

Dirección y Admón.:
RONDA SAN PEDRO, 36
BARCELONA

FELIU Y SUSANNA
EDITORES

EL MUNDO CIENTÍFICO INVENTOS MODERNOS

PRECIOS DE SUSCRIPCIÓN

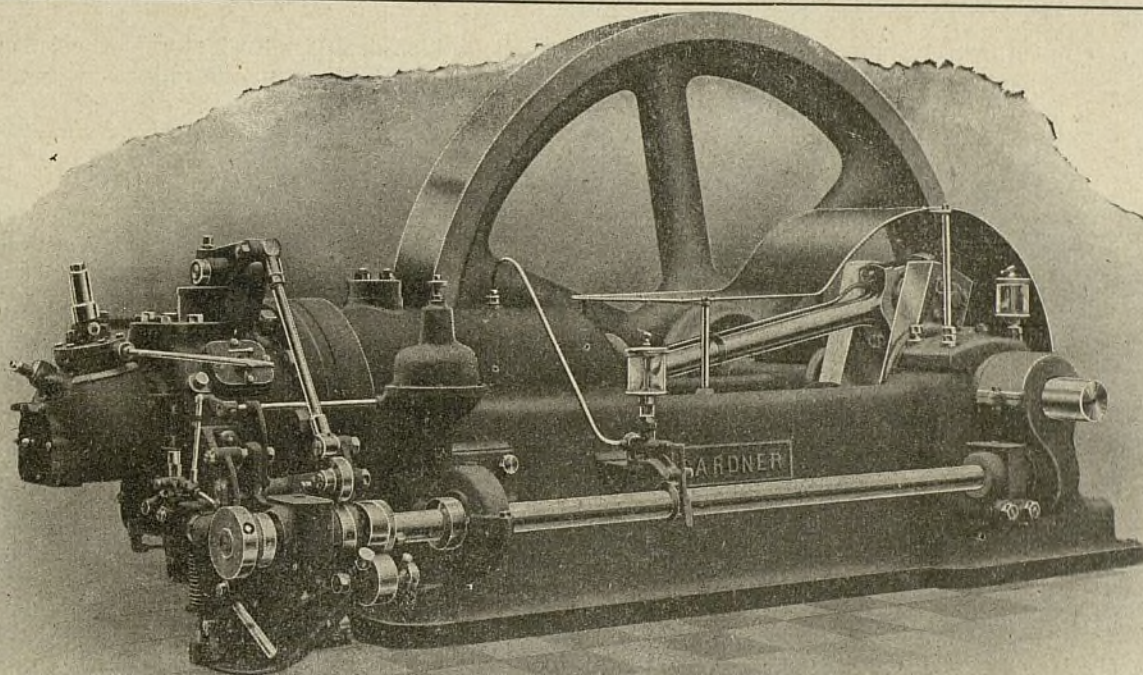
ESPAÑA { Año ... 12 pts.
Semestre 6 »
Trimestre 3 »

EXTRANJERO
Fijarán el precio los señores
corresponsales.

Director
J. B. DE AGUILAR-AMAT, ING. IND.

Director de la Oficina Técnica
D. ANTONIO FERRER DALMAU, ING. IND.

Motores "GARDNER" á aceites pesados



Tipos desde 11 a 60 HP. para industria y electricidad.

Arranque por aire comprimido. = Emplazamiento reducido
Escaso consumo de agua. = Engrase por presión

Son los motores de más fácil manejo, por ser su puesta en marcha rapidísima, y no exigir durante su funcionamiento cuidado alguno.

Consumiendo combustibles españoles, resulta el caballo-hora entre 4 y 7 céntimos, según los tipos.

PARA DETALLES Y REFERENCIAS DE INSTALACIONES EN ESPAÑA:

Trafalgar, 11 **A. MAÑÉ JANE** BARCELONA

Ingeniero belga

poseyendo legal diploma de ingeniero mecánico y civil de la Universidad de Gent, sabiendo hablar inglés, holandés, francés y alemán, busca empleo en industria española o explotación de ferrocarriles. Buen organizador, práctico y enérgico. Escribir **J. van Bogaert. Perry Pont House. Aldridge R.^d - BIRMINGHAM (Inglaterra).**

OFICINA TÉCNICA DE El Mundo Científico-Inventos Modernos

BAJO LA DIRECCIÓN DEL INGENIERO INDUSTRIAL

D. ANTONIO FERRER DALMAU

EX-INGENIERO DE LA COMPAÑIA BARCELONESA
Y PROFESOR DE LA REAL ESCUELA DE INGENIEROS ELECTRICISTAS DE SARRIÀ (BARCELONA)

Consultorio gratuito en todos los ramos técnicos industriales para los lectores de esta revista. La Oficina se encarga de proyectos de todas clases a precios sumamente reducidos, contando con personal técnico y perfectamente apto para la ejecución de cuantos trabajos se le confíen.

CONSULTORIO

Julio Antón (Alcazarquivir, Marruecos).—Lo que Vd. me pregunta, queda contestado en el número de Noviembre, en la respuesta al señor Miquel. Respecto al valor del título solo puedo decirle que el de los Certificados expedidos por Escuelas particulares, dependen exclusivamente del crédito que tenga la Escuela y de los conocimientos que haya adquirido el interesado. Libres eran las escuelas de Lovaina y Montefiore y libre es la Real Escuela de Ingenieros Electricistas de Sarrià (Barcelona) y sin embargo sus certificados son prueba plena de capacidad en quien los ostenta.

Gregorio Pina (Cartagena).—Queda contestada su carta por correo, tal como Vd. desea.

Juan Ormazabal (Irún).—La industria que Vd. desea instalar es una combinación de la de estampar y tornillaje; pero lo que primero precisa es que tenga usted fábrica que le proporcione la porcelana, y luego es necesario instalar buenos tornos revolvers para construir pequeños tornillos y prensas para estampar las partes metálicas. Con esta maquinaria es evidente que puede construirlo todo, bastando cambiar las matrices de los cortadores.

Además sería conveniente que se asegurase no existan patentes que le impidan fabricar, pues se expone hacer un gasto para tener luego disgustos.

Esta Oficina se encargará gustosa de indagarlo, y en caso de decidirse Vd. se ofrece para hacer el proyecto general de la fábrica.

Alvaro Rodriguez (Lisboa).—Por correo se le contesta con todo detalle.

Manuel Gimeno Segarra (Castellón de la Plana).—La sección química está estudiando la consulta y se le contestará a la mayor brevedad.

M. C. J. (Madrid).—No existe fórmula alguna que determine lo que a Vd. le interesa. Para hallarlo es

preciso recurrir a construcciones gráficas, imposible de detallarlas en esta sección. Voy a ver si más adelante podré detallarlo en un artículo en el cuerpo de la Revista.

Max Borrero (Barranquilla, Colombia).—En el número de Noviembre podrá Vd. ver la continuación del estudio que tanto le interesa, y después de agradecerle en el alma sus cariñosas palabras, aceptamos gustosos su oferta, no solo exponiendo su teoría, sino señalando las deficiencias de la insertada, ya que de la discusión noble nace la luz.

Dámaso Sasiani (Aumurio).—Su consulta ha sido trasladada a la sección de pago, la cual una vez estudiada cuidadosamente, le mandará un cuestionario de preguntas supletorias como complemento de los datos por Vd. aportados.

Ricardo Gonzalez (San Sebastián).—En mi poder sus dos cartas. He calculado el listón de madera con los datos que Vd. me ha remitido y resulta que no puede soportar el esfuerzo que Vd. desea.

Referente al líquido de impermeabilización desconozco lo que Vd. pide pues el artículo de referencia estaba escrito por otro redactor el cual está ausente.

R. Ralló (Palamós).—Aunque es muy difícil diagnosticar una enfermedad sin ver al enfermo, por lo que se deduce de su carta, el defecto de su motor está en el magneto, pues la chispa necesaria para producir la explosión no tiene que ser *larga* y luminosa sino *corta* y *azulada*; hace algún tiempo me encontré practicamente con un caso análogo, y no marchó el motor hasta que el magneto dió esta última clase de chispas. Podría ser también que la chispa se produjese antes del momento necesario.

Sin saber que clase de motor o mejor *sin verlo*, se hace difícil darle un consejo; seguro quizás haciendo lo que digo tendrá Vd. bastante.

PATENTES DE INVENCION Y MARCAS DE FABRICA

EN PRÁCTICA DESDE 1880

Teléfono urbano e interurbano
3686

FRANCISCO ELZABURU

Corresponsales en todos los países de importancia.

Dibujos y Modelos Industriales. - Nombres Comerciales

Telegramas y telefonemas:
"VIZCARELZA"

MADRID — Zurbano, 21, bajo, dcha. — MADRID

Distribución del potencial en una serie de aisladores colgantes

Determinación experimental de las diferencias de potencial existentes entre las varias unidades de una serie de aisladores en una línea de alta tensión. Efecto de corona

Cuando empezó a utilizarse en las redes eléctricas el aislador del tipo colgante, se suponía generalmente que el voltaje que la línea podría llevar no tendría otra limitación que el número de unidades que formaba cada hilera de aisladores. Pero experimentos posteriores enseñaron que el límite de eficacia de estos aparatos no crece en proporción directa del número de unidades aislantes, y un estudio más detenido de la naturaleza de los fenómenos eléctricos demuestra que realmente debe ser así.

En el punto más alto de la onda de voltaje, todas las unidades llevan un potencial superior al de la tierra, salvo el casquete del aislador que forma el término de la hilera en su extremidad superior. Se producirá un desplazamiento de carga de las partes metálicas de los aisladores, casquete y eje, hacia las superficies. Sabido es que la corriente resultante del desplazamiento de la carga en el dieléctrico de todo aislador, es inferior a la que se produce en el aislador inmediato, acercándose a la línea, en una cantidad igual a la corriente de traslación hacia la tierra desde la varilla de unión de los dos. Por consiguiente, la corriente de traslación o desplazamiento en el aislador «de tierra» puede ser mucho menor que en el aislador inmediato a la línea. Si las unidades que constituyen una serie, consideradas como condensadores, tienen todas la misma capacidad, las diferencias de potencial en las unidades sucesivas serán proporcionales a las corrientes de traslación que existan en ellas. El valor real de estas diferencias de potencial entre las unidades consecutivas de una serie de aisladores no puede nunca, sin embargo, calcularse con exactitud, a causa de la complejidad de los campos electrostáticos. Los experimentos reseñados a continuación tuvieron por objeto determinarlas aproximadamente.

Método y aparatos.—El método seguido fué, esencialmente, el siguiente: Un potencial constante de 40 kv. aproximadamente venía impuesto sobre una hilera o serie de seis aisladores mediante un transformador de alto voltaje. Fué posible, por medio de un transformador de laboratorio de construcción especial y de un oscilógrafo, medir con grande precisión la pequeña corriente que atravesaba el aislador en comunicación con la tierra y obtener así una indicación del voltaje existente en él. Otro transformador de alto potencial era puesto en comunicación, por una parte con el cas-

quete de un aislador ocupando en la serie un puesto intermedio, y por otra parte con la extremidad de dicha serie en comunicación con la tierra. El voltaje de este segundo transformador se ajustaba de modo que el voltaje existente en el aislador con toma de tierra fuera el mismo que antes, demostrándose así que el segundo transformador no estorbaba la distribución normal del voltaje en la hilera de aisladores. Se anotaba entonces el voltaje del secundario de este transformador como potencial en el casquete de aquel aislador y se repetía luego la operación en el casquete de cada uno de los demás aisladores sucesivamente.

El gráfico figura 1 muestra la disposición de los circuitos. El transformador A, utilizado para imponer a la serie de aisladores el potencial debido, fué de un tipo apropiado a las experiencias de laboratorio y su

potencia máxima era de 300 kv. El transformador B, de 50 kv., estaba en comunicación, como se indicó más arriba, con el casquete de alguno de los aisladores. Los voltajes de los secundarios de ambos transformadores se calculaban tomando por base los voltajes de los primarios y mediante los tipos de transformación bajo las cargas con que funcionaban los aparatos.

Las bobinas de inductancia L_1 y L_2 y los condensadores C_1 y C_2 estaban dispuestos en el circuito en la forma que indica el gráfico, al objeto de eliminar las

armónicas de la onda, para que la corriente pasando por los aisladores pudiera fácilmente ser leída sobre el oscilógrafo.

El conductor H, tendido entre el aislador y el transformador T, estaba protegido por un tubo de metal en comunicación con el suelo, a fin de hacer imposible toda corriente de traslación que tendiera a formarse directamente entre aquel conductor y el conductor de alta tensión o las superficies de los aisladores. Por la misma razón, el casquete del aislador en comunicación con la tierra estaba revestido de una hoja de plomo.

Tubo protector para el conductor del oscilógrafo.—El conductor H que arranca del casquete del aislador en comunicación con la tierra tenía una longitud de 18 pies aproximadamente; este conductor no podía consistir en un hilo desnudo, porque entre él y el conductor de alta tensión, así como las superficies, se hubieran producido corrientes de desplazamiento. Estas corrientes hubieran sido registradas por el osci-

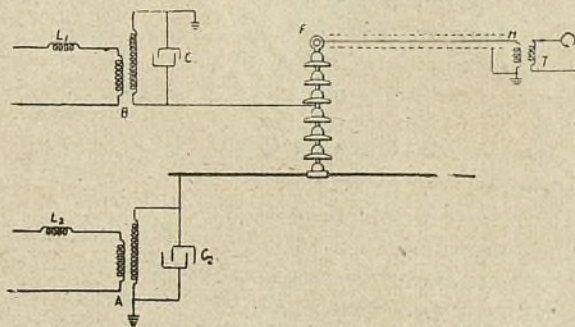


Fig. 1.—Disposición de los aparatos para la determinación del voltaje.

lógrafo, pero no siendo debidas a ninguna propiedad del aislador, hubieran sido una causa de error en las observaciones. El tubo protector de metal tenía por objeto detener a estas corrientes y llevarlas a la tierra.

Antes de proceder a medición alguna sobre los aisladores, pareció necesario realizar nuevas investigaciones sobre la posibilidad de existir otras corrientes de desplazamiento que pudieran conducir a resultados erróneos. Los aisladores fueron separados del botón

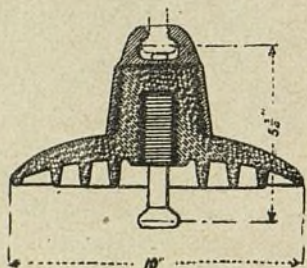


Fig. 2.—Sección del voltaje.

soporte F, subsistiendo solamente la conexión de esta pieza con el oscilógrafo y el transformador. Debajo del botón, a una distancia de 25 centímetros, se colocó una línea de alta tensión. Con 16 kv. en esta línea, sólo se notó en el oscilógrafo una corriente apenas perceptible. Cuando el conductor H se separaba del botón, quedando completamente encerrado en el tubo, no se observaba corriente alguna, lo que demostraba que la protección realizada por este tubo era realmente eficaz. La envoltura protectora fué extendida, por medio de hoja de plomo, al soporte y al casquete del aislador en comunicación con la tierra. También se intentó proteger, de un modo análogo, el transformador de corriente, sin conseguir resultado apreciable; la mayor parte de las observaciones se hicieron, en efecto, sin esta hoja protectora.

Tomadas estas precauciones, las corrientes registradas por el oscilógrafo eran realmente corrientes existentes en el cuerpo del aislador y podían utilizarse como indicación precisa acerca del voltaje existente en aquella unidad de la serie que se hallaba en comunicación con la tierra.

Eliminación de las armónicas.—Al imponerse por primera vez el voltaje del transformador sobre los aisladores, se notó la existencia en la onda de corriente de armónicas de tal magnitud que todo intento de situar sobre la curva vértices, sea positivos, sea negativos, hubiera sido sencillamente trabajar sobre bases hipotéticas. La energía era suministrada por un turboalternador de grandes dimensiones. La onda de voltaje se presentaba como una curva regular, con pequeñas ondulaciones que se hallaban considerablemente ampliadas en la onda de corriente tomada por una reactancia de capacidad, tal como un aislador. Las armónicas se eliminaron por medio de los inductores con núcleo de aire de unas botellas de Leyde, en la forma que aparece en la figura 1. Las reactancias estaban dispuestas de modo a admitir libremente la tercera armónica, ya que su presencia en la corriente de excitación del transformador es necesaria; las armónicas más altas, en cambio, se suprimían por medio de la

inductancia. Las curvas trazadas con el oscilógrafo ponen en evidencia la eficacia de esta disposición.

Capacidad de los aisladores.—Todos los aisladores empleados en este experimento eran del mismo tipo y de la misma construcción. La figura 2 es una sección vertical de uno de ellos. La serie consistía de seis aisladores llevando cada uno un número destinado a permitir su identificación durante todo el curso del ensayo.

Antes de ser unidos los seis aisladores, se procedió a la determinación de la capacidad de cada uno, para tener una idea de su uniformidad. A este efecto, se sometieron separadamente a tres voltajes variando de 15 a 30 kv. De la frecuencia de corriente y del voltaje observados podía deducirse la capacidad. Es de observar que cuatro de los aisladores presentan la misma capacidad, dentro de una aproximación del 1 por ciento, mientras la capacidad de los otros dos aparece inferior en un 5 por 100 aproximadamente. En el cuadro siguiente, los aisladores figuran en el mismo orden en que se hallaban colocados en la hilera.

CUADRO 1
Capacidad de los aisladores en serie

Número de orden de los aisladores	Capacidad en Farads $\times 10^{-11}$
1 (tierra)	2.99
2	3.00
3	3.01
5	2.99
4	2.90
6 (línea)	2.85

Distribución de potencial.—La determinación de la distribución del potencial en una hilera de aisladores requiere ciertas precauciones y exige ciertas correcciones sobre las cuales es necesario una aclaración.

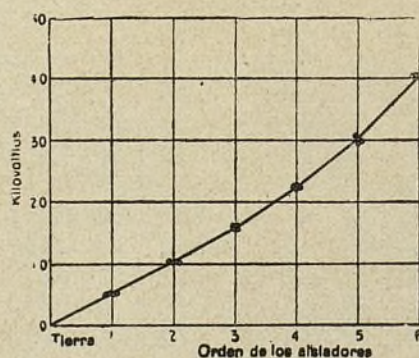


Fig. 3.—Voltaje del casquete de cada aislador con relación al potencial de la tierra.

