tener 1859'6 milímetros cuadrados y 119 milímetros de longitud la línea atmosférica; y, por lo tanto, el valor en milímetros de la presión media se obtendrá dividiendo la superficie por esta última longitud, y resultará ser $1859'6 \div 119 = 15'627$ milímetros; luego, si se multiplica esta cantidad por 20 libras, que corresponden á la pulgada inglesa ó lo que es lo mismo á los 25'4 milímetros que ella mide según la escala del diágrama citado, resultará $15'627 \times 20 = 312'54$, cuya cantidad dividida por los 25'4 milímetros dará $312'54 \div 25'4 = 12'305$ libras, presión media que antes hemos hallado por el promedio de las ordenadas. Así, para la otra curva ó diágrama deberá hacerse lo mismo y de consiguiente deberán practicarse las operaciones siguientes:

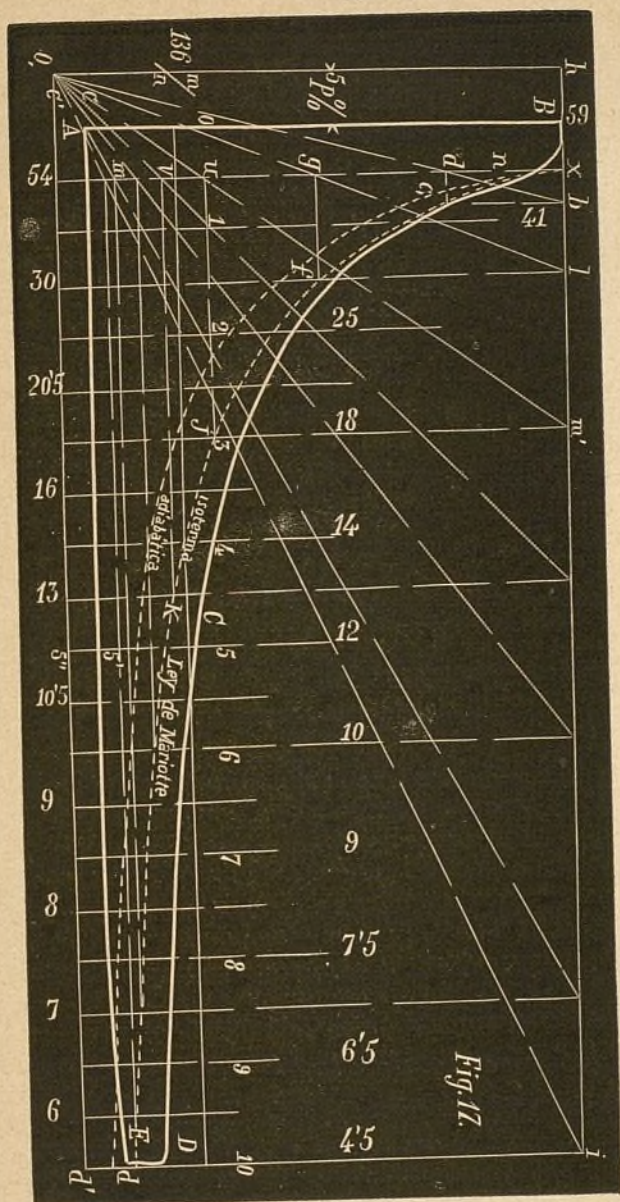
Área de la curva en milímetros cuadrados: $= 2052'9$.

Longitud de la línea atmosférica: $= 119^m/m$.

Operaciones:

$$\begin{array}{r}
 2052'9 \quad \backslash \quad 119 \\
 862 \quad \quad 17'251 \\
 299 \quad \quad \times 20 \\
 \hline
 610'8 \\
 150 \quad 345'020 \quad \backslash \quad 25'4 \\
 \quad \quad 910 \quad \quad 13'583 \text{ libras presión media.} \\
 \quad \quad 1482 \\
 \quad \quad 2120 \\
 \quad \quad \quad 880 \\
 \quad \quad \quad 118
 \end{array}$$

En los indicadores Richard, como en la mayor parte de los que libran los constructores de esta clase de instrumentos, acompaña generalmente una sencilla parrilla formada con 13 reglitas muy delgadas que van articuladas en disposición tal, que en un momento permiten tirar once líneas paralelas y equidistantes. Este instrumento se emplea para trazar en la curva las ordenadas de que antes hemos hablado; más para trazarlas en número de 10, que es el número á que el instrumento alcanza disponiéndolas en la forma de las 20 trazadas en la figura, es necesario colocarlo de manera que ellas resulten perpendiculares á la atmosférica, y haciendo que la primera regla coincida con una de



Maq. n.º 176

1"/24 lib.
Detrás.

P=4.00=presión
V=65/80=vacio
R=42=revoluciones

$$174:10=17.4$$

$$\frac{13.6}{3} \left\{ 59+4.5+4(41+18+12+9+6.5)+2(25+14+10+7.5) \right\} = 2368.6 = \text{área}$$

$$\text{área} = \frac{2368.6}{136} = 17.41 \text{ libras.}$$

$$\text{long. de la línea atmósf.} = 136$$

las extremidades de la curva; luego se acercan las unas á las otras de modo que la última regla diste de la otra extremidad de la curva exactamente lo mismo que la primera y la segunda; y una vez colocado así se trazan las 10 ordenadas.

