

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.

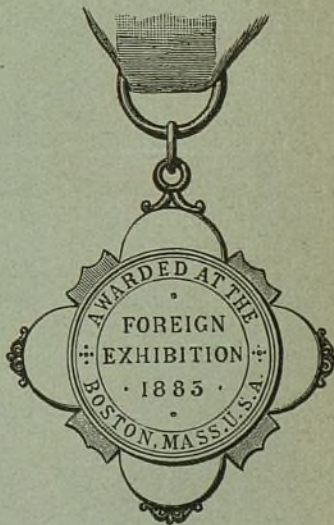


Año 8.

Diciembre 1885

N.º 12.

BARCELONA.



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

PRECIOS CORRIENTES EN ESTA PLAZA EN 31 DICIEMBRE 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
Cré mor tártaro.	310
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.	475
» tartárico.	450
Almidón inglés.	75
Fécula patatas.	48
Albúmina de huevos.	600
» 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).	250
Sulfato de alumina.	18
Sal amoníaco.	125
Clorato de potasa.	175
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 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.. 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
» » 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.

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 »
» Noruegos de 14 » » á 56'25 »
» Abeto de 15 » » á 57'50 »
» Calichs de 14 » » á 35. »
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. 39
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 CERAMICOS.

Se fabrican tejas mecánicas comunes y barnizadas en todos colores, tejas-pizarras, azuleos, 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 PORTÁTILES.

MÁQUINAS
PARA EXTRACCIÓN Y DESAGÜE DE MINAS.
MÁQUINAS PARA LA MARINA.

GENERADORES DE VAPOR:

TRABAJOS DE CERRERÍA.

HIERRO FORJADO DE LAS DIMENSIONES.

LOCOMOTORAS.
MATERIAL FIJO PARA FERRO-CARRILES.

CONSTRUCCIONES METÁLICAS.

PUENTES DE BARRIOS

MERCADOS PÚBLICOS.

MOTORES HIDRÁULICOS.

TRANSMISIONES DE MOVIMIENTO.

FUNDICIÓN DE HIERRO Y BRONCE.

PROYECTOS INDUSTRIALES.

Ayuntamiento de Madrid

EL ARTE DEL TINTORERO

POR

D. JOSÉ VALLHONESTA Y VENDRELL

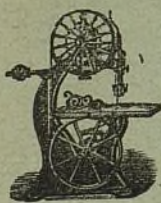
INGENIERO INDUSTRIAL

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.

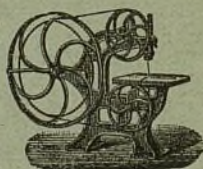
HECKNER Y C.^a Braunschweig (Alemania)



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.

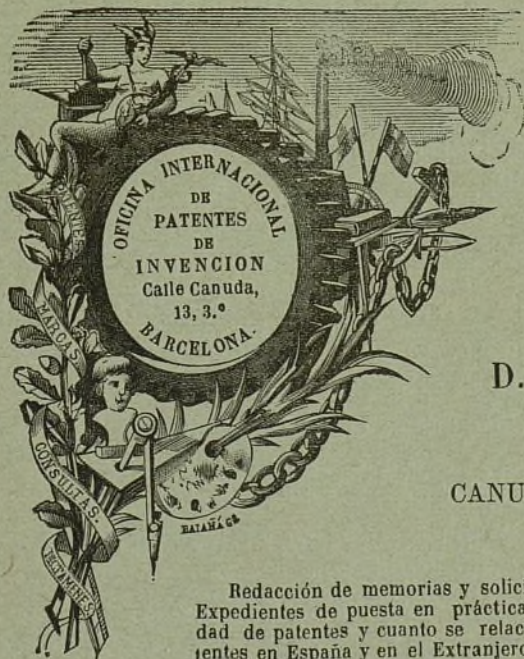
DIRECTOR MONSIEUR BUREAU, INGENIERO.

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 centrifugas, 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, laton, goma y lona.

21



PATENTES DE INVENCION

Y

MARCAS DE FÁBRICA Y DE COMERCIO

OFICINA INTERNACIONAL

BAJO LA DIRECCION 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.

A

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

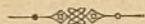
PUBLICADA POR LA
ASOCIACIÓN DE INGENIEROS INDUSTRIALES.

Barcelona. — Diciembre de 1885.

SUMARIO.

FERRO-CARRILES: Ferro carriles de poco coste, discurso leído por don Antonio Sans y García, al tomar posesión del cargo de presidente de la Asociación de Ingenieros industriales de Barcelona. (Continuación). — TECNOLOGÍA: El indicador de presiones, por el Ingeniero industrial D. Juan Antonio Molinas. (Conclusión). — Algunas consideraciones sobre el cálculo de las columnas metálicas por el ingeniero industrial D. Luis Canalda. (Continuación). — CRÓNICA DE LA ASOCIACIÓN: Extracto del acta de la sesión celebrada por la Junta general el 28 de Noviembre de 1885, por el Secretario general D. Raimundo Balet. — ÍNDICE.

FERRO-CARRILES.



DESARROLLO DE LOS FERRO-CARRILES DE POCO COSTE EN ESPAÑA (1).

DISCURSO LEIDO POR D. ANTONIO SANS Y GARCÍA AL TOMAR POSESIÓN
DE LA PRESIDENCIA DE LA ASOCIACIÓN.

(Continuación.)

Para concluir, únicamente diremos que no conviene dar á las traviesas un ancho mayor de 0^m,23 tratándose de ferro-carriles económicos, porque es mucho más difícil encontrar árboles que den una mayor dimensión en ciertas comarcas de España y sobre todo en Cataluña, que el espesor podrá variar hasta el máximo de 14 centímetros y que la separación máxima también, entre dos traviesas consecutivas, no deberá ser mayor de un metro de centro á centro, siendo ésta y la de 0^m,90 muy á propósito para los ferro-carriles de amplitud ordinaria. Sin embargo, las

(1) Véase el número del mes de Diciembre de 1884 y los de Enero, Febrero, Marzo, Abril, Mayo y Noviembre de 1885.

traviesas contiguas á las juntas, llamadas de *contra junta*, sedejarán á los $\frac{2}{3}$ de la separación de las restantes y aún á algo ménos si se trata de juntas al aire.

Otras clases de apoyos.—Se han ideado muchos sistemas de vía fundados en apoyar los carriles sobre platos más ó ménos grandes, apareados y unidos entre sí por medio de tirantes que garanticen la invariabilidad del ancho de la vía. Dichos platos pueden ser: dados de piedra, pueden ser casquetes esféricos de fundición como los Mr. Greave, que fueron aplicados al construir la línea de Barcelona á Mataró, entre otras partes, y más tarde han sido levantados; pueden ser de plancha ondulada como los de Mr. Wilson; de madera unida con tirantes de hierro como los de Mr. Bergeron; de hormigón de asfalto, como los de Mr. Stierlin; etc., etc.

Sin embargo, de tantos sistemas y de las muchas tentativas de aplicación, en ninguna parte han arraigado, por lo que creemos no se ha de recomendar ninguno de estos sistemas.

También se colocan los carriles, algunas veces, apoyando sobre largueros, y este principio ha de dar lugar á otra multitud de sistemas de vía. La primera aplicación se hizo empleando largueros planos de madera ó de hierro ligeramente curvados y el carril Brunel que tuvo extensa aplicación en varios puntos, en España mismo; se sentaba el carril sobre ellos empalmando los carriles con una plancha especial que con los extremos de aquellos se fijaban en dichos largueros por medio de tirafondos.

El larguero Hilf que se aplicó en Alemania en combinación con carriles Vignole sin patín no fué otra cosa que una modificación del carril Barlow. Este se ideó con la mira de que sus alas mismas sirvieran de larguero; y á su semejanza también, se ideó el sistema Hartwich, á nuestro modo de ver mucho ménos racional, pues mientras aquel se coloca sobre el balasto en las condiciones ordinarias y reúne á la elasticidad y la estabilidad propias de la forma de las alas de asiento del carril, el segundo no cuenta más que con el primer elemento de elasticidad, y aún en obsequio á la economía establece el inventor cada carril en una caja paralela al eje de la vía, llena de balasto, que por causa del agua que en ellas se reúne ha de ser funesto á la duración de la vía; bién, que este detalle no es esencial del sistema. El carril Loubat, empleado para los tranvías se sienta también sobre largueros y en general toda clase de carril hay que sentarlo así, siempre que haya de instalarse en una vía engravada ó

adoquinada. Pero, excepción hecha de estos casos, nunca recomendaríamos el uso de largueros de ninguna clase.

Carriles.—Uno de los asuntos que se ha de examinar con mayor interés es la elección del tipo de rail que se deba adoptar. Con respecto al sistema, solo son dos los que son dignos de fijar la atención: el Vignole y el doble T, y aún este último, ha sido desechado casi en todas partes, excepto en Inglaterra que lo conservan en aquellas líneas de tráfico extraordinario, porque es el sistema que permite el cambio de carriles con mayor celeridad, condición apreciable en ellas en las cuales es tan frecuente el paso de los trenes. Fuera de esta ventaja, ninguna más ya abona al sistema doble T; de aquí, que para toda clase de ferro-carriles y especialmente para los de poco tráfico, ninguno ofrece más ventajas que el Vignole.

Pero, dentro del mismo sistema, la sección puede tener formas muy distintas, y la experiencia ha enseñado que conviene, que la cabeza sea alta y que las bridas sean largas, rígidas bastante convexas y apoyen con seguridad en la cabeza y en el pié del carril. La mayor altura de la cabeza es una precaución necesaria contra el desgaste de la misma y la rigidez y buen apoyo de las bridas una garantía de solidaridad mútua de los carriles; lo cual juntamente con la adopción de las juntas al aire, evita el martilleo de las ruedas, con ventaja para el movimiento de los trenes y para la duración del material fijo y móvil. La figura 1 lámina IV es un buen tipo para ferro-carriles ordinarios y pesa 32 kilogramos por metro lineal.

Para ferro-carriles de poco tráfico, este es demasiado peso, si se quiere; sin embargo, no conviene bajar de 30 kilogramos por metro en los de vía ancha, pues de lo contrario, se tiene la imposibilidad de admitir en ellos las locomotoras ordinarias de mercancías que por la tendencia siempre creciente de los constructores, en aumentar el peso de las máquinas, más bien hace recomendable un peso de 32 kilogramos que de 30. Por otra parte, en los ferro-carriles que nos ocupan, hay que adoptar muchas veces rampas fuertes y las locomotoras necesarias para remontarlas resultan pesadas exigiendo esta circunstancia una sección proporcionada y en relación al espacio que media entre las traviesas. Fijado este peso por eje, para determinar la sección del carril, se traza el perfil de este á escala doble del natural y ya sea por medio de la fórmula de Simpsón, ó mejor aún con el auxilio de uno de los modernos planímetros se determina el área de dicha sección y el centro de gravedad de la misma, y se deduce el momento de inercia y el momento de resistencia de que es capaz para una distancia de traviesas dada: Luégo se varía la

sección ó esta última distancia hasta conseguir la resistencia permanente atribuida al material de quese haga uso, y que para el hierro y el acero fijamos ya en 6 y 10 kilogramos por milímetro cuadrado respectivamente, al ocuparnos de la resistencia de los puentes en el art. IV del presente capítulo.

Hay que tener presente en estos cálculos la observación hecha ántes, sobre la tendencia actual de aumentar la carga por eje; carga que si hasta há poco no traspasó de 13 toneladas se quiere hacer llegar ya á 15 ó siete y media por carril.

Tambien debe precaverse la posibilidad de espaciar las traviesas más de lo debido, por descuido del personal de las brigadas, que no siempre tienen bastante cuidado en colocarlas en su debido sitio, si por cualquier motivo se han corrido; de manera que será bueno suponer como luz de la parte libre de los carriles no el espacio que media entre una y otra traviesa, sino la distancia comprendida entre los centros de las mismas. Y en fin, el desgaste de los carriles reduce al cabo de cierto tiempo la resistencia del carril y dicho se está que si se hace el cálculo para la sección completa, desde el momento que principia el desgaste principia á disminuir la seguridad de la vía, por cuya razón, lo lógico es, que se cuenta únicamente con el momento de inercia correspondiente al límite de desgaste que se quiera admitir y que es de 8 á 10 milímetros por lo general, y dar luego á la cabeza de la sección este aumento de altura. Como es natural, esto conducirá á secciones fuertes, de tal manera que resulte para el acero una resistencia de 5,50 kilogramos por milímetro cuadrado, tan solo, como sucede con carriles de 32 kg. que hemos

visto aplicados en líneas importantes, cuyo valor de $\frac{I}{V}$ es 0,000134029, cuya separación entre los centros de traviesas es de un metro y doce toneladas la carga por eje. Siendo todos estos argumentos en favor de nuestra opinión de adoptar carriles resistentes. Por supuesto que no debe considerarse el espacio comprendido entre dos traviesas como un simple sólido apoyado por sus dos extremos, sujeto á una carga movable de un extremo á otro de su longitud, sino que ha de asimilarse más bien á un tramo de una viga continua de varios tramos; ó si se quiere, para simplificar el problema, á una viga empotrada por sus dos extremos; resultando de aquí, que el trabajo de 5'5 kilogramos por milímetro, á que como ejemplo hemos dicho estaba sujeto el carril de acero de 32 kilogramos citado, se reduce á la mitad mientras está perfecta la clavazón.