Con la serie completa de los seis aisladores y sólo el transformador A conectado con el hilo de la línea, los aisladores se hallaban bajo condiciones de funcionamiento normales. A cada aislador correspondía cierta proporción del voltaje normal y el casquete de cada uno de ellos se hallaba a un determinado potencial normal, con respecto a la tierra.

Al establecerse una comunicación entre el transformador B y el casquete del aislador mediano, todas estas relaciones se hallaban modificadas. El potencial del

casquete que formaba el término del conductor de comunicación era determinado por el transformador B y los potenciales de los casquetes de los demás aisladores se hallaban también, más o menos, bajo la influencia del voltaje de dicho transformador. Si el voltaje del transformador B se establecía al potencial normal del casquete con el cual estaba conectado, los potenciales de todos los demás casquetes volvían también a sus respectivos valores normales.

El voltaje del transformador B había de ajustarse de modo que el voltaje indicado por el oscilógrafo fuera el mismo estando dicho transformador conectado con el casquete, o sin comunicación con él. Por consiguiente, el voltaje secundario de este transformador era el potencial normal del referido casquete.

La influencia del conductor que pone en comunicación el transformador con el casquete del aislador origina, sin embargo, cierta complicación. La presen-

tado con la parte inferior del quinto aislador mediante un hilo aislado, adaptado, en cuanto fuera posible, a una superficie equipotencial. Del lado opuesto del aislador, se colocó, en una posición similar, otro conductor de 1 metro aproximadamente de longitud. El voltaje del transformador B se rectificó hasta que la desviación fuese algo mayor que la «base».

Después de notar este voltaje y esta desviación, se quitó el segundo conductor que se acaba de mencionar, haciendo volver a los transformadores a los mismos voltajes a que se hallaban antes y dejando sólo la comunicación establecida con el quinto aislador. La desviación era habitualmente de 0,4 mm. menor de lo que era antes, aproximadamente. Estas observaciones demostraron que, aun con un potencial constante en el casquete del aislador conectado con el transformador B, la presencia del segundo conductor, dentro de los campos electrostáticos, originaba un aumento de des-

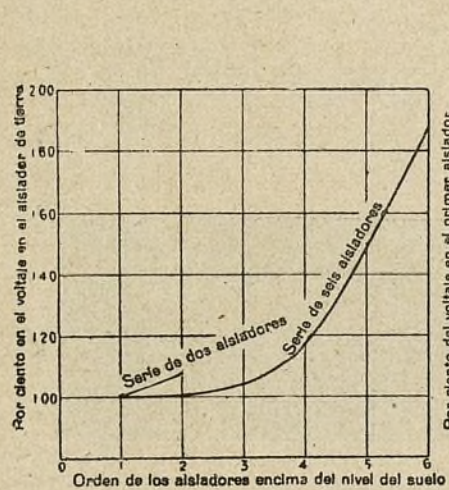
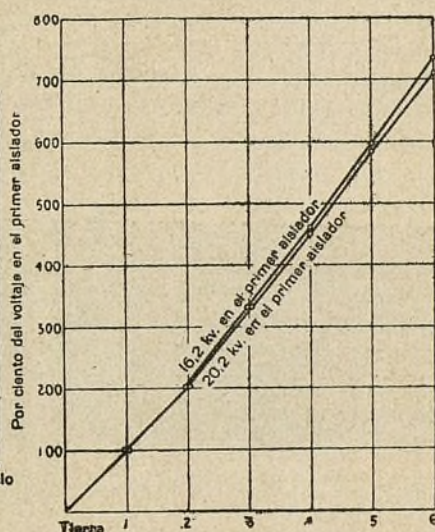
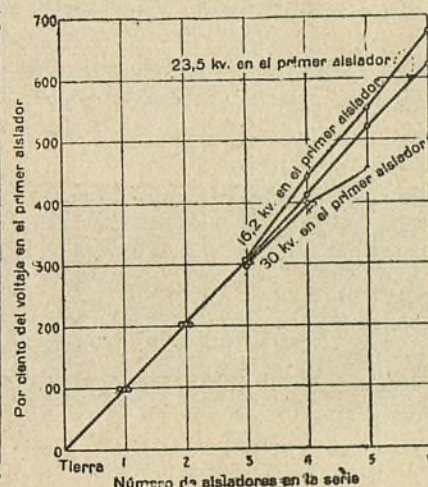


Fig. 4.—Voltaje en cada aislador, expresado en centésimas del voltaje del aislador de tierra.



Figs. 5 y 6.—Efecto de la «Corona» sobre la distribución del potencial.— Voltaje de la línea en centésimas del voltaje del primer aislador.



cia de este conductor en los campos electrostáticos que rodean a los aisladores perturbaría evidentemente dichos campos y, por consiguiente, la distribución de los potenciales. Si el conductor hubiera podido establecerse desde el transformador al casquete siguiendo normalmente una superficie equipotencial, no se produciría perturbación alguna y el método estaría exento de todo error; pero esta circunstancia es imposible de realizar en campos electrostáticos de tanta complejidad. En vista de ello hubo de idearse un método para determinar el probable efecto de este conductor y aplicar la corrección correspondiente, método que luego se describirá.

Se determinó en primer lugar el voltaje en el aislador con toma de tierra. Se notó la desviación del oscilógrafo estando la línea a un potencial de 40 kv. aproximadamente y no existiendo conexión alguna con los casquetes de los aisladores intermediarios. Esta desviación era de 16 mm. aproximadamente y se llamó «base», ya que representaba el potencial normal en el aislador en comunicación con la tierra. El potencial de la línea fué mantenido constante durante el funcionamiento del transformador A. Después de notar la indicación del oscilógrafo, el transformador B fué conec-

viación de 0,4 mm. Es de suponer que el otro conductor producía una perturbación igual, con el consiguiente aumento de la desviación, puesto que se hallaba colocado en posición idéntica al otro lado del aislador. Se debió, por lo tanto, tener en cuenta esta perturbación y se rectificó el voltaje del transformador B hasta que la desviación indicada por el oscilógrafo fuera igual a la base más 0,4 mm., anotándose el voltaje como potencial normal del casquete correspondiente. La misma operación se repitió sucesivamente sobre el tercer aislador y los siguientes, determinándose de este modo el potencial de los casquetes de cada uno de ellos.

Se verificaron cuatro ensayos distintos con el mismo voltaje total en la línea, al objeto de poder comprobar los resultados por comparación. En el último se retiró la hoja de plomo que cubría el casquete del aislador de la extremidad superior de la hilera; la concordancia entre el resultado de este ensayo y los de los demás fué casi perfecta.

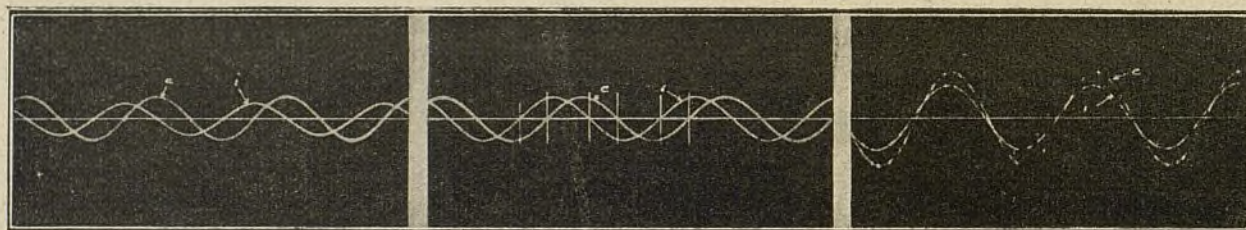
Resultado de los experimentos.—Los resultados de este experimento están consignados en el gráfico figura 3 que indica el voltaje correspondiente a los diferentes aisladores en frente del número de aisladores

existente entre el que es objeto del ensayo y el aislador con toma de tierra.

De los valores que sirven de base a la curva número 3, se deducen los elementos de la curva n.º 4. En esta última, el voltaje observado en cada aislador está consignado en frente del número de orden del aislador. Los voltajes están expresados en centésimas del voltaje existente en el aislador en comunicación con la tierra al efecto de poder establecer una comparación con la otra curva figurada en el mismo cuadro. El aumento de voltaje en los aisladores más próximos a la línea aparece con mayor evidencia en esta curva; se notará, en efecto, que el voltaje existente en el aislador inmediato a la línea equivale al 190 por 100 del aislador que se halla en la otra extremidad de la serie. Puesto que en caso de hallarse sobrecargado el aislador inmediato a la línea, la ruptura o la chispa que se produzcan alcanzan a toda la hilera, los aisladores más próximos a la tierra están sometidos a un esfuerzo violento bajo el voltaje normal. En una hilera de nueve o diez aisladores, la distribución de los potenciales tiende a ser más desigual todavía. Sin embargo, con potenciales altos, el efecto de corona hace disminuir la desigualdad y restablece cierta uniformidad en la repartición de

otro aislador y se aumentó el voltaje de la línea hasta que por la indicación del oscilógrafo se observara que el aislador con toma de tierra se hallaba al mismo voltaje que antes. El voltaje de la línea era entonces el mismo que en las demás unidades aislantes, siendo completo el ensayo. La comparación de esta curva con las otras muestra que existe un tipo de transformación entre los voltajes existentes en el primer y el segundo aislador cuando se agregan nuevos elementos a la serie. Para expresar con exactitud esta circunstancia, basta decir que en una serie de seis aisladores el voltaje en el segundo es del 101 por 100 del que existe en el primero, mientras que en una serie de dos aisladores la relación es del 108 por 100. Esta variación es debida a la modificación del efecto ejercido por el conductor de la línea y de las demás superficies de alto potencial sobre ambos. Es de suponer que una curva trazada con tres o cuatro aisladores ocuparía una posición intermedia entre las de las dos curvas anteriores.

Efecto de la descarga en corona sobre la distribución de potencial.—Para poner en evidencia la forma en que una descarga «en corona» sobre la su-



Figs. 7, 8 y 9. — Distribución del potencial en una hilera de aisladores colgantes.

potenciales, como se verá luego. Los resultados de este ensayo ponen, sin embargo, en evidencia la dificultad que hay en realizar un aislamiento eficaz, para los voltajes muy altos, por sencilla adición de nuevos elementos a una hilera de aisladores uniformes. Interesante sería repetir este ensayo sobre una serie de aisladores de diferente tipo o modelo, poseyendo los que se hallen más próximos a la tierra mayor reactancia de capacidad que los inmediatos a la línea.

CUADRO II
Capacidad de los aisladores.

Número de orden de los casquetes encima de la tierra	Capacidad aparente a la tierra en Farads $\times 10^{-12}$
6	2.16
5	2.07
4	1.35
3	0.55
2	0.26

El gráfico figura 4 comprende también una curva trazada para una serie compuesta únicamente de dos aisladores. Los datos que sirvieron para establecer esta curva se obtuvieron de un modo algo diferente: se procedió a un primer ensayo con un solo aislador, existiendo en la línea el voltaje normal, y se tomó nota de la indicación del oscilógrafo. Se agregó entonces

perficie de un aislador afecta a la distribución de voltajes, se determinó la desviación del oscilógrafo con un solo aislador, para 16,2 kv. Se añadieron otros aisladores y, por cada adición de un elemento nuevo a la serie, se determinó el voltaje que debía existir en la línea para originar el mismo voltaje en el aislador con toma de tierra. Se repitió el ensayo con 20,2 kv. en dicho aislador. Las dos curvas obtenidas son las de la figura 5 en la cual el voltaje de la línea está figurado en centésimas del voltaje del aislador en comunicación con la tierra, para cada ensayo, al objeto de facilitar la comparación. Es de observar que las curvas son idénticas hasta el punto en que el efecto de la descarga en corona empieza a hacerse sentir. Desde este punto, la curva correspondiente al voltaje más alto, o sea la en que apareció en primer lugar el efecto de corona, se mantiene por debajo de la otra; esta particularidad significa que la presencia de la corona rebaja la relación existente entre el voltaje de la línea y el del aislador en comunicación con la tierra. Es evidente que la descarga en corona tiene por efecto aumentar las superficies conductoras y, por consiguiente la capacidad de los aisladores próximos a la línea. La corona tiende, por lo tanto, a graduar automáticamente las capacidades de los aisladores formando parte de una hilera sometida a voltajes muy altos. Este efecto puede ser muy apreciable en ciertas líneas de transmisión de muy alta tensión.

Las curvas de la figura 5 no evidencian la importancia real de este efecto, porque los voltajes no son bastante diferentes, produciéndose en ambos casos la descarga en corona. Para hacer más visible el efecto de que se trata se trazaron las curvas de la figura 6, relativas a tres ensayos, empezando respectivamente con 16,2, 23,5 y 30 kv. sobre el primer aislador. En este caso, como en los anteriores, las curvas son idénticas hasta el punto en que aparece el efecto de corona, hallándose más bajas desde dicho punto las curvas correspondientes a los voltajes más altos.

Detalles de los gráficos del oscilógrafo.—El gráfico figura 7 muestra la onda de voltaje impuesta sobre el primario del transformador de alta tensión y la onda de corriente que atraviesa un aislador colgante único. Es de notar la forma de la onda de corriente como demostración de la eficacia de las bobinas de inductancia para la eliminación de las armónicas. El examen del gráfico obtenido por el oscilógrafo muestra que las ondas de voltaje y de corriente se hallan prácticamente a 90° fuera de fase. Esto significa que la corriente observada es casi exclusivamente corriente de traslación y que la corriente debida a las pérdidas es relativamente insignificante. El aislador estaba seco cuando se tomó nota de las indicaciones del oscilógrafo.

Las ondas que aparecen en el gráfico figura 8 fueron observadas estando colocado el aislador bajo un chorro de agua pulverizada, proyectado bajo un ángulo de 45 grados. En este caso, la corriente se adelanta sobre el voltaje de 70 grados solamente. La corriente total resultó ser de 0,287 miliamperios, siendo la corriente de traslación de 0,27 miliamperios y la resistencia de capacidad de 68 megohmios. La reactancia de capacidad era de 87 megohmios en el aislador seco. El aumento de capacidad que se observa en aislador hú-

medo es debido al aumento de las superficies conductoras. La resistencia del aislador bajo el chorro de agua fué de 82 megohmios.

Las curvas de la figura 9 se obtuvieron con el instalador colocado bajo un chorro de agua pulverizada proyectado horizontalmente. En este caso toda la superficie del aislador se halla mojada y la corriente debida a las pérdidas es notablemente aumentada. El adelanto de la corriente sobre el voltaje es entonces de 9 grados. La corriente total es de 0,416 miliamperios y la corriente de pérdida de 0,41 miliamperios. La resistencia cae de 82 a 8 megohmios y la reactancia de capacidad de 68 a 50 megohmios.

Resumen.—Del examen de los gráficos figuras 3 y 4 se desprende que con una fuerza electromotriz total de 40 kv. impuesta sobre una hilera de seis aisladores colgantes, el voltaje existente entre el aislador inmediato a la línea es el 190 por 100 del que existe en el aislador en comunicación con la tierra. La relación existente entre los voltajes de dos aisladores cualesquiera varía con el número de aisladores de que se compone la serie.

La producción de descarga en corona aumenta la capacidad efectiva de los aisladores más próximos a la línea, lo que tiene por resultado establecer automáticamente una graduación entre los aisladores y tiende a la vez a igualar los voltajes de las diversas unidades.

Cuando el aislador está seco, la corriente observada es casi exclusivamente corriente de desplazamiento o traslación de carga. Cuando el aislador se halla bajo un chorro de agua vertical, la corriente de pérdidas equivale a una tercera parte aproximadamente de la corriente total. Y, por fin, si el aislador se halla expuesto a un chorro de agua proyectado horizontalmente, la corriente resultante de las pérdidas excede en mucho a la corriente de traslación.

J. L. BRENNEMAN Y HAROLD M. CROTHERS.

Generalización del motor Diesel

El valor real y práctico de una teoría bien concebida, cuyo origen es una idea, un raciocinio preciso y lógico, encuentra una demostración concluyente en la universalización que va alcanzando el motor Diesel, fundado en un principio completamente nuevo, de concepción puramente teórica.

Esta demostración ha sido elaborada, primero, por un estudio profundo y persistente; luego, por una lucha dura y tenaz de realización con la práctica, propia de la raza genérica del inventor, y, finalmente, por la fuerza absorbente del éxito determinado por la conveniencia, el interés, la ventaja, que generaliza la adopción, forma de adaptación al nuevo medio creado que, por su superioridad natural, se impone como condición elemental de ser.

La concepción de Diesel, inspirada en las lecciones que recibiera de Linde, su maestro, fué la realización práctica de las isoterma, que le condujo a imaginar el ciclo de trabajo de un motor fundado en el principio teórico, prácticamente no demostrado hasta la realización del primer motor Diesel en 1893, de la ignición espontánea en aire comprimido.

Esta concepción, esta previsión del hecho, adquiere al través de veintidos años de investigaciones y de experiencia, una generalización cuya tendencia a universalizar la aplicación del motor Diesel, si aquella por sí sola no fuera suficiente, coloca a este generador térmico de fuerza motriz en un lugar de preferente atención que obliga al técnico a su estudio y a generalizar su conocimiento para el común provecho social.