Pero, más que para dividir así la curva, que de todas maneras se necesita para ello el auxilio de un compás para igualar los espacios de las extremidades del diagrama, se emplea con ventaja el referido aparato para aplicarlo á la división de la curva en diez perpendiculares á la línea atmosférica que la dividan en diez partes iguales; y para ello basta colocarlo de manera que la primera y última regla coincidan exactamente con las estremidades ó límites del diagrama y que caigan perpendiculares á la referida línea atmosférica; y una vez así practicado, se toman los valores de las ordenadas en libras, milímetros, kilogramos, atmósferas, centímetros de mercurio, etc., según la escala del diagrama, para hallar la presión media por la siguiente regla:

Dividida la curva, conforme se acaba de indicar y se representa en la fig. 17, por medio de las ordenadas de trazo continuo 0, 1, 2, 3, 4, hasta 10, se escribe en cada una de ellas y á la escala adoptada el valor de las mismas, y una vez esto practicado se sumarán los valores de las ordenadas 0 y 10; se sumarán los valores de las impares 1, 3, 5, 7 y 9, y la suma se multiplicará por 4; se sumarán los valores de las pares 2, 4, 6 y 8, y la suma se multiplicará por 2; se sumará luego la primera suma con los dos últimos productos y el valor total que se obtenga se dividirá por 30, obteniéndose así por cociente la presión en libras, atmósferas, kilogramos, centímetros de mercurio, etc., según que la escala adoptada sea en libras, atmósferas, kilogramos, etc., etc.

Cálculos:

Adoptada la escala del resorte con que se tomó el diagrama A, B, C, D, E, A, fig. 17, cuya presión media queremos determinar, resulta ser ésta 24 libras por pulgada; y hecha la división en diez partes para la línea atmosférica, las ordenadas 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10, de trazo continuo, tendrán los valores siguientes:

		PARES	IMPARES	PRIMERA Y ÚLTIMA.
Ordenada	0	.	.	59
id.	1	.	41	
id.	2	25	.	
id.	3	.	18	
id.	4	14	.	
id.	5	.	12	
id.	6	10	.	
id.	7	.	9	
id.	8	7'5	.	
id.	9	.	6'5	
id.	10	.	.	4'5
		56'5	86'5	63'5
		×2	×4	×1
		113.0	346.0	63'5

$$\begin{array}{r}
 \text{Suma de productos} \left\{ \begin{array}{l} 113'0 \\ 346'0 \\ 63'5 \end{array} \right. \\
 \hline
 522'5 \quad \backslash \quad 30 \\
 222 \quad 17'41 \text{ libras por pulgada (pre-} \\
 125 \quad \text{sión media.)} \\
 50
 \end{array}$$

Puede disponerse aún de otra manera y tomando los valores aparte para sumarlos, así:

$$\begin{array}{r}
 0 = 59 \\
 10 = 4'5 \\
 \hline
 \text{Ordenadas. } 0 \text{ y } 10 \quad 63'5 \\
 \text{id. impares.} \left\{ \begin{array}{l} 41 \\ 18 \\ 12 \\ 9 \\ 6'5 \end{array} \right. \\
 \text{Suman } 86'5 \times 4 = 346'0 \\
 \text{Ordenadas pares.} \left\{ \begin{array}{l} 25 \\ 14 \\ 10 \\ 7'5 \end{array} \right. \\
 \text{Suman } 56'5 \times 2 = 113'0 \\
 \hline
 522'5 \quad \backslash \quad 30 \quad \text{divisor constante.} \\
 222 \quad 17'41 \text{ libras presión} \\
 125 \quad \text{[media.]} \\
 50
 \end{array}$$

Esta sencilla regla, que está basada en la de Simpson, se hace sumamente sencilla, por cuanto para nada se necesita tener en cuenta el largo de la línea atmosférica, toda vez que para entrar en la regla debería multiplicarse por $\frac{1}{10}$ de dicha longitud, dividir por 3 y dividir luego por todo su valor, por lo que se logra prescindir de estas operaciones tomando el divisor constante 30.

Si en la fig. 17 se trazan las ordenadas intermedias entre 0—1, 1—2, etc., se escriben los valores, que á la escala les corresponden, y se toma el promedio conforme al primer procedimiento, resultará precisamente 17'4 libras, es decir, lo mismo que hemos hallado por la regla tercera de la cual se acaba de hacer aplicación.

Reducción de las presiones en libras, atmósferas, centímetros de mercurio, etc., á kilogramos por centímetro cuadrado.—La diversidad de unidades de presión que se emplea en los cálculos y de consiguiente en la graduación de los resortes de los indicadores según la procedencia de los mismos, obliganos á dar aquí, antes

de pasar más adelante, las reglas de reducción de esas mismas unidades á la más común y generalizada del kilogramo por centímetro cuadrado, por ser ésta la que mejor se presta al cálculo de la fuerza de las máquinas.