Para los carriles de un metro de ancho, 20 kgs. es un peso por metro lineal fuerte y muy recomendable, no debiéndose adoptar

pesos de 12 y 14 kgs. como hacen algunos no tratándose de ferro-carriles provisionales ó destinados al paso de vehículos muy pequeños, arrastrados por fuerza animal.

Hay dimensiones que la práctica ha sancionado ya y no se debe apartar mucho de ellas sea por las necesidades del trabajo, sea también por la relación que ha de existir entre las mismas y el material móvil. Tales son: el ancho de la cabeza, que será de 50 á 60 milímetros para los ferro-carriles de ancho ordinario y de 35 á 45 m/m para los de 1 metro de anchura; el ancho del patín ó pié del carril que será de 95 á 105 m/m en los primeros y de 65 á 75 en los segundos y la altura de 110 m/m á 140 en aquellos y de 70 á 85 en estos; análogamente se guardará la proporcionalidad con el peso exigido por la forma lógica del perfil.

Esta forma (fig. 1) se distingue de la forma antigua en la tendencia de aumentar la altura de la cabeza para hacer frente al desgaste, según ya dijimos en disminuir el espesor del nervio vertical para no aumentar el peso, ya que gran parte de la materia se concentra en la cabeza; además, de que ni por su forma, ni por su posición, es aquel el punto donde más resistencia, puede ofrecer la materia; y en la franca determinación de los planos de embridamiento como se manifiesta en el dibujo permitan como antes dijimos también, una sólida sujeción de las bridas.

El bombeo de la cabeza no tiene que preocupar mucho, porque es muy transitorio, toda vez que el roce de las llantas pronto lo modifica. No obstante, si atendiéramos solo á este roce y prescindiéramos de las ventajas que ofrece un perfil simétrico, sobre todo por no tener que destinar cada carril á un lado determinado de la vía, debería hacerse más robusta la parte de cabeza que ha de mirar al interior, y su cara superior la haríamos inclinada, resultando de aquí más estrecha la brida de la parte interior de la vía.

Pero, esta forma por lógica que sea no se emplea, sin duda, por los inconvenientes de la falta de simetría á que hemos aludido.

Sabido es, que para aumentar la rigidez proporcionada por las bridas, en estos últimos tiempos, se ha acudido á varios expedientes tales como: el hacerlas de sección de ángulo y de otras secciones más ó menos raras, y el aumentar su longitud de 40 centímetros que tienen ordinariamente, para la vía ordinaria, hasta 60 centímetros. También se ha aumentado, algunas veces, el número de tornillos de brida poniendo seis en vez de cuatro, y hasta cinco en cuyo último caso corresponde uno en el centro de la brida ó en el extremo mismo de los carriles á cuyo fin llevan medio agujero cada uno de estos, dando un resultado muy

satisfactorio. En las fuertes pendientes, pueden aprovecharse las bridas de ángulo para evitar que la vía pueda correrse con mayor eficacia que la proporcionada por las muescas hechas en el patín de los carriles y consiste en hacer dos fuertes entalladuras una á cada extremo del nervio horizontal de la brida de ángulo en las cuales se introduce la cabeza de una escarpia más recia que las demás.

Ya que hemos mencionado las escarpias, no queremos dejar de decir algunas palabras respecto de su uso y de la lucha que tiempo há sostienen con los tirafondos. Estos, de empleo más moderno, suplantaron por completo á las primeras y casi era unánime la opinión favorable hacia ellas por la mayor solidez de la vía, habiendo reconocido bien pronto esta superioridad los mismos obreros de la vía, no obstante costarles mayor trabajo su empleo.

Mas, después, estas corrientes han variado algo y no son tan unánimes las opiniones sobre la mencionada superioridad, cosa que no acertamos á explicarnos, porque si es evidente que los tirafondos cuestan más de colocar y esto es un inconveniente, poco importante por supuesto, para reparar la vía en caso de un accidente, en cambio nos hemos bién convencido prácticamente, que es más fácil tener apretados los tirafondos que las escarpias, y los carriles resisten más á la acción destructora de los descarrilamientos.

Atendida la escasa diferencia de precio que existe entre el acero y el hierro, hoy día ya no se fabrican apenas carriles de hierro, y no podemos dejar de declararnos decididos partidarios de los de acero cuya duración es muchísimo mayor.

No son tan duraderos, no obstante, como se pretendía al principio de su fabricación, pudiéndose apreciar en la actualidad su duración verdadera.

Por el interés que pueda tener para nuestros lectores vamos á dar algunos de los muchos datos que en nuestra, ya algo larga carrera, hemos podido reunir.

Para su más fácil examen y comparación agrupamos en un solo cuadro las ocho muestras que hemos escogido de cada uno de los tipos de 30 y 32 kgs. por metro lineal, según se vé á continuación:

Tipo de acero de 30 kilogramos.							Tipo de acero de 32 kilogramos.						
NÚMERO.	TOTAL m. m. en años	POR AÑO m. m.	Toneladas que han circulado por año.	Pendiente por metro.	ALINEACION	Toneladas resistidas por milí- metro des- gastado.	NÚMERO	TOTAL m. m. en años.	POR AÑO m. m.	Toneladas que han circulado por año.	Pendiente por metro.	ALINEACION	Toneladas resistidas por milí- metro des- gastado
			millones.	cénsts.						millones.	Cénsts.		millones.
1	2'75	9	0'3055	1'13	R.=400	3'119	9	1'00	8	0'1250	1'53	Recta	9'225
2	4'00	9	0'4444	0'83	» =400	2'595	10	5'00	8	0'6250	1'53	R.=500	1'845
3	2'50	10	0'2500	0'75	» =300	6'120	11	3'00	8	0'3750	1'53	» =350	3'072
4	2'00	10	0'2000	0'76	» =500	7'650	12	4'00	8	0'5000	1'53	» =500	1'130
5	4'50	11	0'4090	Hor. 1'	Recta	4'132	13	5'00	8	0'6250	1'53	» =500	1'845
6	7'50	14	0'5357	1'43	id.	3'155	14	2'00	6	0'3333	1'53	» =600	3'159
7	6'50	14	0'4643	1'43	id.	3'639	15	1'50	5 1/2	0'2727	1'53	» =600	4'228
8	14'50	14	1'0357	1'43	id.	1'631	16	2'00	4	0'5000	1'690	» =400	3'380
Promedio			0'3727			4'344							2'694
													0'4195

Debemos exceptuar del cuadro, la muestra número 8 de 30 kilogramos por hallarse en caso excepcional; puesto que se sacó de un túnel de más de 600 metros de longitud en el cual había muchas filtraciones, que fueron la causa principal de su destrucción por el óxido que se formaba y saltaba en *películas*, pues sin más saneamiento que las cunetas laterales, muy poco profundas, y sentada la vía en muy mal balasto, bastaron 14 años de uso para que tomara la forma representada con líneas de puntos por el *fácsimile a*, de la fig. 2, y tuviera que relevarse por inútil la parte comprendida por el túnel mientras, que el resto del kilómetro solo se había desgastado lo que representa la línea *b* y el ejemplo núm. 6 del cuadro. Esto, demuestra cuán funesta es la humedad, y la necesidad de sanear bien la vía y de tenerla bien balastada.

También hay que exceptuar el caso núm. 9 que por efecto de una dureza especial de aquel carril se desgastó muy poco.

El promedio de desgaste corresponde á razón de un milímetro por 4.344,000 toneladas de circulación en el carril más pequeño y 2.694,000 tan solo en el mayor.

A esta notable diferencia debe de haber contribuido mucho la diferencia de pendientes, pues sabido es, que bajando de más de uno y medio por ciento descienden los vehículos con los frenos apretados y arrastrando las llantas por los carriles. Pero, que esta no es la única causa, se deduce fácilmente del examen del cuadro en el que se vé; por ejemplo, el caso de la muestra número 11 que corresponde á una pequeña pendiente de 0,64 por ciento, y la 16 á otra todavía más pequeña, de 0,32 y el número de toneladas resistidas por ambos es más pequeña que el resistido por la muestra núm. 7, con todo y haber estado colocado en una rampa muchísimo mayor. Luego, aquí ha de haber otra causa que es uno de los factores más importantes: la naturaleza propia de los carriles. Ambos tipos corresponden á carriles de los llamados duros; pero el de 32 kgs. era de acero á todas luces más blando que el de 30 y á esta mayor dureza debe, *con seguridad*, gran parte de su mayor duración. Ya se recordará que al hablar del material de los puentes no nos entusiasmos mucho con las teorías de algunos constructores modernos, que pretenden son mejores los aceros blandos que los duros para su duración, y esto que no se trataba como ahora de piezas sujetas á rozamientos continuos. Sin embargo, ha de haber un límite para que no sea demasiado frágil el metal ocasionando excesivas roturas por desigualdad en el apoyo ó por cambios bruscos de temperatura, límite, que entonces fijamos ya; pero, que está lejos de lo pretendido por los encomiadores del acero blando.

Se deduce también, que en un camino de hierro, como el que

nos ocupa, los carriles de la clase del de 32 kilos pierde un milímetro de altura de la cabeza cada 2,38 años por término medio, luego si ponemos el caso de un carril que pueda perder 10 milímetros de su altura hasta llegar á comprometer la seguridad de la vía, este carril tendrá, suponiéndole igual calidad que el acero del tipo de 32 kgs, 24 años próximamente de duración.

Para concluir con los carriles, réstanos tan solo fijar la longitud más conveniente. Cuanto más largos sean, mejor se perfilan las curvas, más suave es el movimiento de los trenes por la supresión de mayor número de juntas en cada una de las cuales se experimenta siempre un pequeño golpe por la solución de continuidad que presenta, y hay mayor economía de bridas y tornillos. Pero, esta longitud está limitada por el peso de los carriles que no conviene sea excesivo porque no podrían manejarlos las brigadas, por la facilidad de que se deforme un carril largo, y por la pérdida que supone el cambio de todo un carril por un defecto que se presente en uno de sus puntos.

Esta última limitación tiene poca importancia; porque cuando llegue el caso se podrá partir el carril en dos mitades sin que esto altere la vía más que en aumentar el número de juntas y la primera puede disminuirse haciendo que en el manejo de los carriles lo hagan dos cuadrillas reunidas ó bien aumentando el personal de las brigadas al número de hombres que sean necesarios, alargando al mismo tiempo la longitud del trozo que esté á su cargo para que resulte compensado el gasto.

Así á los carriles de 30 kgs., no habrá inconveniente en darles 10 mts. de longitud, haciendo las brigadas de siete hombres que podrán tener á su cargo 12 kilómetros, por ejemplo; y si la vía está en buen estado, que exija muy poco cambio de carriles, manejándolos apoyando un extremo en el suelo hasta ponerlo en la vagoneta para que solo deban resistir la mitad de su peso, bastaría para manejar carriles de 300 kilos, 4 hombres que no deberían hacer más que un esfuerzo de 37,50 kgs. cada uno.

Si se tratara de carriles pequeños, se les podrá dar sin más inconveniente que los que puedan resultar del transporte 14 y 15 metros de longitud. Longitudes mayores no serían posibles ya por las torceduras á que darían lugar su manejo y transporte.

Asiento de la vía.—Al colocar una vía, sea de la clase que quiera, hay que tener en cuenta tres detalles de suma importancia que son: la inclinación de los carriles con respecto á la vertical; la holgura en el ancho de la vía y la sobre elevación del carril exterior en las curvas. La importancia de estos detalles sobre todo la de los dos últimos depende principalmente de la velocidad de los trenes, de las condiciones del material móvil y del trazado de la línea, por cuya razón nos vemos obligados á decir algo de

este asunto, por más que pertenezca al dominio general de los ferro-carriles.

Es universalmente admitida la inclinación de $\frac{1}{20}$ para los carriles; es decir, que el eje de la sección de estos se incline hacia el interior de la vía de un centímetro por 20 centímetros de altura. El objeto de esta inclinación es resistir más á la acción de las llantas de las ruedas que por ser cónicas empujan oblicuamente á los carriles. Esta conicidad es necesaria en primer lugar para disminuir, ya que no cortar del todo, el resbalamiento de las ruedas de las cuales las exteriores se ven obligadas á andar mayor longitud que las interiores, resultando de aquí un resbalamiento hacia adelante en los primeros y hacia atrás en los segundos. La conicidad combinada con la fuerza centrífuga que tiende á que el tren escape por la tangente, y á que las pestañas de las ruedas de la parte exterior se acerquen al carril mientras se separan las interiores del correspondiente á ellas, hace que así como estas ruedan por una circunferencia menor que la media, aquellas lo hagan por otra mayor que ella.