Un hecho puramente externo, demuestra plenamente el valor real y práctico del motor térmico a presión constante y con el la virtualidad de su energía impositiva y conquistadora que señala una tendencia, por lo menos indicada, de suplantación total de la máquina de vapor, especialmente:

En principio, por su construcción, este motor es pesado y además caro; factores son éstos que parece debieran por sí solos circunscribir su esfera de acción, caracterizándole como generador fijo de fuerza y sin embargo tal es la elasticidad dinámica de su principio, su energía impositiva, repetimos, que, siendo innumerables las instalaciones de este género hoy existentes en todo el globo, su mayor desarrollo, sin embargo,

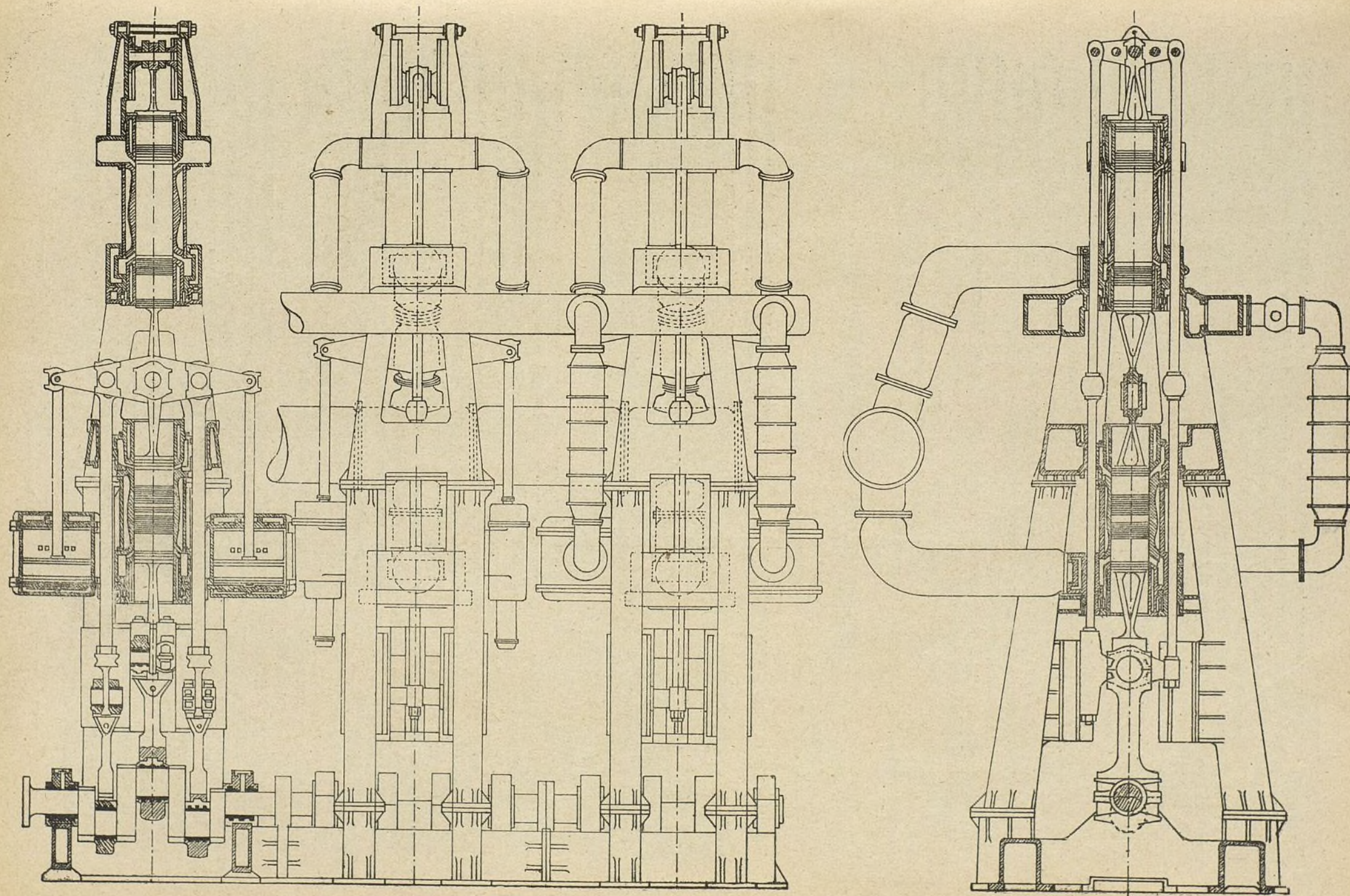


Fig. 1.—Motor Junquers vertical de 2×3 cilindros, de 800 caballos. — Diámetro de los émbolos. 400 mm.; Curso, 2×400 mm.; 120 revoluciones.

Ayuntamiento de Madrid

casi puede decirse lo ha alcanzado como motor marino. Y no precisamente por la mayor ligereza que puede ofrecer el tipo de dos tiempos, pues en los buques de cierto tonelaje y sobre todo en los mercantes, los motores adoptados con cierta preferencia, tal vez debido a lo que pudiéramos llamar su absoluta seguridad, factor primordial en la marina, son los de cuatro tiempos, en teoría, de doble peso, volumen y coste, igualdad de velocidad y a pesar también de su reversibilidad más complicada.

Hechos corroboran afirmaciones:

La compañía «East Asiatic», para la propulsión de sus buques da la preferencia a los motores Diesel y especialmente a los de cuatro tiempos del tipo Burmeister et Wain. El *Salandia*, primer buque de esta compañía, construido en 1911, tenía por cada árbol de hélice un motor Diesel de 8 cilindros de 530 milímetros de diámetro y 730 mm. de curso, desarrollando cada uno 156 caballos, o sea en junto 1250 caballos. El *Fionia*, botado en marzo de 1914, cada árbol de hélice estaba movido por un motor Diesel de 6 cilindros de 740 mm. de diámetro y 1.100 mm. de ca-

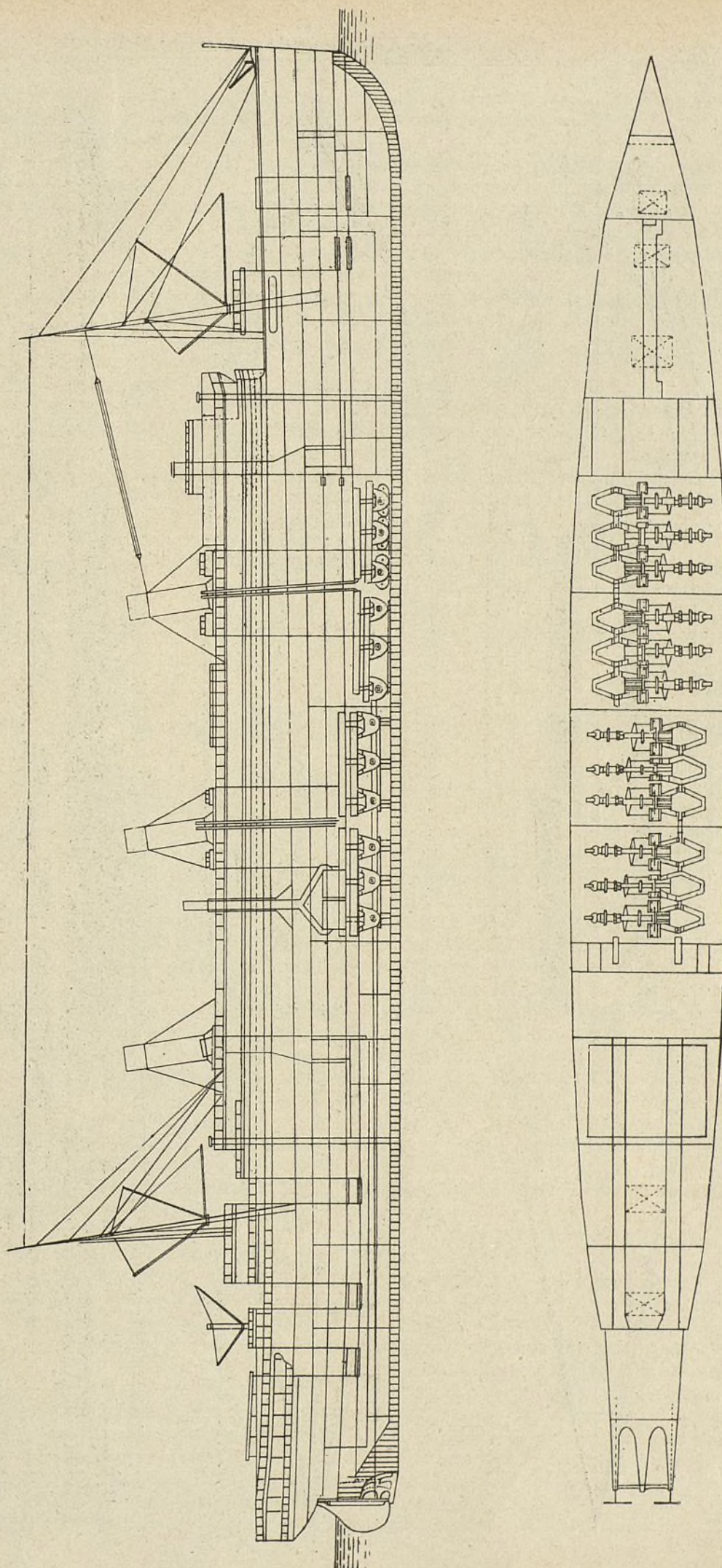


Fig. 2.—Proyecto de trasatlántico de 36.000 toneladas, de 230 m. de eslora, para una velocidad de 21 millas, con dos motores Junkers horizontales de 2×6 cilindros y 30.000 HP. a 110 revoluciones. Diámetro de los cilindros, 820 mm.; curso, 2×820 .

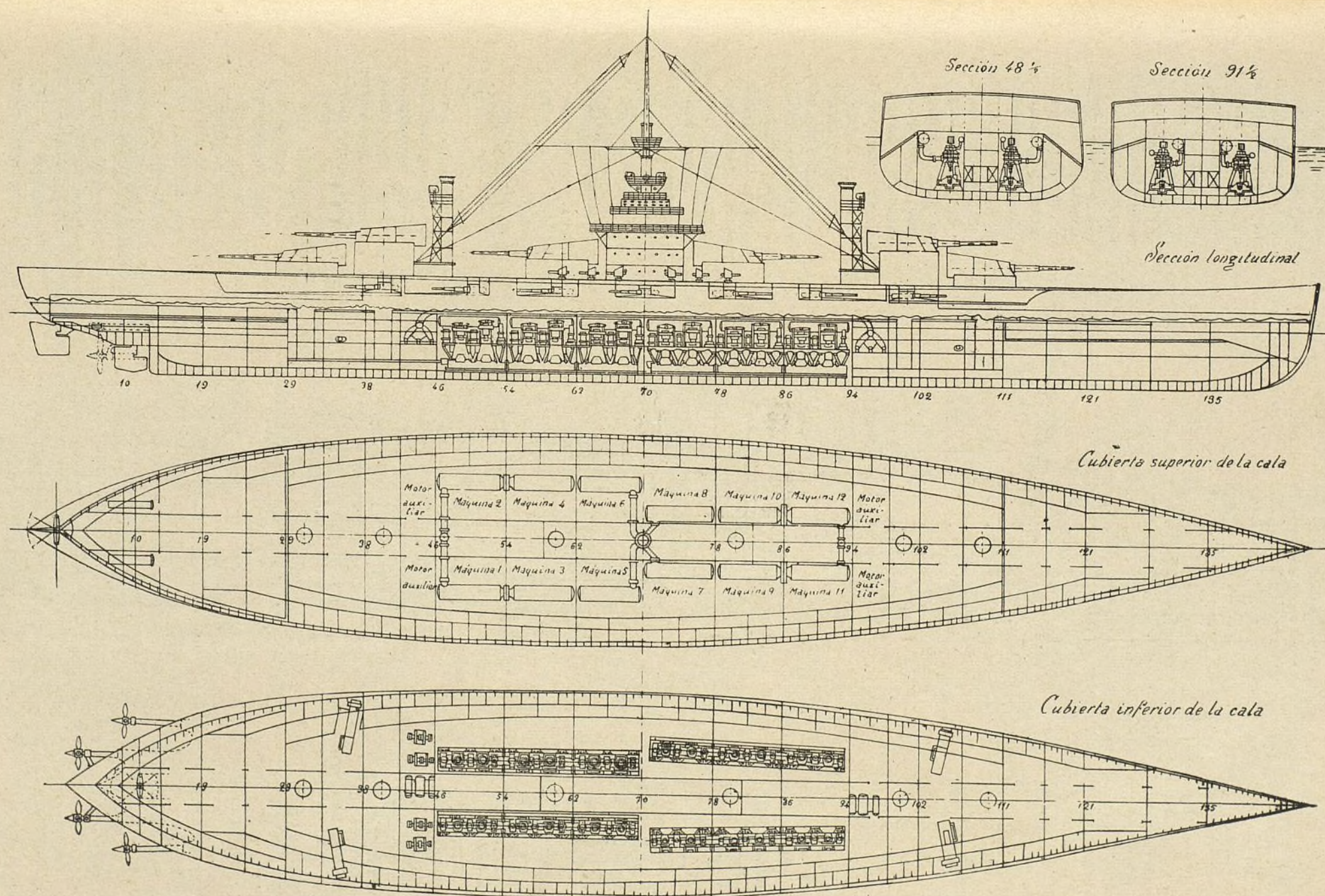


Fig. 3.—Proyecto de acorazado de 25.000 toneladas de 175 m. de eslora, 29 metros de manga y 8,2 de calado, para una velocidad de 23 millas con cuatro motores Junkers verticales de seis cilindros, con una potencia total de 45.000 caballos a 150 revoluciones. Diámetro de los cilindros 890 mm.; curso, 2×660 mm.

rrera, desarrollando una potencia indicada de 2.000 caballos que representan unos 333 por cada cilindro. Los diámetros de estos cilindros, son los mayores alcanzados hasta la época de referencia en los motores Diesel empleados por la marina mercante.

El motor de 1893, el primer motor, no pudo funcionar: ni la evidencia del principio, ni la inventiva genial pudieron animar aquella masa que pretendiendo ser orgánica se rendía por fuera de la inexperiencia a la inercia de lo estático y del fracaso; pues en mayo de 1912 prestaban ya servicio, solo bajo pabellón inglés, veintisiete buques equipados con motores Diesel, representando una potencia total de unos 50.000 caballos, existiendo veinte más en construcción. Al finalizar el año 1913, antes de la trágica desaparición del inventor, más de 400 buques de todas las categorías, como ya hemos dicho en otra parte (1), y diversidad de banderas, surcaban los mares propulsados por motores Diesel. Durante el año actual, por encargo de casas armadoras de diferentes países, sólo en la Clyde se viene construyendo un número muy importante de buques de 5.000 a 8.000 toneladas que no podemos

fijar, pero que desde luego señala un extraordinario progreso de la marina mercante dotada de motores Diesel.

Muestras magníficas que dan idea de las posibilidades actuales del motor térmico a presión constante, son las tres figuras que ilustran estas líneas.

Es la primera la reproducción de un motor Junkers vertical, de doble efecto, de tres cilindros a dos tiempos. El motor Junkers, basado como es sabido en la variante puramente mecánica y constructiva del cilindro con dos émbolos, ha caracterizado, por decirlo así, con sus perfeccionamientos, al motor marino de presión constante, especialmente en este sentido, al parecer definitivamente, al motor Diesel.

En las figuras 2 y 3 se patentizan los grandes tonelajes conquistados por este motor, los que solo por el vapor parecía que pudieran ser accesibles. Representa la primera de éstas un trasatlántico de 36.000 toneladas equipado con dos motores Junkers horizontales con potencia de 30.000 caballos; la segunda, un acorazado de 25.000 toneladas con cuatro motores Junkers, verticales, de seis cilindros, desarrollando una potencia total de 45.000 caballos para una velocidad de 23 millas a 150 revoluciones.

A. MENENDEZ CABALLERO.

(1) Véanse las obras «El Motor Diesel fijo» y «El Motor Diesel marino» del mismo autor.—Librería de Feliu y Susanna, Ronda San Pedro, 36.

La fabricación eléctrica del acero revolucionando la metalurgia

La electrometalurgia que parecía relegada a la obtención de metales especiales, ha invadido de lleno el campo industrial y lo que fueron tentativas que interesaban solo a las personas de estudio, se han convertido en realidades: de todas las metalurgias, la siderúrgica y la de los aceros era de creer se libraría de su marcha avasalladora, pues el coste de la energía eléctrica unido al enorme consumo que es necesario, daba como consecuencia la imposibilidad de la aplicación del método eléctrico.

Los estudios de verdaderos sabios unido al de los electricistas, han hecho nacer una nueva siderurgia, que amenaza relegar al sueño del olvido a los imponentes Altos hornos, a los disformes convertidores y a los delicados hornos de acero.

En las actuales circunstancias que atraviesa el mundo, en estas horas en que la ciencia agota las iniciativas aportándolas al bien de sus patrias, los técnicos del universo entero trabajan, perfeccionan y crean nuevos elementos que habrán de servir de base para el porvenir de la sociedad.

Por esto creemos de suma actualidad dar un extracto del trabajo de Mr. Bernard, publicado en la *Science et la Vie*, en el cual estudia la evolución de la metalurgia y la aplicación industrial de los métodos eléctricos de fabricación del acero.

* * *

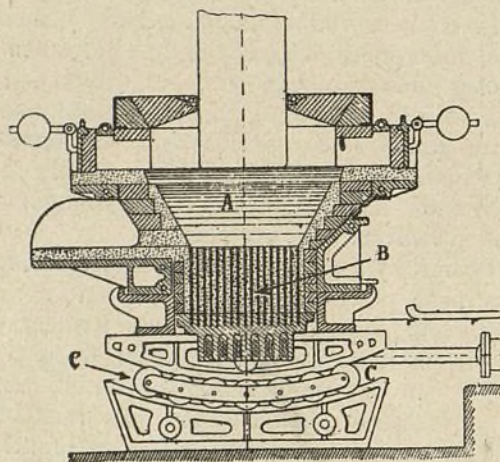
La guerra actual ha confirmado plenamente la opinión de los economistas que medían la potencia de una nación por la cantidad de acero que anualmente producía. El consumo de cañones y proyectiles, en los cinco frentes de combate es tal, que todas las previsiones de los Estados Mayores de los ejércitos belige-

rantes han sido enormemente sobrepasadas. Jamás se pudo imaginar que el consumo de proyectiles durante una sola batalla fuese suficiente para agotar, en contadas horas, las cajas de las baterías, las de reserva de los parques de municionamiento y las de los arsenales. En el Artois durante la ofensiva francesa, la preparación de la misma exigió el empleo de más de 300.000 proyectiles y durante las operaciones que precedieron a la reconquista de Przemysl por los austro-alemanes, lanzaron éstos sobre los ejércitos rusos un verdadero huracán de obuses y shrapnells, evaluado en 700.000 proyectiles. Admitiendo que un obús de 75, tiene un peso de acero de 20 kilogramos, el consumo diario en un solo frente, evaluado en 100.000 proyectiles representa como mínimo 4.000 toneladas de acero no contando en ellas las mermas de fabricación, peso enorme, si se tiene en cuenta que el consumo real es mayor, ya que en aquella cifra no van incluidos los proyectiles de la artillería pesada, que se emplean así mismo con gran prodigalidad.

