

REVISTA TECNOLÓGICO INDUSTRIAL

PUBLICACIÓN MENSUAL

DE LA

ASOCIACIÓN DE INGENIEROS INDUSTRIALES

DE

BARCELONA.

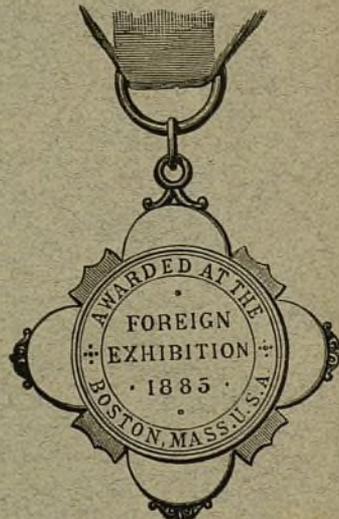
Premiada con MEDALLA DE ORO en la Exposición Universal de Barcelona de 1888 y en la de Boston de 1883; con medalla de plata en la de Paris de 1889, y con mención honorífica en la de Filadelfia de 1887.



Año 13.

Septiembre 1890

Núm. 9



BARCELONA.

LA REDACCIÓN Y ADMINISTRACIÓN EN EL LOCAL DE LA ASOCIACIÓN
PLAZA DE SANTA ANA, NUMERO 4, PISO 2.º

Ayuntamiento de Madrid

REVISTA TECNOLÓGICO INDUSTRIAL.

Organo oficial de la Asociación de Ingenieros Industriales
DE BARCELONA.

Revista mensual de ciencias é industrias. Se ocupa ed los principales adelantos de todos los ramos de la física, de la mecánica, de la química y de las matemáticas; da 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 la industria de este país.

Precios de suscripción:

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

UN NÚMERO SUELTO 1 PÈSETA.

SE ADMITEN ANUNCIOS A LOS PRECIOS SIGUIENTES:

Anuncios de página entera (trimestre)	60 pesetas.
“ de nueve décimos de página (trimestre)	54 “
“ de ocho “ “ “	48 “
“ de siete “ “ “	42 “
“ de seis “ “ “	36 “
“ de cinco “ “ “	30 “
“ de cuatro “ “ “	24 “
“ de tres “ “ “	18 “
“ de dos “ “ “	12 “
“ de un “ “ “	8 “

Los señores suscriptores á la REVISTA TECNOLÓGICO INDUSTRIAL, tienen derecho de rebaja de un 25 por 100 sobre estos precios, y los señores socios un 50 por 100, satisfaciendo á prorrata el valor que corresponda para cualquier número de décimos de página.

Para los asuntos de Redacción, dirigirse á la comisión de Redacción de la Revista.

Para los asuntos de Administración dirigirse á la secretaria de la Asociación

Plaza de Santa Ana, 4, 2.º

JONH BROWN & C.^o LIMITED

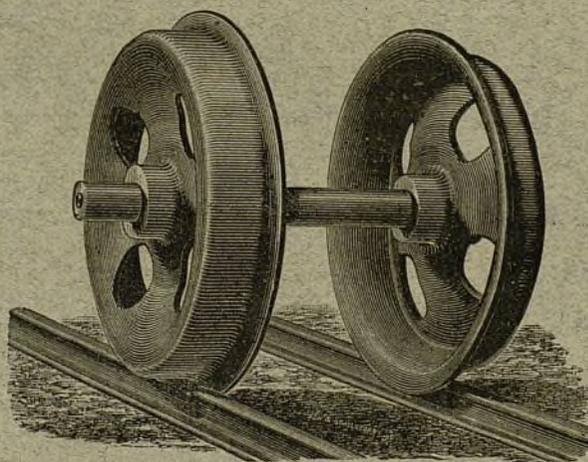
ATLAS STEEL & IRON WORKS—SHEFFIELD

Representante en España: **L. Maresch**, Barcelona, 36, Mercaders

Acero Bessemer, Siemens, fundido y demás clases. Hierros y aceros en barras laminadas y amartilladas. Planchas de hierro y acero para buques y calderas. Planchas Compound para blindajes. Hélices, árboles motores y toda clase de piezas forjadas, en bruto y labradas. Rails, muelles y llantas de acero. Topes y ruedas para locomotoras y wagones. Cilindros, ejes rectos y acodados para buques y locomotoras, etc., etc.

ESPECIALIDAD EN

RUEDAS DE UNA PIEZA



DE ACERO FORJADO

PATENTE «EYRE»

El empleo de estas ruedas en wagonetas, trucks y coches es muy ventajoso para minas y tranvías; al par que muy ligeras son de gran resistencia y duración por formar el cubo y llanta una sola pieza sin soldadura con el cuerpo de las mismas, quedando por lo tanto exentas de roturas.

Estas ruedas pueden montarse libres en sus ejes ó fijas en los mismos, los cuales pueden adaptarse para cojinetes interiores ó exteriores á las ruedas.

Ayuntamiento de Madrid

DISPONIBLE

CONSTRUCCIONES É INDUSTRIAS RURALES

por el Ingeniero Industrial D. José Bayer y Bosch : obra muy útil á los propietarios rurales y á cuantas personas se dediquen á trabajos de campo. De venta el Primer Tomo en las principales librerías y en esta administración al precio de 5 Pesetas.

El Maquinista Naval

Obra especial y utilísima que, publicada por el Ingeniero mecánico, Jefe de construcciones para la marina en LA MAQUINISTA TERRESTRE Y MARÍTIMA de Barcelona, Perito mecánico de este puerto y Experto del Véritas internacional

D. JUAN A. MOLINAS

compendia los conocimientos teórico-prácticos exigidos por el Gobierno para adquirir los títulos de Segundo y Primer maquinista de los buques del comercio.

La segunda edición de dicha obra, cuya primera mereció Medalla de Plata en la Exposición Universal de Barcelona, ha sido convenientemente ampliada con el brillante informe pedido á la Directiva de la «Asociación de Ingenieros industriales de Barcelona,» y con las Reales órdenes hasta la fecha publicadas, referentas al citado personal de maquinistas.

Véndese en casa del Autor—Bonayre, 5, 2.º, Establecimiento tipográfico municipal Arco del Teatro, 16; Librería de Niubó, Espadería; Viuda de José Rosell, Plaza Palacio, y en esta Administración, al precio de 7 pesetas ejemplar.

LA MAQUINISTA TERRESTRE Y MARITIMA

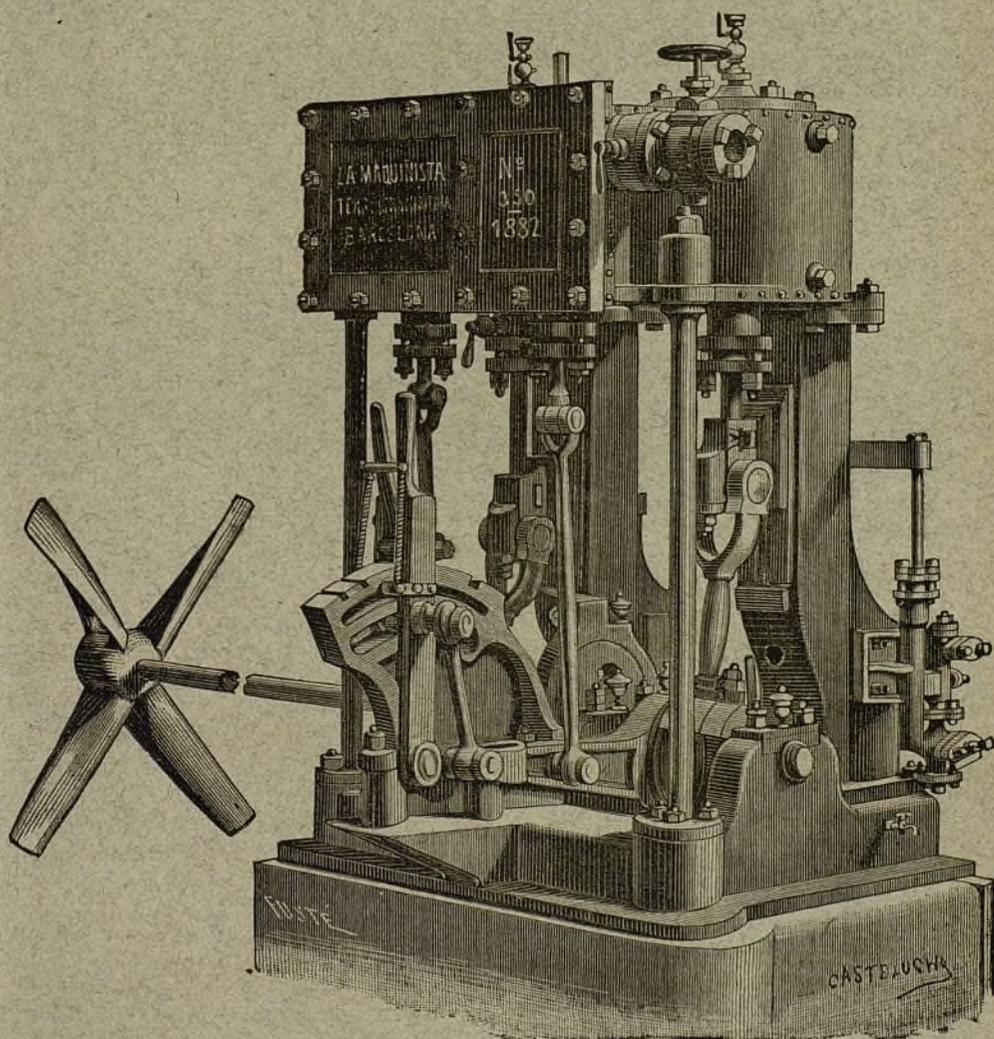
BARCELONA

TALLERES DE CONSTRUCCIÓN.— BARCELONETA

Máquinas de vapor fijas, semifijas y portátiles.—Máquinas para extracción y desgüe de minas

—Máquinas para la marina.—Generadores de vapor.

—Buques de hierro y acero.—Trabajos de calderería.—Hierro forjado de todas dimensiones



Locomotoras y material fijo para ferro-carriles.—Construcciones metálicas.
—Puentes y armaduras.—Mercados públicos.—Motores hidráulicos.—Transmisiones
de movimiento.—Fundición de hierro y bronce.—Proyectos industriales.

Ayuntamiento de Madrid

VALLS HERMANOS

INGENIEROS-CONSTRUCTORES

Premiados con 18 medallas de ORO, PLATA y diplomas de progreso por sus especialidades.

**TALLERES DE FUNDICIÓN DE HIERRO, BRONCE
Y DE CONSTRUCCION DE MÁQUINAS**

CASA FUNDADA EN 1854

BARCELONA — 19, Calle de Campo Sagrado, 19 — BARCELONA

Ensanche (Ronda de San Pablo); entre las calles de la Cera y de San Pablo

INGENIERO-DIRECTOR: D. AGUSTÍN VALLS Y BERGÉS

Máquinas de vapor de mediana y alta presión.—Turbinas del sistema Moreno perfeccionadas.—Motores á gas.—Prensas hidráulicas para el aceite de aceituna, etc., etc.—Prensas de todas clases, de palanca sencilla y palanca múltiple y de engranajes para el vino, aceite ú otros usos.—Máquinas y cilindros para triturar la aceituna, etc., etc.—Juegos de molinos con piedras y rulos para moler aceitunas, etc., etc.—Prensas para la fabricación de fideos y pastas para sopa calentando la campana ú olla á fuego directo, agua caliente ó por vapor.—Máquinas y aparatos para amasar, ó fresar y picar la masa para la fabricación de fideos, movidas por caballería ú otro motor.—Máquinas para picar la masa con el plato giratorio, rulo fijo, nuevo modelo.—Bombas y norias perfeccionadas, para la elevación de aguas y para riegos.—Molinos harineros y demás clases.—Cilindros, mezcladores, batidores y demás aparatos de varias dimensiones para la fabricación del chocolate.—Prensas hidráulicas para enfardar, encuadernación y paquetería.—Prensas para losetas y mosaicos hidráulicos.—Cortadores y volantes de todas clases para sorpresas y otras aplicaciones.—Guillotinas de todas dimensiones para cortar papel y muestrarios de ropas.—Trasmisiones de movimiento y embarrados.—Fuentes monumentales de todas clases.—Construcciones artísticas é industriales, públicas ó particulares.—Columnas, jácenas, pelmodos, vigas, balustres, rejas, etc., etc., etc., y demás trabajos de fundición para obras, según modelo, etc.

Casa especial en la construcción de prensas hidráulicas y de las de sistema dinámico para todas las industrias y aplicaciones agrícolas.

Dirección telegráfica: **VALLS**, Campo Sagrado, **BARCELONA**.—Teléfono núm, 595

DISPONIBLE

BREVETS D'INVENTION

(France Etranger)

Marques de Fabrique, Procès en contrefaçon, etc.