Hoy día hay una tendencia muy marcada en los países extranjeros en denominar atmósfera al kilogramo antes referido; de manera que al timbrar una caldera para 6 atmósferas, por ejemplo, se timbra con la marca 6 kilogramos, de donde resulta una reducción de la verdadera atmósfera en otra ficticia que es 0'968 de la primera.

Resulta pues:

1 atmósfera moderna	= 0'968 de la antigua = 1 kilogramo.
	= 14'223 libras por pulgada = 1 kilg.
	= 73'572 centímetros de mercurio =
	1 kilogramo.
	= 29'06 pulgadas de mercurio = 1 kg.
1 libra inglesa	= 0'0703 kilogramos ó modernas atmósferas.
1 antigua atmósfera	= 1'033 kilogramos por $\frac{c}{m}$ cuadrado.
	= 14'696 libras por pulgada cuadrada.
	= 76 centímetros de mercurio.
	= 30 pulgadas de mercurio.
1 libra inglesa	= 0'0703 kilogramos por $\frac{c}{m}$ cuadrado.
1 libra »	= 5'171 centímetros de mercurio.
1 atmósfera antigua	= 10'33 metros de agua.
1 atmósfera moderna	= 10 metros de agua.

Manera de determinar la fuerza de las máquinas con los diagramas de las mismas.—Una vez determinada la presión media ó el promedio de las presiones que resultan de dos emboladas representadas por una doble curva ó por dos curvas separadas y conforme acabamos de obtenerlo por los procedimientos explicados, puede desde luego llegarse á deducir el trabajo mecánico ó la fuerza que el vapor, el agua ó el gas desarrolla al obrar sobre las caras del émbolo de la máquina impulsada por cualquiera de los citados flúidos.

Desde luego es indispensable conocer, como lo hemos indicado anteriormente, el diámetro del cilindro, la carrera del émbolo y el número de revoluciones ó el de emboladas por minuto, ó lo que será igual, la velocidad del émbolo por segundo; y ante todo conviene hacer la reducción de la presión media á kilogramos por centímetro cuadrado ó á modernas atmósferas.

Para determinar la fuerza, conocidos los antecedentes indicados y verificada de antemano la citada reducción, debe hallarse

el área en centímetros cuadrados ó la superficie en dichas unidades que tenga el émbolo, multiplicar esta área por la presión media en kilogramos ó en modernas atmósferas, lo que dará la presión total en kilogramos; se multiplicará luégo por la velocidad del émbolo por segundo y se tendrá el esfuerzo en kilográmetros, es decir, en unidades de trabajo equivalente á un peso igual de kilogramos elevados á 1 metro de altura en 1 segundo; y dividiendo el total por 75, se tiene la fuerza en caballos, toda vez que se ha convenido en que dicha unidad fuese 75 kilográmetros ó 75 kilogramos elevados á 1 metro de altura en 1 segundo ó un kilogramo elevado á 75 metros en igual tiempo.

A fin de que pueda comprenderse bién la regla anterior, nos proponemos hacer de ella algunas aplicaciones valiéndonos de los mismos diágramas que nos han servido para enseñar la manera de determinar las presiones medias.

En las figs. 16 y 16 bis que representan los dos diágramas de uno de los cilindros de una máquina conjugada sistema Corliss, aplicada al vapor City of Havana, hemos hallado respectivamente 12'305 libras y 13'585 libras como á presiones medias en las emboladas del lado opuesto al eje de máquina y en la correspondiente al lado de dicho eje, de donde deduciremos que la presión en kilogramos ó modernas atmósferas para una y otra de dichas emboladas valdrá:

12' 305	13' 585
$\times 0'0703$	$\times 0'0703$
36915	40755
86135	95095
0'8650405 kilogramos	0'9550255 kilogramos.

Como el diámetro de uno de los dos cilindros de la máquina del vapor Ciudad de la Habana mide 1'432 metros, resulta que la superficie del émbolo será la de un círculo del mismo diámetro, y el área se obtendrá multiplicando este último por sí mismo y por 0'785; por lo que

1'432	2'057624
$\times 1'432$	$\times 0'785$
2864	10253120
4296	16404992
5728	14354368
1432	1'609739340 m ² = Superficie en metros
2'057624 m ²	cuadrados, que multipli-

cados por 10.000 centímetros que tiene el metro cuadrado resultará 16.097 centímetros cuadrados.

Por lo tanto; la presión total que se ejerce sobre las caras del émbolo de uno y otro lado respectivamente, será:

$$\begin{array}{r}
 16097 \text{ centímetros cuadrados} \\
 \times 0.865 \text{ kilogramos por } \text{cm}^2 \text{ cuadrado.} \\
 \hline
 80485 \\
 96582 \\
 \hline
 128776 \\
 \\
 13923.905 \text{ kilogramos, del lado opuesto al eje; y} \\
 16097 \text{ centímetros cuadrados} \\
 \times 0.955 \text{ kilogramos por } \text{cm}^2 \text{ cuadrado} \\
 \hline
 80485 \\
 80485 \\
 \hline
 144873 \\
 \hline
 15372.635 \text{ kilogramos, del lado del eje.}
 \end{array}$$