La práctica ha sancionado ya una conicidad y una inclinación como buenas; teóricamente, la segunda debería ser exactamente igual á la primera pero no se hace así, sino que se dá por lo regular una conicidad de $\frac{1}{16}$ no siendo más que de $\frac{1}{20}$ la incli-

nación según se ha dicho, para sacar todo el partido posible de las ventajas de la primera sin que el carril tome una posición demasiado difícil de sostener con la clavazón de la vía.

Pues bién, sea cual fuere la importancia del ferro-carril, deberán colocarse los railes en la citada inclinación cajeando al efecto las traviesas con la mayor escrupulosidad, y en curvas de muy pequeño radio, para asegurar la posición del carril, se reforzará la clavazón sobre todo la del carril exterior, sea con mayor número de planchas de asiento, sea con doble escarpia ó doble tirafondo en la parte interior del carril exterior.

En las rectas, el ancho de la vía es el normal entre carriles y deberá procurarse sea exacto no tolerando defecto de más de 5 milímetros, ni por defecto ni por exceso. En líneas cuyo material móvil sea pesado, como en la generalidad de los ordinarios, esta amplitud en las rectas, tiende á disminuir por causa de la inclinación del carril arrastrado por la llanta de las ruedas cuyo peso se descompone en dos fuerzas, una normal á la inclinación de la llanta y otra en el sentido de ésta que forman ángulos que llamaremos β y α respectivamente, con la vertical cuyos valores

para una conicidad de $\frac{1}{16}$ son, siendo P el peso que carga en una rueda:

$$P \cos. \theta = 0'1579 P \quad \text{y} \quad P \cos. \alpha = 0'9875 \alpha \quad (*)$$

y claro está que la segunda componente, ó sea la que tiende á volcar el carril, sería más pequeña si la conicidad fuera igual á la inclinación del carril; pues entonces α sería un ángulo de 11.°19' y su coseno valdría 0,9805.

Esta tendencia á aumentar la inclinación del carril es la que limita la del primer establecimiento.

En los ferro-carriles de vía estrecha y de material más ligero puede aumentarse dicha inclinación y proporcionalmente la conicidad, si el trazado tiene curvas de pequeños radios con lo cual se disminuirá algo la resistencia de los trenes al paso de los mismos. Así, creemos que bajo este punto de vista no ha de haber inconveniente, en estos casos, en dar una inclinación de $\frac{1}{18}$

y una conicidad de $\frac{1}{14}$; si bien no lo aconsejaríamos en la de vía ordinaria para no separarnos en lo posible de las condiciones normales de esta clase de vías, por las razones que hemos expuesto en otras partes.

Entre las pestañas de las ruedas y los carriles debe existir un cierto juego, aún en las rectas, para que las ruedas se deslicen más fácilmente á pesar de los pequeños defectos de ancho de la vía, y á este propio fin, se redondean las cabezas de los carriles y las citadas pestañas. Dicho juego es próximamente de $\frac{1}{59}$ del ancho de la vía entre carriles para la recta, de modo que corresponden 24 milímetros para la vía de 1,44; 28 m/m para la vía normal española y 17 m/m para la vía de un metro.

El ancho de la vía debe aumentar en las curvas, para que sea mayor el juego, ya que la rigidez del material móvil tiende á ensancharlas, tanto más cuanto más pequeños sean los radios de aquellas. La cantidad necesaria para tener una vía estable depende de la distancia entre las ruedas de ejes paralelos de un mismo vehículo, de la movilidad de dichos ejes cuando tienen algún movimiento giratorio, del diámetro de las ruedas y de la anchura de las llantas.

Teóricamente, en las curvas, el aumento de ancho debe permitir igual juego entre el carril y las ruedas que el existente en

(*) α es un ángulo cuya tangente trigonométrica es 0'16 y tiene por lo mismo un valor de 9°5.

las rectas. Este juego se determina gráficamente por un dibujo hecho á una escala bastante grande que permita apreciar todos los detalles; pero hemos de confesar, que después que ya damos un juego de $\frac{1}{59}$ á la vía recta creemos muy poco necesario en la práctica un aumento mayor, como no sea de un par de milímetros en el supuesto de que sea material de ancho normal de no más de tres metros y medio de separación entre los ejes con locomotoras de juego lateral y no habiendo curvas de ménos de 400 metros de radio.

Este escaso aumento se obtiene con solo dejar ligeramente holgada la plantilla de colocación de vía, mientras que toda otra regla complica extraordinariamente el asiento y la conservación de la vía.

En las curvas de radio menor, convendrá aumentar el juego llevándose á 8 ^m/m para las curvas de 300 mts., á 10 para las de 250, y á 12 para las de 200 mts; huyendo de la costumbre que tienen algunos ingenieros de llevar estos números respectivamente á 18, 20 y 22 milímetros, porque á esta excesiva holgura son debidos muchos descarrilamientos.

Pasemos ahora á ocuparnos de la *sobre elevación* en las curvas.

Aunque las pestañas de las ruedas contengan el tren entre los carriles, y aunque la conicidad obre el mismo efecto, no pueden ponerse éstos á un mismo nivel porque aún marchando á pequeñas velocidades no contendrían los trenes. El poner más alto el carril exterior crea una resistencia contra la fuerza centrífuga; esto es, crea una fuerza centrípeta que los contiene sin forzar mucho el carril por la presión lateral de las pestañas.

La determinación teórica de esta resistencia se hace hallando la fuerza centrífuga que desarrolla un móvil en las condiciones de movimiento de los trenes y buscando el ángulo del plano inclinado capaz de ofrecer una resistencia á su ascensión igual á dicha fuerza centrífuga, dando lugar á la expresión $S = \frac{e V^2}{g R}$ en la cual: *s* es la *sobre elevación*; *V*, la velocidad de los trenes por segundo en metros, *g* la intensidad de la gravedad y *R* el radio de la curva considerada.

Pero, la práctica ha enseñado que en muchos casos el desnivel resultante de esta fórmula no era suficiente como lo demuestran los fuertes rechinamientos de las pestañas, así es, que se ha aumentado, con el uso de la $S = \frac{V^2}{R}$, al mismo tiempo que se simplificaba el cálculo. En esta, *V* es la velocidad del tren en kilómetros por hora, *R* el radio de la curva en metros, y *S* el desnivel en metros también.

Sin embargo, por propia experiencia podemos asegurar que esta fórmula, en ciertos casos, dá desniveles demasiado grandes, si se toma por velocidad, no ya las mayores velocidades á que muchas veces corren los trenes sobre todo en las pendientes, sino tan sólo las más comunes en ella: 50 y 60 kilómetros por hora. Lo hemos comprobado en una línea de trenes pesados y rampas fuertes que llegaban al 2 por 100 y se ha visto que los trenes de mercancías ascendentes por marchar á pequeñas velocidades hundían el carril interior de las curvas haciendo aumentar notablemente la sobre elevación de las mismas.

De aquí, que en lugar de emplear el valor de la velocidad mayor verdadera (*) de los trenes, conviene afectar á ésta de un coeficiente que la disminuya de una á dos décimas, Así:

$$(2) \quad S = 0,9 \frac{V}{R}$$

Si no tuviéramos en cuenta los efectos peligrosos de los trenes descendentes, todavía emplearíamos un coeficiente práctico menor y así puede hacerse, tal como 0,8, por ejemplo, en aquellas líneas de débiles pendientes; pero en las de pendientes fuertes no, porque si el excesivo desnivel hace que por la acción de los trenes lentos y pesados aumente resultando luego en peor situación y agravándose más y más el defecto también, los de la misma clase que no marchen á mucha velocidad suben con demasiada sencillez la sobre elevación, vuelven el carril exterior hacia fuera y se llevan el interior hacia dentro.

Para que resultara un desnivel análogo al que la fórmula racional primitiva $S = \frac{e V^2}{g R}$, sería preciso tomar por coeficiente 0,50 próximamente. Este sería demasiado pequeño, según hemos visto, y entre él y la unidad debe hallarse el verdadero, que el acertado criterio de un ingeniero práctico puede solo determinar en cada caso.

En cuanto á las vías estrechas, debe modificarse la fórmula, porque no entra en ella como entraba en la primitiva el ancho de la vía y claro está que cuanto más estrecha sea ménos deberá ser su sobre elevación, aparte, el tener en buena cuenta la velocidad que corresponda á la línea, y como dicho desnivel por referirse á la inclinación de un plano inclinado será proporcional á la base de éste se podrá tener la expresión:

$$S = \frac{0,9 a V}{1,672 R} \quad \text{ó mejor} \quad S = \frac{0,8 a V}{1,672 R}$$

que es igual á

$$S = 0,478 \frac{a V}{R}, \text{ en la que } a \text{ es el ancho, y si se trata}$$

(*) Designemos así; no la velocidad máxima marcada en los itinerarios, ni la mayor á que alguna que otra vez marchan los trenes cuando los descuidan sus agentes, sino la más grande de las velocidades que con mucha frecuencia toman los trenes al bajar los pendientes, á pesar de la marcha marcada en los itinerarios y las prescripciones reglamentarias.

de una vía de un metro de ancho será

$$S = 0,478 \frac{V}{R}$$

ó en fin en números redondos

$$S = 0,5 \frac{V}{R}. \quad (3)$$

La sobre elevación tiene un límite para las curvas de muy poco radio á fin de no dar lugar á inclinaciones de los vehículos demasiado pronunciadas y peligrosas, por lo cual hay compañías de ferro-carriles de vía ordinaria que no dan más que 15 centímetros y otras llegan, empero, hasta 22. El límite 15 centímetros nos parece bién adoptado, y análogamente para las vías de otro ancho se podrá adoptar el límite que resulta de la expresión

$$l = \frac{0,15}{1,672} a \quad \text{ó bien} \quad l = 0,0897 a$$

que para la vía de metro en números redondos será 0,09 el límite superior.

De la aplicación de estas sencillas fórmulas y de la adopción de los límites fijados resultará las sobre elevaciones siguientes:

SOBRE ELEVACIÓN EN

			<i>Vías ordinarias</i>	<i>Vías de un metro</i>
			$s = 0,9 \frac{V}{R}$	$s = 0,5 \frac{V}{R}$
			$V=50 \text{ Km; límite } l=0,150$	$V=30 \text{ Km; límite } l=0,09$
Radios de 80	mts.		»	$s=0,090$
»	100	»	»	$=0,090$
»	150	»	»	$=0,090$
»	200	»	$s=0,150$	$=0,075$
»	250	»	$=0,150$	$=0,060$
»	300	»	$=0,150$	$=0,050$
»	350	»	$=0,129$	$=0,043$
»	400	»	$=0,113$	$=0,037$
»	500	»	$=0,090$	$=0,030$
»	800	»	$=0,056$	$=0,019$
»	1000	»	$=0,045$	$=0,015$
»	2000	»	$=0,023$	$=0,008$

(Se continuará)

TECNOLOGIA.

EL INDICADOR DE PRESIONES (1).

(Conclusión.)

A fin de precisar mejor y detallar el procedimiento, supondremos que se puedan fijar con exactitud los puntos d y e del diagrama y entónces por lo que llevamos dicho ya, el volúmen de vapor á considerar será el de un cilindro cuya base sea el área del émbolo y su altura la fracción de carrera del mismo representada por a d', ó lo que es lo mismo la de admisión de vapor, que según el diagrama, mide aproximadamente 0'33 en el presente caso.

Una vez conocido este volumen expresado en metros cúbicos, se multiplica por 1000_k para tener su peso cual si fuese agua y despues se multiplica por la densidad que posee el vapor en el interior del cilindro para tener el peso de este último fluido.

Resulta pues, que lo importante en este problema es el conocimiento de la densidad del vapor en el cilindro en el momento en que el émbolo alcanza la posición d' de su carrera y esto es lo que nos proponemos hallar por medio de las siguientes consideraciones.

Empezemos por medir la presión en libras que representa en el diagrama la ordenada d' d y supongamos alcance á 30; añadiremos á dicho número el que represente la presión atmosférica leida en el momento de sacar el diagrama en el barómetro colocado á bordo si la máquina fuese marina ó en el lugar de emplazamiento de la máquina si esta fuese fija, y supondremos además, que sea 77 centímetros en el caso actual, equivalente á 14'696 libras $\times 77 \div 76 = 14'88$ libras. Resulta, pues, que verificando la indicada suma obtendremos la presión absoluta $30 + 14'88 = 44'88$ libras que, en el referido momento, actúa sobre el émbolo de la máquina.

Ahora bién; como el punto d' del diagrama corresponde al preciso momento en que cesa la admisión de vapor y es precisamente en él donde, en las máquinas ordinarias, dicho fluido se halla al estado de saturación en el interior del cilindro, de aquí que partiendo de la presión absoluta determinada como acabamos de hacerlo, pueda hallarse por medio de las tablas de densi-

(1) Véase el número anterior; pág. 425.

dad del vapor saturado, la que le corresponde y tiene según la presión hallada, con cuyo dato no ofrece ya la menor dificultad poder conocer el peso de vapor que consume la máquina.