La calidad del acero empleado en las fábricas de proyectiles tiene una gran importancia, pues es indispensable que el proyectil, para que sea realmente útil, no presente defecto alguno. Las mismas piezas de artillería tienen que resistir los potentes esfuerzos debidos a las modernas pólvoras, por lo que, el metal empleado en su construcción ha de ser el prototipo de los aceros de gran resistencia como empleado para la construcción de piezas mecánicas que tienen que estar sometidas a grandes esfuerzos, de manera que en la actualidad la fabricación de los aceros de buena calidad es considerado como uno de los elementos preferentes y esenciales de la defensa nacional.

El estudio de la calidad del acero más conveniente

para las diferentes necesidades militares, corre paralelo al de los diferentes metales resistentes y ligeros, necesarios, para la construcción de motores de automóviles o de aviación.



Horno eléctrico para acero, sistema Kellier.

- A. Baño de metal líquido;
- B. Crisol especial conductor;
- C. Guías para la oscilación del horno en el momento de la colada.

Una evolución lenta, pero irresistible, ha tenido lugar en el mundo sustituyéndose de día en día el *acero ordinario* por el *acero especial* cuyas, condiciones insuficientes de resistencia y homogeneidad exigían pesos excesivos en las piezas construídas que disminuían su estabilidad y ofrecían pocas seguridades de un buen funcionamiento.

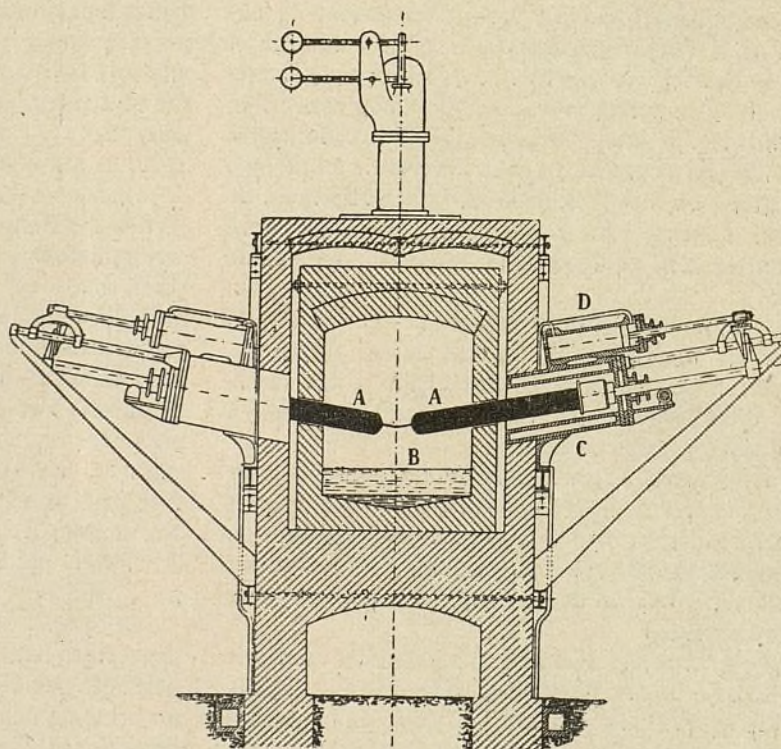
Una prueba convincente de esta feliz tendencia son los esfuerzos hechos por los ingenieros, para mejorar la calidad de los rieles empleados en las vías férreas norteamericanas. Un riel tiene que ofrecer el mínimo de peso por metro lineal con el máximo de resistencia a los esfuerzos de rotura debido a la carga producida por los ejes de las potentes locomotoras modernas que circulan vertiginosamente.

Las primeras vías férreas fueron construídas con rieles de hierro, cuyo desgaste era rápido; hacia la mitad del siglo pasado la fabricación del acero tomó gran desarrollo merced al invento de sir Henry Bessemer, pues hasta aquella fecha, el acero de buena calidad se fabricaba exclusivamente en crisoles de pequeña capacidad, por lo que siendo su precio de coste sumamente elevado, su empleo quedaba limitado a piezas de poco peso. El procedimiento Bessemer ácido, está fundado en la acción de una corriente de aire caliente sobre la fundición, quemando de este modo el carbono y silicio que lleva de exceso. La operación citada tiene lugar, en una retorta metálica oscilante llamada convertidor revestida interiormente de ladrillos refractarios, añadiéndose antes de darla por terminada un 10 % de

una fundición rica en carbono (spiegeleisen) para re-carburar ligeramente el baño de metal fundido, obteniéndose de este modo cantidades variables de 10 a 25 toneladas de acero según fuese la capacidad del convertidor en un tiempo sumamente corto, pues no sobrepasa casi nunca de 25 minutos.

El metal obtenido por el procedimiento ácido, es generalmente frágil por la existencia de impurezas en el metal, tales como el azufre y el fósforo, que no son eliminadas por la operación. Sin embargo en las grandes fábricas de rieles de acero de Norte América emplean casi exclusivamente este procedimiento, lo cual explica el gran número de roturas de rieles y los accidentes con frecuencia graves que se observan en aquel país.

Los minerales que llevan más de un 2 % de fósforo eran inaprovechables para los convertidores Bessemer, y fueron despreciados, hasta que Thomas, modificando el citado método de elaboración, inventó el sistema básico. La modificación estaba basada en reemplazar a los ladrillos refractarios que revestían interiormente al convertidor por una capa de dolomía calcinada (carbonato de cal y magnesia) y añadir al metal una vez fundido del 12 al 14 % de cal viva. La operación se conduce como en el método primitivo, pero al final de la misma cuando el penacho de llamas desaparece de la boca del convertidor se prolonga la acción del aire durante 5 ó 6 minutos a fin de eliminar por completo al metal de sus impurezas, no dándose por definitiva-



Horno eléctrico fijo, sistema Stassano.

- A. Electrodos de carbón;
- B. Baño de hierro fundido que llena la solera del horno;
- C. Cilindro para mover los electrodos de carbón;
- D. Cilindros de aire comprimido que producen el movimiento de los antes citados.

mente elaborado el acero hasta que una *probeta* o muestra sacada del baño en fusión, puede ser una vez forjada y templada al agua, doblada sobre sí misma, sin aparecer grieta alguna.

Si al hacer esto, el metal fuese quebradizo (agrio) se

re-
bte-
a 25
con-
so-

, es
s en
son
ran-
em-
cual
cci-
quel

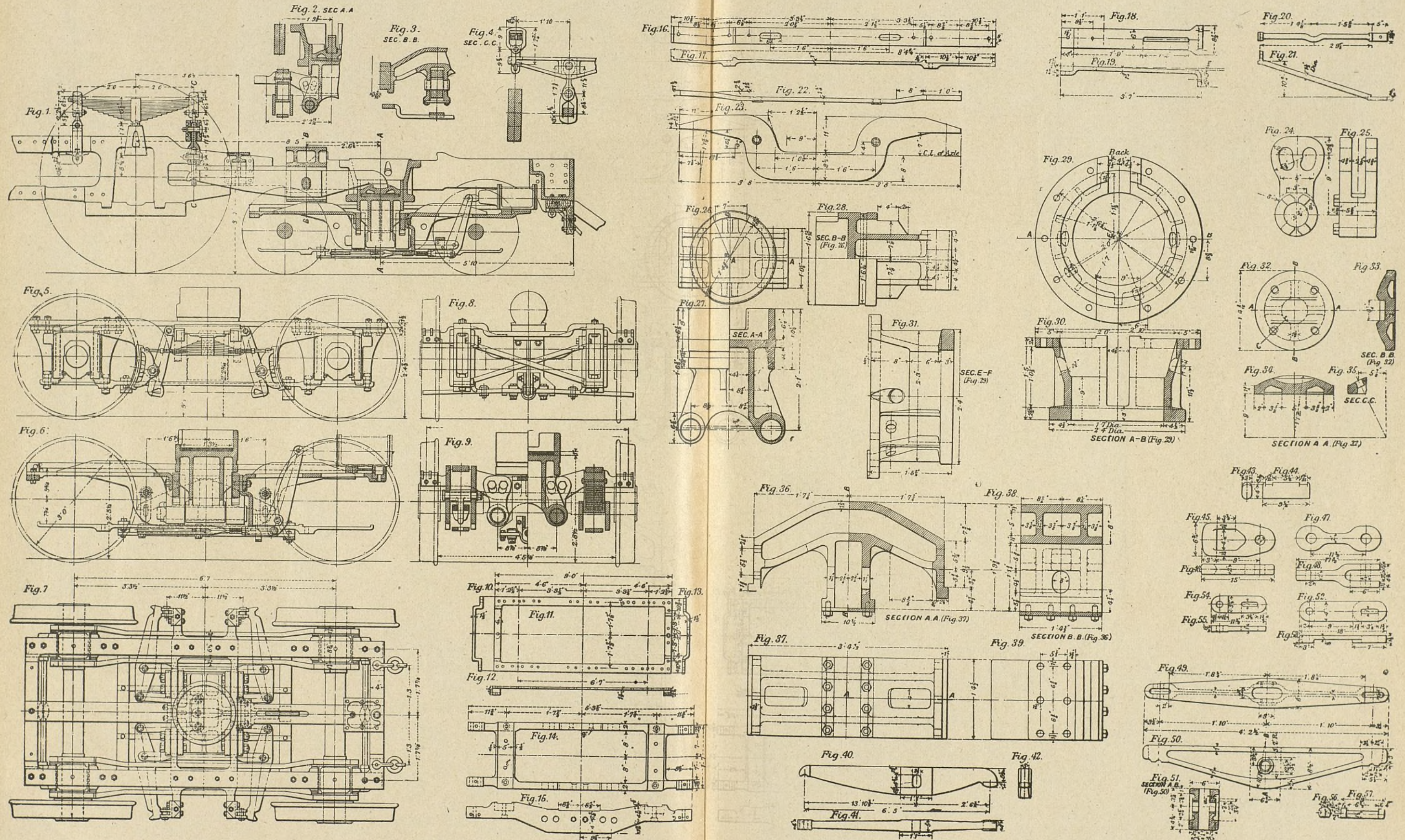
oro
ner,
ndo
ema
ar a
e al
bo-
vez
i se
l de
e de
aire
leto
iva-

)

o
vez
na,
se

Tipo de truck para locomotoras de cuatro ruedas

N.º 48.





Locomotora compound articulada tipo 2-8-8-8-2

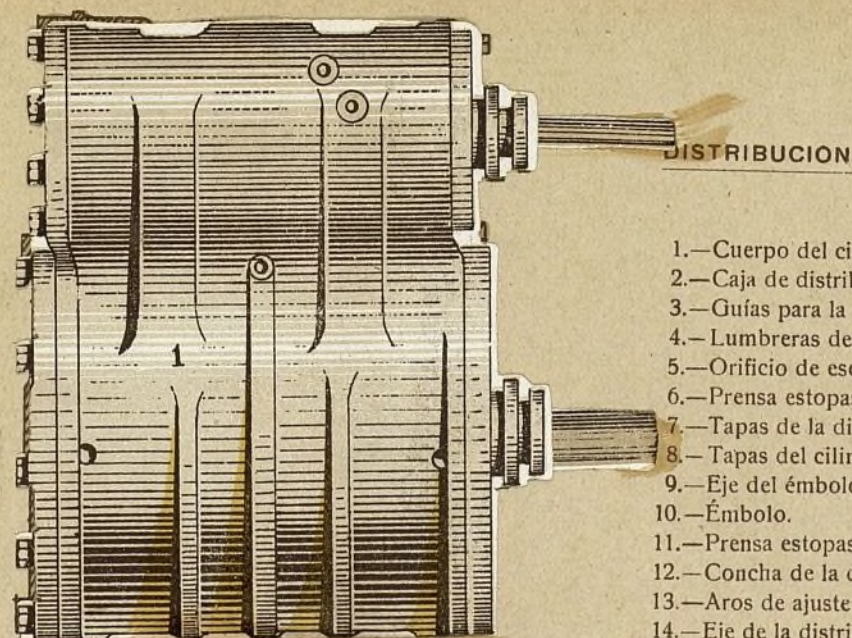
N.º 48.

Detalles del Tender y Distribución

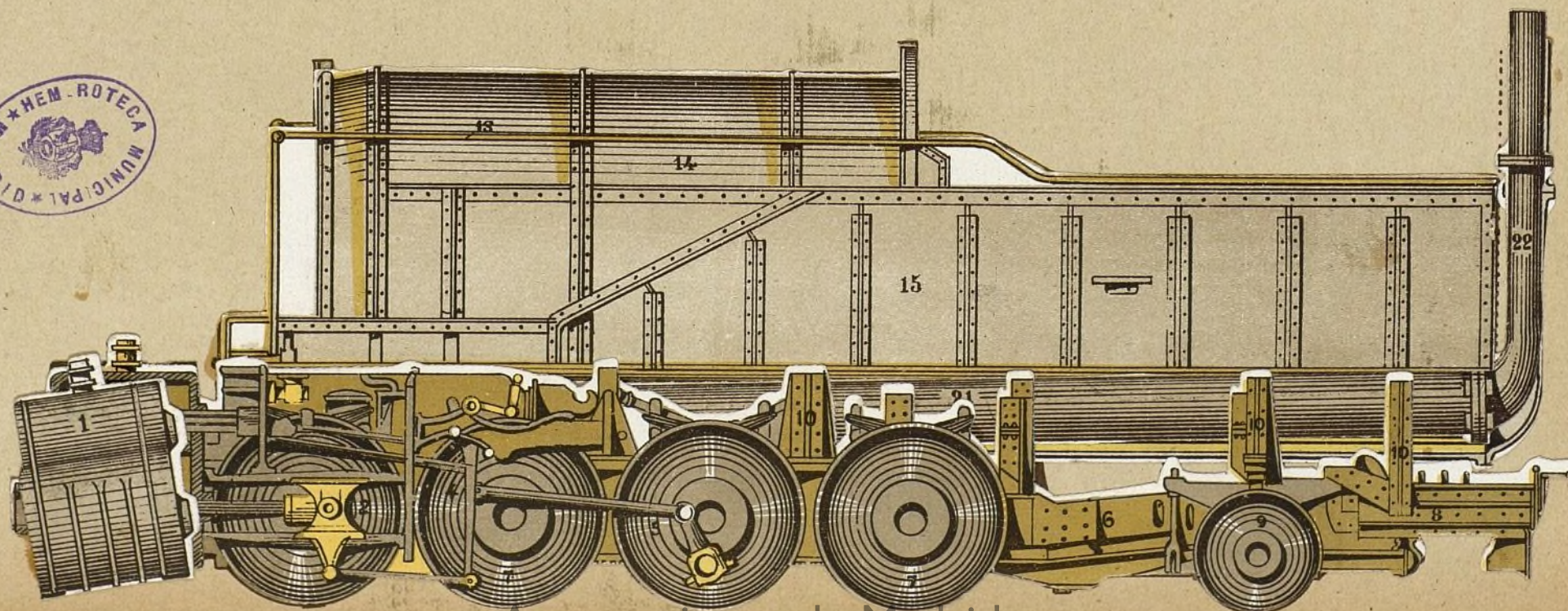
TENDER

- 1.—Cilindro.
- 2.—Embolo.
- 3.—Cruzeta y guías.
- 4.—Colisa.
- 5.—Biela y manivela transmisora.
- 6.—Chasis o marco del furgón.
- 7.—Ruedas.
- 8.—Retro-tren.
- 9.—Rueda del retro-tren.
- 10.—Soportes del cuerpo del furgón.

- 11.—Resortes de suspensión de los cojinetes de las ruedas.
- 12.—Cojinetes.
- 13.—Barandilla.
- 14.—Parte semi-abierta del furgón.
- 15.—Parte abierta del furgón.
- 16.—Depósito para el agua.
- 17.—Puerta de limpia del depósito de agua.
- 18.—Tubería de carga.
- 19.—Depósito combustible.
- 20.—Tubo de escape de los cilindros.
- 21.—Recuperador de calor.
- 22.—Chimenea para el tiro del recuperador.



- 1.—Cuerpo del cilindro.
- 2.—Caja de distribución.
- 3.—Guías para la corredera.
- 4.—Lumbreras de la distribución.
- 5.—Orificio de escape.
- 6.—Prensa estopas de la distribución.
- 7.—Tapas de la distribución.
- 8.—Tapas del cilindro.
- 9.—Eje del émbolo.
- 10.—Émbolo.
- 11.—Prensa estopas del cilindro.
- 12.—Concha de la distribución.
- 13.—Aros de ajuste de la concha.
- 14.—Eje de la distribución.



continúa
probeta c
mas así c
pero en c
indispens
es genera
pues sob
sico, per
hasta ent

El ing
un nuevo
obtener a
briéndola
sos) o d
conocido
la fundici
mezclada
de hierro
colada ca
de 15 a
acero en
horas, re
de coste
del acero

A pes
ventaja c
tin-Sieme
los obten
métodos
lo cierto
gote al s
siones hi
toneladas
pajas y
que acus
homogen
además c
to de llen
producen
rior de l
fenómeno
o una es
zación, H
de cada l
de un au

Por o
ferrocarr
interesado
presentab
entrañan,
elaborada
mentando
Así por e
construid
ficiente d
200 tonel
primera c
ciente el
lógico, po
rio, la dis
la del pre
asimismo
elementos
aceros de
mecánicas

continúa la acción del aire a presión hasta lograr una probeta de las condiciones antedichas. El metal Thomas así obtenido es mucho más dulce que el Bessemer pero en cambio no presenta la resistencia al desgaste, indispensable en los rieles. A pesar de todo, su empleo es general en la mayoría de las vías férreas americanas pues sobre no ser más caro que el ácido, el acero básico, permite ser obtenido partiendo de minerales que hasta entonces habían sido despreciados.