CASALONGA

Ingénieur-Conseil (depuis 1867)

PARIS

15, RUE DES HALLES, 15

PROPRE-DIRECTEUR (DEPUIS 1878) DU JOURNAL (25 FR. PAR AN) LA

Chronique Industrielle

DESSINS & GRAVURES SUR BOIS. CLICHÉS

Guides de l'Inventeur en chaque pays (2 fr. par Guide)

EL INDICADOR DE PRESIONES

POR EL INGENIERO INDUSTRIAL

D. JUAN A. MOLINAS

De reconocida utilidad para Ingenieros, Constructores de máquinas de vapor, Jefes de taller y Maquinistas.

Forma un esmerado volumen con grabados intercalados en el texto, y véndese en esta administración al precio de Pesetas 3'50.

Revista Tecnológico-Industrial

Los señores socios y suscritores que deseen poseer la colección completa de esta REVISTA, hallarán en la Administración de la misma, Plaza de Santa Ana, 4, números sueltos y tomos encuadernados en rústica, al precio de una peseta el primero y doce pesetas los segundos. Se mandarán por correo á todo aquel que acompañe al pedido de cualquiera de ellos, su importe en sellos de franqueo, libranzas del giro mútuo ó en cualquiera otra forma convenida en el comercio.

ELEMENTOS DE ELECTRO DINÁMICA INDUSTRIAL

por D. FRANCISCO DE P. ROJAS

Esta obra conviene especialmente á los Ingenieros que desean ponerse al corriente de lo más esencial y necesario relativamente á las aplicaciones eléctricas. Su lectura debe preceder á la de todo estudio profundo de la electricidad, porque allana y facilita extraordinariamente el camino, con una exposición sencilla y clara con imágenes y analogías familiares á toda clase de ingenieros, y con figuras esquemáticas, que son el único modo de representación que conviene á los aparatos eléctricos.—Los Ingenieros no sacarán partido alguno de la lectura de obras francesas llenas de inútiles clichés, y propias solamente para explotar la credulidad de las personas que se interesen en el estudio de las aplicaciones eléctricas. Son libros hechos para los editores y autores, no para lectores, que al acabar el libro saben lo mismo que antes de empezarlo.

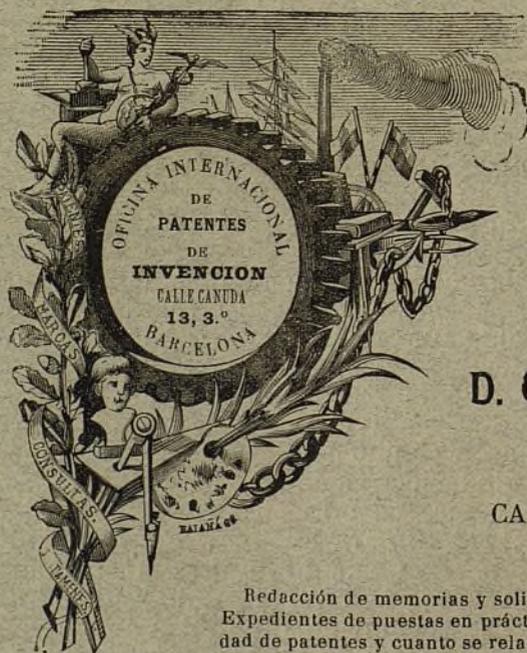
Se halla de venta en la Administración de la revista *Industria é Invenciones* Canuda, 13, 3.º, Barcelona. Teléfono, 1.048, y en Madrid, librería de Fé, Carrera de San Gerónimo, y librería de Guttenberg, Príncipe, 14.

COLECCIÓN LEGISLATIVA

REFERENTE Á LOS

INGENIEROS INDUSTRIALES

Comprende todo lo legislado respecto á los Ingenieros Industriales desde la creación de la carrera, forma un tomo de 260 páginas encuadernado en rústica y se vende en esta Administración al precio de 3 pesetas ejemplar.



PATENTES DE INVENCION

Y
MARCAS DE FÁBRICA Y DE COMERCIO

OFICINA INTERNACIONAL

BAJO LA DIRECCIÓN DE

D. GERÓNIMO BOLIBAR

INGENIERO INDUSTRIAL

CANUDA, 13, 3.º, BARCELONA.

Redacción de memorias y solicitudes.—Planos.—Pago de anualidades.—Expedientes de puestas 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.

BARCELONA.—Establecimiento tipográfico de Pedro Ortega, calle del Palau, núm. 4.

REVISTA TECNOLÓGICO-INDUSTRIAL

PUBLICADA POR LA

ASOCIACIÓN DE INGENIEROS INDUSTRIALES.

Barcelona Septiembre de 1890

SUMARIO

Trasporte y refino del petróleo, por Herbert Tweddle Jun. (*continuación*).—Forma racional de los cuchillos de armadura, por Robert H. Graham.—Teoría de la máquina de vapor (*continuación*).—Noticias.

TRASPORTE Y REFINO DEL PETROLEO

por HERBERT TWEDDLE, Jun.

(*Continuación.*)

Con el agua se obtienen los hidro-carbuos más lijeros, generalmente llamados bencina; estos alcanzan un peso específico desde 84° Baumé los más lijeros que contiene el petróleo de Pensylvania hasta 58° Baumé. Estos aceites se conducen al primer tanque receptor y cuando la graduación Baumé baja de los 58° (0,753 sp. gr.) se dirige el aceite al segundo tanque receptor; este es el destilado de que se obtiene el aceite ordinario para quemar, y constituye la mayor proporción del producto destilado; varía de 3 p. $\%$ en los aceites oxidados de mayor peso á 30 p. $\%$ en el petróleo de Baku y á 75 p. $\%$ en el de Pensylvania.

Después que la gravedad del destilado ha caído bajo gravedades de 42° á 36° Baumé, la destilación se para, ó bien el aceite que se obtiene se recibe separadamente de las dos primeras en un tercer tanque; esta parte del producto de destilación se conoce, como ya hemos dicho antes, con el nombre de «segundo destilado ó aceite del suelo».

Terminada la destilación se apagan los fuegos, se descarga el residuo de brea y esto concluido, el alambique queda dispuesto para una

nueva carga. El tiempo que dura toda la operación es alrededor de sesenta horas; pero en Baku donde se usan pequeños alambiques y donde se obtiene destilada una pequeña parte de su contenido, estos aparatos funcionan varias veces diariamente.

El procedimiento de destilación puede continuarse sin embargo hasta que no se obtiene más aceite. Este modo de tratar el petróleo se conoce bajo el nombre de «coknig» y puesto que se necesita una temperatura mucho más alta; es inútil observar que destruye mucho más los alambiques.

Daré solo los resultados de una destilación que he practicado personalmente en la refinería Tamau hace algunos años. Tal vez sean interesantes por la calidad del aceite que se sometió á la esperiencia, pues creo es la única vez que se ha tratado en esa forma.

El aceite usado era espeso, oscuro, una sustancia pegajosa conocida en la localidad con el nombre de «Illsky pesado», su gravedad era 12° Baumé (0,986 sp. gr.) y la cantidad tratada fué 17 toneladas.

(peso específico.)

La destilación duró 36 horas y los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Agua	10 p ^o / _o
Destilado	62 p ^o / _o
Coke	20 p ^o / _o
Pérdida	8

La gravedad del destilado era 34°, su color un rojo oscuro, y exhalaba un olor muy desagradable. El coke era poroso y se asemejaba en su textura á la piedra pomez; era muy duro y de un color negro lustroso; su fractura era semejante á la del vidrio y su peso específico 0,95. Se usó en la forja de un herrero con resultados admirables, pues no se pegaba ni se fundía, y se parecía al coke ordinario en el modo de quemarse. En un pequeño recipiente colocado entre la caja separadora del gas y la caja receptora, se recogieron unas 40 libras de «petrosene».

De los tanques receptores el destilado es conducido al agitador, un tanque circular con fondo cónico; está construido con palastro de calderas y forrado con plomo.

Entonces se le mezcla con ácido sulfúrico de 66° Baumé (1,767 peso específico) forzando este con aire comprimido; la cantidad de ácido varía con el peso específico del aceite y oscila entre $\frac{3}{4}$ y 2 y $\frac{1}{2}$ p^o/_o.

La mezcla del aceite y del ácido se agita por medio de una poderosa tobera lanzando aire comprimido.

La acción del ácido sulfúrico en el destilado, es precipitar todos los hidro-carbuos más pesados, de modo que terminada la agitación, el petróleo es algo más ligero que antes, y el aceite que antes era de un ligero color amarillo, queda trasparente é incoloro. Se deja entonces que el ácido vaya al fondo, y se separa este con el grifo que hay en la parte

más baja. El aceite se lava entonces bien con agua, y después que ésta se ha dejado ir al fondo y se ha separado con el grifo, se mezcla con sosa bien cáustica y se agita del mismo modo que con el ácido; se deja reposar, se separa la sosa y después de dejar reposar al petróleo solo por algunas horas, se encuentra éste dispuesto para envasarlo y para llevarlo á bordo.

Hay una pequeña diferencia entre las gravedades del petróleo americano y el de Baku, siendo el primero ligeramente menos pesado. No entraré aquí á discutir cual de estos aceites es superior al otro, todo lo que diré es que en mis experiencias el aceite ordinario americano dá mejor luz que el ordinario ruso; pero en cambio, este último, siendo más pesado, se quema más despacio y si está bien preparado resiste una prueba al fuego más avanzada.

La manufactura de los aceites de lubricación es un procedimiento semejante al seguido para los aceites que se han de quemar, excepto que los aparatos empleados son generalmente más pequeños. Como se ha introducido últimamente en Baku un nuevo procedimiento para obtener el ácido sulfúrico tan necesario en el refinó del petróleo, por M. J. J. Thyss, y, lo que es más importante, como este procedimiento funciona satisfactoriamente, puede interesar un ligero bosquejo de él.

El ácido sulfúrico procedente de la combustión del azufre ó de piritas, junto con los vapores de ácido nítrico resultantes de la acción de ácido sulfúrico concentrado en nitrato de sosa, pasa á dos grandes cámaras de plomo, construidas como las ordinarias y dispuestas del mismo modo. De estas cámaras se conducen los gases por medio del tiro forzado á través de una serie de columnas derechas en las que se colocan cierto número de planchas de plomo superpuestas. Estas planchas de plomo están perforadas por cierto número de pequeños agujeros á través de los cuales el tiro forzado arrastra los gases; por este medio se efectúa un íntimo contacto entre estos gases, del cual resulta la combinación. Se introduce vapor por entre estas columnas por algunos «exhausten» de los Sres. Koerting, los cuales producen un tiro muy eficaz.

La ventaja notada en este sistema es que se ahorra con él un gran espacio de cámaras. Se me ha dicho que en general un metro cúbico de cámara dá por día de 24 horas 1 k.'8 de ácido sulfúrico de 1,842 peso específico y con el «tour» de Glower y Gay Lussac, la producción es 2 kilos, mientras con el sistema Thyss, los 850 metros cúbicos de las dos grandes cámaras producen 1275 kilogramos de ácido á 66° Baumé, y las seis columnas que miden juntas 33 metros cúbicos, producen 5600 kilogramos de ácido, ó sea un total de 6875 kilogramos de ácido á 66° Baumé, lo que para 888 metros cúbicos, alcanza una producción de 7'74 kilogramos de ácido por metro cúbico de capacidad.

La mayor parte del aceite refinado en Baku se embarca desde allí en conjunto. Se han construido vapores de tipos especiales para el tras-

porte del petróleo en grandes cantidades. Muchos de ellos se han construido en Suecia. Transportan 800 toneladas de petróleo en tanques provistos de los aparatos apropiados para permitir el escape de gas. Los mayores de estos buques en el Caspio, tienen sobre 250 piés largo por 25 de ancho, y cuando están cargados, su calado es de 11 piés, pudiendo marchar á 9 kuots (nudos de 1800 metros) por hora, pero en el mar negro se han empleado algunos buques mayores que estos. Los tanques se llenan en cinco horas por un tubo de 6 pulgadas de diámetro y pueden descargarse en el mismo tiempo por medio de bombas de vapor que van á bordo, así que el gasto de carga y descarga está reducido al minimum. El combustible usado por estos barcos consiste enteramente en el residuo de las destilaciones, que en Baku casi no tiene valor, de modo que el coste de propulsión de los buques es muy pequeño.