Como la máquina realiza 51 revoluciones por minuto y ello su pone dos emboladas á cada revolución con carrera de 1.422 me- tros; resulta que el camino que recorre el émbolo por 1 segundo se deducirá multiplicando el número de emboladas por 1 minu- to por 51 y por 2, y dividiendo el producto por los 60 segundos que tiene el minuto; así:

$$\begin{array}{r}
 51 \times 2 \times 1.422 \\
 \hline
 60
 \end{array}
 =
 \begin{array}{r}
 1.422 \\
 2 \\
 \hline
 2.844 \\
 51 \\
 \hline
 2844 \\
 14220 \\
 \hline
 145.044 \quad \swarrow 60 \\
 250 \quad 2.417 \text{ metros por } 1'' \\
 104 \\
 \hline
 444
 \end{array}$$

Conocida la velocidad del émbolo por 1'', será fácil hallar el trabajo en kilográmetros multiplicando el promedio de las pre- siones ó empujes hallados, por dicha velocidad, ó, lo que es lo mismo; se deducirá aquel del producto de cada una de las pre- siones halladas por la velocidad, cuyos productos se sumarán y se dividirá la suma por 2.

$$\begin{array}{r}
 13923.9 \text{ kilogramos} \\
 + 15372.6 \text{ »} \\
 \hline
 29296.5 \quad \swarrow 2 \\
 \text{Promedio de presiones} = 14648.25 \text{ kilogramos.} \\
 14648.25 \text{ kilogramos.} \\
 \times 2.417 \text{ metros por } 1'' \\
 \hline
 10253775 \\
 1464825 \\
 5859300 \\
 2929650 \\
 \hline
 \text{Trabajo} = 35404.82025 \text{ kilográmetros.}
 \end{array}$$

Fuerza en caballos: resultará de dividir el trabajo por los 75 kilogrametros que tiene el caballo de vapor; y, por lo tanto:

$$\begin{array}{r} 35404.82 \quad \swarrow 75 \\ 540 \quad 472.0 \\ 154 \quad \text{caballos de fuerza indicada, ó,} \\ 48 \quad \text{lo que es lo mismo, desarro-} \\ \quad \text{llada sobre el émbolo del ci-} \\ \quad \text{lindro considerado.} \end{array}$$

Resulta pues, que la fuerza indicada y representada por los diagramas pertenecientes á uno de los dos cilindros de la máquina Corliss del vapor *City of Havana* ó Ciudad de la Habana es de 472 caballos de 75 kilogrametros; y suponiendo que en el otro cilindro se desarrollase la propia fuerza, resultaría un total de 944 caballos indicados ó 236 caballos nominales de 300 kilogrametros.

Puede procederse de otra manera para obtener el trabajo ó fuerza por medio de los diagramas; y al efecto hallar la presión media que arrojan los dos que corresponden á dos emboladas opuestas, de donde resultará así, para la máquina Corliss marina á que acabamos de referirnos, la media siguiente:

$$\begin{array}{r} 0.865 \text{ kilógs.} \\ + 0.955 \text{ »} \\ \hline 1.820 \quad \swarrow 2 \\ \text{Promedio de la presión} = 0.91 \text{ kilogramos por centímetro cuadrado.} \end{array}$$

Y multiplicando este promedio por el área del émbolo, resultará el esfuerzo medio

$$\begin{array}{r} 16097 \text{ cents. cuads.} \\ \times 0.91 \\ \hline 16097 \\ 144873 \end{array}$$

Esfuerzo medio = 14648.27 kilogramos.

Si ahora se multiplica el esfuerzo medio hallado por la velocidad del émbolo de la máquina en metros por minuto, ó sea por $51 \times 2 \times 1.422 = 145.044$ metros, resultará el trabajo total en kilogrametros que, por minuto, se deduce de los diagramas; y éste será pues:

$$\begin{array}{r} 14648.27 \\ 145.044 \\ \hline 5859308 \\ 5859308 \\ 73241350 \\ 5859308 \\ 1464827 \end{array}$$

212464367388; y dividiendo entonces por los kilogrametros que representan un caballo por minuto ó $75 \times 60 = 4500$, resultará el trabajo en caballos indicados por se-

gundo que acusan los diagramas para la máquina de referencia, y por lo tanto será por cada cilindro

$$\begin{array}{r} 2124643'67388 \quad \backslash 4500 \\ 32464 \quad \quad \quad 472'0 \quad \text{caballos, en número redondo.} \\ 9643 \\ 6436 \end{array}$$

Cuando se trata de hallar por medio de un gran número de diagramas correspondientes á dos emboladas opuestas, los varios esfuerzos ó resistencias que en condiciones distintas vence el émbolo de una máquina, es conveniente hallar el trabajo que corresponde al kilógramo de presión media y luego partir de aquí para simplificar los cálculos y no tener que repetirlos.

Si por ejemplo, conocemos el diámetro del émbolo de la máquina á que pertenecen los diagramas citados, fig. 16 y 16 bis, poseemos nota de la carrera del émbolo y revoluciones que dá el eje de aquella, tendremos, siguiendo cualquiera de los procedimientos citados:

Area del émbolo 16097 centímetros cuadrados.
Para la presión media ó promedio de 1 kilógramo por c/m cuadrado.