El ingeniero Martin, que acaba de morir, generalizó un nuevo procedimiento mediante el cual es posible obtener acero en la solera de un horno Siemens, recubriéndola de un revestimiento ácido (materiales siliciosos) o de uno básico (magnesia). Con estos hornos conocidos universalmente por Martin-Siemens se trata la fundición en bruto tal como sale de un alto horno, mezclada con el doble de su peso de ferralla y trozos de hierro, obteniéndose por colada cantidades variables de 15 a 60 toneladas de acero en un plazo de 8 a 10 horas, resultando el precio de coste algo superior al del acero Bessemer.

A pesar de la innegable ventaja que el acero Martin-Siemens presenta sobre los obtenidos por los otros métodos de elaboración, es lo cierto que jamás un lingote al ser semetido a presiones hidráulicas de 10.000 toneladas deja de presentar pajas y pequeñas grietas que acusan una falta de homogeneidad en su masa; además como en el momento de llenar las lingoteras se producen en la parte superior de la masa de acero fenómenos de segregación o una especie de cristalización, ha sido necesario sacrificar la tercera parte de cada lingote, que convertidos en merma es causa de un aumento en el coste de elaboración.

Por otra parte, hemos visto que los ingenieros de ferrocarriles y los constructores en general, estaban interesados en que desapareciesen los defectos que presentaban los aceros comerciales, pues el peligro que entrañan, disminuyendo la resistencia de las piezas elaboradas les obliga a exagerar sus dimensiones, aumentando su peso y por consiguiente su coste real. Así por ejemplo un puente de 1.500 toneladas de peso construido con acero ordinario, adoptando como coeficiente de seguridad el 20 %, pesa aproximadamente 200 toneladas más que otro construido con acero de primera calidad adoptando en su cálculo como coeficiente el 5 % de la carga de rotura y aunque como es lógico, por ser el metal citado, más caro que el ordinario, la disminución de peso trae como consecuencia la del precio del coste total de construcción, facilitando asimismo el montaje y transporte de sus diferentes elementos. Analogamente a lo citado, el empleo de aceros de buena calidad en la construcción de fuerzas mecánicas, evita las desagradables sorpresas de ines-

peradas averías que con tanta frecuencia ocurren con el empleo de aceros ordinarios.

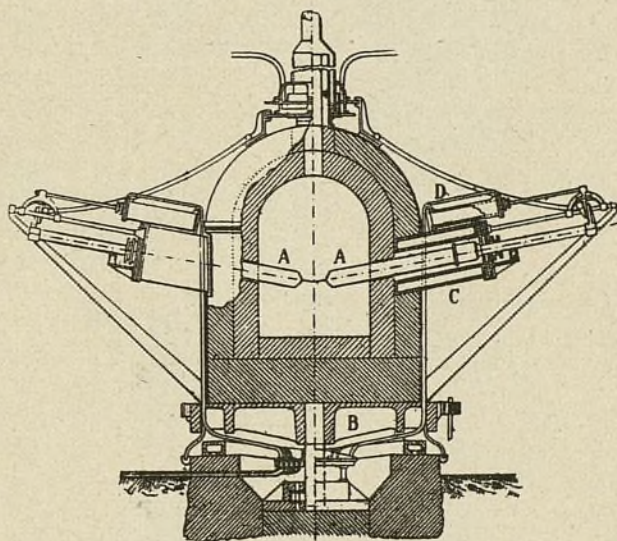
La necesidad cada día más creciente de aceros de buena calidad, hacía fuese éste ramo de la metalurgia un verdadero campo de estudio por los ingenieros especialistas del mundo entero, buscando un nuevo procedimiento de fabricación económica del acero de calidad superior. Este procedimiento que hace más de diez años se conoce en el mundo científico, no había sido integrado al industrial por circunstancias de orden económico y técnico. Vencidas estas dificultades, al fin pudo ser afinado el acero obtenido por los métodos Martin y Thomas, valiéndose de esta nueva energía eléctrica que está llamada a revolucionar el mundo. En el año 1885 Siemens había obtenido en el laboratorio, mediante diminutos hornos eléctricos, resultados verdaderamente asombrosos, pero como en aquellas fechas la energía eléctrica resultaba a precios relativamente elevados, no pudo a pesar de la sencillez de la operación necesaria para afinar el acero bruto, implantar industrialmente su procedimiento. La creación de potentes alternadores de gran rendimiento, abaratando el coste de la energía eléctrica, hizo que lo que parecía una quimera industrial fuese una realidad, que aun quedó más determinada, en el momento en que la utilización de las fuerzas hidráulicas permitió la producción de la energía eléctrica a precio irrisorio.

Los primeros hornos eléctricos industriales aparecieron en 1899 utilizando la energía eléctrica produci-

da por fuerzas hidráulicas. De entre los muchos hornos que en pocos meses fueron aplicados industrialmente, solo los Stassano en Italia, el Heroult en Francia y el Kjellin en Suecia, acreditaron su eficiencia, siendo digno de notarse que cuantos hornos eléctricos han aparecido posteriormente y están en la actualidad en servicio, son derivados de los tres tipos citados que pueden ser considerados como fundamentales.

El horno eléctrico Siemens, inventado en 1880, consiste esencialmente en dos electrodos de carbón, entre los cuales salta el arco voltaico en el interior del crisol abierto. Borchers ideó aproximadamente en la misma época un horno de tierra refractaria calentado por un arco que salta desde un electrodo de carbón y una pieza metálica fija en la solera o fondo del horno y finalmente el principio científico del horno de inducción de Ferranti sirvió de base para la construcción del horno de Kjellin.

Los primeros hornos eléctricos industriales tales como el Heroult (1887) y el Cowles (1890) fueron aplicados desde luego a la producción del aluminio, abaratando de un modo inconcebible su precio y haciéndolo asequible a las múltiples aplicaciones industriales.



Horno eléctrico oscilante, sistema Stassano.

- A. Electrodos;
- B. Pivote para el giro de la solera;
- C. Cilindro guía de los electrodos;
- D. Cilindro de aire comprimido para el movimiento de los electrodos.

Ordinariamente los hornos eléctricos son clasificados en cuatro grupos: hornos de arco con calefacción directa (Heroult, Girod); hornos de calefacción por radiación (Stassano); hornos de resistencias y finalmente los de inducción tales como los Kjellin y Röechling-Rodenhauser. Heroult que en sus largas experiencias de laboratorio había alcanzado pleno dominio de esta rama de la metalurgia, pudo en 1889-90 después de obtener las patentes de invención correspondientes, aplicar a sus hornos de arco voltáico y de resistencias, los perfeccionamientos necesarios para desenvolver el sistema de calefacción por electrodos, que había constituido un escollo insuperado para la mayoría de los ingenieros. En su horno poco complicado calienta indirectamente el metal a fundir, interponiendo entre él y los electrodos como resistencia una capa de escorias o bien un electrolito, evitando de este modo el contacto del metal con los electrodos de carbón, con lo cual el afinado resulta casi completo y permite la introducción en el acero de otros elementos tales como el cromo, el vanadio y el molibdeno, destinados a aumentar la resistencia mecánica del producto elaborado.

El horno Heroult se emplea practicamente ya para cargarlo solo con acero en barras, ya acoplado con otro horno corriente Bessemer o Thomas, a fin de alimentarlo con acero líquido para producir su afinación. El número de estos hornos actualmente en servicio es mayor de 100 funcionando en perfectas condiciones en América del Norte, Alemania, Inglaterra y Francia. Una de las más bellas aplicaciones del mismo es la de la fábrica de aceros Illinois Steel Co de South-Chicago (N. A.), que tienen instalado un horno capaz para 15 toneladas desde el año 1909, lo que constituyó un verdadero *tour de force*, ya que el mayor existente en aquella fecha, apenas producía 7 toneladas por operación. En esta instalación se obtuvo por primera vez, con un horno eléctrico, la producción directa del acero exento de azufre y fósforo, en vez de afinar el metal obtenido en otros hornos y por lo tanto en gran parte libre ya de sus impurezas.

El horno Heroult instalado en South-Chicago, es alimentado por un convertidor Bessemer ácido, que no elimina el azufre ni el fósforo, obteniéndose como máximo once cargas de 15 toneladas durante 24 horas de trabajo, durando por lo tanto cada operación 1^h 20 y absorbiendo 230 kilovatios-hora (200 por tonelada de acero) y 4 kilogramos de electrodos de grafito. La principal ventaja de este horno es su funcionamiento sencillo y seguro, pues los paros necesarios para reparaciones son extremadamente raros. Interiormente, el horno Heroult está revestido de dolomía calcinada, que permite reparar en pocos minutos las partes del mismo deterioradas por el trabajo, habiéndose calculado un consumo de dolomía de 5 kilogramos por tonelada de acero elaborado. Finalmente como que cada ocho días hay que reemplazar el revestimiento silicioso y la bóveda, las reparaciones necesarias apenas llegan a valer 30 céntimos por tonelada de acero elaborado lo cual constituye una verdadera insignificancia.

De la combinación del horno de arco con el de resistencia, ha nacido el Nathusins de corriente trifásica empleado por la Sociedad anónima de tubos en osnowice (Polonia). Este horno con electrodos cilíndricos de carbón permite fabricar el acero, aprove-

chando los desechos de la fabricación de tubos. Los tres electrodos superiores de los arcos son alimentados por una corriente a 108 voltios, mientras que los superiores del circuito con resistencia, reciben corriente solo a 18 voltios de tensión, produciéndose ambas corrientes con un solo transformador estático provisto de dos arrollamientos secundarios. En el circuito inferior hay intercalado un regulador de tensión de 180 kilovatios a fin de modificar la misma en los bornes de los electrodos, contrarrestando la fuerza contra electromotriz que se desarrolla. Los electrodos superiores van equilibrados por contrapesos y suspendidos de correderas, movidas por tres tornos eléctricos. Con un horno así dispuesto, y siendo el diámetro de 2,90 metros, puede obtenerse de 6 a 8 toneladas de acero por colada.

El horno Girod empleado especialmente en la fábrica de aceros de Ugine (Saboya), es análogamente al Heroult ya descrito, un horno a la vez de arco y resistencia. El horno mixto de inducción y resistencia Röechling-Rodeshausen empleado en los talleres Völklingen (Alsacia), funciona con corriente trifásica, siendo su forma casi circular y montado sobre unas guías curvas que permiten volcarlo en el momento de la colada; un doble dispositivo de inducción y conductibilidad permite calentar la carga, y contactos interiores transmiten la corriente al baño mediante placas que solo son conductoras a elevadas temperaturas. La solera de este horno que puede contener 1.500 kilogramos de metal está subdividida en cuatro regiones mediante tres núcleos magnéticos, que constituyen el laboratorio y tres conductos de calefacción de dimensiones relativamente reducidas. Las bobinas que envuelven a estos núcleos están resguardadas por envoltentes protectrices convenientemente ventiladas, estando cada una de las citadas bobinas formadas por dos arrollamientos inducido e inductor y alimentado éste directamente por la línea general de distribución.

Este horno, provisto de tres puertas de carga, recibe en su interior, ya acero fundido, ya trozos de ferralla, eliminándose el fósforo por la adición de cal y desoxigenándose el baño mediante ferro-manganeso y ferro-silicio de gran porcentaje. La desulfuración tiene lugar en el momento que las escorias son blancas, recarburándose el metal en el momento de sacar las escorias. Momentos antes de la colada se comprueba la cantidad de carbono mediante análisis rápidos, verificados en el mismo pie del horno.

Si se afina acero ya fundido de antemano, se obtienen en dos o tres horas una tonelada de acero de superior calidad, similar al acero al crisol, con solo un consumo de 200 a 300 kilovatios. Si la primera materia es la ferralla, el consumo de energía es mayor, pues se eleva a 900 kilovatios por tonelada de acero producido; el precio de coste se eleva a 162,50 francos la tonelada, sin tener en cuenta las licencias generalmente elevadas del propietario de las patentes.

Finalmente es digno de especial mención las tentativas coronadas del más lisonjero éxito verificadas en Suecia, para la construcción de altos hornos eléctricos, ya que si bien el país tiene en abundancia mineral de hierro de superior calidad, la falta de combustible mineral era la causa determinante de un verdadero atraso siderúrgico.

Los electrodos de los altos hornos eléctricos están

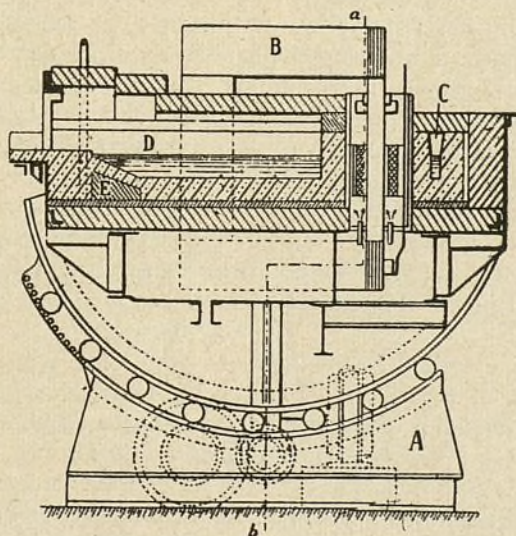
constituídos por conglomerados de carbón de madera, antracita, carbón de retorta, cok de petróleo y grafito, empleándose el alquitrán para conglomerar los materiales antes citados que han sido reducidos antes a polvo fino. Los cilindros formados después de comprimidos mediante una potente prensa hidráulica son sometidos (procurando no estén en contacto del aire) a temperaturas próximas a los 1.800° , durante un período variable de 6 a 15 días. Algunos de los componentes citados tales como el cok de petróleo, sufren antes de su trituración una cocción que les elimina las materias volátiles.

En 1910 se fabricaban en América 55.000 toneladas de acero afinado electricamente, obteniéndose un metal que al ser destinado para rieles de ferrocarriles, soportaban sin roturas un servicio intenso, a pesar de que en ciertas regiones estaba sometido a bajas temperaturas.

Las piezas moldeadas con acero eléctrico son más baratas que las producidas por acero al crisol, y como que los primeros son muy pobres en carbono no exigen el recocido final. Cuando lo que se desea obtener es acero para herramientas, puede utilizarse desechos de acero al cromo, vanadio, tungsteno, los cuales son así tratados sin pérdida alguna. El consumo por tonelada de acero fundido y afinado ha ido disminuyendo poco a poco desde 1,000 kilovatios-hora a 500 k.-h.

Hasta el presente, el alto horno eléctrico no interesaba más que a los países desprovistos de hullas de

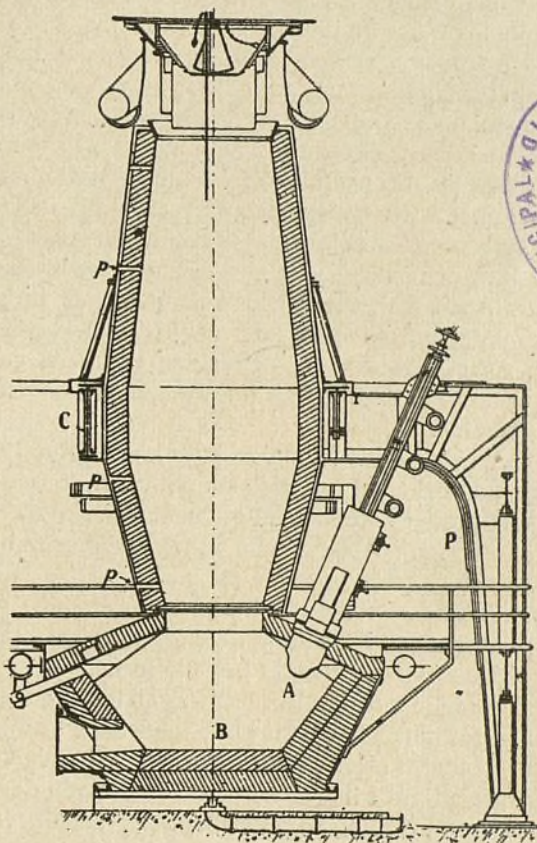
capacidad, alimentados con acero ordinario recién elaborado en los hornos Thomas tan abundantes en su país. El célebre metalurgista Thyssen recientemente fallecido, hizo instalar hornos Heroult de 30 toneladas en las fábricas de Brückhausen (Deutscher Kaiser) y de Hagondange, y estas iniciativas industriales fueron segui-



Horno eléctrico de corriente trifásica sistema Rochling-Rodenhauser.

- A. Guía curva para la basculación del horno;
- B. Núcleos magnéticos de la carcasa;
- C. Conductos de calefacción;
- D. Contacto interior que conduce la corriente eléctrica al baño de metal fundido contenido en el laboratorio.

cok. El horno de acero es en cambio de gran interés en las mismas regiones, que van a la vanguardia de la siderurgia. En la actualidad más de 250 hornos funcionan sin cesar en los centros metalúrgicos del mundo. Los alemanes comprendieron inmediatamente el partido que podían sacar de los hornos eléctricos de gran



Alto horno eléctrico de la fábrica Hagfors (Suecia).

- A. Electrodo de carbón;
- B. Laboratorio o crisol del alto horno;
- C. Marco para el soporte del alto horno;
- P. Columnas en las cuales se apoya el marco;
- p. Pirómetros indicadores de las temperaturas interiores del alto horno en sus diversas zonas.

das por las fábricas de acero de Rombas, Union de Dortmund, Gelsenkirchen y por la de tubos de Mannesmann, siendo en la actualidad el horno más empleado en Alemania el Röchling-Rodenhausen.

En Inglaterra pocos son los hornos empleados, perteneciendo todos ellos al tipo francés y funcionando en las grandes fundiciones de Sheffield. En fin, en Francia el desarrollo del horno eléctrico no ha sido muy rápido. Las fundiciones de Ugine (Saboya) emplean el horno Girod, las de Allevard (Isère) el horno Chaplet así como otros especiales para elaborar diferentes aleaciones de hierro.

En resumen: la siderurgia eléctrica posee una intensa vitalidad; teniendo ya aparatos perfectos y personal apto está en condiciones de ocupar el primer lugar entre los métodos destinados a la fabricación del acero, reemplazando los sistemas hasta hoy en uso y facilitando la labor del arquitecto y del ingeniero.