Estos vapores trasportan el petróleo desde Baku hasta los bajos de la desembocadura del Volga, unas 400 millas de distancia, invirtiendo en ida y vuelta cinco días. Desde ese punto es embarcado en buques de poco calado por el Volga arriba hasta Tzaritzin donde hay grandes tanques de depósito, y desde donde se distribuye por toda Rusia ó se expide al extranjero sobre railes en wagones cisternas. Estos últimos son del mismo modelo que los usados por algún tiempo en América. El camino fluvial del Volga es excelente, pero tiene la gran desventaja de ser impracticable desde Noviembre hasta Abril por las obstrucciones del hielo que lo intercepta, de modo que durante casi medio año todo el capital invertido en el negocio queda ocioso, y por lo tanto el petróleo de Baku principia á explotarse con gran desventaja para competir con el de América,

El transporte verificado por el ferro-carril de Baku-Batoum ha sido un auxilio muy flojo para Baku, pues en principio de este año solo tiene 750 wagones cisternas. Estos wagones pueden contener 13 toneladas cada uno y cuentan que pueden hacer tres viajes redondos por mes; pero esto no está de acuerdo con la estadística del camino, pues el transporte fué

	Gallons.
En los últimos 6 meses de 1883 de . . .	12.000.000
y en todo el año de 1884 de	27.988.000
Total	<u>39.988.000</u>

ó digamos 40 millones de gallons.

Se añade que luego tendrá el camino 3000 wagones cisternas, pero cuando lleguen á este número, el ferro-carril no podrá bastar para el transporte de cantidades suficientes á alimentar los mercados europeos, por su longitud y por sus rampas. Este ferro-carril es de una sola vía, y su longitud total es de unas 550 millas. Hay una divisoria en mitad de él entre Tiflis y Batoum de 3027 piés de elevación. Esta parte tiene

una fuerte rampa, como puede juzgarse por el hecho de que son necesarias dos dobles locomotoras Fairlie para arrastrar 8 coches de viajeros en la subida. Se habla de construir un tunel para hacer más fácil y corto el paso; pero aunque esto se realizara, el precio de transporte desde Baku á Batoum no bajaría mucho de 15 copecks por pood, ó sobre 18 chelines por tonelada (más que importa el flete de Batoum á Inglaterra).

Tal vez antes de dejar Baku hagamos bien en considerar el aspecto financiero del negocio del petróleo, ya que se han propalado muchas novelas extraordinarias acerca de la riqueza de este país. La industria petrolera de Baku ha estado por muchos años y continúa aún bajo una nube financiera, y aunque el petróleo crudo es notablemente barato, las dificultades y gastos de su exportación á los mercados han sido tan grandes, que muchos refinadores encontraban muy difícil el atar los cabos, como se dice vulgarmente, y muchos de ellos han sucumbido en competencias ruinosas.

Ahora que se han introducido métodos de transporte más apropiados, tal vez pueda esperar Baku un futuro algo más claro; pero como ya he dicho, el camino actual *vía* del Volga, está cerrado por cerca seis meses al año, y no es práctico el transporte de petróleo por largas distancias sobre railes, por la simple razón de que el mismo artículo americano es demasiado barato en Europa para permitir al aceite ruso que pague esos fuertes trasportes desde Baku.

Respecto á si el negocio del petróleo prospera ó no al presente en Baku, es una cuestión sobre la que los productores y refinadores de Baku se muestran extremadamente reservados; pero no es difícil deducir de los hechos conocidos conclusiones de una corrección aproximada. Principiemos con la perforación de los pozos y observemos los gastos de la producción y de la exportación. Si la producción total de petróleo en la península de Apsheron se divide por el número de pozos existente, encontramos que la producción media está muy por debajo de 1.000.000 de poods para cada pozo, pero tomemos esta cifra como un término medio.

El coste medio de perforar un pozo, incluyendo el de extraer con las bombas sus productos, es de unos 15.000 rublos. Si dividimos esta cifra por el número de poods producido, encontraremos que el coste de un pood de aceite es 1 $\frac{1}{2}$ copecks (poco menos de 2 chelines por tonelada). Hemos de preveer una pérdida al menos de 12 á 15 por 100 por evaporación y escapes en la superficie, pues casi todo el aceite se maneja de un modo muy tosco y á menudo se deposita en charcas abiertas.

El precio actual del aceite crudo en Baku es 2 $\frac{1}{2}$ copecks, de modo que el beneficio y el coste son como sigue:

	Rublos.
880.000 poods de aceite á 2 ½ copecks	22.000
Coste de perforación y extracción	15.000
Beneficio	7.000

Importante unas 700 libras.

Esto es en verdad un pequeño margen para que los productores se aventuren á trabajar, considerando el riesgo á que exponen su capital y el coste de los terrenos, que puede valuarse en el 20 al 30 por 100 de los beneficios.

El petróleo crudo se transporta de Balakhany á Baku por líneas de tubería, y el coste por lanzarlo á través esta distancia es nominalmente un copeck por pood. Desde luego resulta algo más barato á los refinadores que poseen líneas propias; pero es el precio cargado á los extraños que no tienen líneas de su propiedad. De este modo el petróleo crudo cuesta al refinador 3 ½ copecks por pood, entregado en sus establecimientos, y el coste de refinar petróleo en Baku, incluyendo el de ácido y alcali, no puede estimarse en menos que cinco copecks por pood, y valuando en 30 por 100 la merma del destilado, encontramos que el coste de producción de un pood de aceite refinado es como sigue:

	Copecks.
3 ½ poods de aceite crudo á 3 ½ copecks.	12 ¼
Coste de refinado	5
Coste de un pood de refinado	17 ¼

El precio actual del petróleo refinado en Baku es 17 á 18 copecks, de modo que el beneficio del refinador por sus aceites destinados á arder puede decirse que es *nulo*, pero cubre sus gastos.

De los 3 y ½ poods de aceite crudo se extrae un pood de aceite propio para ser quemado; un pood del residuo se quema bajo el alambique ó la caldera durante el procedimiento del refinado, así que queda un pood y medio de «astatki» ó residuo, del cual el refinador ha de sacar un beneficio. El precio del «astatki» hoy en Baku, es 4 coopecks por pood, de modo que el refinador debería realizar una ganancia de casi dos coopecks por pood (ó unos dos chelines ó 6 peniques por tonelada) sobre cada pood de aceite crudo que pasa por sus alambiques. Pero surge otra dificultad, el mercado para el astatki es muy restringido, como se vé por las inmensas cantidades que se desechan.

Si este residuo pudiera colocarse á bordo por unos 15 copecks el pood (ó de 18 á 19 chelines la tonelada) tendría gran salida en el mercado, pues enseguida reemplazaría al carbón como combustible para los buques en el Mediterráneo y en el este, pero al presente se quema principalmente en el mar Caspio, ó se envía á Rusia, mientras otra parte se consume para obtener aceites de lubricación; y esta clase de aceites rusos pierde gradualmente el favor de los mercados europeos,

por la razón de que todos estos aceites, ó al menos todos los que en Rusia se han producido hasta ahora, tienen la propiedad de ser oxidantes y de apegarse, por manera que los compradores vuelven á favorecer los aceites americanos que años atrás dejaron por los rusos. El precio del petróleo refinado en Batoum, varía de 33 á 40 copecks el pood, resultando el mismo que tiene el americano en New-York; de modo que cuando se proporcionen facilidades para el transporte en gran escala del aceite ruso, los dos se encontrarán en condiciones casi iguales en Europa, con tal que Rusia no grave los suyos con un derecho de exportación.

Que las regiones petroleras de Baku llegarían á ser importantes en un futuro próximo, es incontestable, y lo necesario para operar este cambio es encontrar el medio de poner grandes cantidades de petróleo en la costa del mar Negro de una manera económica. Para ello sólo hay uno práctico, que es la construcción de una línea de tubería de gran diámetro desde Baku á Petrofsk en el mar Caspio, á Poti ó Sukum en el mar Negro.

En 1877 se proyectó y trazó una línea por un americano, quien fué el primer autor de la línea de tubería desde las regiones petroleras de Pennsylvania á Pittsburg en 1861 y 1862, y tenía una gran experiencia en esta industria. El gobierno ruso se resistió á dar la concesión, y los capitalistas, que se apresuraban á construir la línea, retiraron su pretensión. Esta línea debía establecerse de Baku á Poti, una distancia de 500 millas próximamente, y su coste se estimaba en 1,500.000 libras. La capacidad de transporte de la misma debía ser de 25.000 barrels al día.

En 1882 el mismo señor proyectó una segunda línea que permitiera el transporte á Rusia ó al extranjero durante todo el año; la longitud de esta era solo de 350 millas. Principiaba en el Caspio cerca de Petrovsk, y atravesaba el ferro-carril en Procladni, cerca de Vladicaucase, desde cuyo punto el aceite podía trasportarse á Rusia en cualquier época del año. La línea pasaba después sobre el valle del rio Backsau, utilizando la energía siempre disponible de sus caídas de agua para elevar el aceite por una serie de turbinas á una altura de 12.000 piés próximamente, desde la cual descendía impulsado solo por la gravedad, en toda la distancia hasta Sukum en la costa del mar Negro.

La capacidad de esta línea debía ser de 60.000 barrels por día.

Cualquiera de estas líneas hubiera levantado el comercio del petróleo de Rusia hasta nivelar, si no sobrepujar el desarrollo del americano; pero todos los negocios que en Rusia prometen beneficios comerciales al país, son allá contrariados.

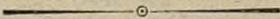
Por una línea de capacidad moderada podría trasportarse el petróleo del mar Caspio al mar Negro, mediante un gasto de 7 copeks por pood (8 chelines y 6 peniques por tonelada.) Requeriría esto el estableci-

miento de refinerías modernas en la costa del mar Negro y las correspondientes líneas de vapores-tanques para trasportar los productos á los mercados europeos y orientales; la baratura con que podrían venderse esos productos escluiría en adelante toda competencia de parte de los americanos.

Durante los dos años últimos ha surgido un nuevo factor que no debe pasar por alto á los que se ocupan en proyectos de líneas de tubería entre el mar Caspio y el mar Negro. A juicio del autor de este artículo, antes que los capitalistas comprometan en ellos su dinero calcularán las probabilidades de un posible desarrollo en breve tiempo de la explotación de los ricos depósitos de petróleo tan cerca de las costas, no solo en el Cáucaso, en el Kuban y en el valle Rion; sino en Egipto, Arabia, Persia, y en la India inglesa. Esas largas líneas de tubería en el Cáucaso constituirían por completo un fracaso y una pérdida, si las otras explotaciones se desarrollaran con éxito.

El coste de las líneas de tubería y de la maquinaria usada en la explotación del petróleo es en Rusia próximamente doble que en América, pues los derechos de importación suben tanto como el valor del material, de modo que el comercio ruso está demasiado gravado para competir con el americano en buenas condiciones. El aceite crudo se explota con ventaja en América vendiéndolo á 60 ú 80 centavos el barrel; este aceite dá 75 por 100 de petróleo para arder, 15 por 100 de bencina, y 4 por 100 de otros productos que tienen precio, y con cinco líneas ya amortizadas de las regiones petroleras al mar, el aceite puede colocarse en la costa por unos 5 á 6 centavos el barrel.

En Baku el aceite crudo puede obtenerse por 10 centavos barrel y podría trasportarse al mar Negro por 20 centavos más, pero este petróleo daría solo 30 por 100 de aceite para arder; el resto, esto es, el 65 por 100 sería *astatki*, que se vendería fácilmente á unos 75 centavos barrel ó 20 chelines tonelada, el precio del carbón. Pero temo que esos tiempos felices en que pueda comprarse el petróleo á tales precios en el mar Negro, están en un futuro muy remoto, porque no es necesario invertir menos de dos millones de libras en líneas de tubería y otras instalaciones complementarias, para que lleguen, si es que el petróleo ha de venir de las regiones de Baku.



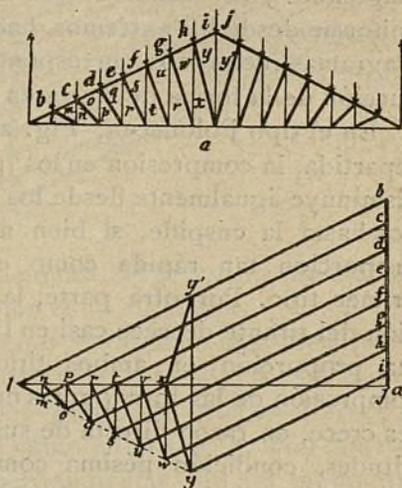
FORMA RACIONAL DE LOS CUCHILLOS DE ARMADURA

POR ROBERT H. GRAHAM. (1)

En un reciente folleto (2) D. Joaquín Arájol, ingeniero mecánico español, trata de determinar la forma más racional de los cuchillos de hierro para cubiertas, estableciendo fundadamente que la mera reducción del peso propio del cuchillo no da por resultado una economía en el coste total de la estructura. Por ejemplo, un cuchillo circular muy ligero sin tirante, tal cual lo usó M. de Dion en la Exposición de París de 1878, puede originar la construcción de estribos ó refuerzos en los apoyos para resistir el empuje del arco, estribos ó refuerzos cuyo aumento de coste hay que comprender en el precio de la cubierta.

La elección de un tipo particular de cuchillo depende de gran variedad de circunstancias. En primer lugar, no queda duda de que está la cuestión de economía, pero en determinados casos hay que sacrificarla á consideraciones de conveniencia ó

Fig. 1.