Esfuerzo = 16097 kilógramos.
Velocidad = 245 metros por 1 minuto.

$$\begin{array}{r} 80485 \\ 64388 \\ 16097 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{Kilográmetros} \quad 23340'65 \quad \backslash 4'500 = 60 \times 75. \\ 8406 \quad \quad \quad 518'68 \quad \text{caballos por 1}^k \text{ de} \\ 39065 \quad \quad \quad \quad \quad \text{[presión media.]} \\ 30650 \\ 365 \\ 5 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{Velocidad} = 1'422 \\ 2 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2,844 \\ 54 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2844 \\ 14220 \end{array}$$

$$145'044 \text{ m. por minuto.}$$

En efecto; hemos hallado como promedio de presiones en los citados diagramas

— 361 —

$$\begin{array}{r} 0'865 \\ 0'955 \\ \hline 1'820 \end{array} \quad \backslash \begin{array}{r} 2 \\ \hline 0'91 \end{array}$$

0'91 — kilogramos, y bastará multiplicar este número por la fuerza en caballos que daría 1^k de presión media, para obtener luego la fuerza indicada que arrojan los diagramas que se han dado en las fig. 16 y 16 bis que corresponden á la Corliss del vapor Ciudad de la Habana; así:

Siendo	518'68	caballos el trabajo de la máquina por 1 ^k de presión sobre la cara del émbolo.
	× 0'91	promedio de las presiones medias referido á dos emboladas opuestas
	<hr/>	
	51868	
	467812	

resultará 472'9988 caballos como trabajo á los 0'90^k de presión media.

De modo que, procediendo así, resulta como puede verse, la misma fuerza aproximada que precedentemente y por cálculo directo hemos hallado; esto es, 472 caballos indicados.

Deducción del vacío medio de los cilindros por las curvas ó diagramas.—Segun lo hemos indicado antes, no es posible que la línea inferior que cierra el diagrama alcance jamás á confundirse con la de vacío absoluto es decir, que venga á situarse una atmósfera más abajo y paralela con la línea atmosférica, pues ello supondría que el condensador de la máquina, en las que llevan dicho aparato, trabaja produciéndose en él el vacío absoluto, lo que es de todo punto imposible, puesto que dicho vacío dista de ser perfecto, y como tal, la curva no alcanza nunca á la citada línea de vacío absoluto; esto supone la existencia de una presión resistente detrás del émbolo, presión tanto mayor cuanto menor es el vacío obtenido y cuanto mayor sea, en consecuencia, el espacio que media entre el límite inferior de la curva ó diagrama y la línea de vacío absoluto colocada á 14'696 libras de la escala de presiones, si ella es en libras, debajo de la línea atmosférica; á 76 centímetros si la escala del resorte está graduada en centímetros de mercurio, ó á 1'033 kilogramos si se hubiese empleado el resorte graduado en kilogramos, y, finalmente, á 1^k si se hubiese usado el resorte graduado en modernas atmósferas de 1^k.

El trabajo de la contra presión que se opone en virtud de lo que acabamos de decir, al movimiento del émbolo, se representa en el diagrama de la fig. 17, que pertenece á una de las dos máquinas Corliss de 200 caballos cada una, establecidas en la fábrica de los Sres. D. José Ferrer y C.^a de Villanueva y construidas hace

algunos años por la Maquinista Terrestre y Marítima de Barcelona, viene representado por el espacio comprendido entre la línea c d, llamada de presiones resistentes y la c' d' llamada de vacío absoluto.

Para trazar en el mismo diágrama esta última línea, debe tenerse presente pues, la escala del resorte adoptado al sacar la curva con el indicador; y como en el presente caso se haya aplicado el resorte de 24 libras por pulgada de flexión, debe hacerse la operación siguiente:

Se multiplica la presión en libras que corresponde á la anti-gua atmósfera, esto es, 14'696 por 25'4 milímetros que mide la pulgada inglesa y dividir el producto por 24 libras que mide de flexión el referido resorte, lo que dará en milímetros

$$\begin{array}{r}
 14'696 \\
 \times 25'4 \\
 \hline
 58784 \\
 73480 \\
 29392 \\
 \hline
 373'2784 \quad \backslash 24 \\
 133 \quad \quad \quad 15'5 \\
 132 \quad \quad \quad \text{milímetros que se to-} \\
 127 \quad \quad \quad \text{marán á partir de la} \\
 \quad \quad \quad \text{línea atmosférica ha-}
 \end{array}$$

cia abajo, y se trazará la línea c' d' de vacío absoluto paralela á ella.

Pero si se dispone de la escala misma del resorte, entonces bastará aplicarlo de manera que el cero corresponda á la línea atmosférica y se hará una señal á las 15 libras ó divisiones para tener con la aproximación necesaria, el punto por donde debe trazarse la línea de vacío absoluto paralela á la anterior.

Por *contra-presión media* se entiende el promedio obtenido de igual manera que la presión media ó mejor dicho el promedio de un cierto número de ordenadas 5' 5" comprendidas entre las dos líneas á que venimos refiriéndonos fig. 17.