Admitida la hipótesis de ser vapor saturado el que queda encerrado en el cilindro al empezar la admisión hasta que empieza á evacuar en el condensador, puede simplificarse mucho la resolución del problema del gasto del vapor ó consumo del mismo, pues escogiendo el punto J de la curva fig. 18 donde esta corta á la línea atmosférica comprendido en el período de expansión, entre el final de la admisión y el avance á la evacuación, es precisamente aquel en el que se encuentra el émbolo solicitado por la presión atmosférica llamada presión atmosférica actual que reina en el lugar de emplazamiento de la máquina, presión que se obtiene sin necesidad de cálculo ninguno de los que aún cuando sencillos, se requieren en el caso anterior.

Para determinar el gasto de vapor, es preciso partir de un buen número de experiencias ó diagramas de cada una de las extremidades del cilindro ó cilindros obtenidos en iguales condiciones de régimen; y partiendo de ellos, tomar el promedio de las fracciones de carrera del émbolo en cada diagrama, del mismo modo que el promedio de las correspondientes ordenadas del punto considerado y que corresponden á dichas fracciones de carrera.

El peso de vapor que por los cálculos antes indicados se obtiene, corresponde á una embolada; y de consiguiente para obtener el que la máquina consume, es necesario doblar este peso y multiplicarlo por 60 veces el número de revoluciones realizadas por el eje de la máquina y por el número de cilindros iguales de esta que trabajen en idénticas condiciones.

Si la máquina es de dos ó más cilindros se consideran los diagramas de baja presión y por ellos se deduce, como antes, el consumo de vapor si es que no se prefiere transformarlo por el método Rankine.

Cuando no se conoce la regulación ni el grado de admisión en las máquinas de expansión automática, no puede partirse de la hipótesis anterior; ni señalar, en la inmensa mayoría de los casos, el punto exacto donde cesa la introducción de vapor, ni aquel en donde empieza el avance á la evacuación, toda vez que la curva por su cambio de forma, no indica sino de una manera vaga y aproximada los dos referidos puntos, habiendo por lo tanto completa indecisión respecto á las fracciones de la carrera del émbolo durante las que se verifica el período de entrada del fluido motor en el cilindro ó comunicación entre este y la caldera y la de expansión y del principio en donde se establece la comunicación del cilindro con el condensador ó la atmósfera. Pero si se

supone que el vapor está en el estado de saturación, cual antes lo hemos supuesto y que la densidad de saturación sea proporcional á la presión, lo que es admisible para pequeñas variaciones de esta última, entónces cesará semejante indecisión, pudiendo proceder de la manera siguiente.

Para ello, márquese el punto a' que se supone ser, en vista de la forma de la curva, el que corresponde con corta diferencia al final de la admisión; despues se consideran en las inmediaciones antes ó después de este punto, diversos otros $m b'$, etc., de la carrera del émbolo y se tiran las ordenadas superiores que pasan por ellos y que corresponden á la parte superior de la línea atmosférica. Los productos de las diversas fracciones de la carrera del émbolo por las ordenadas respectivas serán evidentemente proporcionales á los pesos de vapor contenidos en el cilindro en los respectivos momentos en que dichas fracciones de carrera hayan sido recorridas. El mayor de los productos correspondientes al punto de la carrera del émbolo que se pueda haber elegido para resolver la cuestión, este será el que la resuelve mejor.

Este procedimiento no podrá efectuarse sino cuando se emplee el vapor recalentado, en cuyo caso es imposible considerar este fluido al estado de saturación en el cilindro, mayormente cuando llega al final de su expansión. En tal caso será indispensablemente necesario conocer además de los elementos antes indicados, la temperatura del vapor. Por lo demás y en las circunstancias ordinarias, el cálculo no tiene en cuenta la cantidad de este fluido inutilizado por efecto de los espacios nocivos, ni del que se pierde por las estopaderas y del que se condensa, por el enfriamiento, particularmente por el que se ocasiona según la termo-dinámica, por el trabajo mismo del vapor. Mas admitiendo aún, que tales inexactitudes no existiesen, el cálculo no daría la potencia vaporizante de los generadores de este fluido, en virtud de que el vapor que de ellos sale, sufre en su conducción y en el trayecto de dichos aparatos á la máquina, grandes condensaciones. Sin embargo, el procedimiento de cálculo por medio de los diágramas es preferible al método que algunos siguen de medir directamente la cantidad de agua salida de la caldera durante la vaporización del agua contenida en ella y verificada dicha vaporización escapando el vapor á la atmósfera. Este método, que desde luego resulta ser de difícil aplicación, adolece naturalmente del radical defecto de considerar vaporizadas las partículas de agua arrastradas mecánicamente por el vapor, siendo así que en realidad no es tan potente esta fuerza vaporizante como en realidad aparece así, en tanto que, el procedimiento por medio de los diágramas dá cantidades relativas proporcionales á las cantidades absolutas en los mismos sistemas

de aparatos; y por lo tanto, comparables entre sí en estos sistemas, que es precisamente lo que siempre ó en la mayoría de los casos ocurre conocer.

Para que se comprenda mejor y para que pueda hacerse aplicación de los procedimientos ordinarios explicados, damos á continuación una tabla de densidades del vapor á diferentes presiones, que permitirá dar solución á cualquier caso práctico, bien sea que se resuelva por medio de los puntos de la curva, ó bien partiendo de la regulación de la máquina anticipadamente fijada y conocida.

Antes de pasar á explicar el procedimiento de Wassington para calcular el peso de vapor gastado por una máquina, cuyos diagramas se conocen, diremos que algunos ingenieros hallan la densidad del vapor partiendo de la presión final absoluta medida por la ordenada del diagrama anterior al punto de avance á la evacuación del vapor, esto es, la n ó n' fig. 18, aceptando las mismas ideas que dejamos apuntadas.

Método de Wassington.—Suponiendo que se trata de hacer funcionar una máquina con agua bajo la presión de una atmósfera ó de 10'334 metros de altura, para producir con ella el trabajo de un caballo de vapor durante una hora, se necesitará emplear un peso de agua de $\frac{75 \text{ kilogramos} \times 3600 \text{ segundos}}{10'334 \text{ metros}} = 26127$ kilogramos, ó lo que es lo mismo, un volumen de ella de 26'127 metros cúbicos.

Si en vez de funcionar la máquina á 1 atmósfera debiese trabajar ó producir el trabajo anterior bajo la presión de 2 atmósferas, claro está que debería disminuirse de mitad el peso del agua ó el volumen de la misma, y resulta de aquí, que el número de metros cúbicos necesarios para producir igual trabajo con agua á la presión p . será $\frac{26'127}{p} \text{ m}^3$

Ahora bien, si en lugar de agua se emplea vapor á la misma presión para producir la misma cantidad de trabajo motor, será necesario para igual volumen, disminuir el peso del vapor en relación de los pesos específicos de ambos flúidos respectivos agua y vapor; y, por lo tanto, se tendrá el peso de este último por la relación siguiente, que se deduce de dividir el volumen de agua en metros cúbicos $= \frac{26'127}{p}$, necesaria para producir el trabajo de un caballo por hora, por el volumen dado en metros cúbicos de un kilogramo de vapor en el supuesto de que este último sea perfectamente seco; y por lo tanto: Volumen de vapor $V = \frac{26'127}{p \cdot v}$

p representa la presión media del vapor, siendo el volumen v de éste, considerado así, como si tuviese una tensión igual á la que le corresponde al fin de la expansión.

Partiendo de aquí, pués, y si se dá un diágrama de una máquina, podrá desde luego tomarse como á valor de p , ó presión media cual si ella fuera efectivamente, la absoluta al final de la expansión, y se considerará en representación de v el volumen específico que á dicha presión p corresponde, y será fácil entonces

deducir con auxilio de la misma fórmula, $r = \frac{26.127}{p \cdot v}$, el consumo

exacto de vapor que corresponde á la máquina del citado diágrama, sobre todo y con exactitud para presiones muy próximas á la absoluta final de la expansión y más fácil aún, por medio de tablas que daremos á continuación. Y si esta presión media difiere de la absoluta, se puede suponer que el consumo de vapor efectivo es exactamente proporcional al que se dá en las tablas en la relación de la presión absoluta final á dicha presión media.

Resulta de lo dicho, que la expresión del consumo de vapor seco por hora y por caballo, se obtiene de una manera sencillísima sin necesidad de conocer la velocidad de la máquina y ni aún siquiera las dimensiones de la misma; no es necesario conocer la influencia de la compresión, los espacios nocivos, ni las condensaciones y pérdidas que se producen por escapes á través de las estopaderas.

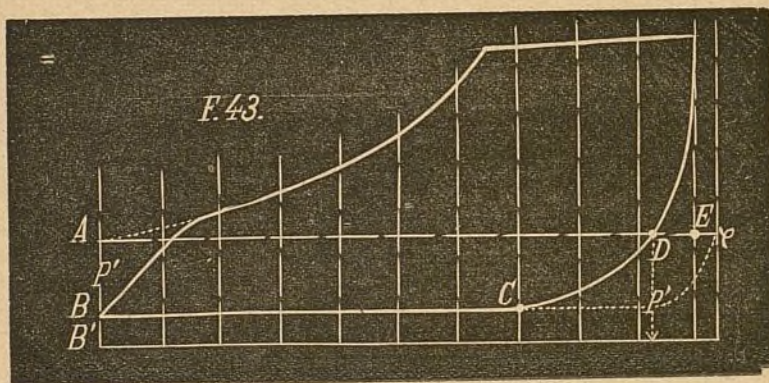
Esta expresión es $P = \frac{V \times p'}{p}$ kilogramos; y en ella p' y p se toman del diágrama midiendo la primera ó la presión final al escape, y calculando la segunda ó presión media que arroja el diágrama, por cualquiera de los métodos explicados antes; y el valor de v se toma en la tabla y frente á la presión final p' .

También se encuentra en la propia tabla frente al producto $V p'$ el volumen específico v del vapor, lo que facilita poder hallar v con la exactitud deseable siempre que convenga conocer su valor.

Pero si se quiere corregir el consumo de vapor teniendo en cuenta los espacios nocivos y aún la compresión, conviene en tal caso proceder conforme nos proponemos indicarlo; y para ello interesará partir del diágrama representado en la fig. 43. La presión final p' viene representada en el diágrama por A. B' segun ya sabemos. La compresión empieza en C y va creciendo hasta más allá del punto D, en tanto que el valor en esta posición del émbolo alcanza la presión final p' . La cantidad de vapor gastado no debe corresponder á la carrera entera del émbolo AE, sino á la AD que es la reducida en la relación $\frac{A D}{A E}$.

Por lo tanto; esta cantidad de vapor debe ser $P' = P \frac{A D}{A E}$.

Observaremos que el valor de $\frac{A D}{A E}$ no debe ser siempre menor que la unidad; y será igual á esta cuando la compresión máxima alcance el valor de la presión final p' ; pero si es más pequeña, entonces la relación será mayor que la unidad y P' será mayor que P .



Efectivamente, puede suceder que la compresión sea muy reducida y por lo tanto, que la curva que la indica quede limitada á una pequeña porción, la que prolongada convenientemente hacia la parte superior traspasase los límites del diágrama A. E. ó carrera del émbolo, cayendo la intersección con la línea que señala el límite de la presión final ó A. E, en un punto x; y entonces

$$\frac{A x}{A E} > 1, \text{ como antes se ha dicho.}$$

Para prolongar la línea de compresión, basta conocer dos de sus puntos ó bien un punto y la línea que señala los espacios nocivos, ó lo que es lo mismo, un punto y las asíntotas de la curva, pues sabido es que la ley que siguen las compresiones es la misma que la de las dilataciones ó expansiones indicadas en otro lugar, y por lo tanto puede prolongarse la curva de compresión siguiendo el mismo procedimiento que para la de expansión ó curva de Mariotte, que anteriormente y en la fig. 17 hemos determinado.

Podremos ahora, con las explicaciones procedentes y con auxilio de las tablas á que hemos hecho referencia y que se han obtenido por medio de las sencillas fórmulas anteriores, determinar el consumo de vapor seco por caballo y por hora, sin tener en cuenta el espacio nocivo de la máquina á que el anterior diágra-

ma fig. 43 corresponde, y será en el supuesto de que $p' = 3.4$ atmósferas presión final, el siguiente:

$P = \frac{V p'}{p}$ $V p' = 50.146$ — véase la tabla, — $p = 5.35$ atm. presión media; y por lo tanto:

$$P = \frac{50.146}{5.35} = 9.37 \text{ kilogramos.}$$

Si se quiere obtener el consumo teniendo en consideración los espacios nocivos y la compresión, tendremos

$$P' = P \times \frac{72}{77} = 9.37 \times \frac{72}{77} = 8.76 \text{ kilogramos.}$$

Se observará que el consumo en este caso es menor que antes, siendo así que parece debería ser mayor á causa de los espacios nocivos; pero debe tenerse presente que la compresión bastante grande á que se somete el vapor produce una economía, puesto que antes de que llegue el período de la admisión, el espacio nocivo representado por el conducto de vapor y fondo del cilindro, se encuentra lleno de vapor comprimido y llevado á una tensión elevada, de manera que basta una pequeña cantidad de dicho fluido para llenar de nuevo dicho espacio en el momento de abrir la válvula para verificar la admisión.