(1) Por más que conceptuamos sumamente honroso para nuestra carrera el que la distinguida revista técnica *The Engineer* se haya ocupado con relativa extensión del trabajo que sobre un tema de tanta importancia y actualidad como es la determinación de la forma más racional para los Cuchillos de Armadura, desarrolló nuestro compañero Sr. Arájol en el Congreso de Ingeniería, acaso no publicaríamos la presente traducción, puesto que la REVISTA TECNOLÓGICO INDUSTRIAL insertó íntegra la Memoria, Conclusiones y Discusión resultante, en sus números correspondientes al último trimestre del año próximo pasado, á no mediar dos circunstancias.

Es la primera que Mr. Graham, al extractar el trabajo del Sr. Arájol y emitir un juicio crítico del mismo, se extiende en algunas consideraciones interesantes, y es la segunda que de otro modo tal vez sería difícil á aquellos de nuestros lectores que no tengan á mano el número de *The Engineer* de 16 de Mayo del corriente año en que se encuentra el presente artículo, el hacerse bien cargo de las observaciones contenidas en la contestación que el Sr. Arájol ha dirigido á *The Engineer*, contestación que oportunamente publicaremos.—(N. de la R.)

(2) «Forma racional de los cuchillos de armadura,» por D. Joaquín Arájol, Barcelona, 1889. Imprenta de Pedro Ortega, calle del Palau, 4.

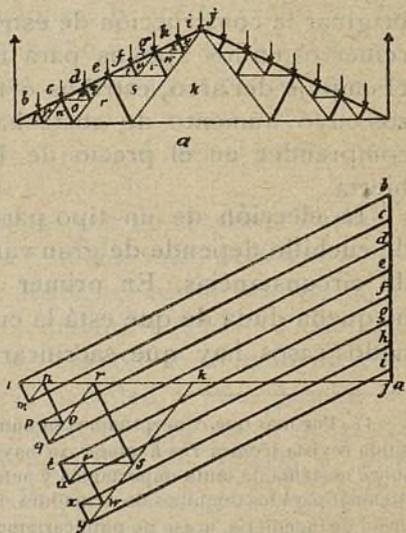
de efecto. En el folleto arriba citado, el Sr. Arájol reduce su estudio á cuatro tipos, á saber: el que él llama «Inglés», Fig. 1; el «Polonceau», Fig. 2; el parabólico, Fig. 3; y por último un tipo, Fig. 4, muy parecido al parabólico, al cual llama «Racional», cuya invención pretende.

El llamado tipo Inglés es el antiguo é histórico cuchillo de madera muy en boga antes del advenimiento de los cuchillos de hierro y de acero, pero que no representa ya la vasta variedad de cuchillos empleados actualmente por los constructores ingleses. Como se vé por los diagramas recíprocos que se acompañan correspondientes á cargas uniformes, la compresión de los pares en este cuchillo decrece desde los apoyos hácia la cúspide. Asimismo, la tracción del tirante disminuye desde los extremos hasta el centro; mientras que la compresión en las diagonales y la tensión en los tirantes verticales crecen con la carga uniforme desde los extremos hacia el centro del cuchillo, siendo los diagramas recíprocos correspondientes á dicha carga la exacta reproducción de la forma de sierra en el mismo cuchillo.

En el tipo Polonceau, Fig. 2, sometido á una carga uniformemente repartida, la compresión en los pares disminuye igualmente desde los apoyos hasta la cúspide, si bien no en proporción tan rápida como en el primer tipo. Por otra parte, la tracción del tirante decrece casi en la misma proporción en ambos tipos; la compresión de las tornapuntas normales crece, en razón directa de sus longitudes, condición pésima común á los cuchillos Polonceau y de madera; la máxima tracción en los tirantillos horizontales se produce en las barras *st* señaladas entre estas dos letras; finalmente, los esfuerzos en los tirantes oblicuos aumentan á la vez hacia el centro y hacia la cúspide.

Con motivo de explicar la generación del tipo parabólico, el Sr. Arájol recuerda la teoría de las vigas formadas por dos largueros, uno recto y otro parabólico, según la cual la componente horizontal de los esfuerzos en los largueros es constante para la carga uniforme, de tal modo, que los brazos sirven tan sólo para transmitir el peso de uno á otro vértice y evitar flexiones, ó llevar verticalmente los esfuerzos debidos á la acción eventual de las cargas no uniformes del viento ó de la nieve. Este tipo especial de cuchillo viene representado en la Fig. 3, formando la cuerda inferior un polígono que tiene sus vértices en una pa-

Fig. 2.

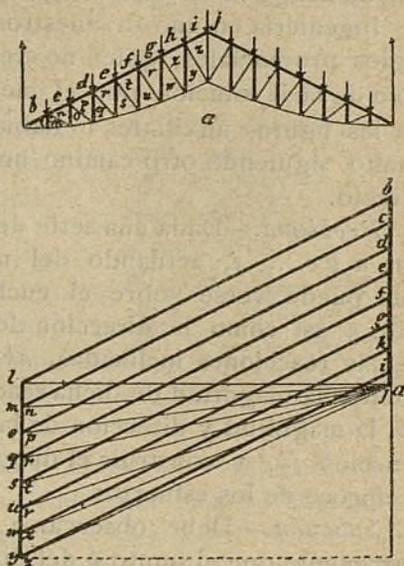


rábola cuyas ordenadas son los montantes verticales. La ordenada central, igual á la altura del cuchillo, es en este caso 0'1325 de la luz, relación que nos permite encontrar la ecuación de la curva parabólica envolvente de los extremos inferiores de los montantes. La compresión en los pares es constante é igual al valor máximo en los tipos de madera y Polonceau para la misma carga uniformemente repartida resultante del peso propio. El Sr. Arájol, sin embargo, arguye que siendo la sección del par generalmente uniforme en toda su longitud para soportar el máximo esfuerzo, no resulta pérdida de material por este motivo. Cada montante soporta un esfuerzo igual al peso que obra directamente sobre él, excepto para el elemento central, que está sujeto á una tracción igual á $\frac{14}{15}$ de la carga entera. La construcción del tipo «racional», Fig. 4, está descrita por el Sr. Arájol en términos cuya traducción es la siguiente:

«Desde el centro de cada par del tipo parabólico imaginemos una perpendicular qr prolongada hasta cortar la correspondiente cuerda parabólica (1); desde cada uno de ambos puntos de intersección continuemos la cuerda, no parabólicamente como en la Fig. 3, sino simétricamente con respecto á la antedicha perpendicular, de tal modo que ambas cuerdas vengan á encontrarse en la cúspide, y por fin unamos ambos puntos por medio de un tirante, completando con los brazos la triangulación, según puede verse.»

En la práctica el Sr. Arájol hace la normal central de cada par igual á la décima parte de la luz, y sustituye la parábola por un arco de círculo que pasa por el extremo inferior de la normal qr , por la junta de la cúspide y por el apoyo respectivo. La construcción gráfica del diagrama recíproco no necesita descripción, excepto para uno ó dos puntos. Nuestro autor resuelve la junta de cierre $pqrsk$ (ó junta entre T_3 y T_4 , Fig. 10 del texto original) haciendo una sección vertical cerca de la cúspide, y encontrando los momentos de las fuerzas comprendidas entre esta sección y el apoyo izquierdo relativamente á dicha cúspide. Así determina los esfuerzos ka por un procedimiento independiente. La di-

Fig. 3.



(1) Yo he arreglado estas figuras y modificado un tanto la algo complicada colocación de las letras adoptada por el Sr. Arájol.

ficultad podría haber sido vencida empleando medios puramente gráficos, para cuya explicación voy á resolver un ejemplo similar, Fig. 5, que me fué enviado en otoño de 1886 por un amigo mío, entonces profesor de Ingeniería en uno de nuestros colegios provinciales, quien no creyéndolo de fácil solución por el método de las figuras auxiliares lo había resuelto siguiendo otro camino no tan directo.

Problema.—Dada una série de cargas $a b c \dots j$, actuando del modo que puede verse sobre el cuchillo, Fig. 5, así como la dirección de una de las reacciones inclinadas, ak ; encontrar la magnitud de dicha reacción ak , la magnitud y dirección de la otra reacción jk , y construir el diagrama recíproco de los esfuerzos.

Solución.—Debe observarse primeramente que el punto p del diagrama recíproco, Fig. 6, debe estar en la dirección indefinida del par, línea $e p'$.

Por consiguiente, partiendo de cualquier punto p' de esta línea, trácese la línea de esfuerzo indefinida $p' x'$ paralela á la barra $p x$, y complétese el polígono auxiliar de esfuerzos $p' o' n' m' l' x'$ observando que los puntos $l' n'$ y o' deben caer sobre la correspondiente dirección de los esfuerzos del par, mientras que m' debe caer sobre la línea $p' x'$. De un modo parecido, tomando cualquier punto q' sobre $f' q'$, línea de esfuerzos del par, constrúyase el polígono auxiliar $q' r' s' t' v' x''$. De consiguiente, si las líneas $x' x$ y $x'' x$ han sido trazadas paralelas á las líneas de esfuerzo respectivas de los pares, deben encontrarse en x , punto recíproco del espacio x en el cuchillo. Asimismo, la línea $x k$ trazada desde x paralela á la barra $x k$ debe encontrar la dirección dada ak en k , punto que unido con j completa el polígono de esfuerzos, determina ambas reacciones, y si es preciso nos da el medio de construir el resto del diagrama por las reglas ordinarias. Pero esto no es menester, porque puede observarse que los esfuerzos obtenidos en el polígono auxiliar son los reales producidos

Fig. 4.

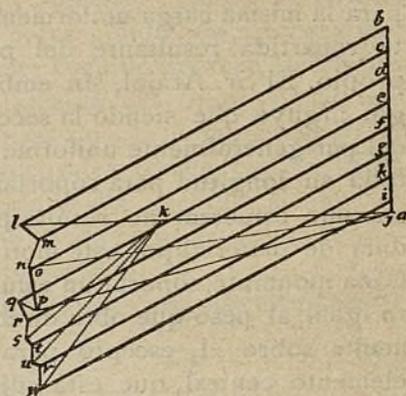
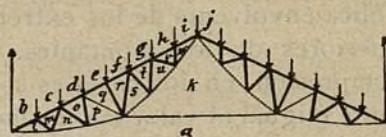
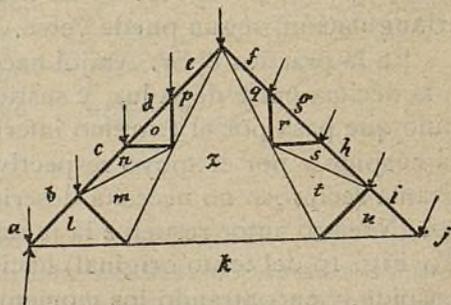


Fig. 5.



en el cuchillo, con excepción de los esfuerzos del par, que sobrepujan de la cantidad $x x'$ para todos los de la parte inferior, y de la cantidad $x x''$ para todos los de la parte superior del polígono. Los esfuerzos en las barras lk y kv son respectivamente iguales á $kx + l'x'$ y á $kx + v'x''$. Aunque comuniqué esta solución á vuelta de correo á mi consultante en 1886, la publico ahora por primera vez.

Multiplicando la longitud de cada barra por el esfuerzo resultante en ella y dando á la compresión la parte que corresponde, prosigue el Sr. Arájol la comparación de los cuatro tipos entre sí bajo el punto de vista económico. Los detalles de estos cálculos son completos, pero nada contienen excepcionalmente nuevo. De ellos resulta para las expresiones numéricas que representan los pesos comparativos de los tipos

«Inglés», «Polonceau», parabólico y «racional» respectivamente 58,176, 53.003, 50.325 y 50.605. Estas cifras están empero basadas en el supuesto de que los pares en sus diversas partes son de sección uniforme, como generalmente sucede en la práctica para luces moderadas. Pero si los cuchillos están dispuestos con arreglo á la estricta teoría, los cuatro tipos son tan aproximadamente como es posible iguales con respecto á la economía. La elección del más conveniente depende entonces de otras consideraciones independientes de la cuestión económica.

Siendo el asunto de que ahora debemos ocuparnos, la acción del viento, objeto de general interés, será útil dar á conocer brevemente la práctica española sobre el particular, tal cual la presenta el Sr. Arájol en su folleto:—«Supongamos que el viento obra directamente y con su máximum de fuerza sobre la vertiente izquierda, Fig. 7. Como el

cuchillo debe hallarse en condiciones de soportar el viento sobre cualquiera de sus vertientes, siendo simétrico en la forma debe serlo también en su resistencia, resultado que conseguiremos disponiendo el cuchillo de modo que cada miembro pueda resistir

el máximum de esfuerzo que sobre él ó su simétrico obre, ya sea tracción, ya compresión. Este procedimiento equivale á determinar los esfuerzos que pueden sobrevenir á cada miembro, considerando que el viento actúe primero sobre la vertiente izquierda y después sobre la derecha.