Una revolución en el automovilismo

Al entrar en prensa nuestro número de noviembre, se estaban efectuando en Tárrega las pruebas de un invento extraordinariamente notable que va a ocasionar una verdadera revolución en el automovilismo. El automóvil que en la vida ciudadana iba sustituyendo poco a poco al pesado coche y a la arcaica diligencia, había encontrado una valla hasta hoy insuperable, que impedía su adopción en todas las necesidades de la vida; los gastos de entretenimiento al parecer análogos a los de cualquier motor de explosión, estaban incrementados enormemente, resultando inaccesibles para las modestas fortunas este elemento de transporte.

Los neumáticos y llantas macisas, de duración imposible de fijar, constituyen esta fuente de inverosímiles desembolsos aparte del engorro que ocasiona las panas por rotura del neumático en plena carretera, que anula la excursión o interrumpe el viaje instantáneamente.

A evitar estos inconvenientes y en lograr una economía real en el uso del automóvil, es lo que resulta de la prolija y fecunda labor del chauffer-mecánico don Ramón Pére Abiá, quien tras ímprobos trabajos ha logrado concretarlos creando una nueva rueda elástica, *sin caucho* partiendo de bases esencialmente distintas de las que habían sido fundamento de las numerosas ruedas metálicas creadas hasta la fecha.

A fin de que nuestros lectores no crean que exageramos por tratarse de un inventor constante y antiguo lector de nuestra Revista, así como por la intervención que el que suscribe ha tenido como apoderado e ingeniero del autor, vamos a transcribir íntegramente la reseña que del acto de las pruebas verificadas el día 30 de octubre último, inserta en el *Boletín del Consejo Provincial de Fomento* de la provincia de Lérida, debido a la pluma del reputado Ingeniero Industrial D. Eusebio Martí Lamich, ingeniero de la Comisión Provincial e inspector de los automóviles para el servicio público de la provincia y que a la par llevaba la representación expresa del Excmo. Sr. Gobernador Civil, que por circunstancias especiales no pudo concurrir al acto.

PRUEBAS DE UN INVENTO

»Ante las autoridades, Técnicos, Prensa local y otras distinguidas personalidades, se efectuaron el sábado, en el trayecto de carretera comprendido entre esta ciudad y Tárrega, las pruebas de unas ruedas metálicas elásticas, suprimiendo el caucho, para automóviles y demás coches similares, inventadas por don Ramón Pére Abiá, residente en la ciudad de Tárrega.

»Todos quedaron sumamente complacidos de la gran utilidad de aquellas ruedas metálicas, no echando de menos durante la marcha del ómnibus automóvil las llantas de caucho, que han sido substituídas por las que ha inventado y construído el señor Pére Abiá, hasta el extremo de que, si no se hubiese advertido del cambio de las mismas, con seguridad que no se habrían dado cuenta de ello los que asistieron a las pruebas de referencia.

»De lo que se deduce, que no se nota la menor diferencia en la marcha, roce y fuerza, siendo en las nuevas ruedas más difícil la patinación, por lo que

puede efectuarse sin el más insignificante contratiempo una parada en cualquier punto de una pendiente por muy pronunciada que sea, como así lo demostró varias veces el inventor que conducía el auto de pruebas, facilitando al propio tiempo cuantas explicaciones eran necesarias para ilustrar a los invitados a aquel acto y contestó categóricamente a cuantas intrincadas preguntas le dirigieron los técnicos sobre el funcionamiento de cada una de las piezas componentes de las ruedas metálicas.

»El ilustrado Ingeniero industrial Director de la oficina Técnica de EL MUNDO CIENTÍFICO, de Barcelona, Sr. Ferrer Dalmau, dió a conocer un detallado plano y memoria correspondientes a la rueda metálica, demostrando las excelencias de la misma y manifestando que a su leal entender, el invento del mecánico Sr. Pére Abiá ha de producir una revolución financiera dentro del automovilismo.

»A grandes rasgos expuso la pacienzuda labor del inventor, tras once años de estudios prácticos, para conseguir el fin apetecido, que todos admiramos.

»Claro es, dijeron los señores Ferrer Dalmau y Pére Abiá, que en lo concerniente a la construcción y material empleado para la confección de la rueda metálica, cabe mayor perfección, que no dudan se obtendrá en seguida, disponiendo de lo necesario para ello.

»Hay que advertir, que si el invento ha podido llegar hasta el final de su proyecto, es debido en gran parte a un rasgo humanitario y digno de encomio de un propietario vecino de Tremp, llamado don Martín Climent, quién, desconocedor de lo que en sí representaba el invento de las ruedas metálicas y solo protector del obrero sin recursos, que se lanza a un estudio intrincado y a primera vista casi absurdo, le facilitó cuantos medios pecuniarios han sido necesarios hasta el momento final de ver terminada con éxito la pesada labor, fruto de tantos desvelos.»

* * *

Galantemente invitados por el inventor señor Pére y el capitalista señor Climent, fueron obsequiados los invitados que concurrieron al acto, con un espléndido banquete en el Hotel de España de Tárrega, ocupando la presidencia el Gobernador Militar, General Pulleiro, quien tuvo a su derecha al inventor señor Pére, siendo ocupados los restantes sitios de la misma por el Excmo. Alcalde de Lérida, señor Pinell; Vicepresidente de la Comisión Provincial, señor Florensa; Delegado del Alcalde de Tárrega, señor Morera; Ingeniero Industrial señor Martí, en representación del Gobernador Civil; señor Montaner, Teniente Coronel de Ingenieros, Jefe de la Comandancia de Lérida; señor Gonzalez, Ingeniero de Caminos, en representación del Jefe de Obras públicas de la Provincia y el señor Climent co-propietario del inventor, ocupando los restantes sitios de la mesa numerosos invitados entre los cuales merece especial mención el Jefe de Talleres de la Hispano-Suiza don E. Boglio, los señores Trompeta, Sanchez, Moreno y García, corresponsales de la prensa de Barcelona y redactores de la de Lérida.

Al final del banquete inició los brindis el general señor Pulleiro, quien con galanura de frase y elevados

conceptos enalteció la labor del inventor, animándole para que este momento sea el punto de partida de otros estudios que honren nuestra patria; felicitando así mismo al inventor en calurosas improvisaciones los señores Florensa, Pinell, Martí Lamich, Gonzalez y Morera, y dando las gracias el que suscribe, como apoderado de los propietarios de las patentes obtenidas.

Visto el resultado verdaderamente espléndido de las pruebas, se levantó en el despacho del Excelentísimo Sr. Alcalde de Lérida, la siguiente acta que por la significación de las firmas que la integran constituye prueba plena de la grandiosidad del invento.

«En la Ciudad de Lérida a treinta y uno de octubre de mil novecientos quince; reunidos los abajo firmantes para asistir a las pruebas de unas ruedas elásticas de llanta metálica desprovistas de caucho aplicables a toda clase de carruajes y especialmente a automóviles, galantemente invitados por su inventor don Ramón Pére Abiá se procedió a la verificación de aquéllas en el trayecto de carretera de Lérida a Tárrega y viceversa, con automóvil ómnibus de los de servicio público perteneciente a la Compañía «Hispano Montañesa» en el cual las dos ruedas motrices iban provistas de las llantas que se trataba de probar, llevando las directrices el bandaje usual macizo de caucho.

»Y habiendo recorrido dichos trayectos a la velocidad normal ordinaria, en esta de vehículos, se observó que la trepidación producida por la marcha es similar y en la mayor parte de las ocasiones más suave que la generalmente observada en los coches que van tan solo provistos de ruedas con llantas usualmente empleadas.

»En vista del resultado satisfactorio antes expuesto, entienden los señores que presenciaron las pruebas referidas, que se trata de un invento verdaderamente meritorio del que pueden esperar grandes beneficios el automovilismo e industria de transportes.

»Por lo que firman la presente acta a ruegos del interesado en Lérida fecha ut supra.—El Gobernador militar, *José Pulleiro*.—El Alcalde de Lérida, *Domingo Pinell*.—Por el Gobernador civil el Ingeniero industrial, *E. Martí Lamich*.—Por la Jefatura de O. P. El Ingeniero, *José Gonzalez*.—El Teniente Coronel Jefe de la Comandancia de Ingenieros, *Baltasar Montaner*.—Por la Diputación provincial, el Vicepresidente de la Comisión permanente, *Manuel Florensa*.—El Representante de la Hispano-Suiza, *Esteban Boglio*, siguiendo las firmas de los otros invitados.»

El que suscribe, Director de la Oficina Técnica de EL MUNDO CIENTÍFICO - INVENTOS MODERNOS, en carácter de tal y como apoderado del inventor, da desde estas

columnas las más expresivas gracias a cuantos honraron con su presencia el acto, felicitándoles de haber contribuido a realzarlo.

Para finalizar y en la seguridad de que todos nuestros lectores les interesará el conocer el mecanismo de la rueda damos a continuación un extracto de la patente obtenida por el inventor señor Pére.

* *

Las ruedas metálicas elásticas sin caucho «Pére» constan de una llanta de acero *a* (fig 1), envuelta por otra de mayor diámetro *b* torneada interiormente y recubierta en su parte exterior por una superficie semitórica de madera, que a su vez es envuelta por unas láminas de acero bombeadas y curvadas, por bandas de cuero o por otra substancia cualquiera, que lleva fijos una serie de remaches o salientes *d* en igual forma que actualmente los llevan las cubiertas de los neumáticos de los automóviles.

La llanta anterior *a* entra a frotamiento fuerte sobre las actuales llantas *f* de las ruedas de los coches automóviles, a las cuales van ajustadas con tornillos *g*, con lo cual la citada llanta *a* queda unida solidariamente al coche siguiendo en un todo a la rotación del eje; la conexión elástica entre las llantas *a* y *b* se establece mediante muelles de ballesta, de que luego hablaremos y que constituyen el elemento elástico que asegura el perfecto funcionamiento. Como complemento indispensable para que el agua, el barro ni otros cuerpos extraños puedan

penetrar en la zona de los muelles de ballesta, se recubre por ambos lados la superficie anular que queda entre las llantas *a* y *b*, mediante un cubre juntas especial, que será objeto asimismo de detallada descripción.

Circunscribiéndonos a la parte determinada por las dos llantas *a* y *b*, afirmaremos que puede afectar variantes dentro de la idea primordial, que exige sea lisa la superficie de una de ellas por ejemplo, la exterior de *a*, y acanalada la interior de la otra o sea de la *b* pudiendo en algunos casos subdividirse la zona elástica en dos o más sub-zonas parciales, mediante una o varias llantas de acero, lisas o acanaladas por ambas caras, o lisa por una y acanalada por otra.

El elemento elástico intercalado entre las dos llantas que acabamos de describir, está constituido por muelles de ballesta (fig. 2), formados por un haz de láminas de acero atravesadas en su parte central por un pivote.

La hoja maestra del fuelle está unida por sus extremos a dos orejetas en las cuales van alojados dos ejes y dos tubitos de acero (figs. 3 y 4), que sostienen dos piezas de acero (fig. 5), que presentan la sección de las

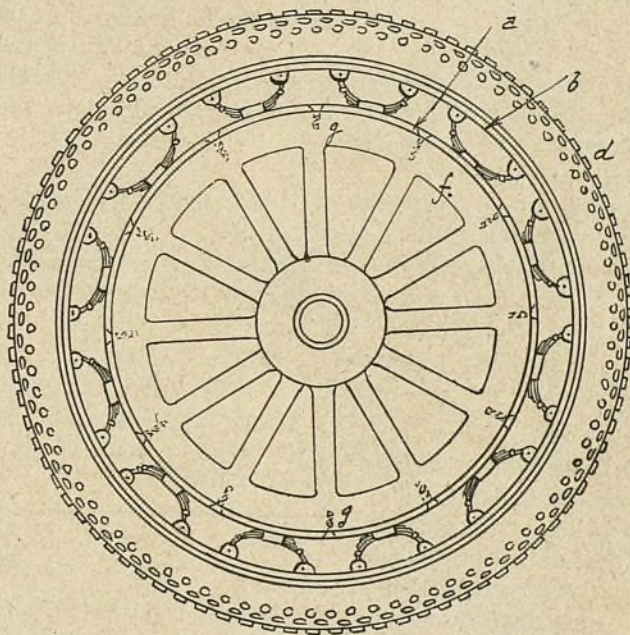


Fig. 1.

ranuras o del saliente, o nervio que queda entre cada dos de ellas.

Estas piezas o elementos elásticos van colocados, como hemos dicho, entre las dos llantas *a* y *b*, según se indica en la figura 1, de modo que las piezas articuladas en las orejetas extremas de los muelles de ballesta se apoyan en la superficie de la llanta acanalada, pene-

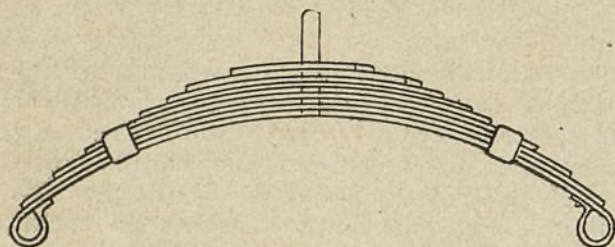


Fig. 2.

trando en las ranuras, si el perfil exterior de las citadas piezas es un saliente igual al hueco de la ranura o en los nervios que quedan entre las ranuras, quedando el conjunto de ellas tal como lo representa la figura 6.

Estas ballestas están sujetas asimismo de un modo invariable a la otra llanta lisa, mediante una brida de hierro, que presenta en su centro un orificio por don-



Fig. 3.

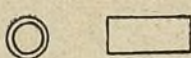


Fig. 4.

de pasa la espiga central del muelle de ballesta y cuatro taladros para los pernos, de sujeción a la llanta.

El conjunto de un muelle de ballesta, montado, es el incado en la figura 7, en el cual se ha intercalado una pequeña arandela de cuero u otro cuerpo elástico entre el muelle y la llanta lisa, y otro disco del mismo material en la cabeza de la brida de sujeción para amortiguar el roce de la brida contra la llanta acanalada en los momentos de máxima flexión del muelle citado.

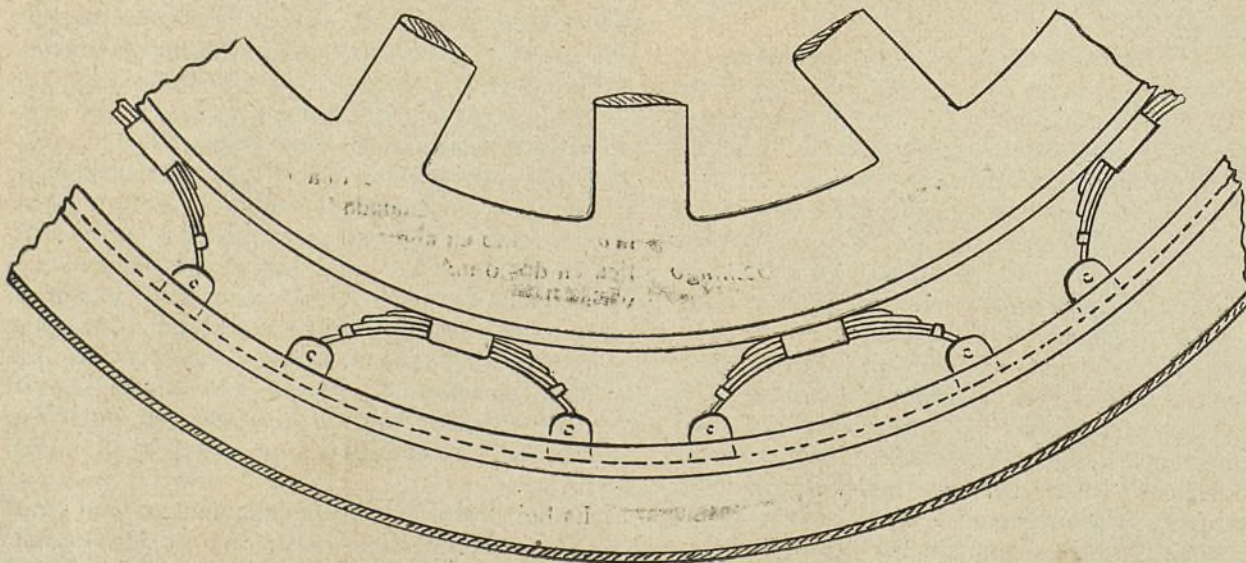


Fig. 7.

Hemos dicho ya que la superficie exterior de la llanta mayor estaba recubierta por una envolvente de madera, dispuesta en forma semicircular, recubriéndola

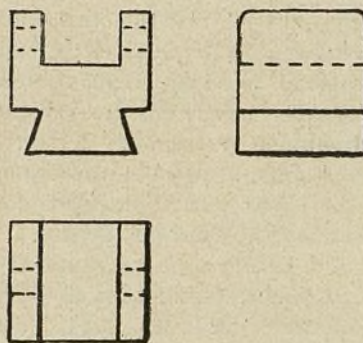


Fig. 5.

se para su duración con una serie de chapas de acero curvado, que puede ser su sustituido por el cuero u otra materia, a fin de impedir el desgaste de la madera.

Otro elemento indispensable para el funcionamiento del conjunto, es el cubre-muelles destinado a impedir la entrada del agua, piedras, tierra, barro u otras

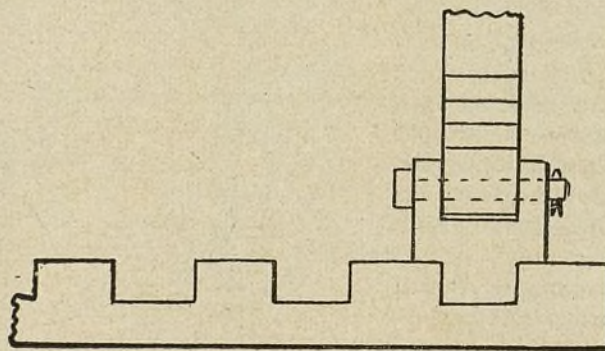


Fig. 6.

substancias en la zona destinada a los muelles, a fin de que éstos puedan trabajar con toda libertad.

Para que sea siempre constante el cierre se disponen dos grupos de planchas de acero anulares suje-

tos cada uno de ellos a una llanta distinta formadas y dispuestas de modo que enchufen entre sí.