Con respecto al mayor consumo producido por los espacios nocivos y la menor compresión, se evidencia claramente por medio del diagrama fig. 44 perteneciente á una máquina de admisión prolongada y de orificios insuficientes para la entrada de vapor. En ella la presión absoluta final $= 3$ atms. $= p'$; y la tabla dá por valor de $V p' = 44.583$ presión media, $p = 3.29$, $P = \frac{44.583}{3.29} =$

13.5 kilogramos consumo por caballo y hora sin tener en consideración los espacios nocivos.

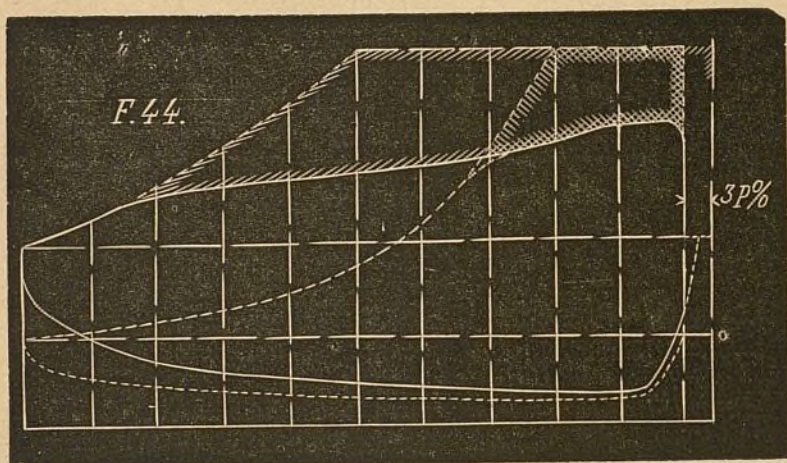
Teniendo en cuenta estos y la compresión, resulta $P' = 13.5 \times \frac{131.5}{128.3} = 13.82$ kilogramos de vapor por hora y por caballo.

Vemos, pues, que en el presente caso resulta un exceso de consumo de 2.3 p %, que representa una pequeña cantidad si se tiene en consideración que los espacios nocivos son de 3 p % de la carrera del émbolo y que se trata de una máquina con distribución Corliss, con orificios insuficientes y admisión teórica 0.50 de la citada carrera total.

El diagrama puntillado que se representa en la misma figura 44, se ha obtenido en la misma máquina con admisión reducida á 0.33 de la carrera del émbolo ó 0.20 teórico, resultando: presión media absoluta $p = 2.45$ atmósferas y $p' = 1.45$ atmósferas

presión absoluta final, cuyos valores tomados en la tabla, dan $Vp' = 22$, $P = \frac{22}{2.45} = 89$ kilogramos consumo de vapor por caballo y hora.

Mas, como en el presente caso, la compresión final alcanza á la presión absoluta final de la expansión, el anterior consumo no necesita corrección como antes, puesto que $P = 8.9 \times \frac{131.5}{131.5} = 8.9$ kilogramos de vapor supuesto perfectamente seco.



Con respecto á las máquinas de explosión de gas, se aplica en ellas el indicador de la misma manera que en las máquinas de vapor y se procede al cálculo de la presión media y del trabajo, de la misma manera que lo hemos verificado hasta aquí, lo cual no ofrece ni puede ofrecer dificultad alguna si se han comprendido los procedimientos que llevamos explicados y se atiende al modo de funcionar de la máquina.

TABLA DE LA CANTIDAD DE VAPOR SECO EN KILÓGRAMOS
CONSUMIDO POR CABALLO Y POR HORA PARA LA CORRECCIÓN
WASSINGTON.

Presión absoluta p' al final de la expansión en atmósferas.	Volumen específico v del vapor en metros cúbicos.	Producto de p' × v	$V = \frac{26127.34}{1000 \times p' \times v}$	V × p
0.1	14.504	1.450	18.010	1.801
0.2	7.525	1.505	17.418	3.483
0.3	5.128	1.540	16.960	5.088
0.4	3.908	1.560	17.750	6.700
0.5	3.165	1.580	16.530	8.265
0.6	2.665	1.600	16.339	9.803
0.7	2.304	1.610	16.230	11.361
0.8	2.031	1.620	16.120	12.896
0.9	1.818	1.630	16.020	14.418
1.0	1.646	1.646	15.870	15.870
1.1	1.505	1.655	15.780	17.385
1.2	1.386	1.663	15.710	18.852
1.3	1.285	1.670	15.640	20.332
1.4	1.199	1.680	15.540	21.756
1.5	1.123	1.684	15.510	23.265
1.6	1.057	1.691	15.450	24.720
1.7	0.999	1.699	15.370	26.129
1.8	0.946	1.703	15.310	27.612
1.9	0.899	1.708	15.290	29.051
2.0	0.857	1.714	15.243	30.486
2.1	0.819	1.718	15.208	31.937
2.2	0.784	1.725	15.146	33.321
2.3	0.751	1.727	15.128	34.794
2.4	0.722	1.733	15.076	36.182
2.5	0.695	1.741	15.002	37.505
2.6	0.670	1.742	14.990	38.974
2.7	0.646	1.744	14.970	40.190
2.8	0.625	1.750	14.929	40.801
2.9	0.604	1.752	14.921	43.271
3.0	0.586	1.758	14.861	44.583
3.1	0.568	1.761	14.838	45.998
3.2	0.551	1.763	14.818	47.417
3.3	0.535	1.765	14.790	48.807
3.4	0.521	1.771	14.749	50.146
3.5	0.507	1.774	14.723	51.330
3.6	0.493	1.775	14.720	52.992
3.7	0.481	1.780	14.680	54.316
3.8	0.469	1.782	14.660	55.708
3.9	0.458	1.786	14.630	57.057

Presiones en kilógramos	Densidad y peso del m. cúbico	Presiones en kilógramos.	Densidad y peso del m. cúbico.	Presiones en kilógramos.	Densidad y peso del m. cúbico.
1'35	0'7793	1'82	1'0308	2'28	1'2743
1'36	0'7846	1'83	1'0362	2'29	1'2795
1'37	0'7900	1'84	1'0415	2'30	1'2848
1'38	0'7954	1'85	1'0469	2'31	1'2901
1'39	0'8008	1'86	1'0522	2'32	1'2954
1'40	0'8062	1'87	1'0576	2'33	1'3006
1'41	0'8116	1'88	1'0629	2'34	1'3059
1'42	0'8170	1'89	1'0683	2'35	1'3111
1'43	0'8224	1'90	1'0736	2'36	1'3164
1'44	0'8278	1'91	1'0790	2'37	1'3216
1'45	0'8332	1'92	1'0843	2'38	1'3269
1'46	0'8386	1'93	1'0897	2'39	1'3321
1'47	0'8440	1'94	1'0951	2'40	1'3374
1'48	0'8494	1'95	1'1004	2'41	1'3427
1'49	0'8548	1'96	1'1058	2'42	1'3479
1'50	0'8602	1'97	1'1111	2'43	1'3532
1'51	0'8656	1'98	1'1164	2'44	1'3584
1'52	0'8710	1'99	1'1217	2'45	1'3637
1'53	0'8764	2'00	1'1270	3'46	1'3689
1'54	0'8818			2'47	1'3742
1'55	0'8872	2'01	1'1323	2'48	1'3794
1'56	0'8926	2'02	1'1376	2'49	1'3847
1'57	0'8980	2'03	1'1429	2'50	1'3899
1'58	0'9034	2'04	1'1481	2'51	1'3951
1'59	0'9088	2'05	1'1534	2'52	1'4004
1'60	0'9142	2'06	1'1586	2'53	1'4056
1'61	0'9195	2'07	1'1639	2'54	1'4109
1'62	0'9248	2'08	1'1691	2'55	1'4161
1'63	0'9301	2'09	1'1744	2'56	1'4213
1'64	0'9354	2'10	1'1796	2'57	1'4266
1'65	0'9407	2'11	1'1849	2'58	1'4318
1'66	0'9460	2'12	1'1902	2'59	1'4371
1'67	0'9513	2'13	1'1954	2'60	1'4423
1'68	0'9566	2'14	1'2007	2'61	1'4475
1'69	0'9619	2'15	1'2059	2'62	1'4528
1'70	0'9672	2'16	1'2112	2'63	1'4580
1'71	0'9725	2'17	1'2164	2'64	1'4632
1'72	0'9778	2'18	1'2215	2'65	1'4685
1'73	0'9831	2'19	1'2269	2'66	1'4737
1'74	0'9884	2'20	1'2322	2'67	1'4789
1'75	0'9937	2'21	1'2375	2'68	1'4842
1'76	0'9990	2'22	1'2428	2'69	1'4894
1'77	1'0043	2'23	1'2480	2'70	1'4946
1'78	1'0096	2'24	1'2533	2'71	1'4998
1'79	1'0149	2'25	1'2585	2'72	1'5051
1'80	1'0202	2'26	1'2638	2'73	1'5103
1'81	1'0255	2'27	1'2690	2'74	1'5155

Presiones en kilógramos.	Densidad y peso del m. cúbico.	Presiones en kilógramos.	Densidad y peso del m. cúbico.	Presiones en kilógramos.	Densidad y peso del m. cúbico.
2'75	1'5207	3'21	1'7582	3'68	1'9987
2'76	1'5259	3'22	1'7633	3'69	2'0038
2'77	1'5312	3'23	1'7685	3'70	2'0089
2'78	1'5364	3'24	1'7736	3'71	2'0140
2'79	1'5416	3'25	1'7787	3'72	2'0190
2'80	1'5468	3'26	1'7839	3'73	2'0241
2'81	1'5520	3'27	1'7890	3'74	2'0292
2'82	1'5572	3'28	1'7941	3'75	2'0342
2'83	1'5624	3'29	1'7993	3'76	2'0393
2'84	1'5676	3'30	1'8094	3'77	2'0444
2'85	1'5728	3'31	1'8095	3'78	2'0494
2'86	1'5780	3'32	1'8147	3'79	2'0545
2'87	1'5832	3'33	1'8198	3'80	2'0596
2'88	1'5883	3'34	1'8249	3'81	2'0646
2'89	1'5935	3'35	1'8301	3'82	2'0697
2'90	1'5987	3'36	1'8352	3'83	2'0748
2'91	1'6039	3'37	1'8403	3'84	2'0798
2'92	1'6090	3'38	1'8454	3'85	2'0849
2'93	1'6142	3'39	1'8506	3'86	2'0900
2'94	1'6193	3'40	1'8557	3'87	2'0950
2'95	1'6245	3'41	1'8608	3'88	2'1001
2'96	1'6296	3'42	1'8659	3'89	2'1052
2'97	1'6348	3'43	1'8711	3'90	2'1102
2'98	1'6399	3'44	1'8762	3'91	2'1153
2'99	1'6451	3'45	1'8813	3'92	2'1204
3'00	1'6502	3'46	1'8864	3'93	2'1254
		3'47	1'8915	3'94	2'1305
3'01	1'6554	3'48	1'8967	3'95	2'1356
3'02	1'6605	3'49	1'9018	3'96	2'1406
3'03	1'6657	3'50	1'9069	3'97	2'1457
3'04	1'6708	3'51	1'9120	3'98	2'1508
3'05	1'6760	3'52	1'9171	3'99	2'1559
3'06	1'6811	3'53	1'9222	4'00	2'1610
3'07	1'6863	3'54	1'9273		
3'08	1'6914	3'55	1'9324	4'01	2'1660
3'09	1'6966	3'56	1'9375	4'02	2'1711
3'10	1'7017	3'57	1'9426	4'03	2'1762
3'11	1'7068	3'58	1'9477	4'04	2'1812
3'12	1'7120	3'59	1'9528	4'05	2'1863
3'13	1'7171	3'60	1'9578	4'06	2'1914
3'14	1'7223	3'61	1'9630	4'07	2'1964
3'15	1'7274	3'62	1'9681	4'08	2'2015
3'16	1'7325	3'63	1'9732	4'09	2'2066
3'17	1'7377	3'64	1'9783	4'10	2'2116
3'18	1'7428	3'65	1'9834	4'11	2'2167
3'19	1'7479	3'66	1'9885	4'12	2'2218
3'20	1'7531	3'67	1'9936	4'13	2'2268