Fig. 6.

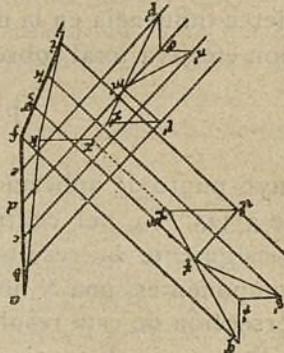
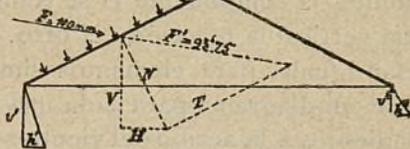


Fig. 7.



»Supongamos que la presión total del viento F , Fig. 7, dirigida sobre la vertiente izquierda sea igual á la unidad y esté representada por una longitud de 100 m/m . Puesto que hay ocho porciones de par, la carga sobre cada vértice será $f = \frac{100}{8} = 12'50$, incluyendo las cargas en la cúspide y en el apoyo. Pero como la mitad de esta última no ejerce influencia en la distribución de los esfuerzos, resulta que la presión efectiva total sobre el lado del par considerado es

$$F' = \left(\frac{7}{8} + \frac{1}{16} \right) F = 93'75$$

cuyo punto de aplicación encuéntrase en x , á una distancia horizontal de $3'333 \text{ m/m}$ del centro del par. Cada una de las cargas f , y por consiguiente la resultante F' de ellas, puede descomponerse en dos componentes, una N normal, y otra T paralela al par. El punto de intersección de esta resultante con la línea horizontal que une los apoyos, hállese á una distancia $0'3337$ de la luz S , á contar desde el apoyo izquierdo, y á $0'6663$ S del apoyo de la derecha, distancias que son inversamente proporcionales á las componentes verticales de las respectivas reacciones. La componente vertical N de la presión normal del viento es

$$V = 0'4950 F.$$

Por lo tanto las componentes verticales de las reacciones en los apoyos son respectivamente:

$$v' = 0'6663 V = 0'3298 F.$$

$$v'' = 0'3337 V = 0'1652 F.$$

Falta determinar en qué proporción la componente horizontal

$$H = 0'2475 F$$

está repartida entre ambos apoyos. El abordar esta cuestión en toda su generalidad y con precisión matemática, sería tarea complicadísima. Si uno tan solo de los dos apoyos ofreciese resistencia á las acciones horizontales, la componente H se transmitiría íntegra sobre este apoyo y sería vertical la reacción del otro. En este caso, como los resultados no serían iguales para elementos simétricos del cuchillo, fuera menester trazar un diagrama para cada una de las dos hipótesis posibles correspondientes á la acción del viento sobre cada semi-cuchillo. Parece natural que la componente horizontal en cada apoyo sea proporcional á la componente vertical. Mas como esta depende asimismo de la carga permanente y de la accidental producida por la nieve, no existe relación constante entre las componentes verticales y horizontales de las reacciones de los apoyos. Consideraremos, pues, la componente horizontal H repartida por igual entre dichos apoyos. El error cometido en esta

hipótesis es insignificante comparado con el que cometen muchos autores que solo tienen en cuenta la componente vertical.»

El curioso aserto contenido en el extracto que antecede, «es natural suponer que la componente horizontal es proporcional á la componente vertical de la presión del viento en los apoyos» sería tan solo cierto en el caso muy restringido de que la resistencia de los apoyos á la presión lateral del viento fuera tan solo debida al frotamiento. Cuando no es así, ó cuando el pié del cuchillo está fijado sobre placas de asiento, ó cuando el frotamiento debido á las componentes verticales de la carga y del viento en ambos apoyos escede (como invariablemente tiene lugar) la mitad de la componente horizontal de la presión del viento, la componente vertical no producirá efecto alguno sobre la componente horizontal; porque de acuerdo con la segunda ley del movimiento de Newton, «el cambio de movimiento es proporcional á la acción de la fuerza y tiene lugar en la dirección misma de la línea recta en que la fuerza actúa.» Por lo tanto el Sr. Arájol hizo bien en rechazar dicha «natural suposición», aún cuando las razones que aduce no son del todo satisfactorias ni concluyentes.

Suponiendo que el viento actúa según un ángulo de 10 grados con el horizonte, descomponiendo la presión de aquel en una normal y una paralela á la dirección del par, y repartiendo la componente horizontal de dicha presión del viento en partes iguales entre los dos apoyos, el Sr. Arájol está de acuerdo con la práctica seguida en el antiguo continente y con las opiniones expresadas en una série de artículos sobre armaduras y puentes que yo publiqué en *The Engineer* en el año 1883. Otra teoría de la presión del viento, debida á Hutton, presupone que el viento ondea contra la cubierta, produciendo una resultante normal al par. Hutton fué el primero que midió experimentalmente la componente horizontal de la presión del viento; y admitiendo que fuera vertical la otra componente dedujo la resultante normal de la presión. Esta teoría puede reclamar la distinción de su origen puramente inglés, de ser relativamente más segura (aunque aparentemente menos correcta) que el método continental y de haber sido adoptada por muchos de los hombres más inteligentes de este país. No puede negarse, sin embargo, que el primer método es el que actualmente está más en boga y de moda en el mundo de la Ingeniería.

El Sr. Arájol desarrolló su tema «Forma racional de los cuchillos de Armadura» en una de las sesiones del Congreso internacional de Ingeniería, celebrado en Barcelona durante la Exposición del año pasado. A continuación, el Sr. Torras, autor del cuchillo parabólico, Fig. 10, que cubría un edificio de la Exposición, puso en duda la originalidad del tipo racional; es indudable que tipos muy parecidos á este pueden encontrarse en los tratados que se ocupan de la materia y en muchas construcciones existentes. Al propio tiempo es bueno recordar que peque-

ñisimos cambios en la forma general y en la triangulación interior pueden dar origen á grandes variaciones en la clase é importancia de los esfuerzos de los miembros. En su corroboración, el cuchillo Francés representado en la Fig. 8, posee el distintivo racional, propiedad de tener la cúspide, el extremo inferior de la normal central y la base del par, puntos 1 3' 5' respectivamente, en la circunferencia de un círculo. Este tipo difiere del «racional» en que la longitud de la normal central es la sexta parte en vez de ser el décimo, de la luz, por cuyo motivo los vértices 2 y 4 no se encuentran en la circunferencia que pasa por 1 3' 5'.

Es, sin embargo, notable coincidencia que si la longitud de la normal central de este cuchillo, cuyas proporciones he tomado de la obra de M. Levy, fuese reducida al décimo de la luz, sus vértices 1 2 3 4 y 5 estarían sobre la circunferencia de círculo descrita desde el centro C'. Entonces el cuchillo resulta «racional» en el sentido estricto de la palabra, tal como la emplea el Sr. Arájol, quien también recomienda que el elemento extremo *al* se haga horizontal siempre que sea posible; pero en el presente caso tal condición sería perjudicial á la simetría del par, sin obtenerse compensación adecuada. Para la comparación he dibujado el diagrama recíproco de las mitades del cuchillo original y racionalizado: la mitad inferior del diagrama, Fig. 9, lleva letras mayúsculas y representa los esfuerzos en el cuchillo original, y la mitad de la parte superior del mismo diagrama lleva letras minúsculas é indica los esfuerzos en el cuchillo «racionalizado».

Con objeto de evitar la dificultad del cierre según la junta *cMNOPd* en la construcción del diagrama recíproco, Mr. Levy recurre al análisis. El procedimiento gráfico directo es mucho más sencillo. Habiendo llegado sin interrupción al punto N, trácese la línea indefinida NO paralela á la barra NO del cuchillo. Entonces desde cualquier punto P', trácese las líneas P'Q' paralela á PQ, P'O' paralela á PO, y Q'O' paralela á QO. Las líneas P'O' y Q'O' se cortan en O', y trazando desde este punto la línea

Fig. 8.

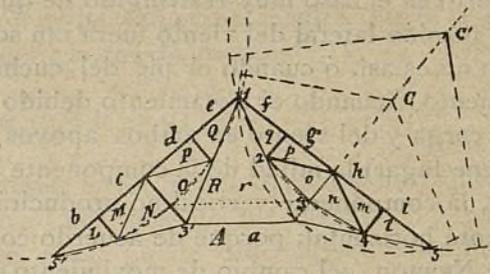
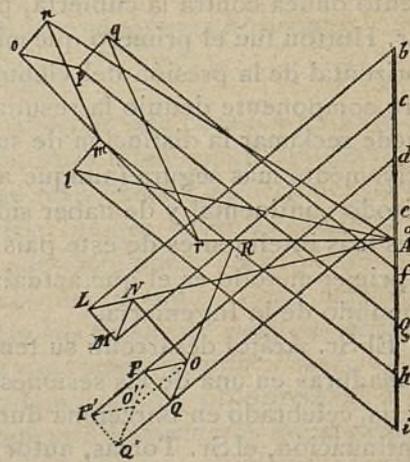


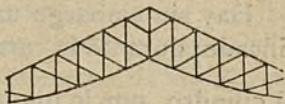
Fig. 9.



OO' paralela á la dirección del par, encontrará á la línea ilimitada NO previamente trazada, en el punto O deseado, recíproco del punto O del espacio. En este caso de distribución uniforme, como los puntos LMPQ encuéntranse en la misma línea recta, presenta el problema fácil solución.

Ahora examinemos qué cambio de esfuerzos ha emanado de la «racionalización» de estos cuchillos. Se verá comparando las longitudes de las barras similarmente señaladas en ambas mitades del diagrama, Fig. 9, que los esfuerzos de los pares son del mismo signo y prácticamente de igual intensidad en ambos tipos. Los esfuerzos en las tornapuntas cortas LM y PQ, y la tensión de los tirantes AL y *al* permanecen invariables. Pero la similitud de esfuerzos en ambos cuchillos termina; puesto que puede observarse que las tensiones iguales MN y OP se transforman en compresiones *mn* y *op* de magnitud mucho mayor, mientras que la compresión central ON se ha convertido en una tracción igual á la mitad de la compresión primitiva. Con excepción de AL que permanece invariable, todas las tracciones de la cuerda del cuchillo, así como del tirante central AR han aumentado considerablemente de valor absoluto. Sin embargo, puesto que la economía se mide por el producto del esfuerzo en sentido de la longitud, salvo la parte reducible correspondiente á la compresión, toda reducción en la longitud de las varias barras del cuchillo propende á favorecer la forma racionalizada. Pero en el presente caso esta reducción es comparativamente insignificante, porque mientras las longitudes de las normales centrales y de las cuerdas que van á los apoyos y á la cúspide quedan apenas reducidas, la longitud del tirante central aumenta, permaneciendo invariable la longitud de los demás elementos.

Fig. 10.



Juzgado por consiguiente según la escasa economía y en el supuesto de la resistencia á la carga uniforme, el tipo original puede tomar la precedencia. Pero teniendo en cuenta las presiones accidentales del viento y de la nieve y que la larga é inestable tornapunta ON se ha convertido en un corto y estable tirante, es posible que los hombres prácticos prefirieran la forma «racionalizada.» Las opiniones pueden diferir y diferirán respecto las propiedades estéticas de ambos tipos. Los que tengan cierto sentimiento artístico considerarán que la elegante curva del nuevo tipo puede producir más hermoso efecto que las líneas rectas del antiguo; otros, más inclinados al sentimiento matemático, se pronunciarán probablemente en favor de las proporciones iguales del original y contra la excesiva desenvoltura de los cuchillos reformados.

El Sr. Arájol merece ser felicitado por la claridad con que propaga sus puntos de vista, así como por el criterio que manifiesta adaptando á la práctica los resultados que se desprenden como ciertos de la investigación científica.

TEORÍA DE LA MAQUINA DE VAPOR

(Continuación)

Al considerar ahora este procedimiento, nos damos cuenta de que la libra de agua vaporizada en la carrera ascendente del pistón no es la condensada en su carrera de descenso, y así si deseamos aplicar un procedimiento cíclico á esa libra de fluido debemos notar que hay un intervalo entre la vaporización y la condensación; pero esto no afectará en modo alguno nuestros resultados, porque durante ese intervalo se encuentra en un estado inerte, no dando ni recibiendo calor ni trabajo, sino simplemente siendo empujada por otro vapor á lo largo del tubo de toma y del cilindro. Desde luego si consideramos al efecto ejercido sobre ella por las superficies metálicas no será verdad que se encuentre en un estado inerte, pero omitimos expresamente ese efecto. Lo que aquí consideramos es los efectos que tienen lugar dependientes de la conversión del calor en trabajo. Los otros efectos deben tenerse en cuenta uno por uno cuando les llegue la vez.