El *vacío medio* en los cilindros, es pues, en virtud de lo que llevamos dicho, la diferencia entre la *presión atmosférica* actual y la *contrapresión media*. Es evidente, por lo tanto, que esta diferencia se obtendrá inmediatamente tomando el término medio de las diferencias tales como 55' entre las ordenadas 55" y 5' 5" que representan la presión atmosférica actual y la presión resistente. Y si se dispone de los dos diágramas relativos á una revolución completa del eje de la máquina, se tomará como para el caso de las presiones, el promedio de los resultados de que se trata, deducido de ambos diágramas. Así se logrará tener el

vacio medio relativo á todos los cilindros de una máquina cualquiera.

Este elemento es muy importante y representa un gran papel en la recepción de los aparatos de vapor que adquieren los gobiernos de las naciones extranjeras. Por lo demás, es por analogía con la manera de medir el vacío en los condensadores que se emplea el *vacio medio en los cilindros* en lugar de la *contrapresión*, que en definitiva es la que en primer término importa conocer. Y del propio modo para poder servir de término comparativo, al *vacio medio de los cilindros* debe acompañársele el *valor actual* de la presión atmosférica leída en barómetro aparte, bien sea de á bordo si se trata de máquina marina, ó bien en otro situado en el lugar de emplazamiento de la máquina si es fija, lectura que debe hacerse en el acto de la experiencia y que conviene hacer constar en los diagramas; pero es mejor aún, como se practica generalmente, referir el vacío al valor medio 76 centímetros de la presión atmosférica, de manera que represente 76 centímetros menos la *contrapresión* ó *presión resistente*.

Esta operación se efectúa de dos distintas maneras. Consiste la primera en añadir al vacío, deducido de los diagramas, la diferencia entre 76 centímetros y la presión atmosférica actual, si la primera de ambas presiones es mayor que la segunda; y en el caso contrario se descuenta esta diferencia. Se tiene en efecto, la contrapresión que es igual á la presión atmosférica actual ó leída en el lugar de emplazamiento de la máquina menos el vacío deducido de los diagramas. Y por lo tanto; se deduce que 76 menos la contra-presión debe dar el vacío deducido de los diagramas, aumentado de la diferencia entre 76 y la presión barométrica leída, que hemos denominado presión barométrica actual. La segunda manera de efectuar la operación de que se trata, consiste en trazar sobre el diagrama, conforme lo hemos practicado en la fig. 17 *con relación á la curva*, la *línea atmosférica*, si la presión atmosférica fuese de 76 centímetros en el momento de tomar el diagrama, y de medir á partir de la nueva línea, así obtenida, las ordenadas que sirven para calcular el vacío. Esta nueva línea se llama *línea atmosférica media* para distinguirla de la 0, 10 que traza el índice del indicador y que se llama entonces *línea atmosférica actual*. La línea atmosférica media, debe distar de la última referida de una cantidad proporcionada, según la escala de presiones, á la diferencia entre 76 y la presión atmosférica actual; y debe estar colocada debajo, si la primera de estas presiones es más débil que la segunda, y encima en el caso contrario. Para hacerlo comprender mejor observaremos que la línea atmosférica trazada por el indicador se encuentra siempre á la misma altura sobre el papel, cualquiera que sea el

valor de la presión atmosférica al tomar los diagramas, pues como la atmósfera obra entonces sobre ambas caras del émbolo del indicador, claro está que siempre se trazará á la misma altura; pero la curva se traslada en relación á dicha línea atmosférica siguiendo su valor y aún con relación al mismo papel. Ahora, cuanto menor sea la presión atmosférica evidentemente más se eleva la curva hacia el borde superior del papel, y por consiguiente baja más y se acerca también más la línea atmosférica correspondiente al límite bajo del diagrama.

El vacío medio que fijaba el Estado en Francia en la adquisición de sus máquinas, no podía ser inferior á 55 centímetros de mercurio para todos los cilindros, y solo admitía un vacío menor con notable reducción en el precio de las mismas máquinas y hasta un número dado de centímetros, desechando los aparatos que no alcanzaban al tipo fijado. Este vacío medio de 55 c/m en los cilindros, equivale á $\frac{55}{76} = 0.723$ antiguas atmósferas, ó 0.746

de la moderna, esto es, 746 gramos por centímetro cuadrado. Se- mejante práctica no la sigue el Gobierno de nuestro país y está fuera de uso en los países extranjeros y hoy día apenas se fijan otras condiciones que las del consumo, peso y velocidad realizada, comprobado el primero por medio de prueba oficial verificada á son de contrato.

(Se continuará)

APLICACIÓN DE LAS FÓRMULAS DE RESISTENCIA DE MATERIALES, FUNDADAS EN LOS EXPERIMENTOS DE WÖH- LER, AL CÁLCULO DE LAS CONSTRUCCIONES METÁLICAS *.

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

(Continuación.)