Detallados cada uno de los elementos fundamentales falta solo indicar su conjunto y la manera como funciona, a saber:

En cada una de las ranuras o en los nervios de la llanta acanalada se coloca una serie de muelles de ballesta, convenientemente espaciados, a fin de que no se dificulten mutuamente en sus movimientos, subsistiendo constante su posición relativa merced a la sujeción que establece la brida central con la llanta lisa, afectando su conjunto la de la figura 7 y esquemáticamente considerando una sola fila de muelles de ballesta la citada figura 8.

Análogamente a lo dicho al describir las formas de llantas, repetiremos de nuevo que la rueda en sí misma, aunque única, podrá afectar diferentes formas derivadas del tipo fundamental (que no creemos necesario detallar) para hacerla asequible a las diferentes necesidades de la práctica. Durante la marcha, los muelles de ballesta, situados en la parte inferior, son comprimidos y reaccionan los situados en la superior, compensándose sus esfuerzos, con lo cual las normales trepidaciones existentes no son transmitidas a la llanta central ni al eje del coche, que quedará como en suspensión sobre un elemento sumamente elástico.

Al verificarse un brusco arranque del motor, el eje adquiere un gran movimiento de rotación, pero como la inercia de la llanta exterior se opone al movimiento, patinan las piezas articuladas en los extremos de los muelles en las canales o nervios en donde se encajan,

amortiguando el movimiento, sin frenar el motor, así como en caso de una parada brusca del vehículo estando el motor en marcha el eje arrastrará a la llanta interior obligándola a patinar, con lo cual se evitará los desperfectos en el motor, tan frecuentes en estos casos.

En marcha normal la rueda se apoyará en el piso de la vía o carretera sin que apenas experimente deformación, por lo cual el contacto será el mínimo posible disminuyendo el roce con el suelo, imposibilitando el patinado de las ruedas, a la vez que permitiendo mayores velocidades.

Uno de los puntos que asimismo se ha tenido en cuenta es la poca importancia de las averías que pueden ocurrir durante la marcha y la facilidad de subsanarlas en las paradas normales, pues como solo puede ocurrir la rotura de un muelle por lo común, y en caso excepcional de varios, bastará llevar algunos de recambio para sustituirlos en la primera parada después

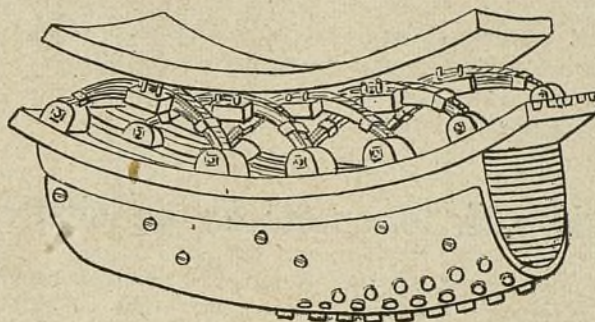


Fig. 8.

que la rotura se haya observado.

Cordialmente felicitamos al inventor Sr. Pére, al cual agradecemos las deferencias y confianza ilimitada que hemos merecido, haciendo votos para que este resultado verdaderamente espléndido sea imitado por otros de nuestros lectores, permitiéndonos así contribuir a desvanecer la leyenda de que en España no se estudia ni se contribuye al progreso universal.

ANTONIO FERRER DALMAU

Ingeniero Industrial

Director de la Oficina Técnica de EL MUNDO CIENTÍFICO

Locomotora compound de tipo 2-8-8-8-2 (Véase modelo desmontable)

El modelo desmontable del presente número cierra la serie de planos y modelos que constituyen el estudio de la locomotora compound de tipo 2-8-8-8-2 que se ha venido publicando.

El tender, que forma parte integrante de la locomotora, sigue en sus disposiciones generales y en sus detalles el mismo sistema de construcción que el cuerpo de la máquina. En él pueden distinguirse 22 órganos o elementos que son: (1) el cilindro en un todo igual al descrito al tratar del modelo desmontable del número anterior y en cuyo interior se mueve el émbolo (2) que es de acero forjado cubierto en su parte lateral por un anillo de fundición y que eleva en su parte posterior el vástago o varilla que por su cabeza se articula con la cruceta que se mueve entre sus guías (3) que son de construcción apropiadas y de bronce apto para resistir la fricción.

Estas a su vez están unidas a la colisa (4) que es de tipo corriente y a la biela y manivela (5) que impulsan a las ruedas motrices (7) que son iguales a las de la locomotora, es decir, de acero fundido y macisas; el bastidor (6) en que se apoya todo el

furgón o tender es de acero al vanadio fundido como el de la locomotora, con el que forma un todo convenientemente articulado y que termina en su parte posterior en un retrotren (8) cuya disposición sencilla se ve en la figura y que lleva una rueda (9) del mismo que las designadas con el número (7) pero de un diámetro algo menor y que no son, como es lógico, motrices, sino únicamente de dirección y apoyo. El cuerpo del tender descansa sobre un marco mediante los soportes (10), formados por viguetas y planchas de acero unidas entre sí y con el marco y el furgón por medio de roblones. Los números (11) y (12) designan los resortes de suspensión y los cojinetes descritos al tratar de la locomotora.

A lo largo del tender y para facilitar la circulación por el mismo y evitar posibles accidentes, hay una barandilla (13) de barra de latón.

La superestructura del tender está formada por dos partes, una (14) semiabierta y otra (15) abierta completamente y construídas de palastro semejante al del cuerpo de la caldera. En la parte baja del trozo abierto se encuentra el depósito de agua (16)

de plancha de hierro y de forma de paralelepípedo con su extremo exterior truncado y en él una puerta (17) dispuesta de modo que permite de un modo sencillo la limpieza de todo el depósito. El agua entra en éste por la tubería de carga (18). Encima del mismo tanque (19) se halla el depósito de combustible que es trasladado al hogar mediante un cargador automático.

El vapor al salir de los cilindros va a parar a un tubo de escape (20), de cobre y provisto de juntas y arandelas de amianto y que lo lleva al recuperador (21) colocado debajo del depósito de agua y que para que el tiro se efectúe en condiciones convenientes lleva una chimenea (22).

La distribución del vapor está claramente indicada en el modelo desmontable del cilindro. Éste (1) como ya se ha dicho anteriormente al tratar de la locomotora es de fundición y formando un todo

con él, y en la parte superior lleva la caja de distribución (2), que va cerrada en sus extremos por las tapas (7) ajustadas con un cierre hermético y que lleva las guías (3) para el movimiento de la corredera (12) o concha. Ésta en su movimiento alternativo, impulsada por el vástago varilla (14) o eje de la distribución, abre alternativamente las lumbreras (4) con lo que el vapor obra sobre una u otra cara del émbolo o deja abierto el orificio de escape (5) rectangular que tiene una superficie de 253 mm. \times 152 mm., cerrado mediante una junta de vapor. El vástago (14) pasa a través de un prensa estopas (6) y la concha va ajustada mediante unos anillos (13). Los números (8), (9), (10) y (11) son las tapas del cilindro, el émbolo, el vástago del mismo y su prensa estopas que se describieron al tratar de la locomotora.

J. B. DE AGUILAR-AMAT.

Tipo de truck para locomotoras de cuatro ruedas

El plano central del presente número representa en conjunto y en sus detalles más importantes un truck equilibrado o compensado para locomotoras de cuatro ruedas motoras, construido recientemente en los Estados Unidos de Norte América donde es corriente la costumbre de equilibrar mediante balancines los pesos que obran sobre los ejes de las locomotoras.

La disposición general del bastidor y del truck con la disposición del aparato o mecanismo de compensación se ve en las figuras 1 a 4 y el truck está detallado en las figuras 5 a 9. La figura 1 es una vista longitudinal del truck, la 2 un corte transversal del centro del *bogie*, la 3 una cresta del espolón o extremo y la 4 representa las traviesas o tirantes, los estribos y los balancines.

El truck, como se ha dicho, está representado por las figuras 5 a 9 y varios de sus detalles en las figuras 10 a 28. El truck es del tipo de bastidor formado por barras o vigas, de las cuales la superior se ve en las figuras 10 a 13. Los elementos longitudinales son barras de 127 mm. por 38 mm. y los transversales otras barras de 101 mm. por 88 mm. Desde las barras principales del bastidor al centro del mismo cruzan otras barras que se ven en las figuras 14 y 15. A cada lado de las barras principales del bastidor van sujetas con

roblones o pernos ocho peanas de fundición y al otro lado y entre ellas va colocada una riostra o tirante, como indican las figuras 16 y 17, que sirven para mantener sólidamente dichas peanas. El bastidor está además asegurado por barras de 152 mm. por 31 mm. que se extienden longitudinalmente desde el centro de las traviesas hasta el extremo de las barras principales y que se ven en las figuras 18 y 19; además, en los extremos existen riostras diagonales que en posición están indicadas en la figura 8 y en detalles en las figs. 20 y 21.

A cada lado del truck hay dos barras equilibradoras o balancines (figs. 22 y 23) colocados uno en la parte externa y otro en la interna y entre ellos hay un resorte de láminas invertido como se ve en las figuras 6 y 9. A las barras transversales van unidos cuatro tirantes del tipo de las figuras 24 y 25. Las clavijas de suspensión tienen en su extremo superior un diámetro de 53 mm. y en el inferior 76 mm. y se representan en las figuras 26 a 28. El cojinete no va colocado en soporte fijo en el bastidor, como es práctica corriente, sino que su parte superior es cilíndrica y está representada en las figuras 29 a 31. Desde las figuras 32 a la 55 se representan los restantes detalles del bastidor y las 56 y 57 son las vistas y detalles de la clavija de 37,6 mm. que transmite la carga a la caja del eje.

Contribución a la teoría del endurecimiento

II

NUEVA TEORÍA DEL ENDURECIMIENTO

Antes de pasar a exponer una teoría fundada en los resultados antes expuestos, es necesario recordar la controversia surgida con motivo de la interpretación de los límites críticos del hierro.

El problema ha sido claramente planteado por Benedicks y la cuestión discutida es la de saber si el hierro, dentro de la escala de temperaturas β posee, o no, una forma alotrópica distinta.

Osmond y Cartaud fueron los primeros en demostrar que los hierros α y β pertenecen al mismo sistema cristalino y los recientes estudios de Stead y Carpenter confirman enteramente esta opinión, de modo que la dificultad que se presenta consiste en explicar como la aparente falta de continuidad en las propiedades físicas, y especialmente en las propiedades magnéticas en las proximidades del punto A_{c2} , puede conciliarse con

la simetría cristalina continua. Sería interesante poder explicar esta anomalía y, bajo este punto de vista, merecen ser discutidos detenidamente los conocimientos recientemente adquiridos sobre las propiedades generales de los cuerpos magnéticos.

La teoría electrónica del magnetismo, nacida de los trabajos experimentales de Curie fué por primera vez desarrollada sobre una base firme por Langevin. El fundamento de esta teoría se funda en la hipótesis de que cada átomo posee un campo definido que le es propio y es determinado por el sistema de electrones que se hallan en continuo movimiento en su interior, suponiéndose que, bajo la influencia de un campo magnético, las moléculas (o agregados atómicos) tienden a orientarse todas en una dirección única, dando lugar a una definida intensidad de magnetismo que es el efecto resul-

tante de la suma de todos los imanes moleculares. En los gases y los líquidos, esta orientación de las moléculas en una misma dirección se halla contrarrestada por fuerzas y choques que resultan de la velocidad de traslación. En los sólidos entran en juego otras fuerzas que podrían llamarse cristalinas, y estas fuerzas, en vez de oponerse a la orientación de las moléculas bajo la influencia de un campo externo, puede facilitarla. Se ha pensado que esta es la acción especial que tiene lugar en los llamados cuerpos «ferro-magnéticos», es decir cuerpos que, como el hierro, adquieren un magnetismo intenso mediante la influencia de un débil campo externo. Así como cuando se calienta un líquido existe un momento en que, al alcanzar éste una determinada temperatura, las fuerzas que mantienen las moléculas unidas resultan insuficientes, dicho líquido pasa al estado de vapor, las fuerzas de las cuales resulta el ferro-magnetismo pierden gradualmente su eficacia al elevarse la temperatura hasta un punto en que desaparecen rápidamente, y es cuando el metal pasa al estado de cuerpo no magnético. La temperatura a que el magnetismo desaparece es enteramente similar a la temperatura de ebullición que determina el paso de un líquido al estado gaseoso. Un cuerpo magnético pasa del mismo modo del estado ferro-magnético al estado no magnético y este cambio es completamente independiente de toda alteración de la simetría cristalina; es simple-

del hierro puro. La rapidez máxima de la modificación del cuadrado de la intensidad magnética se presenta a 760°C . y la experiencia demuestra que el máximo de variación del calor específico se halla también a esta temperatura. En el níquel, se observa la misma concordancia, ocurriendo la rapidez máxima de cambio y el calor específico máximo a 320° , mientras dicho metal no pasa al estado no magnético hasta 375° . La temperatura a la cual empieza el estado no magnético no tiene relación con los verdaderos límites alotrópicos y se manifiesta independientemente de éstos; el hierro puro, por ejemplo, adquiere el estado paramagnético a 820°C . (según Curie), temperatura inferior de 100° al punto Ac3.

El problema del hierro β se halla, pues, reducido a una cuestión muy sencilla y, sin formular hipótesis alguna en cuanto a la naturaleza del hierro α o del hierro γ , se llega a la conclusión indiscutible de que el hierro β no existe como modificación alotrópica independiente, puesto que es simplemente un hierro α que ha perdido las propiedades del ferro-magnetismo.

Aunque Benedicks formuló una conclusión muy análoga, la explicación dada por él de la liberación de calor que se observa en el punto A2 está totalmente opuesta a los anteriores conceptos. Puede admitirse que el hierro γ esté dotado de cierto grado de solubilidad en el hierro α , pero la hipótesis de que el hierro γ

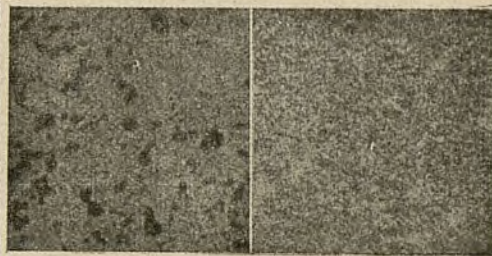
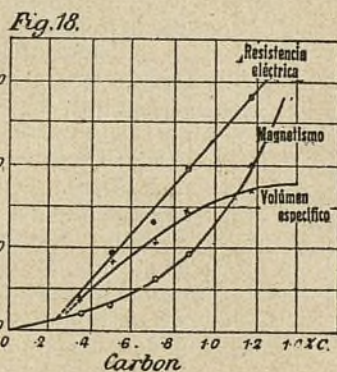
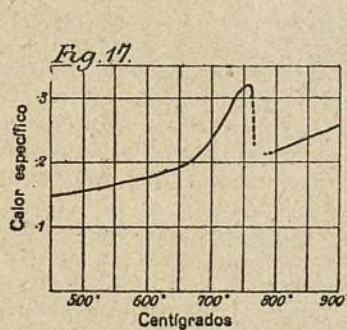


Fig. 19.

Fig. 20.

mente la terminación de un fenómeno que empieza a realizarse desde el momento en que la temperatura excede del cero absoluto.

En el hierro, la pérdida del magnetismo es una propiedad que no puede considerarse como una prueba de la existencia de la alotropia; no es una transición súbita, sino sencillamente un efecto que depende únicamente de la temperatura. Weiss ha demostrado, en efecto, que la curva que relaciona la intensidad magnética con la temperatura puede calcularse y que es la misma para todos los cuerpos magnéticos; en el terreno experimental, las curvas de la magnetita y del níquel concuerdan estrechamente con los resultados del cálculo.

Toda alteración de la intensidad magnética se acompaña de una variación del calor específico que, según Weiss, es proporcional al tipo de variación del cuadrado de la intensidad magnética a cualquier temperatura; esta variación del calor específico alcanza siempre un valor máximo a una temperatura ligeramente inferior a la temperatura de transición magnética. Aquella variación empieza gradualmente, se acentúa hasta alcanzar su valor máximo a 760°C . aproximadamente, para el hierro puro, y cae a cero cuando dicho metal pasa al estado no magnético. La particularidad más notable de este fenómeno es que la variación del calor específico no puede en una curva de enfriamiento, distinguirse de una verdadera absorción de calor debida a una modificación alotrópica.

El gráfico figura 17 es la curva del calor específico

podría volver al estado de hierro α de un modo no continuo, bajo temperaturas inferiores al punto Ar3, implica el que una misma modificación alotrópica puede tener lugar, bajo las mismas condiciones, a dos temperaturas diferentes, lo que no parece muy verosímil. Incurre también en un error al decir que la pérdida de magnetismo tiene lugar en el punto Ac3. Curie demostró, en efecto, que la ley rectilínea del paramagnetismo se aplica desde la temperatura de 820°C .

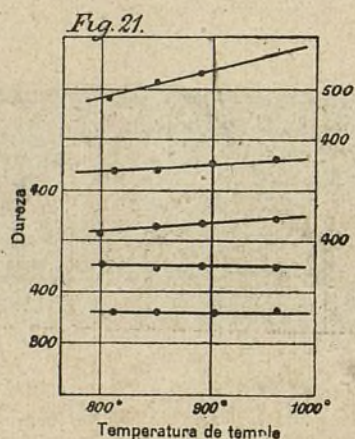
Puesto que la transformación del hierro α en hierro γ se verifica con reducción del volumen, la teoría de Benedicks implicaría un aumento al producirse el cambio contrario en el punto Ar2, resultando que podría comprobarse por el experimento. Bajo este punto de vista presentan considerable interés los resultados de las investigaciones de Harrison sobre ciertos cambios que ocurren en el hierro y el níquel en relación con las variaciones de la temperatura. Sus mediciones son de la más alta precisión y sus experimentos ponen de manifiesto la semejanza de las curvas de intensidad magnética con las de resistencia eléctrica en estos metales, a la temperatura del punto de transición.

La definición usual de la alotropia es evidentemente deficiente. No es mejor la definición formulada por Roberts-Austen: «Un desprendimiento de energía interna sin cambio de estado», ni tampoco esta otra: «Un cambio no continuo de las propiedades físicas.» Todas estas definiciones son inadecuadas y sólo puede darse por sentado que un cambio en la simetría cristali-

na constituye una modificación alotrópica. Esta afirmación salva la confusión en que fácilmente se puede incurrir al designar como alotrópicas modificaciones que sean continuas, excluyendo la aparente prueba que se deduce de las propiedades magnéticas.