Hay sin embargo una pequeña aparente diferencia en el trabajo verificado; durante la carrera ascensional una libra de vapor es empujada al cilindro, por lo que el pistón sube no $\frac{v-0,016}{A}$, sino $\frac{v}{A}$ pies, y el trabajo verificado es $(P-P_0) A$ libras $\times \frac{V}{A}$ pies, pero debemos observar ahora que es preciso hacer funcionar la bomba D, con lo cual se vuelve á la caldera exactamente una libra de agua por carrera, empujándola contra una presión $P-P_0$ libras por pié cuadrado, por lo que esto absorbe $(P-P_0) (0,016)$ pies libras de trabajo, dando el mismo trabajo útil que antes. El calor aplicado ha gastado también, durante una porción de tiempo con un intervalo en él, porque una libra de agua á t_0° , ha entrado en la caldera y casi repentinamente se ha elevado á t° , esto es, ha tomado $h-h_0$ unidades termales, pero no toma el resto L hasta que se ha vaporizado, lo que respecto á esta libra de agua especial puede tardar algún tiempo; sin embargo, toma el calor antes de convertirse enteramente en vapor y así no tendremos cuenta de los intervalos en el procedimiento.

La mayor eficiencia posible en la máquina sin expansión es por lo tanto
$$\frac{(P-P_0) v}{772 (H-h_0)}$$
 suprimiendo el 0,016 porque el trabajo de la

bomba de alimentación nunca se descuenta en la práctica de la máquina; ahora, esto constituye una muy pequeña eficiencia, menos que el 7 p^o/₁₀₀ para una presión de 60 libras en la caldera, y aun tendríamos que disminuirla en previsión de la caída de presión en el tubo de toma de la contra-presión mayor que P₀ etc., así nuestra eficiencia verdadera sería menor, pudiendo representarla por $\frac{(P' - P_b) v}{772 (H - h_0)}$ donde P' es menor

que P y P_b, la contra-presión mayor que P₀. Preguntándonos ahora la razón de tan escaso resultado, no necesitamos buscar la contestación muy lejos; gastamos más de 90 p^o/₁₀₀ de nuestro calor en trabajo interno durante la vaporización, y todo él lo lanzamos al agua de condensación; si pues pudiésemos conseguir la utilización de alguna parte de esa energía interna convirtiéndola en trabajo externo ganaríamos mucho, é intentando esto llegamos á la máquina de expansión en la cuál separamos es vapor de todo contacto con el manantial de calor y le permitimos rendir algo de su energía interna por la expansión, en la que verifica un trabajo externo. Necesitamos pues estudiar en seguida el comportamiento del vapor aislado del manantial de calor y puesto en condiciones de expandirse.

Tenemos aquí que proponernos dos cuestiones: Primera, dada la curva de expansión hallar el calor necesario; ó segunda, para una cantidad dada de calor hallar la curva de expansión resultante; la primera, es la más sencilla y la consideraremos antes; es además el caso más frecuente, ya que los diagramas obtenidos por los indicadores nos dan la curva de expansión. Antes, sin embargo, de considerar curva alguna trazada por los indicadores, para mayor sencillez y más claridad, consideremos curvas especiales de expansión sin tener en cuenta si proceden ó no de los indicadores. Antes también que esas curvas, tomaremos la de saturación, y no hay que figurarse por esto que vamos á retractarnos de nuestra aserción primera, consistente en que la curva de saturación, como curva, no tiene nada que ver con la expansión. Esto es exacto,

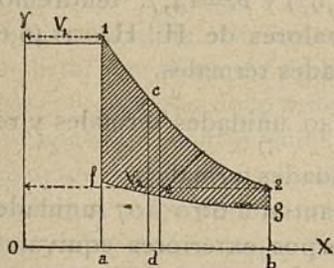


Fig. 10.—(Calor aplicado en sombra).

pero si encerramos una libra de vapor en un recipiente y aplicándole calor le hacemos expandirse de modo que siempre esté saturado, entonces sus cambios de presión y de volumen nos serán dados por la curva de saturación, que es, por lo tanto, su curva de expansión en este caso particular.

En la figura 10, entonces se expande una libra de vapor de 1 á 2; siendo el volumen *v* en cualquier punto, el correspondiente á la presión *p*. Tenemos ahora nuestra ecuación

$$\begin{aligned} \text{Calor aplicado} &= \text{trabajo interno} + \text{trabajo externo.} \\ &= I_2 - I_1 + \text{ic2ba.} \end{aligned}$$

Ahora, para I_1 , é I_2 tenemos

$$I_2 = I \text{ de agua á } 32^\circ + H_2 - P_2 v_2,$$

Porque es lo que encontraríamos si hubiésemos formado el vapor en 2 á la presión constante P_2 , y aplicamos nuestro principio que es el mismo para cualquier procedimiento

$$I_1 = I \text{ de agua á } 32^\circ + H_1 - P_1 v_1$$

$$I_2 - I_1 = H_2 - H_1 + P_1 v_1 - P_2 v_2$$

Vimos también que la ecuación de la curva es $Pv^{1,0646} = 479$, de donde se prueba fácilmente por la geometría que el área *ic2ba* es

$$\text{área} = \int_{v_1}^{v_2} P dv, P = 479 v^{-1,0646}; \text{ área} = 749 \int_{v_1}^{v_2-1,0646} \frac{v^{-1,0646}}{v} dv = 749 \frac{v_1^{-0,0646} - v_2^{-0,0646}}{0,0646}$$

pero

$$\frac{v^{-0,0646}}{v} = v^{-1,0646} \times v \text{ luego } 749 \frac{v^{-0,0646}}{0,0646} = \frac{Pv}{0,0646} \text{ y } \text{área} = \frac{P_1 v_1 - P_2 v_2}{0,0646}$$

$\frac{P_1 v_1 - P_2 v_2}{0,0646}$, y combinando estos resultados tenemos:

$$\text{Calor aplicado} = H_2 - H_1 + (P_1 v_1 - P_2 v_2) \left(1 + \frac{1}{0,0646} \right).$$

Cuando se trate de un ejemplo numérico debemos recordar que H se expresa en unidades termales, pero Pv ha de representarse en piés libras, por lo que debemos introducir el divisor 772 bajo Pv . Propongámonos ahora un ejemplo numérico, esto es: $p = 89,97$ libras por pulgada cuadrada, (por lo tanto, $P_1 = 144 \times 89,97$) y $p_2 = 14,7$; tendremos entonces $t_1 = 320^\circ$, y $t_2 = 212^\circ$; tomando los valores de H ; $H_2 = 1146,6$; $H_1 = 1179,5$, de donde $H_2 - H_1 = -32,9$ unidades termales.

y, $(P_1 v_1 - P_2 v_2) \left(1 + \frac{1}{0,0646} \right)$ equivalente á 140 unidades termales y resulta: Calor aplicado = $140 - 32,9 = 107,1$ unidades termales.

El vapor ha necesitado pues de un manantial ú otro 107 unidades termales. El trabajo efectuado sobre los cuerpos exteriores equivale á 131,5 unidades termales, esto es,

$$(P_1 v_1 - P_2 v_2) \frac{1}{0,0646};$$

de esta energía rinde de la suya interna $32,9 - 8,5 = 24,4$ unidades termales (no 32,9 como se dice erróneamente en muchos casos). Decimos que rinde de sí mismo porque siendo aquí $I_2 - I_1 = -24,4$ unidades termales, significa esto que el vapor nos da $I_1 - I_2 = +24,4$ unidades y las restantes 107 deben suministrarse como calor; esto es absoluta y necesariamente exacto, y no hay razonamiento alguno respecto al recipiente que contiene el vapor ni á la máquina que este mueve que pueda afec-

tarlo; puede ser útil aquí, con referencia á un experimento que describiremos luego, el insistir algo en esta última aserción. Supongamos el vapor en un cilindro y empujando un pistón; decimos que no nos importa lo que hay al otro lado del pistón. Podría creerse, por ejemplo, que si durante la expansión el pistón era tirado hácia afuera por un esfuerzo exterior obrando en un vástago, esto afectaría al trabajo hecho por el vapor, pero no es así, como puede verse refiriéndonos á lo que hemos dicho al considerar la figura 4; la presión del vapor debe verificar el trabajo $1c2ba$. Si además tiramos el pistón hácia afuera, éste se moverá más aprisa, pero no podemos alterar el trabajo del vapor, sin concebir el pistón tirado tan repentinamente que la presión del vapor no pueda seguirlo; lo que no es fácilmente concebible.

Para conservar el vapor seco mientras se expande de 89,97 á 14,7 libras por pulgada cuadrada, hemos visto que se necesita un suministro de calor, (de 107 unidades termales) y esto mismo es verdad para todos los periodos de la expansión, como puede calcularse fácilmente; necesitamos tener un manantial continuo de calor y derivar de él continuamente trabajo, y no basta simplemente suministrar las 107 unidades termales, sinó que deben aplicarse de un modo perfectamente definido; para encontrar esta manera exacta de proceder, necesitamos tomar una pequeñísima expansión, como se muestra en C fig. 10, de un grado, por ejemplo, de baja de temperatura; entonces la tira cd representa el trabajo externo verificado; calculando, como lo hemos hecho antes, podemos encontrar la proporción de este trabajo externo derivado de la energía interna del fluido mismo. Esta proporción para toda la expansión era de $\frac{24,4}{131,5}$, pero no es la misma en cada punto de la expansión; habiéndola calculado en c , un modo conveniente de representarla es cortar una parte de de la tira, entonces el trozo restante ce representa el calor que debe suministrarse de otro manantial para esa pequeña expansión; continuemos ahora este procedimiento para todas las tiras desde 1 hasta 2, y obtendremos una série de puntos e , que formarán una curva feg . Toda el área debajo de esa curva representa el trabajo procedente de la energía interna del vapor y el área entre $1c2$ y feg debe representar el suministro de calor del manantial externo, formando las dos áreas el trabajo exterior total verificado; la curva feg así trazada se llama la curva del trabajo interno, siendo la razón de esto evidentemente el que cuando las tiras son muy estrechas, cada una se reduce á una línea; dc es la presión del vapor y de aquí el nombre dado á de .

Los resultados que acabamos de obtener se anuncian á veces de esta manera, se dice: «el calor específico del vapor saturado es negativo» y es así desde luego porque le aplicamos calor mientras baja la temperatura; la recíproca de esta proposición es también cierta; esto es, para

elegir la temperatura del vapor saturado necesitamos sustraerle calor. Podemos probar esto considerando la compresión de 1 á 2, revertiendo el procedimiento exactamente. Tenemos pues, aquí un resultado aparentemente anómalo, elevación de temperatura por medio de la sustracción de calor, pero la anomalía desaparece cuando consideramos que hemos de aplicarle mucha más energía en forma de trabajo para comprimir el vapor, que la que retiramos en forma de calor, y así en resumen, añadimos energía aunque sustraigamos calor. Esto muestra con cuánto cuidado debe procederse para distinguir exactamente entre calor y trabajo; no es suficiente para un objeto dado que suministremos la energía necesaria, sino que debemos también suministrarla exactamente en forma apropiada; y en muchos casos necesitamos suministrarla en una forma y sustraerla ó retirarla en otra, y siempre en proporciones definidas una respecto de otra.

La segunda curva de expansión que consideraremos es la hipérbole; la curva de saturación nos interesa como representando una expansión bajo condiciones físicas dadas y la hipérbole por aproximarse mucho en su forma á las formas realmente obtenidas y también por sus simples propiedades geométricas; la fig. 11 muestra la expansión de una libra H_2O desde 1 hasta 2; pero tenemos que hacernos ahora una pregunta de que nada hemos dicho antes, á saber: ¿qué clase de H_2O es esta? Contestaremos diciendo que la suponemos vapor puro en el estado 2, y entonces debemos ver cómo podremos deducir su composición para cualquier otro estado. Sabemos que no puede ser vapor puro en todos los estados de 1 á 2, pues si no fuese así, la curva 1 2 sería la curva de saturación; trataremos pues, de deducir su estado en 1. Representaremos el volumen por V , conservando v para designar el vapor puro; tenemos entonces la ecuación de la hipérbole

$$P_1 V = P_2 V_2 = P v_2 \quad (2 \text{ es vapor seco}).$$

pero $V_1 = v_1 x_1$, muy próximamente, siendo x las unidades de vapor puro en la libra de mezcla, despreciando $(1-x)$ 0,016 volúmen del agua, de donde

$$P v x = P v_2, \quad y, \quad x = \frac{P_2 v_2}{P_1 v_1}$$

Más comunmente tendremos una mezcla en 2, y entonces obtendríamos

$$x_1 = \frac{P_2 v_2}{P_1 v_1} x_2$$

Del mismo modo podemos encontrar x en cualquier punto de la expansión. Para los cálculos numéricos tomaremos las mismas presiones que tenemos para la curva de saturación, á saber, 89,97 libras á 14,7 libras, siendo x entonces 1,

$$x_1 = \frac{55,780}{62,320} = 0,89$$

La mezcla contiene entonces 11 p. o/° de humedad al principio, así vemos que en la expansión hiperbólica el vapor se seca á medida que se expande, y si continuásemos más allá de 2 resultaría sobrecalentado y por lo tanto se saldría de nuestros alcances en el cálculo, pero hay muy pocas probabilidades de que esto resulte en la práctica.