Uno de los principios sentados en Resistencia de materiales es el importante principio de la igualdad de resistencia, que podemos establecer diciendo: *que en una construcción hay que procurar que todas las moléculas de los materiales empleados sufran*

* Véase el número anterior.

proporcionalmente á su resistencia. Así es que si se trata de piezas de un mismo elemento constructivo, hierro por ejemplo, todas las piezas de hierro deben estar sometidas al mismo esfuerzo por milímetro cuadrado en virtud de todas las fuerzas que obren sobre ellas; y no sólo esto, sino que, dentro de cada pieza, cada molécula debe estar sometida al mismo esfuerzo, sin que haya moléculas que sufran más y otras que sufran ménos. Este es el ideal de la ciencia de la construcción. Si se trata de materiales distintos, el esfuerzo por unidad de sección á que están sometidos debe guardar en todos ellos la misma relación con sus respectivas cargas de rotura ó sus respectivos límites de elasticidad, según sea uno ú otro de estos valores el que se tome por base. De este modo se logrará el principio de la *verdadera igualdad de resistencia*; á cada material sólo se le hará soportar el esfuerzo que le corresponde soportar atendida su resistencia; y á cada molécula sólo se le exigirá lo que se le puede y debe exigir, y ni más ni ménos de lo que se le debe exigir; la consecuencia de esta igualdad de resistencia de todas las moléculas, si se llega-se á la rotura, sería en una construcción un fenómeno análogo al de las gotas batávicas de cristal, una trituración, una *piroforización*, si se admite la palabra, una desagregación completa.

Sabido es que se opone á este principio el hacer trabajar, por ejemplo, piezas á flexión, lo cual exige secciones considerables á medida que aumentan las luces. En esta clase de piezas las moléculas más distantes del eje neutro están sometidas al esfuerzo máximo de seguridad, al paso que á las moléculas que se van aproximando al eje neutro parece que se les tiene cierta consideración, hasta el punto de que las que corresponden al mismo eje no están sometidas á ninguna carga.

Várias otras causas se oponen también al principio de igualdad de resistencia en la práctica, ya que para pasar de las fórmulas teóricas á los resultados prácticos tiene que aplicar siempre el ingeniero una *K*, es decir, un coeficiente; pero no hay duda que la disminución de este coeficiente, ó sea el acercarse todo lo posible á las fórmulas ó á los principios científicos debe ser el *desideratum* de cuántos se ocupan en las ciencias de aplicación.

Las fórmulas basadas en los experimentos de Vöhler tienen precisamente esta tendencia; su objeto es acercarse á la realización del principio de igualdad de resistencia, y lograr que en una construcción, ó en un sistema de piezas cualesquiera, no haya por una parte escasez de dimensiones y por otra despilfarro de material.

¿Cuáles son los experimentos de Wöhler y de los demás Ingenieros alemanes?

¿Cuáles son las fórmulas de Launhart y de Weyrauch que de aquellos experimentos se deducen?

¿Cuáles son las aplicaciones que se hacen de estas fórmulas?

Vamos á satisfacer estas preguntas.

EXPERIMENTOS DE WÖHLER.

Wöhler y los demás experimentadores alemanes que se han dedicado á este asunto hallaron las cargas de rotura de piezas de hierro y piezas de acero en los casos siguientes:

1.º Aplicando la carga *estática* máxima, ó limite de rotura, una vez. En este caso una pieza de hierro se rompió á 32, K 9 por m/m^2 . Por tanto.

$t = \text{carga estática de rotura} = 32, \text{K } 9 \text{ por } \text{m}/\text{m}^2$.

2.º Aplicando varias veces, millones de veces lo hizo Wöhler por procedimientos que no necesito detallar, una carga menor que la anterior, pasando á ella desde una carga cero ó desde una carga mayor que cero. En estos casos la carga de rotura es menor que en el primer caso. Los esfuerzos repetidos influyen en la desagregación de las moléculas, y resulta con ellos una carga de rotura distinta. Empleando hierro de la misma clase que en el primer caso, y pasando desde cero carga á la carga límite para este caso, millones de veces como he dicho, resultó para carga de rotura 21, K 95 por m/m^2 en vez de 32, K 9. Por tanto:

$u = \text{carga natural de rotura}$ como la llama Mr. Tresca, ó *resistencia máxima* como la designan los alemanes, $= 21, \text{K } 95 \text{ por } \text{m}/\text{m}^2$.

Sí en lugar de pasar de una carga cero á la carga de rotura, se pasa desde una carga mayor que cero á la carga límite de rotura, millones de veces, como tambien lo hizo Wöhler, la rotura se verifica á una carga máxima comprendida entre 32 K 9 y 21 K 95, dependiendo de la carga mínima y de la carga máxima que se hace actuar sobre el cuerpo. Por tanto:

$a = \text{carga de rotura variable en cada caso segun la diferencia de esfuerzos máximos y mínimo} = \dots \text{ desde } 21, \text{K } 95 \text{ á } 32, \text{K } 9$.

3.º Se hicieron pruebas análogas á las del caso n.º 2, salvo que las cargas máxima y mínima eran alternativas, ó sea que cambiaban de sentido; una obraba por tracción, y otra por compresión. En este caso.

$s = \text{carga natural de rotura ó resistencia máxima para fuerzas alternativas} = 11 \text{K } 70 \text{ por } \text{m}/\text{m}^2$ siendo el hierro de la misma clase que para los casos anteriores.

Resulta de estos experimentos que la *carga de rotura es variable*, en vez de ser constante como se admitía hasta aquí en Resistencia de materiales. Antes se decía, para el empleo del hierro, por ejemplo, que la *carga de rotura* podía ser 30 K por m/m^2 ; como *carga de seguridad* se tomaba de $\frac{1}{5}$ á $\frac{1}{10}$ de la de rotura según los materiales y carácter de las obras á que se aplicaban, tomándose por ejemplo, para el hierro destinado á puentes, $\frac{1}{5}$, ó sea 6 K. por m/m^2 .