3^k 682549 presión = 2^k peso del m³

Presiones en kilógramos.	Densidad y peso del m. cúbico.	Presiones en kilógramos.	Densidad y peso del m. cúbico.	Presiones en kilógramos.	Densidad y peso del m. cúbico.
4'14	2'2319	4'61	2'4701	5'07	2'7008
4'15	2'2370	4'62	2'4751	5'08	2'7058
4'16	2'2420	4'63	2'4801	5'09	2'7108
4'17	2'2471	4'64	2'4852	5'10	2'7158
4'18	2'2522	4'65	2'4903	5'11	2'7208
4'19	2'2572	4'66	2'4953	5'12	2'7258
4'20	2'2623	4'67	2'5004	5'13	2'7308
4'21	2'2674	4'68	2'5054	5'14	2'7358
4'22	2'2724	4'69	2'5105	5'15	2'7408
4'23	2'2775	4'70	2'5156	5'16	2'2458
4'24	2'2826	4'71	2'5206	5'17	2'7508
4'25	2'2876	4'72	2'5256	5'18	2'7558
4'26	2'2927	4'73	2'5307	5'19	2'7608
4'27	2'2978	4'74	2'5357	5'20	2'7658
4'28	2'3028	4'75	2'5407	5'21	2'7708
4'29	2'3079	4'76	2'5457	5'22	2'7758
4'30	2'3130	4'77	2'5507	5'23	2'7808
4'31	2'3181	4'78	2'5557	5'24	2'7858
4'32	2'3231	4'79	2'5608	5'25	2'7908
4'33	2'3282	4'80	2'5658	5'26	2'7958
4'34	2'3333	4'81	2'5708	5'27	2'8008
4'35	2'3383	4'82	2'5758	5'28	2'8058
4'36	2'3434	4'83	2'5808	5'29	2'8108
4'37	2'3485	4'84	2'5858	5'30	2'8158
4'38	2'3535	4'85	2'5908	5'31	2'8208
4'39	2'3586	4'86	2'5958	5'32	2'8258
4'40	2'3637	4'87	2'6008	5'33	2'8308
4'41	2'3687	4'88	2'6058	5'34	2'8358
4'42	2'3738	4'89	2'6108	5'35	2'8407
4'43	2'3789	4'90	2'6158	5'36	2'8457
4'44	2'3839	4'91	2'6208	5'37	2'8507
4'45	2'3890	4'92	2'6258	5'38	2'8557
4'46	2'3941	4'93	2'6308	5'39	2'8607
4'47	2'3992	4'94	2'6358	5'40	2'8657
4'48	2'4042	4'95	2'6408	5'41	2'8706
4'49	2'4093	4'96	2'6458	5'42	2'8756
4'50	2'4144	4'97	2'6508	5'43	2'8806
4'51	2'4194	4'98	2'6558	5'44	2'8856
4'52	2'4245	4'99	2'6608	5'45	2'8906
4'53	2'4296	5'00	2'6658	5'46	2'8956
4'54	2'4346			5'47	2'9006
4'55	2'4397	5'01	2'6708	5'48	2'9056
4'56	2'4448	5'02	2'6758	5'49	2'9105
4'57	2'4498	5'03	2'6808	5'50	2'9155
4'58	2'4549	5'04	2'6858	5'51	2'9205
4'59	2'4600	5'05	2'6908	5'52	2'9255
4'60	2'4650	5'06	2'6958	5'53	2'9305

Presiones en kilógramos.	Densidad y peso del m. cúbico.	Presiones en kilógramos.	Densidad y peso del m. cúbico.	Presiones en kilógramos.	Densidad y peso del m. cúbico.
5'54	2'9354	6'05	3'1884	8'30	4'2882
5'55	2'9404	6'10	3'2132	8'35	4'3124
5'56	2'9454	6'15	3'2380	8'40	4'3366
5'57	2'9504	6'20	3'2628	8'45	4'3608
5'58	2'9553	6'25	3'2875	8'50	4'3850
5'59	2'9603	6'30	3'3122	8'55	4'4092
5'60	2'9653	6'35	3'3369	8'60	4'4334
5'61	2'9702	5'40	3'3616	8'65	4'4576
5'62	2'9752	6'45	3'3863	8'70	4'4818
5'63	2'9802	6'50	3'4110	8'75	4'5060
5'64	2'9852	6'55	3'4356	8'80	4'5301
5'65	2'9901	6'60	3'4602	8'85	4'5542
5'66	2'9951	6'65	3'4848	8'90	4'5783
5'67	3'0000	6'70	3'5094	8'95	4'6024
5'68	3'0050	6'75	3'5340	9'00	4'6265
5'69	3'0100	6'80	3'5585		
5'70	3'0150	6'85	3'5830	9'05	4'6507
5'71	3'0199	5'90	3'6075	9'10	4'6749
5'72	3'0249	6'95	3'6320	9'15	4'6991
5'73	3'0299	7'00	3'6565	9'20	4'7233
5'74	3'0348			9'25	4'7475
5'75	3'0398	7'05	3'6809	9'30	4'7716
5'76	3'0547	7'10	3'7053	9'35	4'7957
5'77	3'0497	7'15	3'7297	9'40	4'8198
5'78	3'0947	7'20	3'7541	9'45	4'8439
5'79	3'0596	7'25	3'7785	9'50	4'8680
5'80	8'0646	7'30	3'8028	9'55	4'8921
5'81	3'0696	7'35	3'8271	9'60	4'9162
5'82	3'0745	7'40	3'8514	9'65	4'9403
5'83	3'0795	7'45	3'8757	9'70	4'9644
5'84	3'0844	7'50	3'9000	9'75	4'9885
5'85	3'0894	7'55	3'9243	9'80	5'0126
5'86	3'0943	7'60	3'9486	9'85	5'0367
5'87	3'0993	7'65	3'9729	9'90	5'0608
5'88	3'1042	7'70	3'9972	9'95	5'0849
5'89	3'1092	7'75	4'0215	10'00	5'1090
5'90	3'1141	7'80	4'0458		
5'91	3'1191	7'85	4'0701	10'10	5'1570
5'92	3'1240	7'90	4'0944	10'20	5'2050
5'93	3'1290	7'95	4'1187	10'30	5'2529
5'94	3'1339	8'00	4'1430	10'40	5'3008
5'95	3'1389			10'50	5'3486
5'96	3'1438	8'05	4'1672	10'60	5'3964
5'97	3'1488	8'10	4'1914	10'70	5'4441
5'98	3'1537	8'15	4'2156	10'80	5'4918
5'99	3'1587	8'20	4'2398	10'90	5'5394
6'00	3'1636	8'25	4'2640	11'00	5'5870

Presiones en kilógramos.	Densidad y peso del m. cúbico.	Presiones en kilógramos.	Densidad y peso del m. cúbico.	Presiones en kilógramos.	Densidad y peso del m. cúbico.
11'40	5'6345	14'50	7'2413	17'90	8'8266
11'20	5'6820	14'60	7'2882	18'00	8'8729
11'30	5'7294	14'70	7'3351		
11'40	5'7768	14'80	7'3820	18'10	8'9191
11'50	5'8241	14'90	7'4289	18'20	8'9654
11'60	5'8714	15'00	7'4758	18'30	9'0116
11'70	5'9187			18'40	9'0578
11'80	5'9660	15'10	7'5226	18'50	9'1040
11'90	6'0133	15'20	7'5695	18'60	9'1502
12'00	6'0606	15'30	7'6163	18'70	9'1963
		15'40	7'6631	18'80	9'2424
12'10	6'1079	15'50	7'7099	18'90	9'2885
12'20	6'1554	15'60	7'7567	19'00	9'3346
12'30	6'2025	15'70	7'8034		
12'40	6'2498	15'80	7'8501	19'10	9'3806
12'50	6'2971	15'90	7'8968	19'20	9'4267
12'60	6'3444	16'00	7'9435	19'30	9'4727
12'70	6'3917			19'40	9'5187
12'80	6'4390	16'10	7'9901	19'50	9'5647
12'90	6'4863	16'20	8'0368	19'60	9'6107
13'00	6'5336	16'30	8'0834	19'70	9'6566
		16'40	8'1300	19'80	9'7025
13'10	6'5809	16'50	8'1766	19'90	9'7484
13'20	6'6282	16'60	8'2232	20'00	9'7943
13'30	6'6755	16'70	8'2697	20'44868	10'0000
13'40	6'7228	16'80	8'3162		
13'50	6'7701	16'90	8'3627	20'50	10'0233
13'60	6'8173	17'00	8'4092	21'00	10'2523
13'70	6'8645				
13'80	6'9117	17'10	8'4556	21'50	10'4808
13'90	6'9589	17'20	8'5021	22'00	10'7093
14'00	7'0061	17'30	8'5485		
		17'40	8'5949	22'50	10'9373
14'10	7'0532	17'50	8'6413	22'6375	11'0000
14'20	7'1003	17'60	8'6877	23'00	11'1653
14'30	7'1473	17'70	8'7340		
14'40	7'1943	17'80	9'7803	23'50	11'3928
				24'00	11'6203

Tabla de las densidades del vapor a diferentes presiones.

Presiones en kilogramos.	Densidad y peso del m. cubico.	Presiones en kilogramos.	Densidad y peso del m. cubico.	Presiones en kilogramos.	Densidad y peso del m. cubico.
0'00001	0'000115	0'44	0'2710	0'90	0'5322
0'0001	0'000100	0'45	0'2768	0'91	0'5377
0'001	0'000870	0'46	0'2826	0'92	0'5432
0'01	0'0076	0'47	0'2884	0'93	0'5487
0'02	0'0146	0'48	0'2942	0'94	0'5542
0'03	0'0214	0'49	0'3000	0'95	0'5597
0'04	0'0281	0'50	0'3058	0'96	0'5652
0'05	0'0347	0'51	0'3115	0'97	0'5707
0'06	0'0412	0'52	0'3172	0'98	0'5762
0'07	0'0477	0'53	0'3229	0'99	0'5817
0'08	0'0541	0'54	0'3286	1'00	0'5872
0'09	0'0605	0'55	0'3343		
0'10	0'0669	0'56	0'3400	1'01	0'5927
0'11	0'0732	0'57	0'3457	1'02	0'5982
0'12	0'0795	0'58	0'3514	1'03	0'6037
0'13	0'0857	0'59	0'3571	1'04	0'6092
0'14	0'0919	0'60	0'3528	1'05	0'6147
0'15	0'0981	0'61	0'3686	1'06	0'6202
0'16	0'1042	0'62	0'3744	1'07	0'6257
0'17	0'1103	0'63	0'3802	1'08	0'6312
0'18	0'1164	0'64	0'3860	1'09	0'6367
0'19	0'1225	0'65	0'3917	1'10	0'6422
0'20	0'1286	0'66	0'3974	1'11	0'6477
0'21	0'1346	0'67	0'4031	1'12	0'6532
0'22	0'1406	0'68	0'4088	1'13	0'6587
0'23	0'1466	0'69	0'4145	1'14	0'6642
0'24	0'1526	0'70	0'4202	1'15	0'6697
0'25	0'1586	0'71	0'4258	1'16	0'6752
0'26	0'1646	0'72	0'4314	1'17	0'6807
0'27	0'1706	0'73	0'4370	1'18	0'6862
0'28	0'1766	0'74	0'4426	1'19	0'6917
0'29	0'1826	0'75	0'4482	1'20	0'6972
0'30	0'1886	0'76	0'4538	1'21	0'7027
0'31	0'1945	0'77	0'4594	1'22	0'7082
0'32	0'2004	0'78	0'4650	1'23	0'7137
0'33	0'2063	0'79	0'4706	1'24	0'7192
0'34	0'2122	0'80	0'4762	1'25	0'7247
0'35	0'2181	0'81	0'4818	1'26	0'7302
0'36	0'2240	0'82	0'4874	1'27	0'7357
0'37	0'2299	0'83	0'4930	1'28	0'7412
0'38	0'2358	0'84	0'4986	1'29	0'7467
0'39	0'2417	0'85	0'5042	1'30	0'7522
0'40	0'2476	0'86	0'5098	1'31	0'7576
0'41	0'2535	0'87	0'5154	1'32	0'7630
0'42	0'2594	0'88	0'5210	1'33	0'7684
0'43	0'2652	0'89	0'5266	1'34	0'7738

Presión absoluta p' al final de la expansión en atmósferas.	Volumen específico v del vapor en metros cúbicos.	Producto de p' × v	$v = \frac{26127'34}{1000 \times p' \times v}$	V × p
4'0	0'447	1'788	14'610	58'440
4'1	0'437	1'792	14'580	59'778
4'2	0'427	1'793	14'560	61'162
4'3	0'418	1'797	14'530	62'479
4'4	0'409	1'799	14'520	63'888
4'5	0'400	1'800	14'510	65'295
4'6	0'392	1'803	14'490	66'654
4'7	0'384	1'805	14'450	67'915
4'8	0'377	1'810	14'430	69'264
4'9	0'370	1'813	14'410	70'609
5'0	0'363	1'815	14'390	71'950
5'1	0'356	1'816	14'380	73'338
5'2	0'350	1'820	14'360	74'672
5'3	0'343	1'821	14'350	76'055
5'4	0'337	1'823	14'330	77'382
5'5	0'332	1'825	14'310	78'705
5'6	0'326	1'826	14'300	80'080
5'7	0'321	1'829	14'260	81'282
5'8	0'316	1'833	14'250	82'650
5'9	0'311	1'835	14'240	84'016
6'00	0'306	1'836	14'230	85'380
6'25	0'294	1'838	14'210	88'812
6'50	0'284	1'845	14'160	92'040
6'75	0'273	1'848	14'130	95'377
7'00	0'265	1'855	14'100	98'700
7'25	0'256	1'856	14'070	100'997
7'50	0'248	1'860	14'040	105'300
7'75	0'241	1'867	13'990	108'422
8'00	0'234	1'872	13'960	111'680
8'25	0'227	1'873	13'950	114'077
8'50	0'221	1'878	13'910	118'235
8'75	0'215	1'881	13'890	121'537
9'00	0'209	1'883	13'860	124'740
9'25	0'204	1'887	13'840	128'020
9'50	0'199	1'891	13'810	131'195
9'75	0'194	1'893	13'800	134'550
10'00	0'190	1'900	13'750	137'500

EXPLICACIÓN DE LA TABLA.