Enseguida tomaremos la ecuación de antes relativa al suministro de calor,

$$\text{Calor suministrado} = I_2 - I_1 + 1 c 2 b a;$$

Pero ahora las I hay que expresarlas algo diferentemente, tenemos una mezcla, así I no es $H - Pv$, sino que es, $h + x(L - Pv)$ más que la I de una libra de agua á 32°.

De aquí.

$$I_2 - I_1 = h_2 - h_1 + x_2(L_2 - P_2 v_2) - x_1(L_1 - P_1 v_1)$$

y en nuestro caso

$$I_2 - I_1 = 180,9 - 291,14 + 965,7 - 72,2 - 0,89(888,4 - 80,7)$$

$$= 64,4 \text{ unidades termales.}$$

y por la geometría $1 c 2 b a = PV \log_e r$ en que pueden tomarse cualquier P y su V correspondiente; y r es la relación de la expansión; eneste caso esto dá 130,8 unidades termales y tendremos:

$$\text{Calor suministrado} = 64,4 + 130,8 = 195,2 \text{ unidades termales.}$$

Haremos ahora observar una diferencia entre este caso y el último, esto es, que necesitamos suministrar calor para el trabajo interno y para el aumento de energía interna, pues el vapor en 2 tiene 64.4 más unidades de energía interna, que la mezcla en 1; esto desde luego se debe al hecho de que la humedad se ha vaporizado; podemos representar esto como antes tomando los puntos e y trazando la curva del trabajo interno fg , que ahora está situada bajo la línea de los volúmenes, y el área completada entre 12 y fg representa el calor total suministrado; mostrando la forma de las curvas la forma ó relación, podemos decir, en qué debe ser aplicado. El método que hemos usado nos muestra por lo tanto como podemos obtener y representar gráficamente las cantidades de calor que necesitamos aplicar si el vapor se expande según la ley dada; seguiremos considerando el problema inverso en que se dá el calor, en un caso particular, á saber, cuando ese calor es cero.

En nuestra tentativa para determinar la curva de expansión que nos producirá una libra de vapor, dada la manera en que el calor le es suministrado, solo podemos alcanzar un éxito correcto por el uso del cálculo. Porque si dado un punto de la curva necesitamos hallar otro á una distancia definida de él, una de las cantidades que entran en nuestra ecuación es el área de la curva entre esos dos puntos; pero para co-

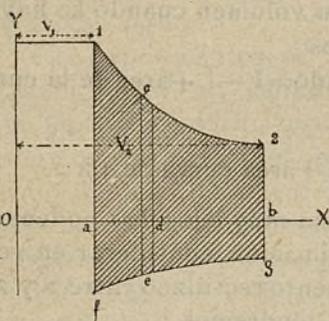


Fig. 11.
(Calor suministrado en sombra.)

nocer esta necesitamos conocer la forma de la curva, esto es, lo mismo que tratamos de obtener; de aquí que no podamos alcanzar un resultado definido. Podemos sin embargo para el caso que vamos á considerar, esto es, aquel en que el suministro de calor es cero, ó el de la expansión adiabática, conocer cierta propiedad de la curva por un razonamiento sacado de la curva de saturación. Hemos visto que para conservar seco el vapor, ó al menos para conservarlo todo vapor mientras se expande, es preciso aplicarle calor. Deducimos de esto que durante la expansión adiabática, el vapor seco al principio debe condensarse parcialmente por necesidad. Aunque no podemos obtener resultados exactos, podemos alcanzar algunos bastante aproximados, por el siguiente método.

Supongamos, fig. 12, que 1 representa la presión y el volumen de una libra de vapor. Necesitamos encontrar su volumen cuando se haya expandido adiabéticamente hasta p_2 . Tenemos

$$\text{Calor suministrado} = I_2 - I_1 + \text{área de la curva de 1 á 2}$$

$$\text{ó bien } 0 = I_2 - I_1 + \text{área curva de 1 á 2.}$$

Ahora, si 2 no está muy lejos de 1 podemos con bastante aproximación considerar en vez de la curva un elemento rectilíneo entre 1 y 2, y suponiéndolo así, tendremos

$$\frac{P_1 + P_2}{2} (V_2 - V_1) = I_1 - I_2$$

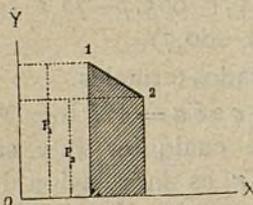


Fig. 12.
(Trabajo externo en sombra.)

de donde deducimos V_2 , y de aquí conocemos también 2, y procediendo sucesivamente conoceremos otro punto 3 etc.; pero de esta manera podemos separarnos mucho de la verdadera curva y de aquí que cuando deseemos alguna exactitud, necesitemos comprobar nuestros resultados por la fórmula verdadera, que, como hemos dicho arriba, se obtiene por el uso del cálculo.

Esta fórmula es $\frac{Lx + \log e}{T} = a$ constante

L y x tienen los significados que ya les hemos asignado, siendo T la temperatura absoluta, á saber, $t + 461$. Veremos sin embargo lo que de la primera fórmula nos resulta para una pequeña expansión, á saber, de vapor puro á 70 libras hasta 50 libras, tendríamos:

$$V_1 = v, \text{ para 70 lib.}; P_1 = 144 \times 70; I_1 - I_2 = (h + L - P_1 v_1) - (4x + x_2 4x - x_2 p_2 v_2)$$

$$V_2 = x_2 \times (v_2 \text{ para 50 libras}); P_2 = 144 \times 50 \text{ (véase arriba).}$$

Y sustituiremos estos valores, obteniendo una ecuación para x_2 , omitiendo este trabajo que es largo, daremos simplemente su resultado, esto es, $x_2 = 0,98$ próximamente, así que se ha condensado próximamente el 2 por 100 del vapor y esta condensación aumentaría si continuásemos expandiendo. Hay sin embargo una particularidad especial relativa á la

liquefacción durante la expansión adiabática; si en vez de principiar con vapor puro principiásemos con agua tendríamos vaporización en vez de liquefacción, mientras para cierta proporción de vapor y agua á una temperatura dada, una pequeña expansión adiabática no produciría liquefacción ni vaporización.

Hemos satisfecho ya por medio de nuestra sencilla ecuación dos importantísimas cuestiones relativas á la expansión del vapor; la corrección de las soluciones es al mismo tiempo inatacable una vez admitido el principio; además la exactitud de estos resultados se comprueba por experimentos directos como sigue:

Los experimentos se hicieron por Cazin; tomó un cilindro de metal con tapas de vidrio, mantenido á la temperatura exacta t° por un baño de aceite; admitió en ese cilindro vapor puro á t° y presión p , pudiéndose mover su pistón hácia atrás y hácia adelante. Es claro que para obtener una expansión rigurosamente adiabática necesitaríamos un cilindro sin conductibilidad alguna, condición que no reunía este, pero esta dificultad puede obviarse haciendo la experiencia con rapidez de modo que el calor no pueda pasar del metal al vapor, por más que no pueda evitarse que haya trasmisión de calor al vapor que toque las paredes del cilindro; la masa central del vapor se espande así adiabáticamente. Qué debemos esperar según nuestro razonamiento cuando el pistón es retirado súbitamente? Evidentemente la condensación en la masa central visible como una nube, y esto fué exactamente lo que se vió. Supongamos al contrario el pistón comprimiendo el vapor, entonces debemos esperar sobrecalentamiento, y se notó que al hacerlo el vapor continuaba claro y trasparente de modo que no se producía condensación y sin duda alguna existió sobrecalentamiento. Para mejor confirmación de la exactitud de la teoría tenemos los resultados que se obtuvieron empleando vapor saturado de eter. Si efectuamos la expansión del eter continuando saturado, encontramos que se necesita retirar calor durante la expansión, ó vice-versa, necesitaremos añadirle calor durante la compresión, para conservarlo saturado y seco; se comporta pues exactamente al revés que el vapor de agua, y deberíamos entonces, razonando como con el vapor de agua, esperar que la expansión adiabática produjese sobrecalentamiento y que de la compresión resultara condensación, siendo esto exactamente lo que sucedió, formándose la nube durante la compresión, pero no durante la expansión. Sería interesante que los abogados de la liquefacción como una absoluta necesidad para producir trabajo explicasen como trabaja el vapor de eter.

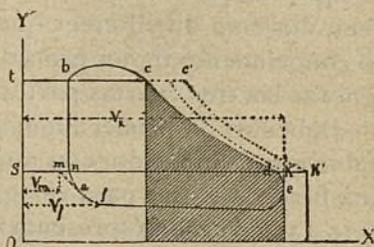


Fig. 13.—(Trabajo externo de la expansión en sombra.)

Hemos obtenido resultados acerca algunas curvas especiales de expansión, pero no hemos dicho nada sobre si son las curvas de expansión de una máquina de vapor; todo lo que hemos dicho es, si tales son las curvas, estos son los resultados; pero nos preguntamos ahora ¿cómo aparecen esos resultados en los diagramas que se obtienen de las máquinas? y también, qué vemos de los otros periodos de la carrera, etc? Porque aunque hemos oído decir que solo debe considerarse la expansión, nos será difícil creer que un ingeniero pueda alcanzar el verdadero conocimiento de un procedimiento poniendo un especial cuidado en ignorar las tres cuartas partes de él.

Debemos en primer lugar comparar un diagrama sacado de una máquina por el indicador con nuestra curva de presiones y volúmenes de una libra de vapor para ver qué relación existe entre las dos. En la figura 13, *abc def* representa el diagrama sacado por el indicador, las alturas sobre OX son las presiones del vapor; en esto concuerda con nuestra curva, pero ahora, qué significan las dimensiones horizontales? Las longitudes en el diagrama pueden tomarse por una representación de la carrera del pistón, puesto que tienen cierta relación con ella, pero necesitamos que las abscisas representen volúmenes de modo que multiplicadas por las presiones, las áreas representen trabajo verificado; esto podemos efectuarlo tomando las longitudes no como representación de la carrera, sino como el producto de la carrera por el área del pistón; entonces el área del diagrama representará trabajo, podemos representar esto así:

Sea p^m la presión media por pulgada cuadrada, ó P^m por pié cuadrado, A = área del pistón en pies cuadrados, s = carrera en pies, entonces sabemos que

$$\text{Trabajo hecho en la simple carrera} = p^m \times 144 A \times s = P^m \times As.$$

El ancho medio del diagrama representará aquí P^m y suponiendo que la longitud represente As en la escala correspondiente $P^m \times As$ es el área del diagrama y así en esa escala corresponderá á la simple curva de presiones y volúmenes.

Preguntamos después, ¿dónde está el eje OY desde el cual se cuentan los volúmenes? Sabemos que OX es la línea cero, presión 14,7 libras absoluta, pero para colocar OY necesitamos distancias medidas desde OY para representar el volúmen del vapor que se espande. Tomemos ahora por ejemplo el final *e* de la carrera, entonces la distancia de *a* hasta *e* representa el volúmen del desplazamiento del pistón; pero hay un volúmen mayor que ese en el cilindro pues falta añadirle el espacio nocivo; semejantemente en *c* se cierra la admisión, y supongamos que sea al tercio de la carrera, tendremos *bc* mas el espacio nocivo como volúmen en el instante de cerrar la admisión. Vemos así que OY debe estar situado de manera que la distancia de *ab* á OY represente el espacio nocivo en la misma escala que la longitud del diagrama



representa el desplazamiento del pistón As , y entonces considerando cualquier punto del diagrama, la presión y el volúmen del vapor entre la válvula corredera y el pistón en ese punto de la carrera están representados por las distancias OY y OX respectivamente.

De nuevo necesitamos saber con qué peso de vapor estamos tratando. No es preciso trazar diagramas para la libra de vapor, pero debemos saber á cuántas libras de vapor corresponde el que consideramos. Ahora, nada hay en este diagrama que nos lo indique y tampoco nos lo dirá el tamaño del cilindro, porque no sabemos qué clase de mezcla de vapor y agua es la que estamos usando, de aquí que el volúmen no nos baste para conocer el peso; la única manera de conocerlo es pesando el agua de alimentación y contando en ello con todas las pérdidas, podemos así dividiendo ese peso por el número de carreras, obtener el peso del vapor de agua que pasa por el cilindro en cada carrera. No hemos alcanzado aún sin embargo á conocer el estado del vapor, porque hay cierta cantidad de él en el espacio nocivo, que no pasa por la máquina, sinó que es comprimido por el vapor que entra, se expande con él y así sucesivamente, repitiéndose esto sin cesar; puede ser, y así se efectuará probablemente, que no sean las mismas partículas las que sufran ese procedimiento, pero siempre hay algunas sometidas á él, y podría también ser que fuesen siempre las mismas, por lo menos en cuanto á los resultados.