En el hierro hay dos modificaciones alotrópicas: el hierro α que no disuelve el carbono de un modo apreciable y puede ser, o no ser, magnético, según la temperatura, y el hierro γ que puede disolver el carbono; por otra parte, durante el enfriamiento lento del acero, dos modificaciones se realizan simultáneamente: el hierro γ se transforma en hierro α y el carbono se desprende de la solución. Estos dos cambios se verifican con velocidades definidas y, al templar el metal, el tiempo empleado para enfriarlo hasta una temperatura a la cual la viscosidad impide todo cambio ulterior determina el grado de realización de aquellos cambios.

La temperatura a la cual la rapidez máxima de transformación se halla realizada puede ser muy diferente en una de aquellas dos modificaciones de lo que es en la otra, de modo que el temple altere completamente sus proporciones relativas. La transformación que se produce cuando el carbono disuelto se separa de la disolución es la más lenta y un enfriamiento medianamente rápido basta para impedirla. La transformación



del hierro γ en hierro α es mucho más rápida y, con el hierro puro, el temple, por enérgico que sea, no puede contrarrestarla, ni siquiera retrasarla de un modo apreciable. En el acero, el temple detiene el carbono en disolución pero deja el hierro γ transformarse en hierro α hasta que la concentración del carbono alcance un valor suficiente para que su presión osmótica haga imposible la reacción. Esta teoría proporciona una explicación razonable de las variaciones que se observan en las propiedades de los aceros templados y permite comprender como el acero endurecido puede contener todavía 90 por ciento, o más, de hierro magnético, aunque todo el carbono se halle disuelto. Relacionado el contenido de carbono con las diferencias de las propiedades físicas en los aceros recocidos y templados a 1.000° pueden obtenerse las interesantes curvas de la figura 18. La resistencia eléctrica se presenta como una línea recta, pero la pérdida de magnetismo crece mucho más rápidamente que la proporción de carbono, lo que demuestra que la cantidad de hierro γ retenido aumenta. Así mismo el aumento del volumen específico es proporcionalmente menor del que correspondería a esta causa. Es de notar que el acero con 1,11 por ciento de manganeso posee un volumen específico más alto que el acero al carbono puro correspondiente, propiedad que puede explicar la tendencia a agrietarse que se supone presentan los aceros con elevada proporción de manganeso.

En el acero que contiene 0,35 por ciento de carbono,

la proporción de hierro γ no puede pasar del 2 por ciento cuando el temple ha tenido lugar a la temperatura de 900° C., porque el exceso de dicho hierro que pudiera existir ha tenido tiempo para transformarse en hierro α ; la facilidad con que los aceros que contienen austenita adquieren el estado magnético, aun a la temperatura del aire líquido, indica que este cambio no se halla afectado de un modo apreciable por la viscosidad interna.

Influencia de la deformación producida por esfuerzos violentos

Se atribuye hoy gran importancia a la influencia que puede ejercer sobre las propiedades de los metales la aplicación de fuerzas superiores al límite de elasticidad de los mismos. El estudio de esta influencia, iniciado por Beilby, fué luego desarrollado por Rosenhain y sus colaboradores, explicándose las modificaciones observadas en las propiedades del metal por la formación de un estado amorfo. Las siguientes consideraciones demostrarán, sin embargo, que el término *amorfo* no puede ser aplicado con propiedad al estado del metal sometido a un esfuerzo que exceda de su límite de elasticidad. Como se ha expuesto anteriormente, las propiedades ferro-magnéticas dependen de dos condiciones:

1.^a La temperatura debe permanecer inferior a la que determina la desaparición del ferro-magnetismo.

2.^a Las moléculas deben estar dispuestas en un espacio apropiado a la simetría cristalina del hierro α , puesto que, de no existir esta circunstancia, es imposible la acción de las fuerzas que contribuyen a que el campo externo pueda imponer a todas las moléculas una orientación similar y hacer que sus campos se adicionen.

Si las moléculas se hallasen en estado amorfo, el metal no podría ser ferro-magnético, sino que sería no-magnético, lo que no es verdad tratándose del hierro *deformado*. Por consiguiente, debe admitirse que la destrucción del estado cristalino no es llevada hasta el punto de dejar el metal completamente amorfo, pero sólo tiene por efecto descomponer las pequeñas unidades cristalinas de que los cristales más grandes son constituidos, de tal modo que las fuerzas cristalinas que producen el ferro-magnetismo subsistan. Cuando el campo externo desaparece, las fuerzas internas debidas a la disposición cristalina traen de nuevo la orientación de las moléculas a la posición de equilibrio, y cuanto más completa sea la vuelta al equilibrio, tanto menor será el magnetismo remanente. En el metal deformado por esfuerzos violentos la repartición de aquellas fuerzas ha sido alterada, de modo que para producir una orientación determinada es necesario un campo mucho más extenso, y, al desaparecer dicho campo, la nueva orientación persiste con producción de un magnetismo remanente considerable.

Todos los metales se endurecen mediante acciones que tienen por resultado una deformación permanente, y el aumento de dureza crece con la importancia de la deformación realizada, aunque no siempre proporcionalmente. El grado de deformación depende del punto hasta el cual los grupos de unidades cristalinas han sido descompuestos y la dureza depende a su vez del grado de esta descomposición. El endurecimiento de un metal puro puede también ser obtenido por la combinación con él de otro elemento en estado disuelto, y el aumento de dureza así realizado está íntimamente ligado con el aumento de resistencia eléctrica que lo acompaña siempre. Esta modificación de la resistencia diferencia la dureza obtenida por este procedimiento de la dureza obtenida por la deformación, cuya influencia sobre la resistencia eléctrica es dudosa.

Puede ahora preguntarse dentro de que límites es

posible la aplicación de las circunstancias anteriores al acero templado. En primer lugar, el acero posee cierto grado de dureza debido al carbono tenido en disolución, pero el aumento no puede ser grande, puesto que la dureza de los aceros con aleación de austenita es solamente doble, aproximadamente, de la del hierro puro, aunque la cantidad de elementos en disolución es, en este caso, mucho mayor que con el carbono. Al ser templado el acero el carbono en disolución se halla fijado y, a su vez, determina la fijación de cierta cantidad de hierro γ , pero el hierro α se halla en conjunto en proporción mucho mayor. A la temperatura del temple los granos del metal presentan la simetría cristalina del hierro γ , y el hierro γ fijado en la solución es el que forma la trabazón interna de aquellos primitivos granos de acero. El resto del hierro se transforma en unidades cristalinas de simetría α , pero éstas, contrariadas en su formación por la falta de tiempo, por la fricción interna y por la existencia de la red de hierro γ , no llegan a constituirse en cristales de hierro α de orientación homogénea. El hierro α se encuentra, en este caso, en una situación muy análoga a la resultante de la aplicación de violentos esfuerzos, y una dureza considerable se halla por ello realizada. El resultado es el mismo que si la disposición cristalina homogénea fuera destruida por deformación, pero este resultado es obtenido por un procedimiento distinto: las unidades cristalinas se hallan imposibilitadas, desde el momento de su nacimiento, para formar un conjunto ordenado y la dureza realizada por el temple depende de su eficacia en producir aquel resultado.

Los movimientos más pronunciados de que las unidades cristalinas de hierro α son teatro se producen en las posiciones de mayor libertad que corresponden a los planos de seccionamiento de los cristales primitivos de hierro γ . Los aceros endurecidos presentan, por lo tanto, una estructura correspondiente a los planos de seccionamiento del hierro γ , conocida como estructura *martensítica* y caracterizada por líneas que se cruzan bajo ángulos de 60 grados cuando la sección es paralela a una octaédrica, aunque es también frecuente con líneas que se cruzan bajo ángulos que varían de 90 a 135 grados, según sea cúbica o rombodecaédrica la sección del cristal.

Algunos aceros que se endurecen en el aire son un ejemplo del caso en que la transformación del carbón disuelto en carbón libre es tan lenta que el enfriamiento paulatino producido por el contacto del aire basta para impedirla, aunque la transformación del hierro γ en hierro α se halle poco afectada y que las condiciones sean exactamente las mismas que las del temple brusco. Sin embargo, el mayor tiempo invertido en el enfriamiento, al salvar el punto de transición, permite una mayor regularidad en la disposición de las unidades cristalinas del hierro α , de modo que los aceros templados en el aire no son nunca tan duros como los que han sido templados en el agua.

Cuando la proporción de elementos de aleación es elevada, el temple en el agua puede hasta suprimir completamente el cambio del hierro γ en hierro α , produciéndose entonces austenita pura; pero esta transición es inestable y la estructura del metal tiende a volver al estado de estabilidad cuando la temperatura cae por debajo del verdadero punto de transición. La inmersión en el aire líquido, sin embargo, determina la continuación de la transformación del hierro γ en hierro α , con desarrollo del ferro-magnetismo y adquisición de una notable dureza, aunque, en ciertos casos, este enfriamiento intenso no es todavía bastante para producir aquellos resultados. El efecto de la viscosidad intensa puede también ser contrarrestado por la deformación, en un acero con austenita inestable, y el endurecimiento considerable realizado en los aceros al níquel con elevada proporción de dicho elemento puede explicarse muy sencillamente por aquella hipótesis.

Por consiguiente, la dureza, en los aceros templados, debe tener un límite relacionado con la dureza que puede ser producida por la deformación resultante de esfuerzos violentos, cuando éstos son llevados a su grado máximo.

Cuando decrece la proporción de carbono contenido en el acero, se eleva la temperatura a que puede producirse la transformación del hierro γ en hierro α , y por consiguiente, aumenta el tiempo durante el cual puede realizarse la disposición cristalina: de ello resulta que la cantidad de hierro γ retenida por el carbono será insuficiente para formar una red bastante densa y la dureza será menor. La propiedad de endurecer el hierro que posee el carbono aumenta muy rápidamente hasta la proporción de 0,25 por ciento de carbono, y mucho más lentamente pasada esta proporción, pero

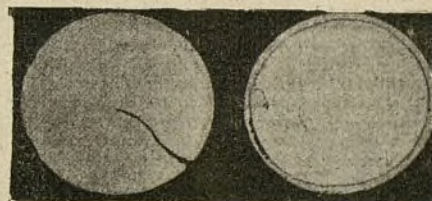
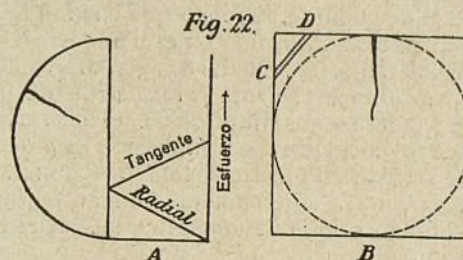


Fig. 23.

hasta en el hierro puro puede notarse algún endurecimiento producido por el temple.

Las propiedades magnéticas de los aceros templados confirman plenamente la hipótesis de la deformación producida por esfuerzos violentos: su permeabilidad es baja y poseen un elevado magnetismo remanente. Existe una singular semejanza entre las variaciones de las propiedades magnéticas de los aceros templados y las variaciones de dichas propiedades en el hierro deformado por la acción de violentos esfuerzos, particularidad puesta en evidencia por primera vez por Maurer.

Agrietamiento del acero producido por el temple

Las grietas que pueden formarse en el acero al ser inmerso en un líquido frío deben atribuirse en la mayor parte de los casos, sino en todos, a dos causas distintas:

1.ª A esfuerzos resultantes de diferencias de temperatura en porciones contiguas de la pieza de metal.

2.^a A esfuerzos resultantes de diferencias en la naturaleza del metal templado en porciones contiguas de la pieza.

I. Al ser calentada una barra cilíndrica de metal, se dilata y ciertas fuerzas son necesarias para devolverle su longitud primitiva; si esta barra se halla unida con otra igual por sus dos extremidades se desarrollarán en ambas barras, al ser calentada la primera, esfuerzos internos, mientras exista una diferencia de temperatura entre ellas. Y, si la diferencia de temperatura entre dichas barras llega a ser constante, el esfuerzo determinado en cada una de ellas tendrá también un valor constante.

La intensidad del esfuerzo desarrollado es proporcional a la diferencia de temperatura existente entre las piezas y a su coeficiente de expansión lineal; y si su valor llega a exceder del límite elástico del material, éste sufre una deformación permanente. En el acero endurecido, el límite elástico se halla muy próximo al esfuerzo de ruptura, de modo que cuando la diferencia de temperatura determina un esfuerzo superior al límite elástico del metal, éste ha de agrietarse. El coeficiente de expansión ejerce sobre la formación de grietas una influencia no menos importante: el cuarzo, por ejemplo, cuyo coeficiente de expansión es muy pequeño, puede ser enfriado bruscamente por inmersión en el agua sin sufrir agrietamiento, mientras que el vidrio sometido a análogo tratamiento quedaría reducido casi al estado de polvo.

Cuando una barra metálica cilíndrica (A, fig. 22) se enfría uniformemente desde la superficie, puede considerarse como compuesta de capas de metal concéntricas, siendo más frías las capas exteriores que las que se hallan próximas al centro de la barra. Aquellas sufren, por lo tanto, una contracción que hace sentir sus efectos sobre éstas y determina un conjunto de esfuerzos que pueden, en todas partes, resolverse en una tensión alrededor de la circunferencia y una presión orientada hacia el exterior y siguiendo la dirección del radio. Si la temperatura baja uniformemente del centro hacia la superficie, los esfuerzos varían como lo muestra la fig. 22, A. La presión en el sentido del radio es cero en la circunferencia y crece hasta alcanzar su máximo en el centro de la barra, pero no pudiendo producir grietas, no ofrece importancia bajo el punto de vista presente. La tensión tangencial, en cambio, tiene su mínimo en el centro y su máximo en la circunferencia y, cuanto mayor sea el radio, tanto mayor será también dicha tensión superficial. La formación de grietas es, por lo tanto, más de temer en las barras de grande diámetro que en las de diámetro reducido. Las grietas que se forman a causa del enfriamiento brusco se presentan siempre a ángulo recto con un plano tangente a la superficie de la barra y se extienden en sentido longitudinal.

II. Como se ha indicado antes, hay un límite mínimo de velocidad de enfriamiento que es necesario para que la totalidad del carbono permanezca en la disolución, de modo que en una masa de metal de gran volumen, en la que deben producirse considerables variaciones en la rapidez del progreso del enfriamiento, el estado en que se encuentre el carbono dependerá de si este límite mínimo fué alcanzado o no. En caso de haberse alcanzado, el acero tendrá un alto volumen específico y será duro; en el caso contrario, el volumen específico será menor y el acero será blando. Si la rapidez mínima de enfriamiento es realizada en ciertas por-

ciones de la pieza, y en otras no, el resultado de esta desigualdad será la formación de grietas que seguirán los perfiles donde haya reinado la velocidad crítica. En una barra cilíndrica estas grietas formarán círculos concéntricos con la circunferencia; en una barra cuadrada, las grietas se presentarán como porciones de hipérbolas rectangulares, cuyo nacimiento se hallará prácticamente en las cuatro esquinas de la barra (figura 23).

Conclusiones.—1. La curva de enfriamiento de una barra cilíndrica, durante la inmersión en el agua, se adapta casi perfectamente a la curva calculada sobre la hipótesis de que la superficie de la barra se halla a la temperatura de la ebullición y que el enfriamiento se realiza según la teoría matemática de la conductibilidad.

2. Durante el temple del acero, dos transformaciones se realizan:

a) La transformación del hierro γ en hierro σ ;

b) La transformación del carbono disuelto en carbono no disuelto. La primera de estas transformaciones puede tener lugar independientemente de la segunda, pero el carbono no puede cambiar de estado mientras el hierro γ , en el cual está disuelto, no vuelva al estado de hierro α .

3. El hierro β no es una modificación alotrópica distinta del hierro, sino que es simplemente un hierro α que, debido a causas puramente térmicas, ha perdido la propiedad del ferro-magnetismo. Las perturbaciones térmicas observadas en el punto A2 son debidas a la variación del calor específico resultante de la pérdida del ferro-magnetismo.

4. La cantidad de carbono retenido en disolución en el hierro, a consecuencia de la acción del temple, es proporcional a la rapidez del progreso del enfriamiento en el punto A1 (o a una temperatura ligeramente inferior a ésta), y existe un límite mínimo de rapidez de enfriamiento que debe ser alcanzado para que la totalidad del carbono permanezca en disolución.

5. La transformación del hierro γ en hierro α se realiza con extremada rapidez y el enfriamiento, por rápido que sea, no lo es nunca lo bastante, en la práctica, para retrasarla de un modo apreciable. El curso de esta transformación, en cambio, se halla retrasado por la presencia de otros elementos disueltos en el hierro.

6. En un acero templado y uniformemente endurecido, el carbono se halla al estado de disolución y retiene una parte del hierro γ , aumentando rápidamente la proporción de éste, cuando aumenta el contacto de carbono. La mayor parte del hierro permanece, sin embargo, al estado de hierro α , pero a consecuencia de la reducción de la movilidad durante el período del temple, las unidades cristalinas no presentan una orientación homogénea, siendo debida la dureza de los aceros templados a esta disposición, que es análoga al estado resultante de la deformación.

7. Durante el temple dos causas pueden determinar la formación de grietas:

a) La existencia de esfuerzos debidos a diferencias de temperatura, de las cuales resulta una dilatación o expansión desigual;

b) La existencia de desigualdades de expansión, debidas a falta de uniformidad en el progreso del endurecimiento. Las grietas producidas por una y otra de estas causas se presentan con formas definidas que permiten distinguirlas.

ANDRÉS MAC CANCE.

de esta
eguirán
ica. En
írculos
ra cua-
ones de
hallará
t (figu-

nto de
l agua,
sobre
halla a
ento se
ilidad.
forma-

σ;
en car-
macio-
segun-
mien-
elva al

rópica
n hie-
na per-
turba-
ebidas
la pér-

lución
emple,
enfria-
tigera-
de ra-
o para
ución.
o α se
to, por
prác-
rso de
do por
hierro.
endu-
ción y
amen-
ntacto
ce, sin
uencia
do del
orien-
os ace-
oga al

termi-

encias
ción o

nsión,
del en-
otra de
e per-

CE.