La primera columna contiene la presión final absoluta de la expansión al fin de la carrera en atmósferas, medida directamente desde la curva de expansión hasta la línea de vacío absoluto, y la segunda columna contiene el peso específico correspondiente del vapor á la presión respectiva anterior.

En la tercera columna van colocados los productos de las dos respectivas cantidades anteriores.

La cuarta columna dá el valor del consumo de vapor, tal cual resulta del diágrama, en la hipótesis de que la presión media eficaz es idéntica á la final de la expansión.

En la columna quinta se representan los valores del producto del consumo anterior por la presión final de la expansión.

Para calcular la cantidad de vapor consumido por medio del diágrama y para una presión media p determinada, que difiera de la absoluta final p' , basta dividir las cifras de la quinta columna por esta presión p , resultando conforme se ha indicado ya anteriormente, el consumo en kilogramos de dicho vapor correspondiente al diágrama, por hora y caballo, sin tener en cuenta la compresión ni escapes ó pérdidas del fluido motor.

La corrección Wassington, ya hemos visto como es fácil de obtenerla luego y creemos ocioso repetirla de nuevo.

ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE EL CÁLCULO DE LAS COLUMNAS METÁLICAS (1).

Memoria leída en la Asociación de Ingenieros Industriales de Barcelona.

(Continuación.)

Tales son las fórmulas prácticas de M. Hodgkinson, empleadas con mucha frecuencia para el cálculo de las columnas de fundición. Analizando ligeramete estas fórmulas debemos manifestar, que en nuestro concepto han sido establecidas atendiendo á la resistencia á la flexión por presión longitudinal más bien que á la compresión propiamente dicha; por lo ménos, el figurar en ellas la relación del diámetro á la longitud de la columna, y

(1) Véanse los números de Octubre y Noviembre.

los límites que les asigna su autor para alturas de columna comprendidas entre 25 y 120 veces el diámetro parecen indicarlo así. Confirma aún más esta creencia el expresar M. Hodgkinson que la teoría de la que se deduce que la resistencia de las columnas es proporcional á la cuarta potencia del diámetro é inversamente proporcional al cuadrado de la altura, (que es precisamente la teoría de la flexión) no se halla confirmada por los resultados de sus experiencias. Sin embargo, debemos observar, como lo hace ya M. Morin, que el experimentador inglés se ha preocupado principalmente de la rotura y no de las flexiones contenidas en los límites de elasticidad. La teoría de la flexión por presión longitudinal hallándose fundada en hipótesis que son principalmente exactas dentro dichos límites, no es de extrañar que discrepe algo de experiencias llevadas hasta la rotura.

Lo que debemos hacer resaltar sobre todo, es que las fórmulas de Hodgkinson, sin que pueda negarse que dan resultados convenientes en la mayoría de aplicaciones, no satisfacen, sin embargo, á los fines de la enseñanza técnica, por no hallarse fundadas en un principio científico bién definido; y, por otra parte, distan mucho de ser generales, pues su empleo se halla limitado al cálculo de columnas cuya altura esté comprendida entre 25 y 120 veces el diámetro. ¿Cómo se resolverán, pues, los problemas no comprendidos dentro estos límites? ¿Deberemos acudir para ello á la teoría de la flexión ó á la de la compresión?

Fórmulas de M. Love.—El cálculo de los exponentes fraccionarios que contienen las fórmulas de Hodgkinson es un poco complicado en la práctica, siendo preciso recurrir á los logaritmos. M. Love, distinguido ingeniero inglés, en una Memoria sobre la resistencia del hierro y de la fundición, propuso fórmulas más sencillas que representan con una exactitud suficiente las experiencias de Hodgkinson y que pueden por lo tanto reemplazar á las de este. Por medio de varias combinaciones de los datos experimentales que dieron las fórmulas precedentes, M. Love ha deducido para las columnas macizas á bases planas y perpendiculares al eje:

$$\text{Para la fundición. . . } P_{kg.} = \frac{S \Omega}{1,45 + 0,00337 \left(\frac{l}{d} \right)^2}$$

$$\text{Para el hierro. . . . } P_{kg.} = \frac{S \Omega}{1,55 + 0,0005 \left(\frac{l}{d} \right)^2}$$

$P_{kg.}$ expresa la carga de rotura de la columna en kilogramos.
 S la resistencia máxima del metal á la compresión por centímetro cuadrado de superficie.

Ω el área de la sección trasversal en centímetros cuadrados.

l y d , longitud y diámetro de la columna en centímetros.

Las experiencias de M. Hodgkinson habiendo dado para el valor medio de la resistencia á la rotura por compresión:

Para la fundición... .. $S=7500$ kilóg.^s por centímetro cuadrado.

Para el hierro..... .. $S=2500$ » por id. id.,

las fórmulas anteriores se convierten, sustituyendo el valor de S :

$$\text{Para la fundición. . . } P_{kg.} = \frac{7500 \times \Omega}{1,45 + 0,00337 \left(\frac{l}{d}\right)^2}$$

$$\text{Para el hierro. } P_{kg.} = \frac{2500 \times \Omega}{1,55 + 0,0005 \left(\frac{l}{d}\right)^2}$$

Si se reemplaza el área Ω de la sección trasversal de la columna por su valor $\frac{\pi d^2}{4} = \frac{d^2}{1,273}$, las fórmulas se convierten en las siguientes:

Para la fundición:

$$P_{kg.} = \frac{7500 d^2}{1,273 \left[1,45 + 0,00337 \left(\frac{l}{d}\right)^2 \right]} = \frac{7500 d^4}{1,846 d^2 + 0,0043 l^2}$$

Para el hierro:

$$P_{kg.} = \frac{2500 d^2}{1,273 \left[1,55 + 0,0005 \left(\frac{l}{d}\right)^2 \right]} = \frac{2500 d^4}{1,973 d^2 + 0,00064 l^2}$$

Estas fórmulas podrán servir para determinar con bastante exactitud la carga P capaz de romper una columna cuya altura y diámetro se hallen determinados.

En cuanto á las fórmulas prácticas, no hay más que recordar que segun M. Hodgkinson, los valores del coeficiente de resistencia á la compresión, admisibles con seguridad son:

Para la fundición. 1250 kilog.^s por centímetro cuadrado.

Para el hierro. 600 kilog.^s por id. id.

Cuyos valores sustituidos en las fórmulas de M. Love, dan para la práctica

$$\text{Fundición. . . } P_{kg.} = \frac{1250 d^4}{1,85 d^2 + 0,0043 l^2}$$

$$\text{Hierro... } P_{\text{kg.}} = \frac{600 d^4}{1,97 d^2 + 0,00064 l^2}$$

Ejemplo 1.º Para una carga P de 16000 kilóg.^s una columna maciza de fundición de 4 metros de altura, ó sean 400 centímetros de longitud, ¿qué diámetro deberá tener?

De la fórmula anterior correspondiente á las columnas de fundición se deduce:

$$1250 d^4 = 1,85 P d^2 + 0,0043 P l^2$$

Haciendo $d^2 = \delta$ para resolver la ecuación bicuadrada tendremos:

$$1250 \delta^2 - 1,85 P \delta - 0,0043 P l^2 = 0$$

De donde:

$$\delta^2 - \frac{1,85 P}{1250} \delta - \frac{0,0043 P l^2}{1250} = 0$$

Despejando δ .

$$\delta = \frac{1,85 P}{2 \times 1250} + \sqrt{\left(\frac{1,85 P}{2 \times 1250} \right)^2 + \frac{0,0043 P l^2}{1250}}$$

Sustituyendo $\delta = d^2$ y extrayendo la raíz cuadrada será:

$$d = \sqrt{\frac{1,85 P}{2 \times 1250} + \sqrt{\left(\frac{1,85 P}{2 \times 1250} \right)^2 + \frac{0,0043 P l^2}{1250}}}$$

Haciendo en esta fórmula $P=16000\text{kg.}$; $l=400$ centí.; con arreglo á los datos del ejemplo propuesto se tendrá:

$$d = \sqrt{\frac{1,85 \times 16000}{2 \times 1250} + \sqrt{\left(\frac{1,85 \times 16000}{2 \times 1250} \right)^2 + \frac{0,0043 \times 16000 \times 160000}{1250}}}$$

Efectuando las operaciones indicadas resulta:

$$d = \sqrt{11,84 + \sqrt{8946,5846}}$$

$$d = \sqrt{11,84 + 94,58} = \sqrt{106,42}$$

Luego

$$d = 10,3 \text{ centímetros} = 103 \text{ milímetros.}$$

Las fórmulas anteriores se refieren á las columnas macizas, pero esta aplicación se extiende fácilmente á las columnas huecas, admitiendo que estas últimas tienen una resistencia proporcionada al metal que les queda; es decir, que la carga P que puede soportar una columna hueca es igual á la que podría soportar una columna maciza del mismo diámetro exterior, que supondremos fuese P'' , ménos la que soportaría una columna maciza de diámetro igual al del hueco, cuya carga llamaremos P' ; de modo que se tiene $P = P'' - P'$. Admitido esto, supongamos una columna de longitud dada l , y se quiere calcular el diámetro exterior d_0 y el diámetro d_1 del hueco que puede dársele para que resista á una carga determinada P , de un modo permanente ó en construcción.

Se empezará por fijar el diámetro exterior d_0 atendiendo á consideraciones de aspecto ó á las proporciones aparentes de la obra. Con este dato determinaremos el valor de P'' , ó sea la carga correspondiente á una columna maciza de diámetro d_0 , por la fórmula:

$$P'' = \frac{1250 d_0^4}{1,85 d_0^2 + 0,0043 l^2}$$

Conocido de este modo P'' , la ecuación $P = P'' - P'$ nos dará $P' = P'' - P$; en la que P es la carga que debe soportar la columna propuesta de fundición, y P' representa la carga correspondiente á una columna maciza de diámetro igual al del hueco. Tendremos pues ahora para determinar el diámetro d_1 del hueco, ó sea el diámetro interior de la columna, la expresion:

$$P' = \frac{1250 d_1^4}{1,85 d_1^2 + 0,0043 l^2}$$

Despejando ahora d_1 , por el procedimiento indicado anteriormente, tendremos:

$$d_1 = \sqrt[4]{\frac{1,85 P'}{2 \times 1250} + \sqrt{\left(\frac{1,85 P'}{2 \times 1250}\right)^2 + \frac{0,0043 P' l^2}{1250}}}$$

con lo cual quedará determinado el diámetro interior, ó sea del hueco de la columna, cuyo diámetro exterior d_0 se ha fijado de antemano.

Aún cuando hemos fijado á priori el diámetro exterior de la columna y hemos deducido luego el diámetro interior por el cálculo precedente, debemos observar que el resultado, conveniente bajo el punto de vista de la resistencia, puede muy bien no satisfacer á las proporciones exigidas en las fundierías para obtener una fundición homogénea é igualmente resistente. El metal líquido vertido en los moldes, va llenando el hueco comprendido entre la chapa y el noyo y forma el macizo de la columna; por consiguiente debe conservar en todo su trayecto la temperatura y fluidez necesaria. Cuanto ménos espeso sea el macizo de la columna y su longitud mayor, más pronto el metal se enfría y tiende á solidificarse; por cuyo motivo y al objeto de que la colada del molde se efectúe en buenas condiciones, los fundidores han determinado por experiencia una proporción entre la longitud y el espesor de las columnas huecas, que se halla consignada en el siguiente cuadro:

Altura de las columnas en metros.	2 ^m á 3 ^m	3 ^m á 4 ^m	4 ^m á 6 ^m	6 ^m á 8 ^m
Espesor mínimo en milímetros....	12	15	20	25

Convendrá, pues, no adoptar espesores menores que estos, en especial si las columnas deben soportar cargas algo importantes.