Ahora, siendo la carga de rotura variable, la de seguridad será también variable; y en lugar de tomar el coeficiente constante 6 K., hay que adoptar, segun los casos, *esfuerzos unitarios distintos* para tener el *mismo grado de seguridad*.

FÓRMULAS DE LAUNHARDT Y WEYRAUCH.

Los experimentos que se han indicado someramente y que Mr. Seyrig explicó con toda extensión en las sesiones de la Sociedad de Ingenieros Civiles de París, experimentos publicados también en la REVISTA TECNOLÓGICA, condujeron á Launhardt y Weyrauch á la deducción de las fórmulas que llevan sus nombres, por medio de las cuales se determinan las cargas de rotura, variables según las diferencias de los esfuerzos. Mr. Tresca, en su Memoria, dió la demostración ó justificación de estas fórmulas, tal como las habían deducido sus autores. Para mi objeto, me bastará, pues, tomar nota de ellas para pasar luego á su aplicación.

1.º caso. Tracción sola ó compresión sola, ó sea para fuerzas obrando en un sólo sentido. La carga de rotura viene dada por la

Fórmula

$$\text{de Launhardt: } a = u \left(1 + \frac{t - u}{u} \frac{\text{mín. } B}{\text{máx. } B} \right)$$

2.º caso. Tracción y compresión en el mismo punto, ó sea para fuerzas que cambian de sentido. La carga de rotura viene dada por la

Fórmula

$$\text{de Weyrauch: } a = u \left(1 - \frac{u - s}{u} \frac{\text{máx. } B'}{\text{máx. } B} \right)$$

En las dos fórmulas anteriores se conoce, por lo dicho ya al hablar de los experimentos de Wöhler, el significado de las letras t , u , s . Sólo falta decir el significado de $\frac{\text{mín. } B}{\text{máx. } B}$ en la primera fórmula, y de $\frac{\text{máx. } B'}{\text{máx. } B}$ en la segunda.

Mín. B y *Máx. B* de la fórmula de Launhardt representan el mínimo esfuerzo y el máximo esfuerzo, ó mínima carga y máxima carga á que está sometido el material, cuya variación ó diferencia influye en la carga de rotura.

Máx. B' y *máx. B* de la fórmula de Weyrauch viene á significar, análogamente, los valores límites de los esfuerzos, es decir, los mayores valores de estos, uno en un sentido, y otro en sentido opuesto. Estos valores, uno positivo y otro negativo, hay que sustituirlos en la fórmula sin variar de signo.

Respecto á ambas fórmulas, hay que observar que el máximo esfuerzo y el mínimo esfuerzo unitarios, ó por m/m^2 , á que está sometido el material son desconocidos; pero á causa de la proporcionalidad, se sustituyen por los esfuerzos totales, ó bien se emplean en su lugar los momentos de flexión.

(Se continuará.)

NOTICIAS VARIAS

Legislación.—Por el Ministerio de Hacienda se ha publicado el día 4 de este mes una Real orden recordando á las Aduanas el cumplimiento de la circular de 13 de Abril de 1880 que mandó hacer pruebas preventivas de los vinos destinados á la exportación, para averiguar si han sido ó no adulterados con sustancias nocivas á la salud pública.

Aplaudimos del Sr. Ministro tan acertada disposición encaiminada á evitar y castigar la adulteración de nuestros caldos, y sin perjuicio de ocuparnos de ella con más detención en el próximo número, nos ha causado suma extrañeza ver que en la citada Real orden ni en la circular, se manifieste que tales pruebas ó análisis deben practicarlas Ingenieros industriales, porque á ellos exclusivamente corresponde ser nombrados peritos para las reglas de precaución y vigilancia á que debe someterse la elaboración de vinos artificiales.

Elogio.—Traducimos del *Textil Colorist* del mes de Agosto, interesante publicación que ve la luz en Filadelfia:

«La REVISTA TECNOLÓGICO-INDUSTRIAL publicada por la Asociación de Ingenieros industriales de Barcelona. en su número de Junio, estampa un excelente artículo sobre la hilatura del algodón por D. José Pascual y Deop. De cuando en cuando esta Revista se ocupa de materias relacionadas con la industria textil, si bien trata con preferencia, la construcción de máquinas, minería, ferro-carriles, etc. El notable artículo relativo á nuestra industria, á que nos referimos es una prueba evidente de los arduos esfuerzos hechos en España por la citada Revista para obtener por la propagación de noticias teóricas y prácticas, la independencia de la industria nacional.»

Felicitamos al Sr. Pascual y Deop por el concepto que ha merecido al *Textil Colorist* su artículo sobre *Las mermas en la hilatura de algodón*, al mismo tiempo que agradecemos á tan notable publicación extranjera las frases que le han inspirado nuestros esfuerzos y sacrificios en defensa de la industria patria.

BARCELONA.—Establecimiento Tipográfico de José Miret, calle de Cortes, 289 y 291.