Al estimar la cantidad de vapor que no pasa por la máquina encontraremos su volúmen por el diagrama del indicador á cierta conveniente presión, siendo la más apropiada la llamada terminal; esta presión se obtiene siguiendo la curva de expansión hasta más allá del escape d , en su intersección con la ordenada final en k ; hemos de hacerlo así porque el escape tiene lugar antes del final de la carrera; decimos entonces que la cantidad de vapor que se expande en el cilindro, es un cilindro lleno á la presión terminal p_k (el cilindro incluye el espacio nocivo y eso es más sencillo que decir que ese volúmen se compone de un espacio nocivo más el desplazamiento del pistón hasta d , á la presión p_d). Ahora, la cantidad de vapor encerrado en el espacio nocivo depende de la posición del punto de compresión f ; es V^f á la presión p_f , ó V_a á la presión de p_a , representando a la admisión; pero es mejor medirla como un volúmen á p_k también, así se prolongará la curva de compresión fa hácia arriba hasta cortar la línea de presión por k en m y decimos entonces, que el volúmen V_m á la presión p_k es el vapor encerrado en el espacio nocivo á cada carrera, pero V_k á la presión p_k es el total contenido en el cilindro después de la admisión, de modo que la parte $V_k - V_m$ ó $m k$ debe ser el volumen á la presión p_k de la cantidad de vapor alternativamente admitida y libertada. Solo hay un punto dudoso en lo precedente, el cual es que deberíamos mostrar que V_m y V_k son

volúmenes de vapor en el mismo estado, respecto á humedad; lo cual no podemos hacer porque tenemos muy pocos medios de juzgar en qué estado se encontraría el vapor en m ; es probable sin embargo que cualquier error debido á esta diferencia sería muy pequeño.

Tenemos, pues, que $m k$ es el volumen en piés cúbicos del vapor empleado, en la escala en que la longitud del diagrama representa el desplazamiento del pistón, y vemos que esta cantidad varía grandemente según las variaciones de la compresión; puede ser, como en nuestra figura 13, mayor que el desplazamiento del pistón, ó igual á él, ó hasta menor, haciendo que la compresión principie antes. Se sigue de aquí que no es una consecuencia necesaria de la existencia del espacio nocivo el que tengamos que gastar más vapor que si no lo hubiera. El vapor gastado de más se representa por $m n$, cantidad que puede ser positiva, nula ó negativa; $m n$ se llama por este motivo algunas veces, el volúmen real nocivo.

Podemos ahora continuar deduciendo el estado del vapor al final de la carrera tal como se encontraría si la expansión siguiera hasta k , pues tenemos ya el peso y el volúmen del gastado por carrera. De este modo, si la alimentación nos dice, por ejemplo, que gastamos N libras de vapor por carrera, el volumen de cada libra en el estado h es $\frac{m k}{N}$ piés cúbicos, esto es:

$$v_k x_k = \frac{m k}{N} (v_k \text{ volúmen del vapor seco})$$

Conocemos pues x_k y podríamos seguir calculando la humedad en cualquier otro punto, como en el caso de la expansión hiperbólica. Para variar y también porque esto es de gran valor práctico mostraremos cómo se encuentra esa humedad, ó al menos lo indicaremos gráficamente. Tiremos la horizontal $k k'$ de modo que $S k' = \frac{S k}{x k}$, esto es, $s k'$ es el volúmen que el conjunto del vapor expandido ocuparía si estuviera seco, y lo mismo diremos para toda la curva de expansión. Obtenemos así la curva de puntos $c' k'$ que es la curva de saturación para el conjunto del vapor que se expande. Podíamos desde luego obtener solo k' como se ha dicho, pero no sabiendo cuál sería el resultado, decimos: trácese la curva de saturación en tal escala que pase por k' , y entonces recíprocamente se deduce que para cualquier punto, c supongamos, $t c'$ es el volúmen que realmente nos da, y enseguida deducimos que un volúmen de vapor correspondiente á $c c'$ debe haber existido condensado en forma de agua, no ocupando prácticamente volúmen alguno. Vemos entonces que en cualquier punto de distancia horizontal entre las curvas representa el volúmen á la presión correspondiente que el agua presente ocuparía vaporizada.

La curva que hemos trazado no nos dice convenientemente si el va-

por se humedece más cada vez ó si se seca, pues las distancias horizontales representan volúmenes de vapor á diferentes presiones, por lo que trazaremos otra curva reduciendo las abscisas de la curva de saturación en la proporción x^k á 1. Esta nueva curva pasará pues por k y dará en todos sus puntos el volúmen que ocuparía el vapor si tuviera siempre la fracción de sequedad x^k ; la trazamos de puntos y en este caso vemos que el vapor entra al cilindro más húmedo que en k y se va secando gradualmente. Algunas veces se comete la equivocación de considerar las distancias verticales entre las curvas, pero esto puede conducir á errores si no se hace con gran cuidado y no es tan sencillo ni tan conveniente.

(Se concluirá.)



NOTICIAS

UNA INDUSTRIA MÁS.—Nuestros queridos compañeros D. Miguel Pujol y Abeyá y D. José Piñol y Pereantón han constituido una sociedad en comandita que girará bajo el nombre de Miguel Pujol y C.^a y que se ocupará en la fabricación de *tana de madera*.

Para ello han obtenido privilegio de introducción en España, y han establecido en Granollers los talleres necesarios al efecto.

Dada la competencia de las personas que figuran al frente del negocio y la aceptación que tiene en el extranjero la fabricación del producto que elaboran, no dudamos que arraigará muy pronto en el país, este nuevo venero de riqueza.

NUEVÓS INGENIEROS.—Han recibido en esta Escuela Industrial el título de ingeniero en la especialidad mecánica, D. Antonio Echevarría y Mioqui, D. Luis Bosch y Blat, D. Luis Roca y Rodón, D. Ramón Jeny y Torrents, D. Celestino Quadreny y Torres, D. Juan Hoan y Aguilera, D. Trinidad Marco y Porta.

SÚPLICA.—Rogamos á los señores socios que cuando cambien de domicilio se sirvan avisar á esta Secretaría.

BIBLIOGRAFÍA.—*A. Practical Treatise on Petroleum By Benjamin J. Crew.*

Ilustrado con setenta grabados y dos láminas. Philadelphia: Henry, Carey, Bair and C.^o. London: Sampson, Lovo, Marston, Searle, and Rivnigton.

Acaba de aparecer un trabajo en este país que merecerá la aceptación de los muchos industriales y comerciantes interesados en el petróleo. Hasta el presente, la literatura sobre este asunto era muy pobre, constituyéndola principalmente los artículos de periódicos y las lecturas. Los señores Sampson, León y C.^a han llenado al fin este vacío dando á luz un trabajo sustancioso, de la pluma del difunto Benjamín Crew, que trata el asunto hasta en sus más recientes fases, y lo agota prácticamente. Mr. Crew estaba en relación con el negocio del refinado en América desde que se principió esa explotación y ha pocos años empezó á formar un libro completo sobre la industria que nos ocupa. Después de su muerte en 1885, el trabajo fué continuado, contribuyendo varias eminentes autoridades á darle un crédito universal y finalmente ha sido publicado ha pocos días por M. M. Carey Baird and C.^o, de Philadelphia, y M. M. Sampson Lovo en este país. El libro, que consta de 500 páginas, ilustrado por setenta grabados y dos láminas, trata sucesivamente del origen del petróleo, su geología y distribución geográfica; del origen y desarrollo de la industria petrolera en los Estados Unidos, de la química del petróleo, del método americano de perforar los pozos, de la tecnología y de los ensayos del petróleo, de la condición de la industria del gas natural, del petróleo en la medicina y en la farmacia, del petróleo como iluminante y como combustible, del transporte del petróleo, de varios indicios de exhanción en las regiones petroleras de Pennsylvania; del próximo diluvio de petróleo ruso

(basado en el reciente folleto de Mr. Marvin) y de la geología del gas natural. Es difícil mencionar un asunto relacionado con el petróleo que no se discuta de una manera exhaustiva en este tomo, mientras un índice bien dispuesto hace accesible su consulta al lector más perezoso. En toda la extensión de la frase, es lo que pretende ser: «Un tratado práctico sobre el petróleo», y resultará de incontestable utilidad para todos los que deseen estudiar el engrandecimiento de la industria del petróleo, las condiciones que regulan su desarrollo y su actual estado en todos los países. El libro está libre de tecnicismos, resultando que su difunto autor ha procurado presentar en él solo lo que ha encontrado útil en sus estudios, excluyendo todo lo demás. La parte referente al petróleo ruso, basada principalmente en los escritos de M. Marvin, se continúa hasta el estado del asunto en fines del año último. La sección dedicada á la tecnología del petróleo es especialmente útil, y la obra entera da nuevo crédito á todos los que han intervenido en su publicación.

FERROCARRIL ELÉCTRICO SUBTERRÁNEO.—Una Sociedad inglesa ha construido un ferrocarril subterráneo destinado á unir á la Cité los principales distritos de Londres. Los trabajos han terminado, y después de una larga discusión ha prevalecido el empleo de la electricidad sobre toda otra fuerza motriz, por las siguientes razones: el humo de las locomotoras habría formado constantemente nubes que impedirían la visión de las señales; viciaría la atmósfera; en fin, los vapores sulfurosos que provienen de la combustión del carbón y la humedad constante de los túneles deteriorarían rápidamente, no sólo los hilos del metal, sino hasta las traviesas de la vía.

Los ensayos de la nueva línea han dado, según dicen, excelentes resultados. Las locomotoras de 10 toneladas de peso llevan un motor Edison-Hopkinson y pueden arrastrar un tren de tres coches de 34 viajeros cada uno á la velocidad de 3 kilómetros por hora. La corriente llega de la fábrica al motor por un cable colocado entre los rails. Cada tren está provisto de un freno Westinghouse de aire comprimido, cuya renovación se efectúa en las estaciones extremas. El túnel estará alumbrado por la electricidad.

UN RELOJ MARAVILLOSO.—El relojero alemán Félix Mayer, ha expuesto en Nueva-York un reloj, bautizado por su constructor con el nombre *reloj astronómico nacional americano*.

Pesa 40 quintales; tiene 10 pies de altura y ocho de ancho, é indica, además del tiempo de Nueva-York, el de otras trece ciudades principales, tales como Washington, San Francisco, Pekín, Constantinopla, San Petersburgo, Londres, Berlin, París, Roma, Viena, Madrid, Buda-Pesth y Lisboa.

Marca el curso de los planetas en los años comunes y en los bisiestos y apenas llega la hora, empieza á oírse una pieza musical.

Acto continuo se levanta de una silla la figura de Washington, que constituye el principal adorno del reloj.

Después, otra figurilla que representa un lacayo, abre una puerta por la cual van saliendo los presidentes que hasta ahora han gobernado los Estados-Unidos de América.

Todos ellos desfilan por delante de Washington, le saludan respetuosamente y se retiran por otra puerta que abre otro lacayo.

Entonces vuelve Washington á sentarse.

Las horas están representadas por un esqueleto; los tres cu artos por un hombre en el vigor de la edad; las medias horas por un joven y los cuartos por un niño.

Por este reloj, muy superior al de Strasburgo, ha ofrecido una iglesia de Boston la friolera de 45.000 duros.

(*Gaceta de los caminos de hierro*)

EN LA VENDIMIA PARA SUSTITUIR EL ENYESADO.—Nos creemos en el deber de aconsejar á los cosecheros de vino que en la próxima vendimia prescindan por completo del enyesado, pues las leyes francesas prohíben desde este año bajo severas penas la circulación y venta en aquel país de vinos que contengan más de *dos gramos de sulfato de potasa, que equivale á uno y medio de yeso por litro*. Para sustituir aquel sin exponerse á ningún quebranto, será preciso é indispensable recurrir al ácido tártrico ó con mayores ventajas aún al *Conservador enántico*

Este último producto es altamente recomendable, porque á más de estar admitido en todos los mercados, tiene la propiedad de conservar los vinos indefinidamente.

Tomando nuestro nombre, puede pedirse un catálogo explicativo del mismo, al depositario único y exclusivo de este producto en España, *D. A. Rodrigo*, Danzas, 7, Zaragoza, quien lo mandará gratis á vuelta de correo.

(*Revista vinicola y de agricultura*)

PUBLICACIONES Á CAMBIO.—Desde la publicación de nuestro número anterior, hemos establecido el cambio con las siguientes publicaciones:

L' Indicateur Metallurgique.—París.

L' Ingenieur.—París.

Journal de l' éclairage au gaz.—París.

Además hemos recibido en calidad de donativo para nuestra biblioteca, el *Traité Pratique de Photographie á l' usage des amateurs et des debutants*, por D. Carlos Mendel.