Si el espesor que resulta del cálculo no es el que corresponde próximamente á la altura de la columna, según los datos de la adjunta tabla, se vuelve á empezar tomando por diámetro exte-

rior d_0 un valor más pequeño, y el resultado del nuevo cálculo demostrará si este último es conveniente. En el caso de que tampoco lo fuese, con la diferencia de los diámetros y la variación hallada para el espesor en los dos tanteos, una simple proporción permitirá fijar definitivamente el diámetro exterior d_0 para un espesor satisfactorio.

2º *Ejemplo.* Una columna hueca de fundición de 5 metros de altura se halla destinada á soportar una carga de 130000 kilogramos.—Supongamos que por consideraciones de aspecto ú otras, se fija el diámetro exterior d_0 en 236 milímetros = 23,6 centímetros, y se trata de calcular el diámetro interior d_1 .

Se empezará por determinar la carga P'' que podría soportar una columna maciza del mismo diámetro d_0 , empleando la fórmula:

$$P'' = \frac{1250 d_0^4}{1,85 d_0^2 + 0,0043 l^2};$$

en la cual l y d_0 se hallan expresados en centímetros.

Sustituyendo valores resulta:

$$P'' = \frac{1250 \times 23,6^4}{1,85 \times 23,6^2 + 0,0043 \times 500^2}$$

$$P'' = \frac{1250 \times 310204,44}{1,85 \times 556,96 + 0,0043 \times 250000}$$

$$P'' = \frac{387755550}{2105,376}$$

De donde:

$$P'' = 184174 \text{ kilogramos.}$$

La diferencia entre esta carga y la que tiene que soportar la columna es:

$$P' = P'' - P = 184174 - 130000 = 54174 \text{ kilgs.}$$

Conocido este valor de P' , determinaremos el diámetro interior de la columna por la fórmula demostrada anteriormente:

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{1,85 P'}{2 \times 1250} + \sqrt{\left(\frac{1,85 P'}{2 \times 1250}\right)^2 + \frac{0,0043 P' l^2}{1250}}}$$

Sustituyendo $P' = 54174$ kilgs. y $l = 500$ centímetros será:

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{1,85 \times 54174}{2 \times 1250} + \sqrt{\left(\frac{1,85 \times 54174}{2 \times 1250}\right)^2 + \frac{0,0043 \times 54174 \times 250000}{1250}}}$$

$$d_1 = \sqrt[3]{40,08876 + \sqrt{48196,7487}}$$

$$d_1 = \sqrt[3]{40,08876 + 219,54} = \sqrt[3]{259,6287}$$

Luego:

$$d_1 = 16,11 \text{ centímetros} = 161 \text{ milímetros.}$$



Tal sería el diámetro interior de la columna según las fórmulas de Love, y como el espesor resultante $\frac{236 - 161}{2} = 37,5$ mi-

límetros, excede al valor mínimo consignado en la tabla precedente para la altura de 5 metros, resulta que las proporciones determinadas para la columna atendiendo á la resistencia, convienen igualmente bajo el punto de vista de la buena colada del molde.

Si discutimos ahora las anteriores fórmulas propuestas por M. Love para el cálculo de las columnas metálicas, reconocemos al momento la misma ó mayor vaguedad é indeterminación de principios científicos que en las indicadas anteriormente de M. Hodgkinson. La presencia en las citadas fórmulas de la relación $\frac{l}{d}$ permite suponer que han sido establecidas principal-

mente atendiendo á la resistencia á la flexión; mas este concepto resulta luego dudoso al considerar que el coeficiente S que figura en ellas es el que corresponde á la resistencia por compresión. Esta carencia de un principio científico bien definido resalta aún más si se considera que dichas fórmulas, al igual que las de M. Hodgkinson, distan mucho de ser generales; pues se hallan limitadas, según indica su autor, para alturas de columna variando entre 4 y 120 veces el diámetro para la fundición, y entre 10 y 180 veces el diámetro para el hierro forjado.

Resulta, pues, de todo lo indicado, que las fórmulas de M. Love, no obstante su popularidad y el mérito que no queremos negarles como fórmulas prácticas ó experimentales, no se hallan basadas en ningún principio concreto, y que por lo tanto no satisfacen á los fines de la enseñanza técnica, en la cual conviene mucho que la resolución de los problemas se apoye en leyes científicas y no en el empirismo de reglas prácticas.

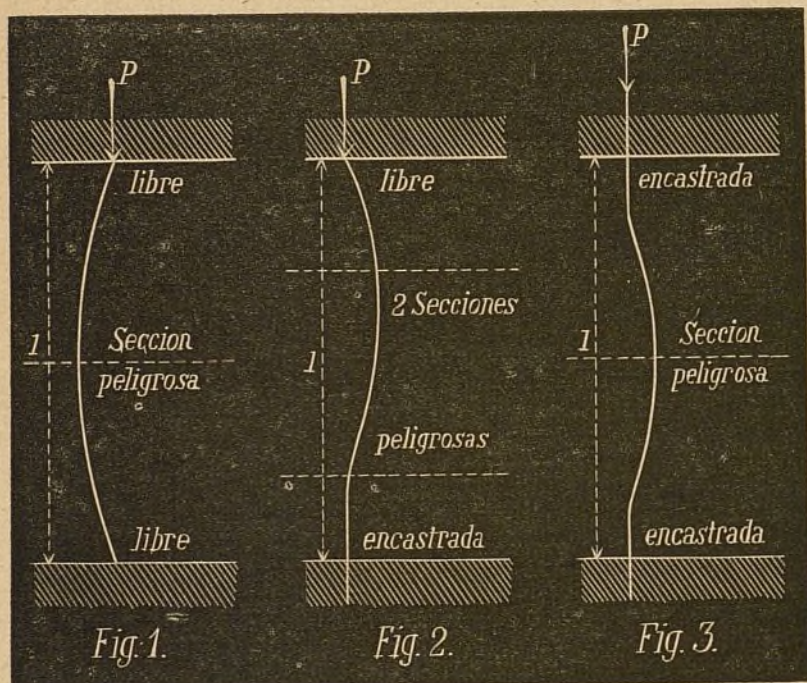
La misma indeterminación de ideas se advierte en el procedimiento que para calcular las columnas metálicas exponen algunos otros autores. Emplean estos para el cálculo de la sección de las columnas la fórmula establecida para la compresión, $\Omega = \frac{P}{S}$; pero en vez de suponer constante el coeficiente de resistencia S, lo hacen variable y dependiente de la relación $\frac{l}{d}$ de la longitud al diámetro de la columna; lo que en el fondo equivale á involucrar en la teoría de la compresión la resistencia á la flexión.

III.

Es únicamente á partir de las notables publicaciones de Redtenbacher, Reuleaux, y otros distinguidos ingenieros, que vemos introducidos los principios científicos de la resistencia de materiales en el cálculo de las columnas metálicas, en sustitución de las reglas y fórmulas empíricas hasta entonces empleadas.



Según los referidos autores, las columnas metálicas deben calcularse ordinariamente por dos procedimientos distintos, atendiendo al modo como entra en juego su resistencia: 1.º Como piezas cargadas por encima y sometidas por lo tanto á la flexión por carga longitudinal; y 2.º Considerándolas únicamente sometidas á esfuerzos de compresión. Es indudable que en la práctica deberá adoptarse la sección mayor obtenida mediante estos dos procedimientos de cálculo.



El primero de los indicados métodos lleva consigo indudablemente una cierta indeterminación, por efecto de la incertidumbre que existe acerca el modo de fijación de los extremos de la columna. En las tres disposiciones representadas en las siguientes figuras, la primera supone la columna articulada, ó mejor dicho, apoyada por sus dos extremos; en la segunda solo un extremo articulado y el otro encastrado; y, finalmente, en la tercera los dos extremos se suponen encastrados. Las mismas figuras indican para cada disposición las secciones peligrosas.

La teoría de la flexión por carga longitudinal, que se demuestra en los tratados de Resistencia de materiales, conduce á las fórmulas siguientes, que determinan las cargas P capaces de producir la rotura en cada uno de los tres casos respectivamente:

$$P = \pi^2 \frac{J E}{l^2}; \quad P = 2 \pi^2 \frac{J E}{l^2}; \quad P = 4 \pi^2 \frac{J E}{l^2},$$

en cuyas expresiones l designa la altura de la pieza, supuesta prismática ó cilíndrica, J el momento de inercia de su sección transversal, y E el coeficiente de elasticidad de la materia de que se halla formada. Nos reservamos hacer en otra ocasión algunas indicaciones en la sección de *Ciencias* acerca del método empleado para deducir dichas fórmulas; al presente, atendida la índole de este trabajo, nos limitaremos á su aplicación al caso concreto que nos ocupa. Según hemos observado al principio de esta Memoria, la experiencia ha demostrado, que una columna vertical terminada por bases de apoyo completamente planas se comporta aproximadamente como la pieza de la figura 3.^a; es decir, como si se hallase encastrada á la altura de estas bases; pero atendiendo á la incertidumbre que existe siempre acerca del modo de fijación de la columna, sobre todo en su parte superior, la supondremos, para mayor seguridad, articulada simplemente por sus dos extremos, como representa la primera disposición. Admitiendo, pues, una carga P , más débil que la correspondiente al caso primero, se obtiene una seguridad suficiente en todos los casos. Es lo que han comprobado numerosas experiencias ejecutadas en

columnas de fundición sometidas á la carga $P = \pi^2 \frac{J E}{l^2}$, en las cuales no se ha observado la más ligera deformación. Admitiremos, pues, como carga permanente un valor más débil que la que corresponde al caso 1.^o y obtendremos un grado de seguridad muy suficiente, hasta en los casos en que los dos extremos de la columna debieran considerarse simplemente articulados en una cierta medida. Adoptando, en su consecuencia, la fracción 0,4 de la carga citada tendremos:

$$P = 0,4 \pi^2 \frac{J E}{l^2} = 3,948 \frac{J E}{l^2} \dots \dots \dots (1)$$

(Se continuará.)

CRÓNICA DE LA ASOCIACIÓN.

EXTRACTO DEL ACTA DE LA SESIÓN CELEBRADA POR LA JUNTA GENERAL
EL 28 DE NOVIEMBRE DE 1885.

Presidencia del Sr. Xifra, (Vice-presidente.)

Abierta la sesión con la lectura del acta de la anterior es ésta aprobada sin discusión y por unanimidad.

Acto seguido dá cuenta el Sr. Vice-presidente de las dimisiones presentadas por D. Antonio Gonzalez Frosard y D. Miguel

Villá, el primero como vocal de la junta directiva, y el segundo como miembro de la comisión de la REVISTA.

A tenor de lo preceptuado en los artículos 13 y 14 del reglamento, procédese luego á la renovación de cargos levantándose la sesión por espacio de 5 minutos para ponerse de acuerdo sobre la elección del nuevo Presidente. Reanudada ésta y después de algunas aclaraciones á que dieron lugar los votos razonados remitidos á la presidencia por algunos señores Sócios ausentes, quedó elegido D. Luis Rouvière, presidente de la Asociación para el curso académico de 1885 á 1886.

Del mismo modo fueron elegidos D. Francisco Vila y Lletjós Vice-presidente, D. Pablo Brunet y Turné secretario, y Vocales los señores D. Gerónimo Bolibar, D. Miguel Villá y D. Juan Girona para llenar las vacantes que de dichos cargos dejan los Sres. D. Narciso Xifra, D. Raymundo Balet, D. Antonio Gonzalez, D. Mariano Font y D. José Piñol.

Quedó, pues, constituida la Junta directiva para el año académico de 1885 á 1886 del modo siguiente:

<i>Presidente:</i>	D. Luis Rouvière.
<i>Vice-presidente:</i>	D. Francisco Vila y Lletjós.
<i>Secretario:</i>	D. Pablo Brunet y Turné.
<i>Vice-secretaria:</i>	D. José Durán y Ventosa,
	D. Camilo Catalán, <i>tesorero</i> .
	D. Miguel Villá, <i>bibliotecario</i> .
<i>Vocales:</i>	D. Gerónimo Bolivar.
	D. Pedro Pella y Forgas.
	D. Juan Girona.

Suspendióse por tercera vez la sesión para ponerse de acuerdo sobre los individuos que han de llenar las vacantes que en la Comisión de redacción de la Revista dejan los señores D. Miguel Villá, D. José Puig y Moré, D. Luis Canalda, D. Ramón Ferrán y D. Gabriel Boada. Reanudada ésta, resultaron elegidos los señores Gonzalez y Balet, y reelegidos los señores Ferrán, Boada y Canalda.

Después de ligeras discusiones sobre la elección de la comisión de corrección de estilo, quedó reelegida la del año anterior.

Y no habiendo más asuntos de que tratar, levantóse la sesión.

El Secretario general,
RAYMUNDO BALET.